E-ISSN 2720-9199
P-ISSN 2541-0148

JURNAL TEKNIK SIPIL
MACCA

Pengaruh Lebar Pemecah Gelombang Rangkaian Pipa Ujung Tertutup terhadap Gelombang Refleksi dan Transmisi

Asnita Virlayani [1], Andi Makbul Syamsuri [2], Ahmad Yani [3], Andi Ahdania [4]

[1,2,3,4)] Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia
[1)]asnitavirlayani7@gmail.com, [2)]amakbulsyamsuri@unismuh.ac.id, [3)]ahmadyani17031983@gmail.com,
[4)]andiahdania12@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian tentang pemecah gelombang/breakwater berpori dewasa ini mengalami peningkatan, sehingga tercipta model yang bervariasi sebagai pemecah gelombang. Kemampuannya menyerap energi gelombang menjadi keunggulan pemecah gelombang berpori dalam mereduksi energi gelombang yang datang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi lebar model terhadap tinggi gelombang refleksi dan transmisi. Uji model model fisik dilakukan pada model pemecah gelombang rangkaian pipa ujung tertutup untuk mendapatkan karakteristik gelombang yang dihasilkan. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC dengan ukuran diameter luar 3,2 cm serta diameter dalam 2,8 cm, serta tinggi model (h) adalah 16,8 cm. Variasi lebar model yaitu 30, 45 dan 60 cm, dan rasio lebar model terhadap panjang gelombang (B/L) = 0,164 – 0,571. Kedalaman air 13,6 dan 16,8 cm, dan rasio kedalaman air terhadap tinggi model (d/h) = 0,81 – 1,00. Hasil olah data menunjukkan semakin lebar pemecah gelombang akan memperbesar nilai Kr = 0,258 – 0,565 atau terjadi peningkatan sebesar 30,7 %, semakin lebar pemecah gelombang akan menurunkan nilai Kt = 0,379 – 0,160 atau terjadi penurunan sebesar 21,9 %. Dengan demikian dapat diketahui bahwa model pemecah gelombang rangkaian pipa ujung tertutup dapat meredam gelombang yang datang sampai dengan 47,4 %.

Kata Kunci: pemecah gelombang, rangkaian pipa, ujung tertutup, energi gelombang.

ABSTRACT

Research on porous breakwaters today has increased so that various models are created as breakwaters. Its ability to absorb wave energy is an advantage of porous breakwaters in reducing incoming wave energy. The purpose of this research is to analyze the effect of variations in the width of the model on the reflection and transmission wave height. The physical model test was carried out on the closed-end pipe circuit breakwater model to obtain the characteristics of the waves produced. The pipe used is a PVC pipe with an outer diameter of 3.2 cm and an inner diameter of 2.8 cm, and the height of the model (h) is 16.8 cm. Variations in the width of the model are 30, 45, and 60 cm and the ratio of the model width to the wavelength (B/L) = 0.164 – 0.571. The water depth is 13.6 and 16.8 cm and the ratio of water depth to model height (d/h) = 0.81 – 1.00. The results of data processing show that the wider the breakwater will increase the value of Kr = 0.258 – 0.565 or an increase of 30.7%, the wider the breakwater will decrease the value of Kt = 0.379 – 0.160 or a decrease of 21.9%. Thus it can be seen that the closed-end pipe circuit breakwater model can dampen incoming waves by up to 47.4%.

Keywords: breakwater, pipeline, closed-end, wave energy.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi yang terkonsentrasi di pulau Jawa membuat transportasi laut Indonesia menjadi tidak efisien dan mahal, karena pengiriman kargo tidak kembali dari daerah dengan pertumbuhan ekonomi yang lemah. Tol laut merupakan program nasional Presiden Republik Indonesia yang dilatarbelakangi perbedaan harga yang cukup besar antara wilayah barat dan timur. Pada dasarnya tol laut adalah suatu sistem penyelenggaraan angkutan laut yang teratur dan menghubungkan pelabuhan hub dan pelabuhan pengumpan dari Sumatera hingga Papua dengan kapal-kapal besar untuk keuntungan ekonomi.(Biro KIP Kemenhub RI, 2015)

Alasan langkanya pemecah gelombang yang baik adalah mahalnya biaya konstruksi, banyaknya material dan ukuran material yang digunakan, serta rumitnya pengerjaan di laut . Pemecah gelombang komposit vertikal yang terbuat dari balok kotak, batu, dan tumpukan menawarkan solusi pemecah gelombang yang lebih hemat biaya, ramah lingkungan, serbaguna, dan mudah diimplementasikan. Pemecah gelombang komposit vertikal yang terbuat dari balok kotak, batu, dan tumpukan menawarkan solusi pemecah gelombang yang lebih hemat biaya, ramah lingkungan, serbaguna, dan mudah diimplementasikan.(Sudirman et al., 2017)

Peredam gelombang yang saat ini dalam pengembangan penelitian adalah pemecah gelombang berlubang atau berpori. Struktur pemecah gelombang dari rangkaian pipa dimaksudkan untuk memberikan permukaan dinding bagian dalam pipa dimensi permukaan gesek, yang diharapkan dapat mengurangi energi gelombang datang secara lebih efektif.(Syamsuri et al., 2021)

Gelombang transmisi yang terjadi pada breakwater instalasi pipa horizontal menunjukkan bahwa semakin panjang dan kecil diameter pipa maka semakin rendah tinggi gelombang transmisi.(Shih, 2012)

Perumusan Masalah

Masalah yang diajukan dalam penelitian ini dapat dijelaskan dalam rumusan masalah sebagai berikut:

1. Parameter apa saja yang mempengaruhi gelombang refleksi dan transmisi pada pemecah gelombang ?
2. Bagaimana pengaruh lebar pemecah gelombang terhadap tinggi gelombang refleksi dan transmisi ?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merumuskan masalah berdasarkan latar belakang penelitian yaitu :

1. Merumuskan parameter apa saja yang mempengaruhi tinggi gelombang refleksi dan transmisi.
2. Menganalisis pengaruh variasi lebar model terhadap tinggi gelombang refleksi dan transmisi

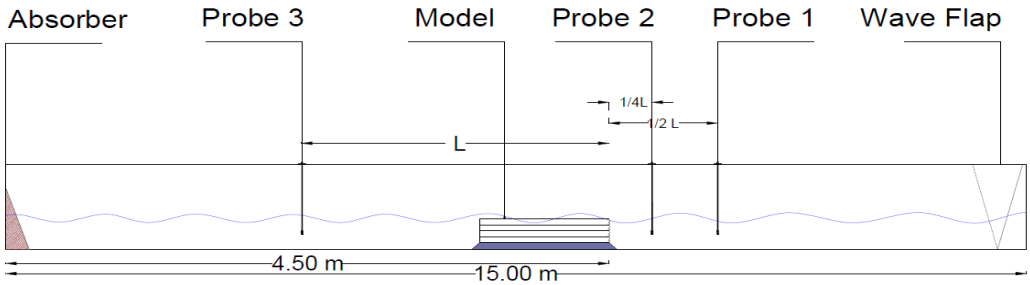
2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Teknik Pantai, Departemen Teknik Sipil, Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin selama 3 bulan.

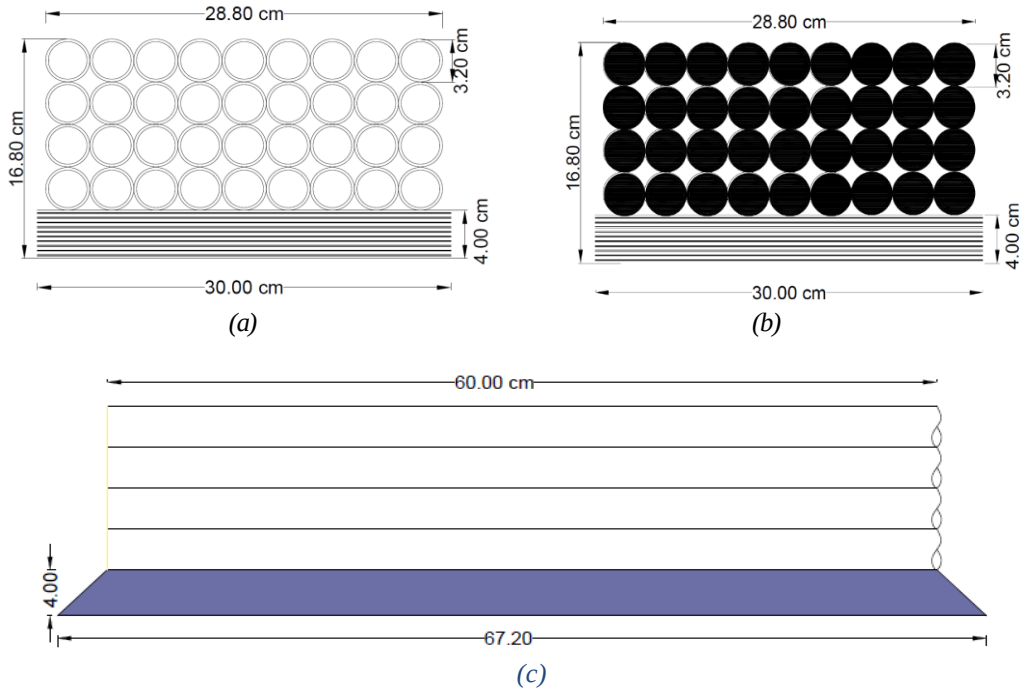
Metode eksperimen adalah merupakan cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang sengaja dibuat oleh peneliti dengan menghilangkan, mengurangi, atau mengabaikan faktor lainnya. (Cipta, 1999) Peneliti memanipulasi tinggi gelombang rencana buatan, mengontrol dimensi breakwater, dan mengobservasi pengaruhnya terhadap besarnya energi yang diredam.

Percobaan ini merupakan uji model fisik di saluran gelombang *2-D* yang dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang dengan panjang flume *15,00 m*, lebar *0,30 m* dan tinggi *0,45 m*. Saluran gelombang dilengkapi dengan sensor pembaca fluktuasi muka air dan dilengkapi dengan *software osciloscope* dengan *lay out* saluran percobaan seperti Gambar 1 dan Gambar 3.



Gambar 1. Lay out saluran percobaan 2D dan penempatan probe

Model yang digunakan terbuat dari pipa *PVC* dengan ukuran diameter dalam *2,8 cm*, diameter luar *3,2 cm* dengan variasi panjang potongan pipa *30, 45* dan *60 cm*. Potongan pipa ditutup salah satu ujungnya dan disusun teratur secara vertikal seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 a. Tampak depan b. Tampak belakang c. Tampak samping model breakwater

Gambar 3 Flum gelombang, peredam dan set pembangkit gelombang *Armfield SMK II Tilting Flume* (Syamsuri et al., 2019)

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua sumber data, yaitu:

1. Data primer, adalah merupakan data yang langsung diperoleh dari simulasi percobaan model fisik di laboratorium.
2. Data sekunder, adalah data yang didapatkan dari literatur yang sudah ada dan studi yang dilakukan baik di laboratorium maupun di tempat lain yang relevan dengan model pemecah gelombang yang diuji.

Dalam pengumpulan data primer diperlukan sarana pendukung berupa alat, bahan serta model uji sebagai berikut :

1. Saluran pembangkit gelombang.
2. Komputer yang dilengkapi *software osciloscope*.
3. Sensor *wave probe*
4. *Wave monitor*
5. *Data acquisition*
6. *Stopwatch*
7. Kamera, alat tulis dan alat pertukangan.
8. Model Uji

Parameter Penelitian

a) Variabel gelombang

Variabel dari gelombang adalah :

1. *C* : Cepat rambat gelombang (*m/det*)
2. *H* : Tinggi gelombang (*m*)
3. *L* : Panjang gelombang (*m*)

b) Variabel model

Variabel dari model adalah :

1. *h* : Tinggi model struktur pemecah gelombang *(m).*
2. *b* : Diameter pipa *(m)*
3. *B* : Lebar model struktur pemecah gelombang *(m)*

Dalam penelitian ini variabel terikat adalah tinggi gelombang releksi (*Hr*), tinggi gelombang transmisi (*Ht*), koefisien refleksi (*Kr*) dan koefisien transmisi (*Kt*), sedangkan variabel bebas adalah periode gelombang (*T*), tinggi gelombang datang (*Hi*), kedalaman air (*d*), lebar struktur (*B*), dan diameter pipa (*b*).

Analisis Data

Teori gelombang yang digunakan didasarkan pada prinsip gelombang dengan amplitudo kecil. Airy menurunkan persamaan Laplace untuk aliran tak rotasi, melinierkan persamaan *Bernoulli*, dan menciptakan teori gelombang *Airy*, juga dikenal sebagai teori gelombang linier. (Setyandito et al., 2012) mengungkapkan beberapa solusi untuk persamaan *Laplace* adalah:

$$\eta = \frac{H}{2} cos(kx - \sigma t) \qquad (1)$$

$$L = \frac{g}{2\pi} T^2 \, tanh \frac{2\pi}{L} h \qquad (2)$$

a) Perhitungan Hi, Hr dan Ht

Tinggi gelombang datang (*Hi*) yang terjadi akibat adanya model pemecah gelombang tergantung dari berapa besar tinggi gelombang maksimum (*H maks*) dan tinggi gelombang minimum (*H min*) berupa amplitudo maksimum dan minimum yang diperoleh dari rekaman data *osciloscope* pada masing-masing

probe. Menurut (Dean,Robert G & Dalrymple,1984) dalam (Huddiankuwera et al., 2019) tinggi gelombang refleksi (*Hr*) dan tinggi gelombang transmisi (*Ht*) adalah :

$$H_i = \frac{H_{maks} + H_{min}}{2} \qquad (3)$$

$$H_i = \frac{H_{maks} - H_{min}}{2} \qquad (4)$$

$$H_t = A_{maks} + A_{min} \qquad (5)$$

b) Perhitungan Kr, Kt dan Kd

Kemampuan suatu bangunan untuk memantulkan gelombang dinyatakan dengan koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang yang dipantulkan dengan tinggi gelombang datang. (Putra, 2013) yang diberikan oleh persamaan 6.

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \qquad (6)$$

Gelombang yang diteruskan akibat adanya hambatan seperti gelombang yang melewati konstruksi pemecah gelombang disebut gelombang transmisi. (Wurjanto et al., 2010).

Koefisien transmisi adalah perbandingan antara tinggi gelombang transmisi dan tinggi gelombang datang dalam bentuk persamaan 7.

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \qquad (7)$$

Menurut (Ahmed et al., 2014) bahwa besarnya energi gelombang yang diredam seperti ditunjukkan pada persamaan 8.

$$K_d = \sqrt{1 - K_t^2 - K_r^2} \qquad (8)$$

Rancangan Penelitian

Sebelum pengujian dilakukan, terlebih dahulu dibuat draft model berdasarkan variabel-variabel yang akan diteliti. Perancangan model pemecah gelombang didasarkan pada spesifikasi sebagai berikut:

1. Karakteristik gelombang awal yang dibangkitkan oleh saluran pembangkit gelombang dengan variasi kedalaman dan periode yang berbeda.
2. Berdasarkan pertimbangan fasilitas di laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan skala model *1:20* seperti Tabel 1.

Tabel 1 Skala model yang digunakan

Variabel	Notasi	Skala
Skala panjang	n_L	*20*
Skala waktu	n_T	$\sqrt{20}$
kala kecepatan	n_V	$\sqrt{20}$
kala percepatan	n_a	*1*
Skala gaya	n_F	20^3

3. Model yang digunakan yaitu model pemecah gelombang rangkaian pipa ujung tertutup seperti Gambar 2.
4. Variasi parameter model dan gelombang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 2 Variasi parameter model dan gelombang

Jenis variasi	Jumlah variasi
Lebar model (*B*)	*3 variasi*
Kedalaman air *(d)*	*3 variasi*
Periode gelombang *(T)*	*3 variasi*
Tinggi gelombang datang *(Hi)*	*3 variasi*

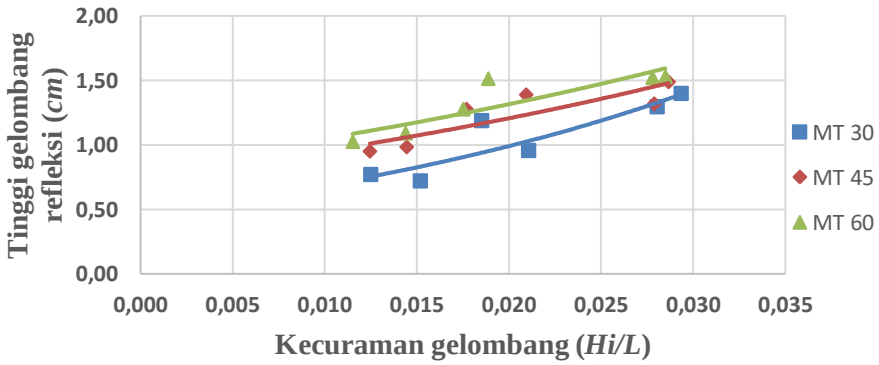
Prosedur Pelaksanaan Pengujian

Secara umum, prosedur pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Model pemecah gelombang dimasukkan dan direkatkan menggunakan lem di dasar flum dengan jarak *11 m* dari pembangkit gelombang.
2. Setelah cukup kuat menempel di dasar *flum* kemudian mengatur *probe sensor* perekam gelombang seperti terlihat pada Gambar 1.
3. Mengalirkan air dari bak penampungan sampai dengan kedalaman rencana.
4. Menyiapkan *software osciloscope* pada komputer dan mengatur semua settingan jumlah *sampel* dan *frekuensi* serta mengatur periode gelombang yang dibangkitkan secara manual sesuai dengan rencana.
5. Setelah semua persiapan telah siap, nyalakan unit pembangkit gelombang pada panel kontrol. Kegiatan merekam gelombang di *software osciloscope* dilakukan saat gelombang terlihat menyentuh *wave probe* terakhir yaitu *wave probe 3*.
6. Setelah selesai merekam sesuai dengan durasi yang ditentukan sebelumnya maka unit pembangkit gelombang dimatikan kemudian data hasil rekaman berupa data *CSV* dan disimpan di komputer.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Hubungan antara tinggi gelombang refleksi (*Hr*) dengan parameter kecuraman gelombang (*Hi/L*)

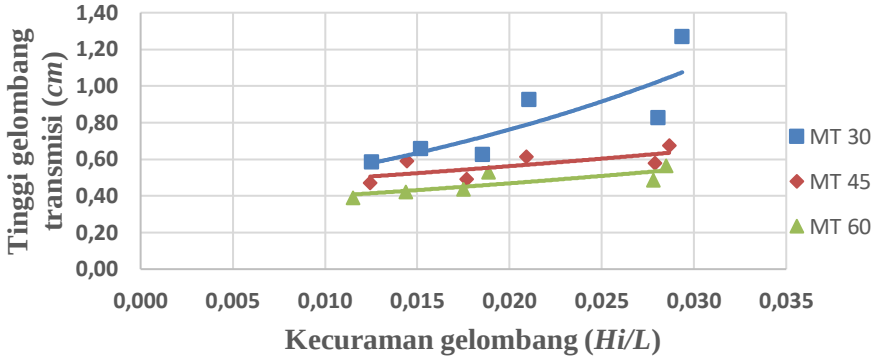


Gambar 4 Hubungan antara tinggi gelombang refleksi (*Hr*) dan kecuraman gelombang (*Hi/L*)

Grafik pada Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara tinggi gelombang refleksi (*Hr*) dan parameter kecuraman gelombang (*Hi/L*) pada rasio kedaman air dan tinggi model (*d/h = 0,81 – 1,00*) bahwa tinggi gelombang refleksi

semakin meningkat seiring dengan peningkatan nilai kecuraman gelombang pada setiap variasi lebar model. Nilai tinggi gelombang refleksi (*Hr*) pada lebar model *30 cm* adalah *0,717 cm – 1,293 cm,* pada lebar model *45 cm* adalah *0,982 cm – 1,316 cm* dan pada lebar model *60 cm* adalah *1,092 – 1,521 cm* dengan nilai kecuraman gelombang (*Hi/L*) *0,012 – 0,029*. Grafik ini membuktikan bahwa pada lebar model 60 cm terjadi tinggi gelombang refleksi maksimum dan pada lebar model 30 cm terjadi tinggi gelombang refleksi minimum.

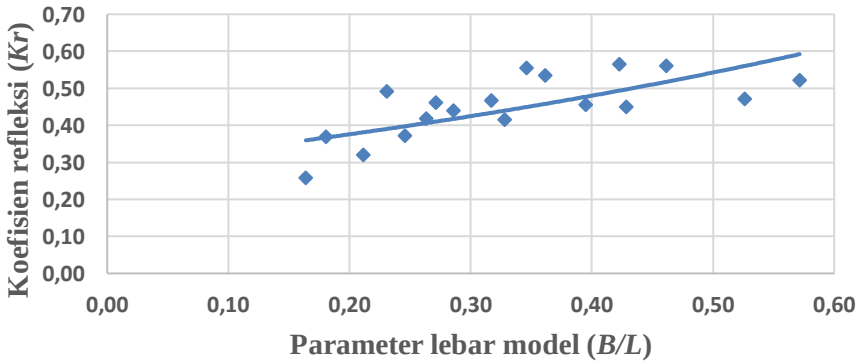
b) Hubungan antara tinggi gelombang transmsi (*Ht*) dengan parameter kecuraman gelombang (Hi/L)



Gambar 5 Hubungan antara tinggi gelombang transmisi (*Ht*) dan kecuraman gelombang (*Hi/L*)

Grafik pada Gambar 5 memperlihatkan hubungan antara tinggi gelombang transmisi (Ht) dan parameter kecuraman gelombang (Hi/L) pada rasio kedaman air dan tinggi model (d/h = 0,81 – 1,00) bahwa tinggi gelombang transmisi meningkat seiring dengan peningkatan nilai kecuraman gelombang pada setiap variasi lebar model. Nilai tinggi gelombang transmisi (Ht) pada lebar model *30 cm* adalah *0,585 cm – 1,270 cm*, pada lebar model *45 cm* adalah *0,471 cm – 0,673 cm* dan pada lebar model *60 cm* adalah *0,390 cm – 0,563 cm* dengan nilai kecuraman gelombang (Hi/L) *0,012 – 0,029*. Grafik ini membuktikan bahwa pada lebar model 30 cm terjadi tinggi gelombang transmisi maksimum dan pada lebar model 60 cm terjadi tinggi gelombang transmisi minimum.

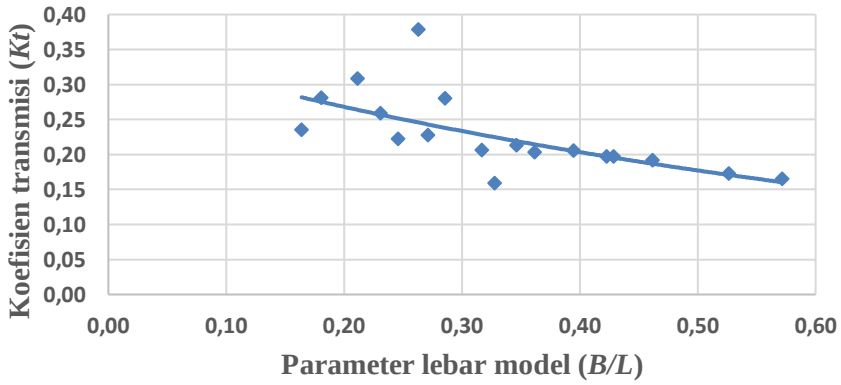
c) Hubungan antara koefisien refleksi (*Kr*) dengan parameter lebar model (*B/L*)



Gambar 6 Hubungan antara koefisien transmisi (*Kt*) dan parameter lebar model (*B/L)*

Grafik pada Gambar 6 memperlihatkan bahwa koefisien refleksi (*Kr*) sebanding dengan nilai parameter lebar model (*B/L*) artinya semakin besar nilai parameter lebar model maka semakin besar pula nilai koefisien refleksi (*Kr*) . Nilai koefisien refleksi (*Kr*) meningkat dari *0,258 – 0,565* begitu pula dengan nilai parameter lebar model (*B/L*) meningkat dari *0,164 – 0,571.*

d) Hubungan antara koefisien transmisi (*Kt*) dengan parameter lebar model (*B/L*)



Gambar 7 Hubungan antara koefisien transmisi (*Kt*) dan parameter lebar model (*Hi/L*)

Grafik pada Gambar 7 memperlihatkan bahwa koefisien transmisi (*Kt*) berbanding terbalik dengan nilai parameter lebar model (*B/L*) artinya Semakin besar nilai parameter lebar model maka semakin kecil nilai koefisien transmisi (Kt) . Nilai koefisien transmisi (*Kt*) menurun dari *0,379 – 0,160* pada saat nilai parameter lebar model (*B/L*) meningkat dari *0,164 – 0,571*.

4. PENUTUP

Berdasarkan evaluasi, pembahasan dan analisis, disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisa dimensi didapatkan parameter gelombang yang berulang adalah kecuraman gelombang (*Hi/L*) dan parameter model adalah koefisien lebar model (*B/L*) serta parameter tetap adalah rasio antara kedalaman air (*d*) dan tinggi model (*h*) dalam bentuk parameter tak berdimensi (*d/h*).
2. Pengaruh variasi lebar (*B*) pemecah gelombang rangkaian pipa ujung tertutup terhadap tinggi gelombang refleksi (*Hr*) dari hasil uji model dapat diketahui melalui besarnya nilai koefisien refleksi (Kr) dan disimpulkan bahwa semakin panjang *B* akan meningkatkan nilai *Kr* dari *0,258* sampai *0,565* atau terjadi peningkatan sebesar *30,7 %*. Nilai koefisien transmisi (*Kt*) menurun jika *B* semakin panjang mulai dari *0,379 - 0,160* atau terjadi penurunan sebesar *21,9 %*. Dengan demikian model rangkaian pipa ujung tertutup dapat meredam gelombang datang sampai dengan *47,4 %*. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa semakin panjang *B* akan meningkatkan tinggi gelombang refleksi (*Hr*), dan akan menurunkan tinggi gelombang transmisi (*Ht*).

Penelitian ini masih perlu dikembangkan untuk mendapatkan masukan dari sudut pandang teknik yang berbeda mengingat keterbatasan pengetahuan penulis dan alat yang digunakan. Berikut beberapa saran yang dapat kami berikan kepada peneliti selanjutnya :

1. Penelitian tentang variasi diameter pipa untuk mendapatkan koefisien diameter pipa sebagai parameter model.
2. Lebar model (B) disarankan untuk mendekati nilai hasil perhitungan

panjang gelombang (L) berdasarkan kedalaman air dan periode gelombang rencana agar mempermudah dalam menganalisis data.

.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, H., Schlenkhoff, A., Rousta, R., & Abdelaziz, R. (2014). Experimental and semi-analytical investigation of wave interaction with double vertical slotted walls. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering*, *8*(8), 1447–1455.

Biro KIP Kemenhub RI. (2015). *Program Tol Laut Resmi Diluncurkan*.

Cipta, R. (1999). Arikunto, Suharsimi. 2006. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik. Jakarta. *Jurnal Gerbang*, *8*(1).

Dean,Robert G & Dalrymple, R. (1984). *Water Wave for Engineers and Scientists*. Prentice Hall.

Huddiankuwera, A., Rachman, T., Thaha, M. A., & Dewa, S. (2019). Studi Model Pengaruh Kedalaman Air Terhadap Deformasi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Sisi Miring Berongga. *Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (Knpts) X*, *5*.

Putra, H. D. A. A. O. P. (2013). Pengaruh Elevasi Muka Air Laut Pada Koefisien Transmisi dan Refleksi Composite Breakwater. *Jurnal Teknik ITS*, *Vol 2, No 1 (2013)*, G47–G51.

Setyandito, O., Nizam, N., Yuwono, N., & Triatmadja, R. (2012). Pengaruh gelombang pada profil kemiringan pantai pasir buatan (Uji model fisik dan studi kasus penanggulangan erosi serta pendukung konservasi lingkungan daerah pantai). *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, *4*(1), 32–42.

Shih, R.-S. (2012). Experimental study on the performance characteristics of porous perpendicular pipe breakwaters. *Ocean Engineering*, *50*, 53–62. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2012.05.010

Sudirman, M. H., Rabung, F., & Pongmanda, S. (2017). Pengaruh Kedalaman Air Terhadap Transmisi Dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Komposit Batu Dan Balok Kotak. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*.

Syamsuri, A. M., Suriamihardja, D., Thaha, A., & Rachman, T. (2019). *Pengaruh Periode dan Kedalaman Air terhadap Kecuraman Gelombang pada Flume Persiapan Percobaan Peredaman Gelombang*.

Syamsuri, A. M., Suriamihardja, D., Thaha, M. A., & Rahman, T. (2021). Effect of Pipe Diameter Variation on Transmission of Porous Breakwater. *IOP Publishing*. https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/841/1/012030

Wurjanto, A., Ajiwibowo, H., & Zamzami, R. (2010). Pemodelan fisik 2-D untuk mengukur tingkat efektivitas perforated skirt breakwater pada kategori gelombang panjang. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, *17*(3), 211–226.