

**PENGARUH FORMASI DESAIN *BLOK ARMOUR MODEL* DALAM  
MEREDUKSI GELOMBANG DATANG PADA STRUKTUR  
*SUBMERGED BREAKWATER***

*The Influence of Formation Block Armour Model Design to Reduce  
Incoming Waves in Submerged Breakwater Structure*

ARTIKEL ILMIAH

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

**IKHSAN FAHRONI  
F1A 017 065**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM  
2023**

**ARTIKEL ILMIAH**

**PENGARUH FORMASI DESAIN *BLOK ARMOUR MODEL* DALAM  
MEREDUKSI GELOMBANG DATANG PADA STRUKTUR *SUBMERGED  
BREAKWATER***

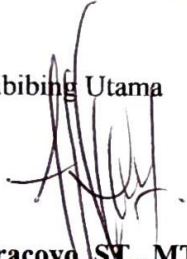
*The Influence of Formation Block Armour Model Design to Reduce  
Incoming Waves in Submerged Breakwater Structure*

Oleh :

**IKHSAN FAHRONI**  
**F1A017065**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing :

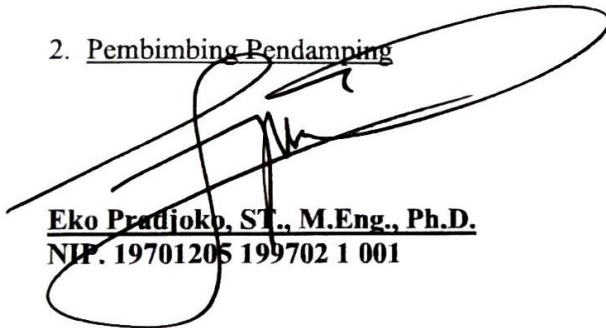
1. Pembimbing Utama



**Atas Pracoyo, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19710717 199803 1 005**

Tanggal : 7 Maret 2023

2. Pembimbing Pendamping



**Eko Pradjoko, ST., M.Eng., Ph.D.**  
**NIP. 19701205 199702 1 001**

Tanggal : 7 Maret 2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Jurusan Teknik  
Universitas Mataram



**Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr. Eng.**  
**NIP. 19731027 199802 1 001**

**ARTIKEL ILMIAH**

**PENGARUH FORMASI DESAIN *BLOK ARMOUR MODEL* DALAM  
MEREDUKSI GELOMBANG DATANG PADA STRUKTUR *SUBMERGED*  
*BREAKWATER***

*The Influence of Formation Block Armour Model Design to Reduce  
Incoming Waves in Submerged Breakwater Structure*

Oleh :

**IKHSAN FAHRONI**  
**F1A017065**

Telah dipertahankan di depan Dewan penguji  
Pada tanggal 7 Maret 2023  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji :


1. Penguji I

  
**Ir. Bambang Harianto, MT.**  
**NIP. 19580531 198703 1 002**

2. Penguji II

  
**Agus Suroso, ST., MT.**  
**NIP. 19680813 199703 1 002**

3. Penguji III

  
**Ir. Anid Suprivadi, MT.**  
**NIP. 19660813 199403 1 001**

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



**Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19720222 199903 1 002**

# PENGARUH FORMASI DESAIN *BLOK ARMOUR MODEL* DALAM MEREDUKSI GELOMBANG DATANG PADA STRUKTUR *SUBMERGED BREAKWATER*

**Ikhsan Fahroni<sup>1</sup>, Atas Pracoyo<sup>2</sup>, Eko Pradjoko<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

<sup>2,3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Email : [fahroniikhsan05@gmail.com](mailto:fahroniikhsan05@gmail.com)

---

## ABSTRAK

Abrasi pantai merupakan permasalahan yang sering terjadi dan perlu penanganan secara serius. Salah satu metode untuk menanggulangi masalah tersebut adalah dengan menggunakan struktur pemecah gelombang (breakwater). Pemecah gelombang ambang rendah (PEGAR) atau *submerged breakwater* adalah bangunan struktur pantai yang berguna untuk mengendalikan abrasi dengan cara mengurangi atau meredam energi gelombang. Bentuk *armour* yang digunakan cukup berpengaruh terhadap stabilitas PEGAR maupun besar reduksinya. Sampai saat ini banyak inovasi bentuk *armour* yang diteliti dan digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formasi *armour* yang digunakan dalam mereduksi gelombang datang.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika dan Pantai, Fakultas Teknik Universitas Mataram menggunakan *flume* yang dilengkapi pembangkit gelombang buatan. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan lebar PEGAR ( $\frac{1}{4}L$ ,  $\frac{1}{2}L$ , dan  $\frac{3}{4}L$ ) dan variasi tinggi muka air di atas puncak PEGAR (5 cm, 10 cm, dan 15 cm) pada kedalaman 40 cm. Tinggi gelombang rata-rata (H)=5,9 cm, panjang gelombang (L)=156 cm, dan Periode (T)=1,04 dt. Terdapat dua jenis formasi model yang diteliti, yakni model I dengan puncak PEGAR terdapat tonjolan-tonjolan, sedangkan model II tanpa tonjolan /rata. Data hasil pengujian kemudian dianalisa untuk menghitung reduksi gelombang yang terjadi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lebar puncak dan tinggi PEGAR signifikan dalam mereduksi tinggi gelombang yang melintas di atas permukaannya. Lebar puncak PEGAR sebanding dengan besar reduksinya, sedangkan besar nilai  $R_c$  (jarak antara puncak pemecah gelombang dengan muka air normal) berbanding terbalik dengan besar reduksi yang dihasilkan. Perbedaan formasi *armour* yang digunakan juga berpengaruh terhadap nilai koefisien transmisinya. Hasil penelitian pada formasi model I menunjukkan pada lebar puncak PEGAR  $\frac{1}{4}L$ ,  $\frac{1}{2}L$ , dan  $\frac{3}{4}L$  dengan tinggi muka air di atas puncak PEGAR ( $R_c$ ) 10 cm, maka nilai koefisien transmisi berturut-turut 0,927; 0,858; dan 0,738. Kemudian pada ( $R_c$ ) 15 cm, koefisien transmisi secara berturut-turut adalah 0,944; 0,921; dan 0,807. Lalu untuk model II diperoleh nilai koefisien transmisi berturut-turut adalah 0,941; 0,936; dan 0,752 pada ( $R_c$ ) 10 cm. Begitu pula pada ( $R_c$ ) 15 cm diperoleh nilai koefisien transmisi berturut-turut adalah 0,963; 0,947; dan 0,849. Dapat disimpulkan bahwa formasi model I lebih efektif dalam mereduksi gelombang dibandingkan dengan formasi model II.

**Kata kunci** : *Abrasi pantai, submerged breakwater, reduksi gelombang, koefisien transmisi*

## **I. Pendahuluan**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari ribuan pulau yang membentang dari timur hingga barat dan banyak dimanfaatkan sebagai tujuan destinasi wisata. Permasalahan yang sering terjadi di daerah pantai adalah erosi pantai yang utamanya disebabkan oleh aktivitas gelombang laut. Untuk melindungi daerah pantai dari serangan gelombang, maka diperlukan bangunan yang bisa meredam energi gelombang tersebut. Salah satu struktur pelindung pantai yang dapat digunakan dalam mengatasi permasalahan tersebut adalah konstruksi pemecah gelombang (*breakwater*).

Secara garis besar terdapat dua jenis konstruksi pemecah gelombang / *breakwater* yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan pemecah gelombang lepas pantai. Pemecah gelombang sambung pantai merupakan jenis struktur yang berhubungan langsung dengan pantai atau daratan, sedangkan pemecah gelombang lepas pantai adalah konstruksi *breakwater* yang tidak berhubungan dengan garis pantai dan dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai (Cerc, 1984).

Pemecah gelombang lepas pantai (*offshore breakwater*) sebagai peredam energi sampai saat ini pada dasarnya terdiri dari *non submerged breakwater* (tidak terendam) dan *submerged breakwater* (terendam). *Non submerged breakwater* yaitu pemecah gelombang yang secara frontal ditabrak oleh gelombang pada struktur *breakwater* sehingga gelombang langsung pecah saat

mengenai struktur *breakwater*, sedangkan *submerged breakwater* yaitu pemecah gelombang dimana gelombang yang telah diredam diperkenankan untuk melimpas diatas struktur *breakwater* (Johny, 2008).

Dewasa ini banyak dilakukan penelitian *breakwater* dari material beton, salah satu alternatifnya adalah struktur pegar tipe blok beton berkait / penguncian (*interlocking*) antara sesama blok beton yang dapat menstabilkan blok beton tersebut dalam menerima gempuran gelombang. Penggunaan material beton sangat ramah lingkungan karena dengan permukaan beton yang kasar maka biota laut seperti terumbu karang akan cepat hidup sehingga perlindungan pemecah gelombang kedepannya akan menjadi obyek wisata tambahan. Pegar sangat sesuai untuk daerah pantai yang berfungsi sebagai kawasan pariwisata, dimana nilai estetika merupakan hal yang utama (Hariati dkk. 2021).

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh formasi model *armour* yang digunakan dalam mereduksi gelombang datang?
2. Berapa besar perbandingan nilai koefisien transmisi pada desain struktur *breakwater* yang digunakan?
3. Bagaimana kinerja desain *breakwater* yang digunakan dalam mereduksi gelombang datang melalui pengukuran gelombang transmisi yang dihasilkan?

### C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh formasi model *armour* yang digunakan dalam mereduksi gelombang datang.
2. Mengetahui perbandingan nilai koefisien transmisi pada desain struktur *breakwater* yang digunakan.
3. Mengetahui kinerja desain *breakwater* yang digunakan dalam mereduksi gelombang datang melalui pengukuran gelombang transmisi yang dihasilkan.

### D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjaga keindahan pantai sebagai daya tarik wisatawan.
2. Tersedianya *breakwater* dengan stabilitas tinggi dan kemudahan dalam hal pelaksanaan pembuatan.
3. Tidak perlu mencari batu/material dengan spesifikasi tertentu.
4. Material yang ramah lingkungan, sehingga memudahkan dalam pertumbuhan biota laut yang dapat dijadikan sebagai obyek wisata tambahan.
5. Sebagai bahan pertimbangan pengembangan teknologi pemecah gelombang dan sebagai acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya mengenai pemecah gelombang yang efisien dan ekonomis tanpa menghilangkan nilai estetika dari sebuah pantai atau kawasan wisata.
6. Penelitian ini diharapkan mampu menjawab tantangan permasalahan erosi pantai akibat tingginya gelombang datang menuju pantai, sehingga pada masa akan datang

struktur *submerged breakwater* dapat menjadi pilihan utama dalam penanganan erosi pantai, khususnya pantai wisata karena tidak menghalangi pandangan wisatawan ke arah laut lepas.

### E. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada flume terdapat peredam yang dapat menyerap energi gelombang secara sempurna sehingga diasumsikan tidak ada gelombang refleksi (diabaikan).
2. Spesifikasi bahan yang digunakan dalam pembuatan struktur tidak ditentukan/bebas sehingga tidak diperhitungkan berat struktur.
3. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang teratur/*reguler wave* yang belum pecah (gelombang tetap dengan arah sudut tegak lurus terhadap model).
4. Dasar perairan rata dan kedap.
5. Fluida yang digunakan adalah air tawar dengan tidak memperhitungkan salinitas dan pengaruh mineral air.
6. Kedalaman relatif (perbandingan antara kedalaman air dengan panjang gelombang ( $d/L$ ) yang diteliti), yaitu ditetapkan sebagaimana di laut transisi ( $0,05 < d/L < 0,5$ ).
7. Gelombang yang diteliti dan kedalaman telah ditetapkan.
8. Menggunakan beton sebagai struktur pemecah gelombang dan tidak mengamati dari sisi pengaruh kekuatan fisik dan mekanik struktur.
9. Struktur model dianggap kokoh/tidak mudah bergeser.

## II. Dasar Teori

### A. Tinjauan Pustaka

#### 1. Bangunan Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang (breakwater) adalah struktur yang dibangun untuk melindungi fasilitas di daerah pesisir. Salah satu metode penanggulangan erosi pantai akibat gelombang adalah penggunaan struktur pelindung pantai dimana struktur tersebut berfungsi sebagai peredam energi gelombang dan mengurangi energi gelombang di sisi darat struktur (Ranasinghe & Turnrer, 2006).

(Darma, 1994) melakukan penelitian untuk kerja terumbu buatan (artificial reef) sebagai peredam energi gelombang dengan menggunakan material batu pecah dan (Abrori dkk, 2009) meneliti terumbu buatan bentuk kubah berlubang “HSAR” (hemispherical submerged artificial reef) dan menyatakan bahwa dalam jumlah yang besar HSAR dapat efektif mereduksi energi gelombang.

#### 2. Studi Breakwater

Armono dan Hall (2002) dalam Andojo dkk (2010) melakukan penelitian terhadap terumbu karang berongga/hollow hemispherical shape artificial reef (HSAR), mengungkapkan pengurangan tinggi gelombang dipengaruhi oleh kecuraman gelombang (wave steepness),

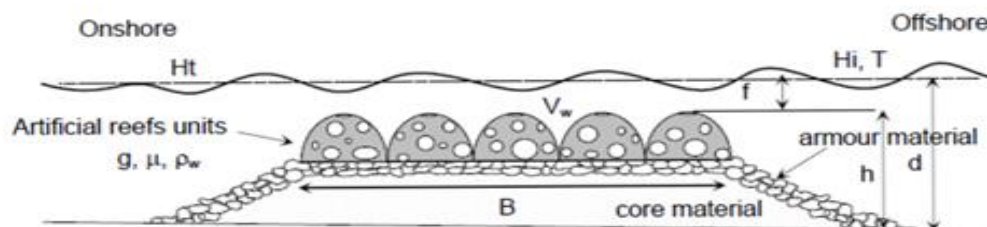
kedalaman struktur yang tenggelam dan geometri karang. Hasil penelitian mengungkapkan sekitar 60% energi gelombang yang datang dapat dikurangi.

Sementara itu Andojo (2010) meneliti *perforated skirt breakwater*. Andojo dkk (2010) mendapatkan semakin besar nilai *draft breakwater* (S), maka nilai koefisien transmisi (Kt) semakin kecil atau semakin besar energi disipasi yang terjadi. Semakin kecil nilai koefisien Kt berarti semakin baik fungsi dari *breakwater*.

Sila Darma (1994), melakukan penelitian karakteristik hidraulik terumbu buatan terutama transmisi dan refleksi gelombang yang mengenai bangunan untuk material batu pecah sebagai bahan penyusun. Faktor pengubah yang diamati adalah tinggi gelombang datang (Hi), gelombang transmisi (Ht), kedalaman air (d), tinggi terumbu karang buatan (h), lebar puncak (B) dan periode gelombang (T). Jenis gelombang reguler dan formasi koefisien transmisi dari hasil penelitian adalah :

$$Kt = \exp \left\{ -0,509 + 0,206 \cdot \ln \left( \frac{d-h}{H_i} \right) - 1,32 \left( \frac{B}{gT^2} \right) \right\}$$

Dengan Batasan nilai  $(d-h)/H_i \leq 10$  dan berlaku untuk keadaan kedalaman transisi. Dari penelitian tersebut disimpulkan peredaman energi gelombang dipengaruhi oleh dimensi terumbu karang buatan yang



Gambar 2.1 Sketsa konfigurasi penelitian *hollow hemispherical shape artificial reefs* (HSAR) oleh Armono dan Hall, 2002

dicirikan oleh tinggi struktur, lebar puncak dan kedalaman air di atas puncak bangunan. Terumbu buatan akan efektif sebagai peredam energi gelombang pada ketinggian air di atas puncak yang rendah.

Didi (2016) melakukan penelitian laboratorium mengenai pengaruh lebar pemecah gelombang ambang rendah (PEGAR) masif terhadap reduksi gelombang reguler. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh beberapa data hasil penelitian yang kemudian disimpulkan bahwa semakin lebar PEGAR dan tinggi muka air di atas puncak PEGAR ( $R_c$ ) yang kecil maka nilai koefisien transmisi akan semakin kecil.

### **3. Landasan Teori**

#### **3.1 Teori Dasar Pemecah Gelombang**

Pemecah gelombang atau dikenal sebagai juga sebagai pemecah ombak adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak gelombang, dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus garis pantai dan untuk menenangkan gelombang dipelabuhan sehingga kapal dapat merapat di pelabuhan dengan lebih mudah dan cepat (Triatmodjo, 1999).

Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Pemecah gelombang sambung pantai merupakan bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari laut bebas, sehingga perairan pelabuhan menjadi tenang karena tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut dan kapal bisa melakukan kegiatan bongkar muat. Pemecah gelombang lepas pantai merupakan bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak

tertentu dari garis pantai yang berfungsi untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang.

#### **3.2 Fungsi Pemecah Gelombang**

Bangunan ini berfungsi melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang yang dapat mengakibatkan erosi pada pantai. Perlindungan oleh pemecahan gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan.

Gelombang yang menjarar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian diteruskan (transmisi) dan sebagian dihancurkan (dissipasi) melalui pecahnya gelombang, kekentalan fluida gesekan dasar dan lain-lainnya.

#### **3.3 Teori Dasar Gelombang**

Gelombang permukaan merupakan salah satu bentuk penjararan energi yang biasanya ditimbulkan oleh angin yang berhembus di atas lautan (Black, 1986). Sifat gelombang yang datang menuju pantai sangat dipengaruhi oleh kedalaman air dan bentuk profil pantainya (beach profile), selain tentunya parameter dan karakter gelombang itu sendiri.

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah sebagai berikut :

- a. Panjang gelombang ( $L$ )
- b. Tinggi gelombang ( $H$ )
- c. Periode gelombang ( $T$ )
- d. Kecepatan rambat gelombang ( $L/T$ )
- e. Kecuraman gelombang ( $H/L$ )
- f. Ketinggian relatif ( $H/d$ )
- g. Kedalaman relatif ( $d/L$ )
- h. Amplitudo ( $A$ )



### 3.4 Klasifikasi Teori Gelombang

Jika ditinjau dari kedalaman perairan dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang air dangkal, transisi dan air dalam. Batasan dari ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan Panjang gelombang ( $d/L$ ). Batasan penggunaannya dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 2.2 Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam

Kategori gelombang	$d/L$	$2\pi d/L$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air dalam	$> 0,5$	$> \pi$	$\approx 1$
Air transisi	$0,05 - 0,5$	$0,25 - \pi$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air dangkal	$< 0,05$	$< 0,25$	$2\pi d/L$

Sumber : Muhammad Azwar Anas (2014)

### 3.5 Gelombang Transmisi

Transmisi gelombang ( $H_t$ ) adalah tinggi gelombang yang diteruskan melalui rintangan dan diukur dengan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dihitung dengan persamaan berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i}$$

Dengan :

$K_t$  = koefisien gelombang transmisi

$H_t$  = tinggi gelombang transmisi

$H_i$  = tinggi gelombang datang

### 3.6 Hukum Dasar Model

Konsep dasar permodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud

adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik (Yuwono, 1996).

Pemodelan fisik dapat dikatakan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk model yang sama dengan prototipenya atau menggunakan model yang lebih kecil dengan kesebangunan atau similaritas yang cukup memadai. Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada

pada prototipe sulit untuk diperoleh karena berbagai keterbatasan. Studi lapangan dapat menyediakan data yang akurat, tetapi biasanya membutuhkan biaya yang tinggi dan memuat variabel alam yang dapat menyebabkan kesulitan dalam interpretasi data. Efek-efek fisik antar elemen fluida merupakan hal yang sangat berpengaruh untuk suatu penelitian mengenai karakter fluida. Dengan model fisik, hal tersebut dapat divisualisasikan dan dapat dijamin keakuratannya. Hasil visualisasi tersebut mungkin merupakan hal yang tidak bisa dihasilkan secara teoritis atau dengan menggunakan perhitungan komputer (Hughes, 1993)

### 3.7 Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototipe tetapi ukuran bisa berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model

dan prototipe adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa distorsi) dan sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*). Pada sebangun geometrik sempurna skala panjang arah horisontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted* model skala panjang dan skala tinggi tidak sama.

### 3.8 Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horisontal.

### 3.9 Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan.

## III. Metode Penelitian

### A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika dan Pantai Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.

### B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimental, dimana kondisi dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yakni :

1. Data primer yakni data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik di laboratorium.
2. Data sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada, baik yang telah dilakukan di laboratorium maupun dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian pemecah gelombang.

### C. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Saluran pembangkit gelombang dengan dimensi panjang 14,8 m, lebar 0,50 m dan kedalaman efektif saluran 0,80 m.
2. Unit pembangkit gelombang. Mesin pembangkit terdiri dari mesin utama, *pulley* yang berfungsi mengatur waktu putaran piringan yang dihubungkan pada *stroke* sehingga menggerakkan *flap* pembangkit gelombang.
3. Mistar atau penggaris, sebagai alat ukur ketinggian gelombang.
4. *Stopwatch*, sebagai penghitung periode gelombang.
5. Kamera atau alat perekam, untuk merekam gerakan gelombang secara keseluruhan.

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah model pemecah gelombang berbentuk balok berkait yang terbuat dari semen, dengan lubang dan

tonjolan pengunci yang simetris yang terbuat dari nako.

#### D. Perancangan Penelitian

Perancangan model pemecah gelombang didasarkan pada beberapa spesifikasi sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan pemecah gelombang ini, ditentukan terlebih dahulu stabilitas berat butir batu pelindungnya, dihitung menggunakan rumus Hudson.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

dengan :

$W$  = berat butir batu pelindung

$\gamma_r$  = berat jenis batu/beton ( $\rho$ )

$\gamma_a$  = berat jenis air laut

$H$  = tinggi gelombang rencana

$\theta$  = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

$K_D$  = koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung (batu alam atau buatan)

Data rencana dengan skala 1 : 40 sebagai berikut.

$$\gamma_r = 2200 \text{ kg/m}^3 = 2,2 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_a = 1,03 \text{ ton/m}^3$$

$$K_D = 5 \text{ (kubus modifikasi)}$$

$$H = 8,1 \text{ cm} = 324 \text{ cm (skala 1 : 40)}$$

$$\theta = 1 : 2$$

Maka,

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,2}{1,03} = 2,14$$

$$W = \frac{2,2 \times 3,24^3}{5(2,14-1)^3 \times 2}$$

$$W = 5,05 \text{ ton} = 5050 \text{ kg}$$

2. Menghitung volume dan panjang lapis lindung pegas

$$W = p \times l \times t \times \rho$$

$$5050 = V \times 2200$$

$$V = \frac{W}{\rho}$$

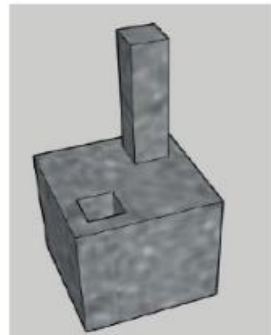
$$= \frac{5050}{2200} = 2,3 \text{ m}^3$$

$$P = \sqrt[3]{2,3} = 1,32 \text{ m} = 132 \text{ cm}$$

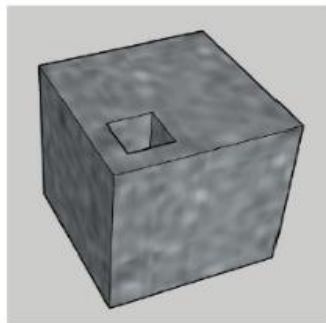
Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai  $W$  sebesar 5,05 ton dengan dimensi asli lapis lindung sebesar ; panjang 132 cm, lebar 132 cm dan tinggi 132 cm. Skala pembanding yang digunakan yaitu 1 : 40, sehingga dimensi modelnya adalah 3,3 cm untuk panjang, lebar dan tinggi. Digunakan skala 1:40 sehingga dimensi modelnya yakni 3,3 cm.

3. Berdasarkan pertimbangan bahan yang tersedia, dimensi model diperbesar menjadi 4 cm untuk panjang dan tingginya. Hal tersebut dilakukan karena kesulitan dalam pembuatan model yang kecil. Dimensi tersebut dapat diubah karena dalam penelitian ini berfokus pada gelombang transmisi dan tidak diperhitungkan untuk guling maupun geser.

4. Digunakan dua jenis model, yaitu model I blok beton dengan tonjolan, sedangkan model II dibuat tanpa tonjolan.



( a )



( b )

Gambar 3.4 Sketsa model perspektif pemecah gelombang *blok armour model*. (a). Model 1 (b). Model 2

#### E. Pengumpulan Data Awal

Pengumpulan data awal penelitian ini dilakukan pengukuran tinggi gelombang dimana pada pelaksanaan di lapangan terlihat bahwa tinggi gelombang sepanjang *wave flume* tidak sama. Oleh

karena itu, dilakukan pengukuran tinggi gelombang di 22 titik pengamatan yang kemudian hasilnya dirata-ratakan sehingga didapatkan tinggi gelombang rata-rata.

#### F. Perletakan Model Penelitian

Model ditempatkan pada jarak 10 m dari unit pembangkit gelombang (lihat gambar 3.5).

Model *submerged breakwater* dibuat dengan lebar puncak yang bervariasi, yaitu  $\frac{1}{4} L$ ,  $\frac{1}{2} L$ , dan  $\frac{3}{4} L$  dari suatu panjang gelombang yang direncanakan, dengan variasi tinggi muka air di atas puncak model ( $R_c$ ) yaitu 5 cm, 10 cm, dan 15 cm.

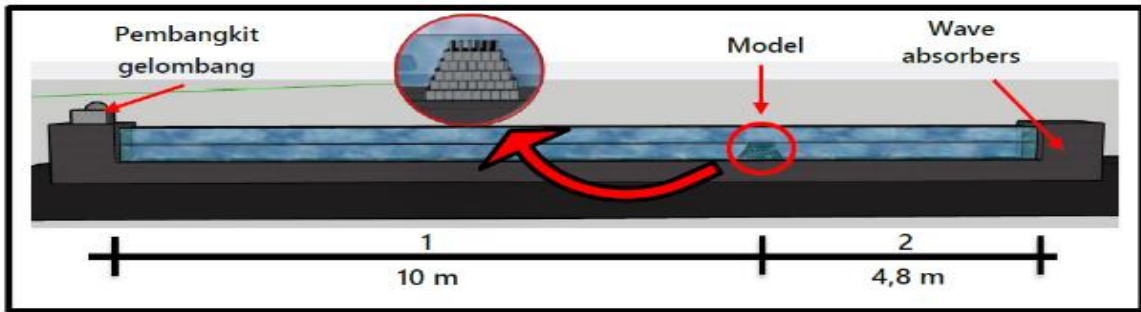
#### G. Metode Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data tinggi gelombang ( $H$ ) dilakukan pengambilan data nilai elevasi muka air maksimum (puncak) dan nilai elevasi muka air minimum (lembah) di sebelas titik yang sudah ditentukan (7 titik di depan model dan 4 titik di belakang model). Jarak titik pengukuran terdekat (titik 7 dan titik 8) ke titik tengah model yaitu 80 cm, dengan jarak antara titik pengukuran yang satu dengan lainnya yaitu 20 cm.

Pencatatan data diambil sebanyak tiga kali tiap titiknya dimulai dari titik 1 sampai titik 11 dalam pencatatan data pertama. Kemudian dilakukan pencatatan kembali seperti sebelumnya guna

Tabel 3.1 Karakteristik gelombang yang digunakan dalam penelitian

Kedalaman ( $d$ )	Kecepatan Mesin	Periode ( $T$ )	Tinggi Gelombang rata-rata ( $H$ )	Panjang Gelombang ( $L$ )	Kedalaman Relatif ( $d/L$ )
cm	Rpm	detik	cm	cm	
40	550	1,04	5,9	156	0,26



Gambar 3.5 Desain posisi tinjauan pengamatan terhadap model fisik di dalam wave flume

mendapatkan data yang kedua dan data ketiga untuk memastikan konsistensi data yang diperoleh dalam periode *running* yang sama. Data yang sudah diperoleh berupa data nilai puncak kemudian dikurangi nilai lembah pada suatu titik, sehingga dari pengurangan tersebut didapatkan nilai tinggi gelombang untuk titik pengukuran tersebut. Setelah ketiga data tinggi gelombang diperoleh, kemudian diambil nilai rata-rata tinggi gelombang untuk setiap data dari ketiga data tersebut, baik sebelum melewati *breakwater* (titik 1 sampai 7) dan setelah melewati *breakwater* (titik 8 sampai 11). Setelah didapatkan nilai rata-rata untuk ketiga data tinggi gelombang tersebut, kemudian ketiga data nilai rata-rata yang sudah diperoleh di rata-rata kembali untuk mendapatkan satu nilai tinggi gelombang rata-rata yang akan digunakan.

## H. Metode Analisa Data

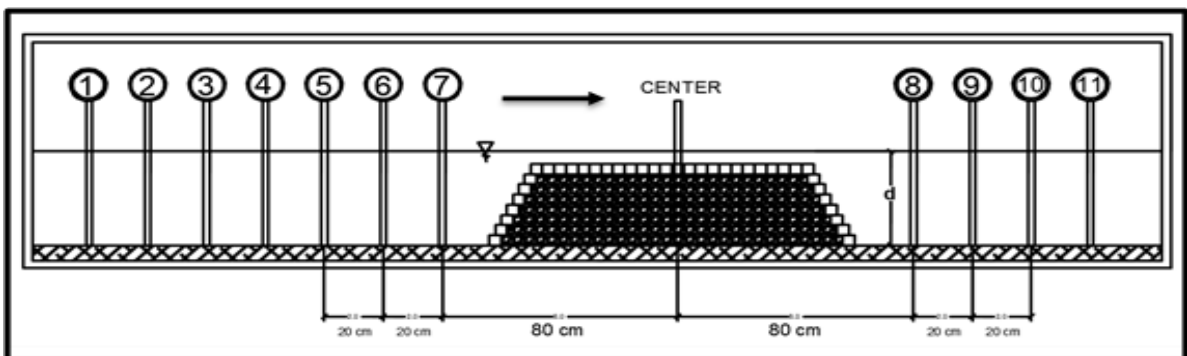
Setelah data tinggi gelombang dan panjang gelombang didapatkan selanjutnya menganalisis pengaruh lebar pemecah gelombang terhadap tinggi gelombang dan panjang gelombang, serta pengaruh tinggi muka air di atas puncak pemecah gelombang terhadap tinggi gelombang dan panjang gelombang.

Berikut adalah metode analisis yang dilakukan untuk nantinya dapat menganalisis pengaruh variasi lebar puncak *breakwater* dan variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* terhadap reduksi gelombang regular :

### 1. Nilai tinggi gelombang

Menganalisis persentase nilai tinggi gelombang tereduksi dengan rumus :

$$Hr = \left( \frac{H_1 - H_2}{H_1} \right) \times 100\%$$



Gambar 3.10 Posisi titik pengukuran elevasi muka air sebelum dan setelah melewati model

## 2. Nilai panjang gelombang

Menganalisis persentase nilai reduksi panjang gelombang dengan rumus :

$$Lr = \left( \frac{L_1 - L_2}{L_1} \right) \times 100\%$$

## 3. Nilai energi gelombang

Rumus yang digunakan sebagai berikut

$$\bar{E} = \left( \frac{\rho g H^2}{8} \right)$$

Menganalisis persentase nilai energi gelombang tereduksi per satuan luas dengan rumus :

$$\begin{aligned} \bar{E}r &= \left( \frac{\bar{E}_1 - \bar{E}_2}{\bar{E}_1} \right) \times 100\% \\ &= \frac{\left( \frac{\rho g H_1^2}{8} \right) - \left( \frac{\rho g H_2^2}{8} \right)}{\left( \frac{\rho g H_1^2}{8} \right)} \times 100\% \end{aligned}$$

## 4. Nilai koefisien transmisi gelombang

Mendapatkan nilai koefisien transmisi gelombang dengan membandingkan antara nilai tinggi gelombang transmisi (setelah melewati *breakwater*) dan tinggi gelombang datang (sebelum melewati *breakwater*).

$$K_t = \frac{H_t}{H_i}$$

Keterangan :

$H_1/L_1/E_1$  = posisi tinjauan sebelum melewati *breakwater*

$H_2/L_2/E_2$  = posisi tinjauan setelah melewati *breakwater*.

## IV. Hasil dan Pembahasan

### A. Hasil Penelitian

#### 1. Panjang Gelombang (L)

Penentuan panjang gelombang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pengukuran langsung dan metode iterasi dari persamaan panjang gelombang yang ada. Untuk pengukuran langsung di laboratorium dapat diketahui dengan kasat mata dengan mengukur panjang gelombang langsung yang terdiri dari 2 bukit dan

1 lembah. Sedangkan untuk metode iterasi kita cukup membutuhkan data periode yang diperoleh pada saat pra-penelitian.

#### 2. Data Tinggi Gelombang (H)

Disajikan tabel perolehan data tinggi gelombang sebelum dan setelah melewati model *breakwater* dengan 2 jenis model yang berbeda untuk variasi lebar model ( $\frac{1}{4} L$ ,  $\frac{1}{2} L$ , dan  $\frac{3}{4} L$ ) dari satu panjang gelombang dan variasi tinggi muka air di atas puncak model ( $R_c=5$  cm, 10 cm, dan 15 cm).

#### 3. Nilai Energi Gelombang

Nilai energi gelombang tergantung dari nilai tinggi gelombang, sehingga untuk menentukan energi gelombang sebelum dan setelah melewati pagar digunakan persamaan (3.5).

#### 4. Nilai Koefisien Transmisi (Kt)

Setelah nilai tinggi gelombang didapatkan, selanjutnya mendapatkan nilai koefisien transmisi gelombang dengan membandingkan antara nilai tinggi gelombang setelah melewati *breakwater* ( $H_2$ ) atau ( $H_t$ ) dan tinggi gelombang sebelum melewati *breakwater* ( $H_1$ ) atau ( $H_i$ ). Untuk menentukan nilai koefisien transmisi gelombang digunakan persamaan (3.7).

Gambar 4.1 Panjang gelombang (L) sebelum dan setelah melewati model *breakwater*

	Kedalaman (d)	Lebar model <i>breakwater</i>	Tinggi muka air di atas model (Rc)	Pengamatan		Reduksi panjang gelombang	Persentase reduksi panjang gelombang
				Panjang gelombang			
				Sebelum melewati model	Setelah melewati model		
				$L_1$	$L_2$	$Lr=(L_1-L_2)$	$Lr=(Lr/L_1) \times 100$
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	(%)
Model I	40	39 (1/4 L)	5	156	51	106	67.63
			10	156	114	42	26.82
			15	156	148	8	4.91
		78 (1/2 L)	5	156	47	109	70.13
			10	156	110	46	29.49
			15	156	142	14	9.19
		117 (3/4 L)	5	156	45	112	71.47
			10	156	106	50	32.05
			15	156	127	29	18.80
Model II	40	39 (1/4 L)	5	156	57	99	63.72
			10	156	130	26	16.67
			15	156	148	8	4.91
		78 (1/2 L)	5	156	53	103	65.90
			10	156	118	38	24.15
			15	156	146	10	6.25
		117 (3/4 L)	5	156	50	106	67.74
			10	156	105	51	32.69
			15	156	140	16	10.26

Gambar 4.2 Tinggi gelombang (H) sebelum dan setelah melewati model *breakwater*

	Kedalaman (d)	Lebar model <i>breakwater</i>	Tinggi muka air di atas model (Rc)	Pengamatan		Reduksi tinggi gelombang	Persentase reduksi tinggi gelombang
				Tinggi gelombang			
				Sebelum melewati model	Setelah melewati model		
				$H_1$	$H_2$	$Hr=(H_1-H_2)$	$Hr=(Hr/H_1) \times 100$
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	(%)
Model I	40	39 (1/4 L)	5	6.6	6.1	0.48	7.32
			10	5.8	5.4	0.32	5.56
			15	5.9	5.7	0.15	2.54
		78 (1/2 L)	5	6.1	5.2	0.86	14.22
			10	6.0	5.5	0.48	7.92
			15	6.1	5.8	0.32	5.30
		117 (3/4 L)	5	5.4	4.0	1.42	26.19
			10	6.2	5.0	1.20	19.27
			15	5.1	4.3	0.86	16.71
Model II	40	39 (1/4 L)	5	6.0	3.5	2.52	41.90
			10	6.5	6.1	0.38	5.90
			15	6.3	6.1	0.23	3.68
		78 (1/2 L)	5	5.0	2.5	2.49	49.50
			10	6.5	6.0	0.42	6.43
			15	5.9	5.6	0.31	5.27
		117 (3/4 L)	5	5.5	2.5	3.00	54.43
			10	5.6	4.2	1.40	24.83
			15	5.0	4.3	0.76	15.06

Gambar 4.3 Nilai energi gelombang sebelum dan setelah melewati model *breakwater*

	Kedalaman (d)	Lebar model <i>breakwater</i>	Tinggi muka air di atas model (Rc)	Energi gelombang		Reduksi energi gelombang	Persentase reduksi energi gelombang
				Sebelum melewati model	Setelah melewati model		
				$\bar{E}_1 = (\rho g H_1^2 / 8)$	$\bar{E}_2 = (\rho g H_2^2 / 8)$	$\bar{E}r = (\bar{E}_1 - \bar{E}_2)$	$\bar{E}r = (\bar{E}r / \bar{E}_1) \times 100$
	cm	cm	cm	(J/m <sup>2</sup> )	(J/m <sup>2</sup> )	(J/m <sup>2</sup> )	(%)
Model I	40	39 (1/4 L)	5	5.34	4.59	0.75	14.11
			10	4.07	3.63	0.44	10.81
			15	4.21	4.00	0.21	5.02
		78 (1/2 L)	5	4.52	3.33	1.19	26.41
			10	4.43	3.75	0.67	15.22
			15	4.61	4.14	0.48	10.32
		117 (3/4 L)	5	3.60	1.96	1.64	45.52
			10	4.74	3.09	1.65	34.83
			15	3.24	2.25	0.99	30.63
Model II	40	39 (1/4 L)	5	4.45	1.50	2.95	66.24
			10	5.18	4.59	0.59	11.45
			15	4.84	4.49	0.35	7.22
		78 (1/2 L)	5	3.11	0.79	2.31	74.50
			10	5.11	4.48	0.64	12.45
			15	4.32	3.88	0.44	10.27
		117 (3/4 L)	5	3.72	0.77	2.94	79.24
			10	3.90	2.21	1.70	43.50
			15	3.12	2.25	0.87	27.85

Gambar 4.4 Nilai koefisien transmisi gelombang

	Kedalaman (d)	Lebar model <i>breakwater</i>	Tinggi muka air di atas model (Rc)	Pengamatan		Koefisien transmisi gelombang
				Tinggi gelombang		
				Sebelum melewati model	Setelah melewati model	$Kt = (H_2 / H_1)$
	cm	cm	cm	cm	cm	
Model I	40	39 (1/4 L)	5	6.6	6.1	0.93
			10	5.8	5.4	0.94
			15	5.9	5.7	0.97
		78 (1/2 L)	5	6.1	5.2	0.86
			10	6.0	5.5	0.92
			15	6.1	5.8	0.95
		117 (3/4 L)	5	5.4	4.0	0.74
			10	6.2	5.0	0.81
			15	5.1	4.3	0.83
Model II	40	39 (1/4 L)	5	6.0	3.5	0.58
			10	6.5	6.1	0.941
			15	6.3	6.1	0.96
		78 (1/2 L)	5	5.0	2.5	0.50
			10	6.5	6.0	0.936
			15	5.9	5.6	0.95
		117 (3/4 L)	5	5.5	2.5	0.46
			10	5.6	4.2	0.75
			15	5.0	4.3	0.85



## B. Pembahasan

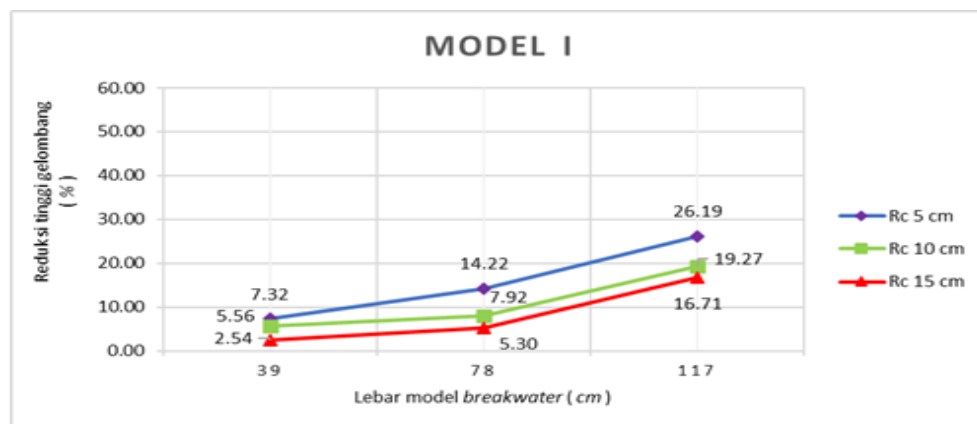
Pada penelitian mengenai pengaruh formasi desain *breakwater* ini, terdapat 2 jenis model yaitu model I dengan tonjolan pada bagian puncak dan model II tanpa tonjolan pada bagian puncak *breakwater*. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jenis model (model I dan II) dan lebar model *breakwater* ( $\frac{1}{4}L=39$  cm,  $\frac{1}{2}L=78$  cm, dan  $\frac{3}{4}L=117$  cm) terhadap reduksi gelombang datang ( $H_i$ ) dengan tiga variasi tinggi muka air di atas *breakwater* ( $R_c$ ) yaitu 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Adapun gelombang yang diteliti sesuai dengan gelombang yang ada di laut transisi ( $0,005 < d/L < 0,5$ ) yaitu gelombang dengan kedalaman relatif 0,26, panjang gelombang ( $L$ )=156 cm dengan kecepatan putaran mesin 550 Rpm. Pembahasan untuk hasil penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut.

### 1. Pengaruh Variasi Lebar *Submerged Breakwater* Terhadap Reduksi Tinggi Gelombang pada Model I dan Model II

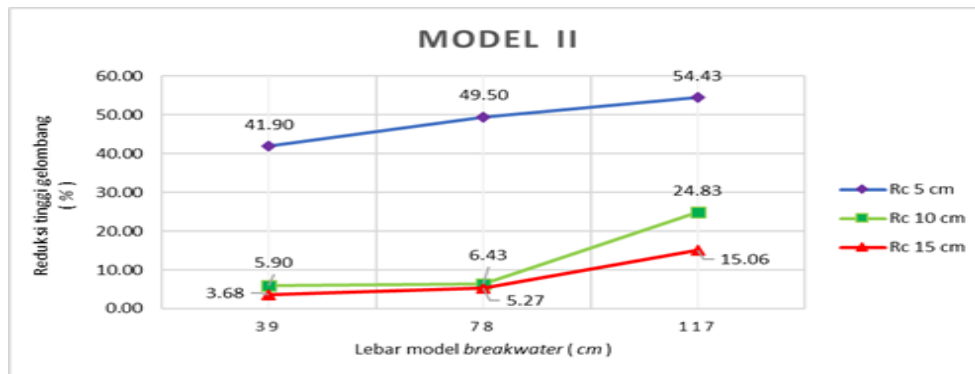
Pengaruh variasi lebar *breakwater* dalam mereduksi tinggi gelombang

datang dapat dilihat melalui grafik hubungan lebar *breakwater* dengan reduksi tinggi gelombang

Gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan bahwa nilai persentase reduksi tinggi gelombang akan semakin meningkat dengan semakin lebarnya *breakwater*. Hal tersebut dibuktikan dengan data yang diperoleh, dimana untuk variasi lebar *breakwater*  $\frac{1}{4}L$ ;  $\frac{1}{2}L$ ; dan  $\frac{3}{4}L$  didapatkan nilai persentase reduksi tinggi gelombang 7,32%; 14,22%; dan 26,19% pada model I serta 41,90%; 49,50%; dan 54,43% pada model II untuk tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) 5 cm. Kemudian untuk tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) 10 cm, didapatkan nilai persentase reduksi tinggi gelombang 5,56%; 7,92%; dan 19,27% pada model I, serta 5,90%; 6,43%; dan 24,83% pada model II. Lalu, untuk tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) 15 cm, diperoleh nilai persentase reduksi tinggi gelombang 2,54%; 5,30%; dan 16,71% pada model I, serta 3,68%; 5,27%; dan 15,06% pada model II.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh variasi lebar *breakwater* terhadap persentase reduksi tinggi gelombang pada model I



Gambar 4.2 Grafik pengaruh variasi lebar *breakwater* terhadap persentase reduksi tinggi gelombang pada model II

## 2. Pengaruh Variasi Tinggi Muka Air di Atas Puncak *Submerged Breakwater* Terhadap Reduksi Tinggi Gelombang pada Model I dan Model II

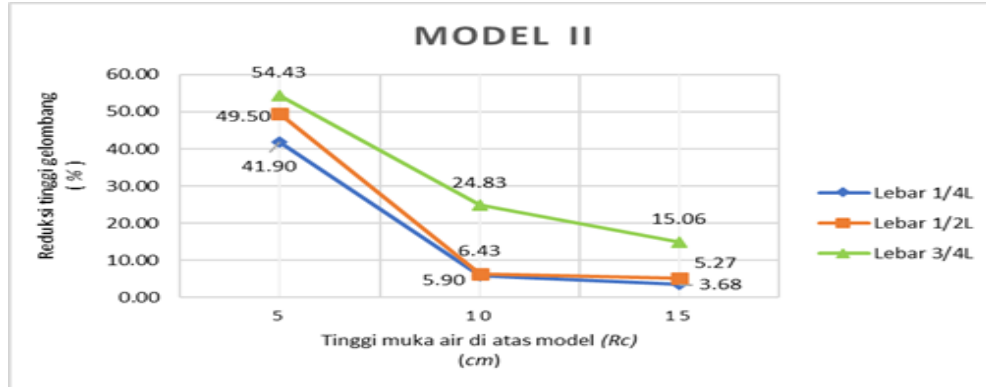
Pengaruh variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* dalam mereduksi tinggi gelombang datang dapat dilihat melalui grafik hubungan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* dengan reduksi tinggi gelombang.

Gambar 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa nilai persentase reduksi tinggi gelombang akan semakin menurun dengan semakin besar jarak muka air di atas puncak *submerged breakwater*. Hal tersebut dibuktikan dengan data

yang diperoleh, dimana untuk variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* 5 cm; 10 cm; dan 15 cm didapatkan nilai persentase reduksi tinggi gelombang 7,32%; 5,56%; dan 2,54% pada model I, serta 41,90%; 5,90%; dan 3,68% pada model II, untuk lebar model *breakwater*  $\frac{1}{4} L$ . Kemudian untuk lebar model *breakwater*  $\frac{1}{2} L$ , didapatkan nilai persentase reduksi tinggi gelombang 14,22%; 7,92%; dan 5,30% pada model I, serta 49,50%; 6,43%; dan 5,27% pada model II. Lalu, untuk lebar model *breakwater*  $\frac{3}{4} L$ , diperoleh nilai persentase reduksi tinggi gelombang 26,19%; 19,27%; dan 16,71% pada model I, serta 54,43%; 24,83%; dan 15,06% pada model II.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) terhadap persentase reduksi tinggi gelombang pada model I

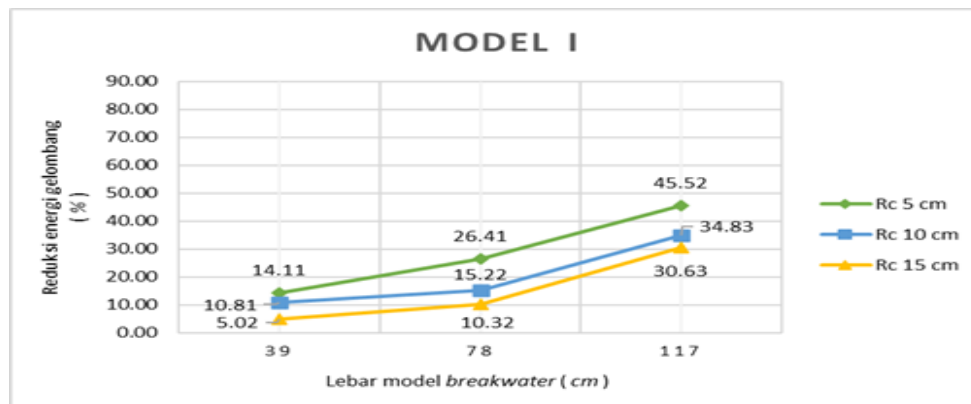


Gambar 4.4 Grafik pengaruh variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) terhadap persentase reduksi tinggi gelombang pada model II

### 3. Pengaruh Variasi Lebar *Submerged Breakwater* Terhadap Reduksi Energi Gelombang pada Model I dan Model II

Pengaruh variasi lebar *breakwater* dalam mereduksi energi gelombang datang dapat dilihat melalui grafik hubungan lebar *breakwater* dengan reduksi energi gelombang.

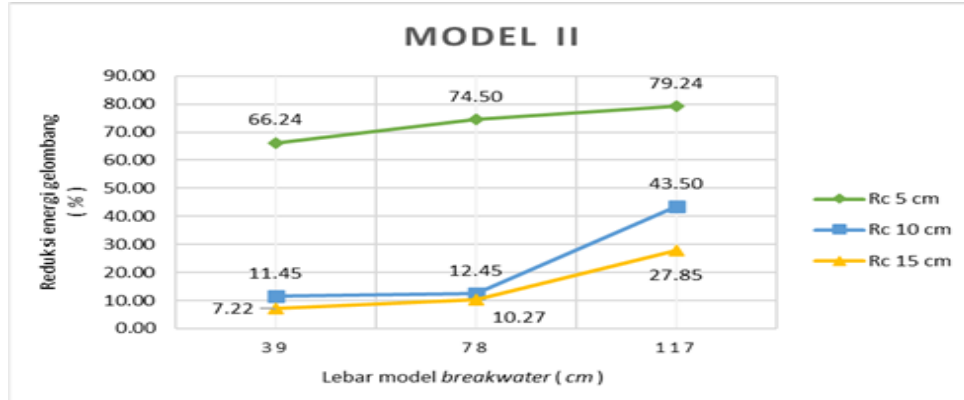
untuk variasi lebar *breakwater*  $\frac{1}{4} L$ ;  $\frac{1}{2} L$ ; dan  $\frac{3}{4} L$  didapatkan nilai persentase reduksi energi gelombang 14,11%; 26,41%; dan 45,52% pada model I, serta 66,24%; 74,50%; dan 79,24% pada model II, untuk tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) 5 cm. Kemudian untuk tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) 10 cm, didapatkan nilai persentase reduksi



Gambar 4.5 Grafik pengaruh variasi lebar *breakwater* terhadap persentase reduksi energi gelombang pada model I

Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan bahwa nilai persentase reduksi energi gelombang akan semakin meningkat dengan semakin bertambahnya lebar *breakwater*. Hal tersebut dibuktikan dengan data yang diperoleh, dimana

energi gelombang 10,81%; 15,22%; dan 34,83% pada model I, serta 11,45%; 12,45%; dan 43,50% pada model II. Lalu, untuk tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) 15 cm, diperoleh nilai persentase reduksi



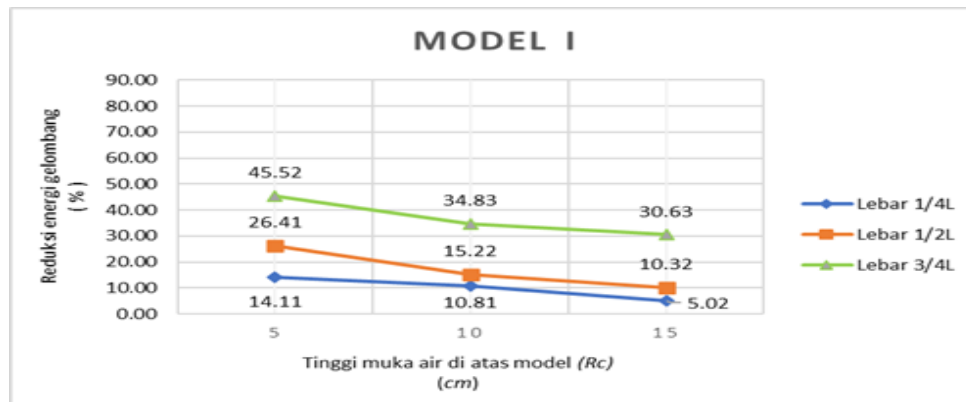
Gambar 4.6 Grafik pengaruh variasi lebar *breakwater* terhadap persentase reduksi energi gelombang pada model II

energi gelombang 5,02%; 10,32%; dan 30,63% pada model I, serta 7,22%; 10,27%; dan 27,85% pada model II.

#### 4. Pengaruh Variasi Tinggi Muka Air di Atas Puncak *Submerged Breakwater* Terhadap Reduksi Energi Gelombang pada Model I dan Model II

Pengaruh variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* dalam mereduksi energi gelombang datang dapat dilihat melalui grafik hubungan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* dengan reduksi energi gelombang.

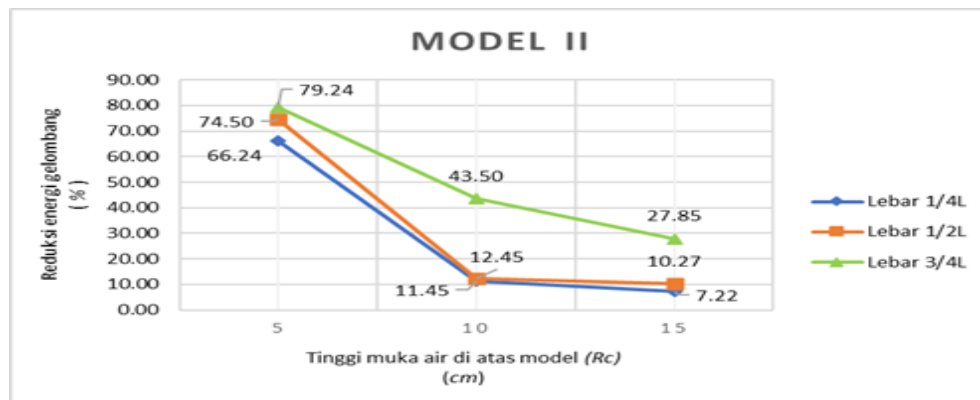
Gambar 4.7 dan 4.8 menunjukkan bahwa semakin besar jarak muka air di atas puncak *submerged breakwater* ( $R_c$ ) maka nilai reduksi energi gelombang akan semakin kecil. Hal tersebut dibuktikan dengan data yang diperoleh, dimana untuk variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* 5 cm; 10 cm; dan 15 cm didapatkan nilai persentase reduksi energi gelombang 14,11%; 10,81%; dan 5,02% pada model I, serta 66,24%; 11,45%; dan 7,22% pada model II, untuk lebar model *breakwater*  $\frac{1}{4} L$ . Kemudian untuk lebar model *breakwater*  $\frac{1}{2} L$ , didapatkan nilai persentase reduksi



Gambar 4.7 Grafik pengaruh variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) terhadap persentase reduksi energi gelombang pada model I

energi gelombang 26,41%; 15,22%; dan 10,32% pada model I, serta 74,50%; 12,45%; dan 10,27% pada model II. Lalu, untuk lebar model *breakwater*  $\frac{3}{4} L$ , diperoleh nilai persentase reduksi energi gelombang 45,52%; 34,83%; dan 30,63% pada model I, serta 79,24%; 43,50%; dan 27,85% pada model II.

*breakwater* ( $R_c$ ) 10 cm, maka nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang dihasilkan secara berturut-turut adalah 0,94; 0,92; 0,81 untuk model I, sedangkan pada model II didapatkan nilai  $K_t$  berturut-turut 0,941; 0,936; 0,752. Kemudian untuk tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) 15 cm, diperoleh nilai koefisien transmisi ( $K_t$ )



Gambar 4.8 Grafik pengaruh variasi tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) terhadap persentase reduksi energi gelombang pada model II

### 5. Pengaruh Variasi Lebar *Submerged Breakwater* Terhadap Koefisien Transmisi ( $K_t$ ) pada Model I dan Model II

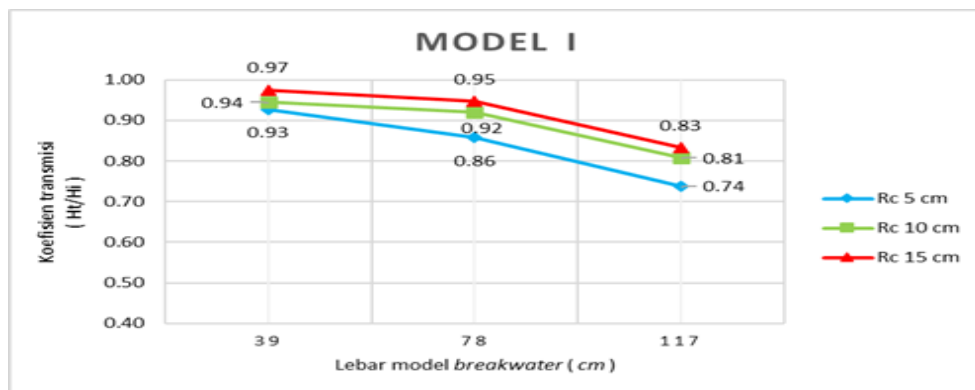
Gambar 4.9 dan 4.10 menjelaskan pengaruh lebar *breakwater* terhadap koefisien transmisi gelombang akibat perubahan lebar *breakwater* pada tinggi muka air di atas puncak *breakwater* yang sama pada suatu gelombang dengan kedalaman 40 cm. Apabila lebar *breakwater*  $\frac{1}{4} L$ ;  $\frac{1}{2} L$ ; dan  $\frac{3}{4} L$  dengan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) 5 cm, maka nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) berturut-turut 0,93; 0,86; 0,74 untuk model I, sedangkan pada model II didapatkan nilai  $K_t$  berturut-turut 0,58; 0,50; 0,46. Untuk tinggi muka air di atas puncak

berturut-turut adalah 0,97; 0,95; 0,83 pada model I, sedangkan pada model II didapatkan nilai  $K_t$  berturut-turut 0,96; 0,95; 0,85. Dari data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin lebar suatu pemecah gelombang / *breakwater* maka reduksi gelombang akan semakin besar, dengan kata lain semakin besar reduksi gelombang maka nilai koefisien transmisi yang terjadi akan semakin kecil. Dari uraian di atas dapat dilihat pengaruh lebar *breakwater* tinggi muka air di atas puncak *breakwater* terhadap koefisien transmisi. Pola penurunan koefisien transmisi gelombang pada setiap bertambahnya lebar dan penurunan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* dapat dinilai dengan pola persamaan garis koefisien transmisi

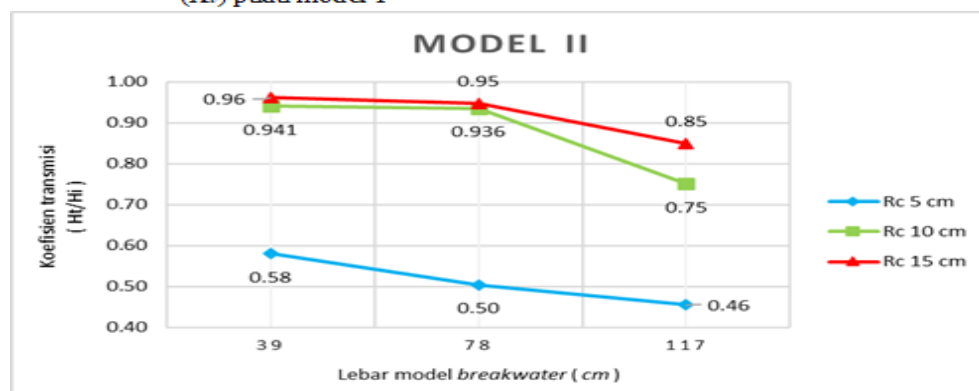
pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 (model I dan model II). Berkaitan dengan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin lebar suatu pemecah gelombang ( $L$ ) dan tinggi muka air di atas puncak pemecah gelombang ( $R_c$ ) yang semakin kecil, maka koefisien transmisi akan semakin kecil. Sebaliknya, semakin berkurangnya lebar suatu pemecah gelombang ( $L$ ) dan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) yang semakin besar, maka koefisien transmisi gelombang akan semakin besar pula, sehingga semakin kecil koefisien transmisi gelombang, maka gelombang yang tereduksi akan semakin besar.

## 6. Pengaruh Variasi Lebar dan Tinggi Muka Air di Atas Puncak *Breakwater* Terhadap Koefisien Transmisi

Pada pembahasan sebelumnya, nilai tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) pada model I diambil dari puncak batang tonjolan yang utamanya sebagai kekasaran pada puncak *breakwater*. Selanjutnya penentuan nilai  $R_c$  pada model I (dengan tonjolan) diambil dari puncak blok beton penyusun *breakwater* seperti halnya penentuan nilai  $R_c$  pada model II (tanpa tonjolan), sehingga hanya terdapat dua variasi  $R_c$  yakni  $R_c=10\text{ cm}$  dan  $R_c=15\text{ cm}$ .



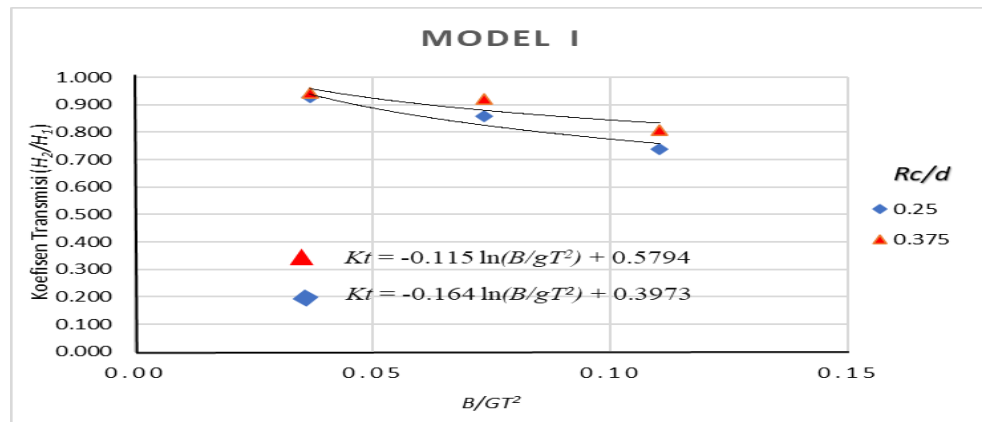
Gambar 4.9 Grafik pengaruh variasi lebar *breakwater* terhadap koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada model I



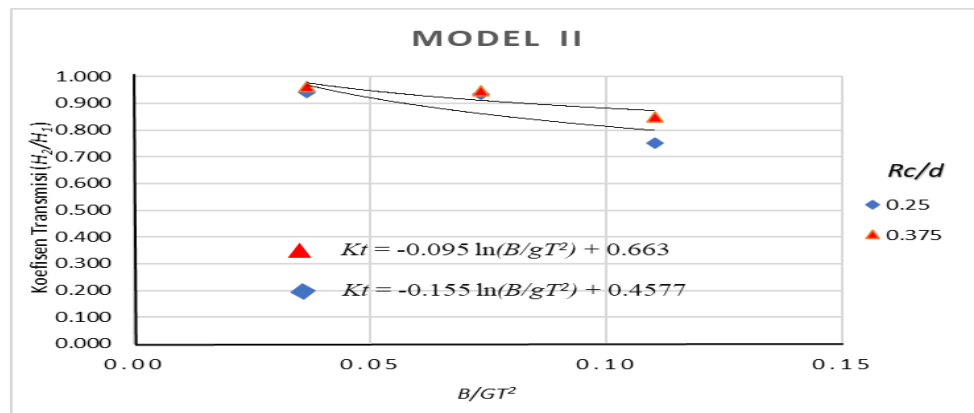
Gambar 4.10 Grafik pengaruh variasi lebar *breakwater* terhadap koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada model II

Gambar 4.11 dan gambar 4.12 mendeskripsikan pengaruh lebar *breakwater* dan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* terhadap koefisien transmisi. Terlihat pola penurunan koefisien transmisi yang ditunjukkan

Demikian pula dengan semakin kecil nilai  $R_c/d_s$  (perbandingan antara tinggi muka air di atas puncak *breakwater* dan kedalaman), maka nilai koefisien transmisi akan semakin kecil pula. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa



Gambar 4.11 Grafik pengaruh lebar dan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) terhadap koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada model I



Gambar 4.12 Grafik pengaruh lebar dan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) terhadap koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada model II

pada setiap penambahan lebar dan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* yang dapat didekati dengan persamaan garis logarithmic. Secara umum semakin besar nilai  $B/gT^2$  (perbandingan antara lebar *breakwater* dan panjang gelombang), maka nilai koefisien transmisi akan semakin kecil.

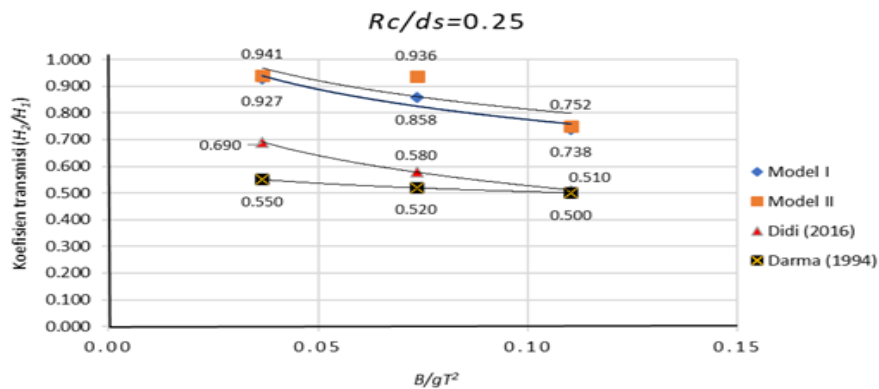
semakin lebar suatu pemecah gelombang dan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) semakin kecil, maka koefisien transmisi akan semakin kecil. Sebaliknya, semakin pendek suatu pemecah gelombang dan tinggi muka air di atas puncak *breakwater* ( $R_c$ ) yang makin besar, maka koefisien

transmisinya akan semakin besar pula. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil koefisien transmisi yang dihasilkan, maka gelombang yang tereduksi akan semakin besar (efektif).

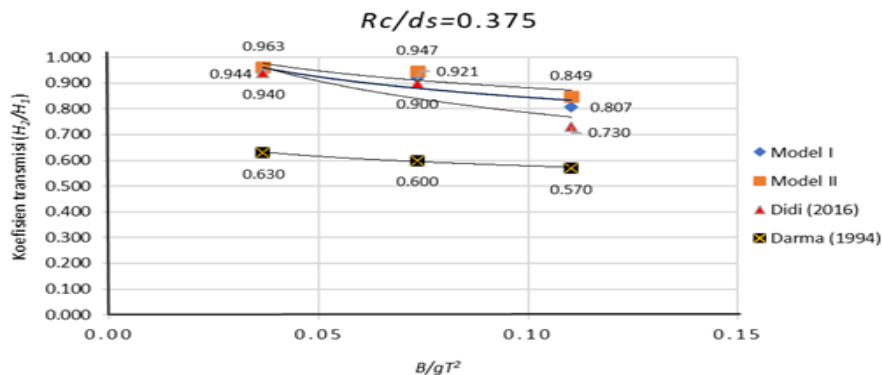
### 7. Perbandingan dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Oleh karena persamaan tak berdimensi yang digunakan dalam masing-masing persamaan dari penelitian sebelumnya, maka perbandingan dengan hasil sebelumnya digunakan persamaan (2.1). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Dharma (1994) dan Didi (2016) pada  $Rc/ds$  (perbandingan antara tinggi muka air di atas puncak breakwater dan

kedalaman) 0,25 didapatkan nilai koefisien transmisi yang lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai koefisien transmisi hasil penelitian saat ini baik untuk model I dan model II, hal tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan bentuk struktur yang digunakan. Pada  $Rc/ds = 0,375$  terlihat bahwa nilai koefisien transmisi yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan hasil yang tidak terlalu jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya (Didi, 2016) jika dibandingkan dengan nilai  $Rc/ds = 0,25$  meskipun nilai koefisien transmisi yang dihasilkan pada penelitian ini masih sedikit lebih besar dari nilai koefisien penelitian sebelumnya.



Gambar 4.13 Grafik perbandingan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian saat ini (model I dan model II) untuk  $Rc/ds = 0,25$



Gambar 4.14 Grafik perbandingan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian saat ini (model I dan model II) untuk  $Rc/ds = 0,375$



## V. Kesimpulan dan Saran

### A. Kesimpulan

1. Formasi model I lebih efektif dalam mereduksi gelombang dikarenakan energi yang diredam/dihilangkan lebih besar dibanding formasi model II.
2. Perbandingan nilai koefisien transmisi ( $Kt$ ) pada penelitian ini dengan variasi lebar puncak PEGAR  $\frac{1}{4} L$ ;  $\frac{1}{2} L$ ; dan  $\frac{3}{4} L$ , dimana PEGAR model I dengan nilai  $Kt$  lebih kecil dibandingkan model II.
3. Dari perbandingan nilai koefisien transmisi yang dihasilkan, diketahui bahwa kinerja *breakwater* pada penelitian ini tidak lebih efektif dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Terlihat nilai koefisien terkecil terdapat pada penelitian Darma (1994) yang disusul oleh Didi (2016), lalu penelitian ini untuk model I, kemudian model II.

### B. Saran

1. Perlu dikaji lebih lanjut mengenai stabilitas *breakwater* blok *armour model* untuk mengetahui tingkat keamanan (safety factor).
2. Dibutuhkan alat *wave probe* agar didapatkan nilai pengukuran gelombang yang lebih akurat.
3. Adanya penelitian lanjutan tentang perilaku sedimen dibelakang pemecah gelombang ambang rendah.
4. Adanya penelitian lebih lanjut tentang inovasi bentuk kekasaran pada puncak pegas dengan tetap memperhitungkan jenis blok *armour model* sebagai lapis lindungnya, sehingga nantinya didapatkan pegas dengan stabilitas tinggi serta berpengaruh besar dalam mereduksi gelombang.

## Daftar Pustaka

- Ardiansyah, Didi. (2016), *Pengaruh Lebar Pemecah Gelombang Ambang Rendah Masif Terhadap Reduksi Gelombang Reguler*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Ariyarathne. (2007), *Efficiency of Perforated Breakwater And Associated Energy Dissipation*, Consultants, Indonesia.
- Azhar, L. Lingga Pratama. (2017), *Pengaruh Pemecah Gelombang Ambang Rendah Berporus dengan Isian Batu Apung Terhadap Reduksi Gelombang Reguler*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Black, K. and S. Mead. (1999), *Submerged structures for coastal protection, ASR, Marine and Freshwater Consultants*, New Zealand
- Dean, R.G. Dalrymple, R.A. (2000), *Water Wave Mechanics For Engineer and Scienties*, World Scientific. Singapore.
- Darwis, Wahyuddin. (2014), *Studi Refleksi Gelombang pada Peredam Gelombang Sisi Miring Berpori Secara Eksperimental*, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Fadlullah, Mirza. (2016), *Studi Refleksi Gelombang pada Breakwater Tipe Dinding Berpori*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Jamaluddin, Arsyad dan Sukwari Ashari. (2020), *Pengaruh Model Pemecah Gelombang Berongga Bentuk Persegi Terhadap*

- Gelombang Transmisi*, Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Ranasinghe, R dan Turner, I.L. (2006), *Shoreline Response to Submerged Structures: A review* Coastal Engineering 53 65-79
- Setiawan, I. K. D. (2017), *Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Tenggelam Blok Beton Berkait*, Jurnal Teknik Hidraulika Vol. 8, No.2, Desember 2017: 101-112 Balai Litbang Pantai, Pusat Litbang Sumber Daya Air, Bali.
- Sila Darma, I. G. B. (1994), *Unjuk Kerja Terumbu Buatan (Artificial Reef) sebagai Peredam Energi Gelombang*, Tesis S-2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sulaiman, D. M. (2012), *Rehabilitasi Pantai dengan Pemecah Gelombang Ambang Rendah Geotube dan Geobag*. Peneliti di Balai Pantai, Pusat Litbang Sumber Daya Air. Bandung
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yuwono, Nur. (1996). *Perencanaan Model Hidraulik*. Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Wirawan dan Arman. (2018). *Uji Model Fisik Pengaruh Pemecah Gelombang 3 Kubus Beton Berlubang dengan Konfigurasi Lurus dan Zig Zag Terhadap Koefisien Transmisi Gelombang*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Wurjanto, Harman Ajiwibowo, dan Rahmat Zamzami. (2002) dalam Jurnal Teknik Sipil vol.17 no.3 Desember 2002 Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.