

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH KARAKTERISTIK GELOMBANG DAN  
PARAMETER STRUKTUR OWEC BREAKWATER  
TERHADAP REFLEKSI GELOMBANG UNTUK SUDUT  
DATANG GELOMBANG 90°**

***THE EFFECT OF WAVE CHARACTERISTICS AND  
STRUCTURAL PARAMETERS ON WAVE REFLECTION ON  
THE OWEC BREAKWATER FOR WAVE ARRIVING ANGLE  
90°***

**MUHAMMAD NUR VICQRIN  
D111 16 504**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**ANALISIS KARAKTERISTIK PENGENDARA SEPEDA DI CENTER POINT OF  
INDONESIA MAKASSAR**

**Disusun dan diajukan oleh:**

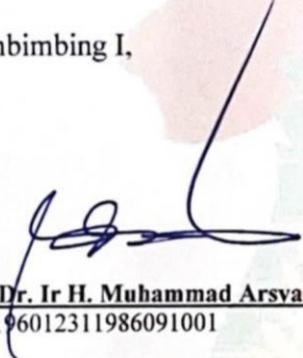
**MUHAMMAD NUR VICQRIN**

**D111 16 504**

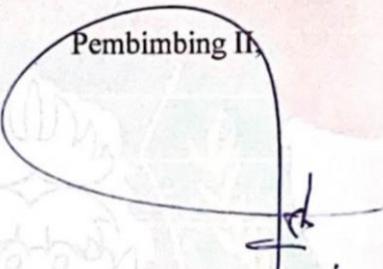
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

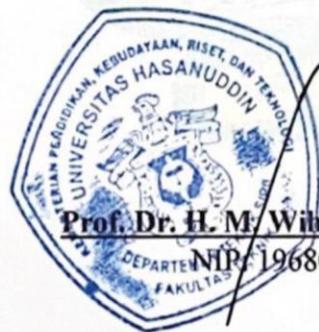
Pembimbing I,

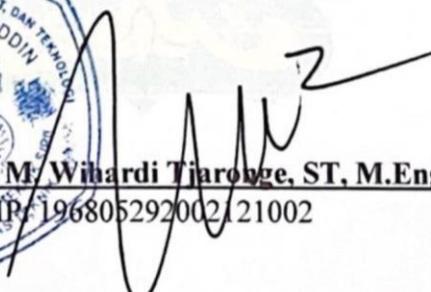
  
**Prof. Dr. Ir H. Muhammad Arsvad Thaha, M.T**  
NIP: 196012311986091001

Pembimbing II,

  
**Ir. Andi Subhan Mustari, ST, M.Eng**  
NIP: 197605312005011004

Ketua Program Studi,



  
**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tiaronge, ST, M.Eng**  
NIP: 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini nama, Muh Nur Vicqrin , dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "PENGARUH KARAKTERISTIK GELOMBANG DAN PARAMETER STRUKTUR TERHADAP REFLEKSI GELOMBANG PADA OWEC BREAKWATER UNTUK SUDUT DATANG GELOMBANG (90°)", adalah karya ilmiah dari penulis sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko.

Gowa, 26.10.2022

At pernyataan



Muhammad Nur Vicqrin

NIM: D111 16 504

**PENGARUH KARAKTERISTIK GELOMBANG DAN PARAMETER STRUKTUR  
OWEC BREAKWATER TERHADAP REFLEKSI GELOMBANG UNTUK SUDUT  
DATANG GELOMBANG 90°**

**MUHAMMAD NUR VICQRIN**

D111 16 504

Mahasiswa S1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino Km.7, Gowa  
e-mail: Ansharimarsidin09@gmail.com

**Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad  
Thaha, M.T.**

Pembimbing I  
Fakultas Teknik Universitas  
Hasanuddin  
Jl. Poros Malino Km.7, Gowa

**Ir. Andi Subhan Mustari, S.T,  
M.Eng**

Pembimbing II  
Fakultas Teknik Universitas  
Hasanuddin  
Poros Malino Km.7, Gowa

**ABSTRAK**

Peredam Gelombang merupakan salah satu jenis bangunan penahan gelombang yang sangat efektif untuk digunakan sebagai pelindung pantai terhadap abrasi pantai dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemiringan ganda pada breakwater terhadap refleksi gelombang serta mengetahui pengaruh freeboard yang berpengaruh terhadap refleksi gelombang yang dihasilkan pada masing-masing kedalaman.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pantai dan Lingkungan Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin. Adapun metode yang digunakan berbasis eksperimental. Karakteristik gelombang yang dihasilkan terdiri dari tiga variasi kedalaman, tiga variasi amplitud, tiga variasi periode dan lima variasi freeboard. Mode penelitian merupakan breakwater dengan model bangunan *Chatchwater Short Protection Multi-Slope*. Pembacaan fluktuasi muka air dilakukan secara elektronik melalui pembacaan computer yang terhubung pada wave probe.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi freeboard maka nilai gelombang refleksi semakin besar, yang mempengaruhi besarnya refleksi gelombang pada peredam bangunan *Chatchwater Short Protection Multi-Slope* adalah Periode Gelombang (T), Tinggi Gelombang Datang (Hi), Kedalaman (d), Kecuraman Gelombang (Hi/L).

**Kata Kunci :** *Breakwater, Bangunan Chatchwater Short Protection Multi-Slope, Gelombang, Freeboard*

### **Abstract**

*Wave absorbers are one of the most effective types of wave containment structures used as coastal protection against coastal abrasion by destroying wave energy before it reaches shore.*

*This study aims to determine the effect of the double slope of the breakwater on wave reflection and to determine the effect of freeboard affecting the reflection of waves generated at each depth.*

*This research was conducted at the Coastal and Environmental Laboratory of the Department of Marine Engineering at Hasanuddin University. The method used is experimental. The resulting wave characteristics consist of three depth variations, three amplitude variations, three period variations, and five freeboard variations. Research mode is a breakwater with a multi-slope Catchwater Short Protection building model. The water level fluctuations are read electronically via a computer readout connected to the wave probe.*

*The results show that the higher the freeboard, the higher the reflection wave value, which affects the magnitude of wave reflection at the Chatchwater Short Protection Multi-Slope Building Attenuator: wave period ( $T$ ), incident wave height ( $H_i$ ), depth ( $d$ ), wave steepness ( $H_i/L$ ).*

**Keywords:** *Breakwater, Cathcwater Short Protection Building multi-Slope, Wave, Freeboard*

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah Penelitian.....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah .....	3
F. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II</b> .....	<b>6</b>
A. Klasifikasi Teori Gelombang .....	6
B. Definisi Gelombang.....	7
C. Pemecah Gelombang .....	7
D. Karakteristik Gelombang.....	14
E. Deformasi Gelombang .....	16
F. Konsep Wave Energy Converter (WEC) .....	19
G. Energy Gelombang.....	27
H. Hukum Dasar Model .....	29
<b>BAB III</b> .....	<b>33</b>
A. Metode dan Tempat Penelitian .....	33
B. Tempat dan Waktu Penelitian .....	33
C. Parameter Penelitian .....	34
D. Rancangan Simulasi Tempat dan Waktu Penelitian .....	35
E. Bagan Alir Penelitian .....	36
F. Alat Pengujian .....	37
G. Prosedur Penelitian.....	37

<b>BAB IV</b> .....	<b>40</b>
A. Deformasi Gelombang di Depan Model .....	40
B. Pembahasan.....	63
C. Deformasi Tinggi Gelombang dalam Variasi <i>H<sub>i</sub></i> dan <i>T</i> M90.....	69
<b>BAB V</b> .....	<b>72</b>
A. Kesimpulan.....	72
B. Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSATAKA</b> .....	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>75</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi, dan dalam (Triatmodjo, 1999) .....	7
<b>Gambar 2.</b> Profil Melintang Struktur Breakwater Sisi Miring.....	9
<b>Gambar 3.</b> Pemecah Gelombang Kasion Konvensional Dengan Bagian Depan Vertical .....	11
<b>Gambar 4.</b> Sketsa definisi Run-up gelombang pada sisi miring. (FHWA, 2011).....	13
<b>Gambar 5.</b> Profil permukaan dan gerak orbit partikel air pada penjalaran gelombang. (Basic Coastal Engineering, 2006).....	17
<b>Gambar 6.</b> Empat konsep Wave Energy Converter (WEC).....	19
<b>Gambar 7.</b> Kinerja pengembangan Wave Energy Converter (WEC).....	20
<b>Gambar 8.</b> Konsep teknologi Overtopping WEC .....	21
<b>Gambar 9.</b> Tapered Chanel (TAPCHAN) .....	22
<b>Gambar 10.</b> Wave Dragon .....	23
<b>Gambar 11.</b> Seawave Slot-Cone Generator (SSG).....	25
<b>Gambar 12.</b> Innovative rubble mound breakwater with frontal reservoir for energy production (OBREC). (Vicinanza et al, 2015) .....	26
<b>Gambar 13.</b> Konsep dasar penurunan rumus energi .....	28
<b>Gambar 14.</b> Proses pembuatan kolam untuk model Owec Breakwater ..	34
<b>Gambar 15.</b> Diagram Alir Penelitian .....	36
<b>Gambar 16.</b> Model uji penelitian Owec Breakwater.....	39
<b>Gambar 17.</b> penampang simulasi model CSP-MS .....	40
<b>Gambar 18.</b> Hubungan ( $H_i$ ) & ( $H_r$ ) pada 3 kedalaman ( $d$ ) untuk $R_c = 30$ cm.....	63
<b>Gambar 19.</b> Hubungan ( $H_i$ ) & ( $H_r$ ) pada 3 kedalaman ( $d$ ) untuk $R_c = 20$ cm.....	64

<b>Gambar 20.</b> Hubungan ( $H_i$ ) & ( $H_r$ ) pada 3 kedalaman ( $d$ ) untuk $R_c = 10$ cm .....	64
<b>Gambar 21.</b> Sketsa model Chatchwater Short Protection Multi-Slope ....	66
<b>Gambar 22.</b> Hubungan $H_i/L$ & $K_r$ pada Freeboard $R_c = 30$ cm .....	66
<b>Gambar 23.</b> Hubungan $H_i/L$ & $K_r$ pada Freeboard $R_c = 20$ cm .....	67
<b>Gambar 24.</b> Hubungan $H_i/L$ & $K_r$ pada Freeboard $R_c = 10$ cm .....	67
<b>Gambar 25.</b> Hubungan $H_i/L$ & $K_r$ pada Kedalaman $d = 45$ cm .....	68
<b>Gambar 26.</b> Hubungan $H_i/L$ & $K_r$ pada Kedalaman $d = 40$ cm .....	68
<b>Gambar 27.</b> Hubungan $H_i/L$ & $K_r$ pada Kedalaman $d = 35$ cm .....	69
<b>Gambar 28.</b> (a) Tinggi Gelombang Awal $H_o = 8$ cm dan (b) Periode Gelombang $T = 2$ s pada putaran 1 .....	70
<b>Gambar 29.</b> (a) Tinggi Gelombang Awal $H_o = 10$ cm dan (b) Periode Gelombang $T = 2.3$ s pada putaran 1 .....	70
<b>Gambar 30.</b> (a) Tinggi Gelombang Awal $H_o = 12$ cm dan (b) Periode Gelombang $T = 2.6$ s pada putaran 1 .....	71

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Batasan Gelombang Air Dangkal, Air Transisi, dan Air Dalam ....	6
<b>Tabel 2.</b> Keuntungan dan Kerugian Ketiga Tipe Pemecah Gelombang ....	8
<b>Tabel 3.</b> Karakteristik teknologi WEC berkonsep overtopping ( <b>Mustapa et al, 2017</b> ).....	21
<b>Tabel 4.</b> Rancangan Simulasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 5.</b> Penentuan Nilai Tanh ( $2\pi d/L$ ) dengan Metode Iterasi.....	41
<b>Tabel 6.</b> Panjang Gelombang berdasarkan Periode (T) .....	41
<b>Tabel 7.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 30 cm.....	43
<b>Tabel 8.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 20 cm .....	43
<b>Tabel 9.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 10 cm.....	44
<b>Tabel 10.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 30 cm.....	44
<b>Tabel 11.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 20 cm.....	45
<b>Tabel 12.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 10 cm.....	45
<b>Tabel 13.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 30 cm.....	46
<b>Tabel 14.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 20 cm.....	46
<b>Tabel 15.</b> Tinggi Gelombang Datang Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 10 cm.....	47

<b>Tabel 16.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 30 cm.....	48
<b>Tabel 17.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 20 cm.....	49
<b>Tabel 18.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 10 cm.....	49
<b>Tabel 19.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 30 cm.....	50
<b>Tabel 20.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 20 cm.....	50
<b>Tabel 21.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 10 cm.....	51
<b>Tabel 22.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 30 cm.....	51
<b>Tabel 23.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 20 cm.....	52
<b>Tabel 24.</b> Tinggi Gelombang Refleksi Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 10 cm.....	52
<b>Tabel 25.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 30 cm.....	53
<b>Tabel 26.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 20 cm.....	54
<b>Tabel 27.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 10 cm.....	54
<b>Tabel 28.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 30 cm.....	55
<b>Tabel 29.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 20 cm.....	55
<b>Tabel 30.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 10 cm.....	56

<b>Tabel 31.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 30 cm .....	56
<b>Tabel 32.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 20 cm .....	57
<b>Tabel 33.</b> Kecuraman Gelombang Pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 10 cm .....	57
<b>Tabel 34.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 30 cm .....	58
<b>Tabel 35.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 20 cm .....	59
<b>Tabel 36.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 35 cm dan freeboard 10 cm .....	59
<b>Tabel 37.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 30 cm .....	60
<b>Tabel 38.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 20 cm .....	60
<b>Tabel 39.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 40 cm dan freeboard 10 cm .....	61
<b>Tabel 40.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 30 cm .....	61
<b>Tabel 41.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 20 cm .....	62
<b>Tabel 42.</b> Koefesien Refleksi pada Kedalaman 45 cm dan freeboard 10 cm .....	62

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Sebagai Negara Maritim, Indonesia memiliki potensi energy dari laut yang cukup tersedia khususnya gelombang, sayangnya belum dieksplorasi sama sekali. Penelitian konversi energi gelombang ke daya listrik sudah banyak dilakukan dan menemukan berbagai metode konversi yang layak secara teknis. Kendala yang menghambat sehingga belum bisa diaplikasikan adalah kelayakan finansialnya yang tidak terpenuhi. Biaya investasi membangun pembangkit tenaga gelombang sangat mahal karena terletak di perairan yang cukup dalam. Di sisi lain, Pemerintah Indonesia mengalokasikan anggaran yang cukup besar untuk memperbaiki kerusakan pantai dan melindungi kawasan pesisir dari gempuran energi gelombang.

Penelitian yang diusulkan ini bertujuan merubah paradigma bangunan pengaman pantai (breakwater/seawall/revetment) menjadi bangunan penangkap energy gelombang. Breakwater yang dibangun dengan biaya mahal untuk melindungi suatu daerah pantai dengan cara menghancurkan energy gelombang akan dirubah menjadi bangunan yang melindungi pantai dengan cara menangkap energy gelombang untuk digunakan memutar turbin pembangkit listrik. Dengan model konversi seperti ini, maka praktis hampir dipastikan tidak ada tambahan biaya

dengan perubahan ini, sehingga sangat layak diaplikasikan dan nilai jual listriknya akan jauh lebih murah dari jenis pembangkit lainnya.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai yang sangat panjang (sekitar 81.000 Km), sehingga masalah lingkungan di pantai merupakan satu hal yang harus mendapat perhatian. Salah satu permasalahan lingkungan yang ada di pantai Indonesia adalah banyaknya wilayah pesisir/pantai yang terkikis oleh gelombang laut, sehingga apabila dibiarkan maka lambat laun luasan wilayah darat/pantai semakin berkurang dan penelitian ini berfungsi untuk menangkap gelombang sehingga dapat mengubah gelombang laut menjadi daya listrik.

Dari permasalahan-permasalahan tersebut maka judul ini diangkat dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan judul :  
**“PENGARUH KARAKTERISTIK GELOMBANG DAN PARAMETER STRUKTUR TERHADAP REFLEKSI GELOMBANG PADA OWEC BREAKWATER UNTUK SUDUT DATANG GELOMBANG (90°)”**

## **B. Rumusan Masalah Penelitian**

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka dapat diambil rumusan masalah:

- 1) Bagaimana membuat bangunan pengaman pantai (*breakwater/seawall/revetment*) menjadi bangunan penangkap energy gelombang yang layak secara teknis.

- 2) Bagaimana meletakkan penangkap energy gelombang (*breakwater/seawall/revetment*) pada tinggi dan kedalaman air.

### **C. Tujuan Penelitian**

- 1) Untuk mengetahui pengaruh karakteristik gelombang terhadap refleksi gelombang
- 2) Untuk mengetahui pengaruh variable struktur terhadap refleksi gelombang
- 3) Untuk mengetahui pengaruh besarnya parameter gelombang dan struktur terhadap refleksi gelombang

### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini secara umum diharapkan dapat memberikan informasi masukan sebagai berikut :

Adapun ruang lingkup penulisan yang dijadikan batasan dalam penulisan adalah :

- 1) Dapat dijadikan sumber energy yang baru dan layak atau pengaman pantai terhadap gelombang dipesisir pantai terhadap perletakkan penangkap energy gelombang dikedalaman tertentu.

### **E. Batasan Masalah**

Demi tercapainya penelitian diperlukan suatu batasan dalam penulisan agar pembahasan tidak meluas ruang lingkungnya sehingga tujuan dari penulisan dapat tercapai dan dipahami.

Adapun ruang lingkup penulisan yang dijadikan batasan dalam penulisan adalah :

- 1) Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui refleksi gelombang dan owec breakwater
- 2) Pengaruh refleksi gelombang hanya untuk sudut datang gelombang  $90^\circ$
- 3) Gelombang yang digunakan adalah gelombang reguler

#### **F. Sistematika Penulisan**

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab, yaitu : Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran

Berikut merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut :

#### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini mengandung uraian tentang informasi secara keseluruhan dari penelitian ini yang berkenaan dengan latar belakang penelitian, rumusan masalah, maksud dan tujuan diadakan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi uraian mengenai dasar-dasar teori yang berkaitan dengan penelitian.

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai uraian tentang metode, bahan, peralatan, cara penelitian serta uraian pelaksanaan penelitian.

## **BAB 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini memuat uraian tentang kesimpulan yang dapat diambil dari hasil-hasil analisis terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan yang disertai dengan saran-saran yang diusulkan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Klasifikasi Teori Gelombang

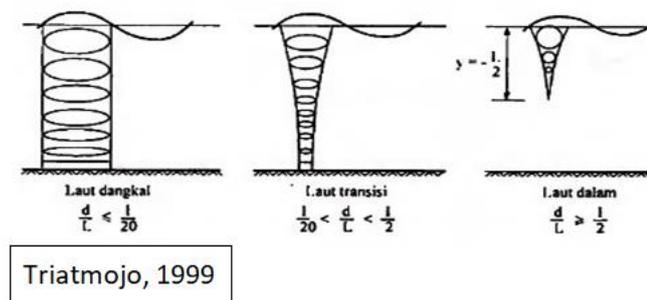
Jika ditinjau dari kedalaman relatif dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu, gelombang laut dangkal, gelombang laut transisi, dan gelombang laut dalam. Batasan dari ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang ( $d/L$ ).

**Tabel 1.** Batasan Gelombang Air Dangkal, Air Transisi, dan Air Dalam

Kategori Gelombang	$d/L$	$2\pi d/L$	$\tan h (2\pi d/L)$
Air Dalam	$> 0,5$	$> \pi$	$\approx 1$
Air Transisi	$0,05 - 0,5$	$0,25 - \pi$	$\tan h (2\pi d/L)$
Air Dangkal	$< 0,05$	$< 0,25$	$2\pi d/L$

Sumber : Teknik Pantai (**Triatmodjo, 1999**)

Dalam gelombang terdapat partikel – partikel air yang berubah selama penjalaran gelombang dari laut dalam sampai laut dangkal. Bentuk partikel yang terdapat dalam gelombang yang bergerak menuju laut dangkal digambarkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi, dan dalam (Triatmodjo, 1999)

## B. Definisi Gelombang

Gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan angkutan sedimen dalam arah tegak lurus sepanjang pantai. Gelombang laut adalah bentuk permukaan laut yang berupa punggung atau puncak gelombang dan palung atau lembah gelombang oleh gerak ayun (oscillatory movement) alibat tiupan angin, erupsi gunung api, pelongsoran dasar laut, atau lalu lintas kapal.

## C. Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang adalah merupakan suatu bentuk konstruksi yang terletak agak jauh dari pantai dan biasanya sejajar pantai ataupun tegak lurus arah datangnya gelombang. Fungsinya pemecah gelombang adalah sebagai memecah saat gelombang tiba pada konstruksi. Struktur pemecah gelombang ini dapat terbuat dari struktur masif atau kaku dan bisa juga berupa struktur fleksibel (tanaman hidup, rubblemount dan mengapung). Berdasarkan bentuknya, pemecah gelombang terdiri dari

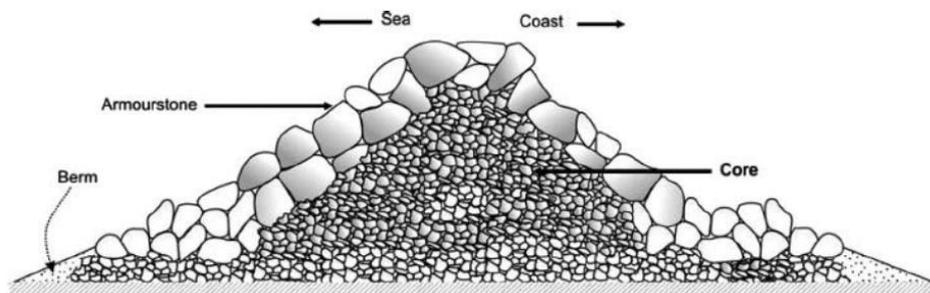
pemecah gelombang sisi miring, pemecah gelombang sisi tegak dan pemecah gelombang campuran. Keuntungan dan kerugian ketiga tipe tersebut disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Keuntungan dan Kerugian Ketiga Tipe Pemecah Gelombang

No	Tipe	Keuntungan	Kerugian
1	Pemecah Gelombang Sisi Miring	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevasi puncak bangunan rendah.</li> <li>• Gelombang refleksi kecil.</li> <li>• Kerusakan berangsur-angsur.</li> <li>• Perbaikan mudah.</li> <li>• Murah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dibutuhkan jumlah material besar.</li> <li>• Pelaksanaan pekerjaan lama.</li> <li>• Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan besar.</li> <li>• Lebar dasar besar.</li> </ul>
2	Pemecah Gelombang Sisi Tegak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelaksanaan pekerjaan cepat.</li> <li>• Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil.</li> <li>• Luas perairan pelabuhan lebih besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahal.</li> <li>• Elevasi puncak bangunan tinggi.</li> <li>• Tekanan gelombang besar.</li> <li>• Kesulitan saat perbaikan</li> </ul>
3	Pemecah Gelombang Campuran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelaksanaan pekerjaan cepat.</li> <li>• Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil.</li> <li>• Luas perairan pelabuhan besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahal</li> <li>• Diperlukan peralatan berat.</li> </ul>

(Sumber : Triatmodjo, 1999)

Sementara untuk tipe bangunan sisi miring, pemecah gelombang lepas pantai bisa dibuat dari beberapa lapisan material yang di tumpuk dan di bentuk sedemikian rupa (pada umumnya apabila dilihat potongan melintangnya membentuk trapesium) sehingga terlihat seperti sebuah gundukan besar batu, Dengan lapisan terluar dari material dengan ukuran butiran sangat besar.



**Gambar 2.** Profil Melintang Struktur Breakwater Sisi Miring

Dari Gambar 2 dapat kita lihat bahwa konstruksi terdiri dari beberapa lapisan yaitu:

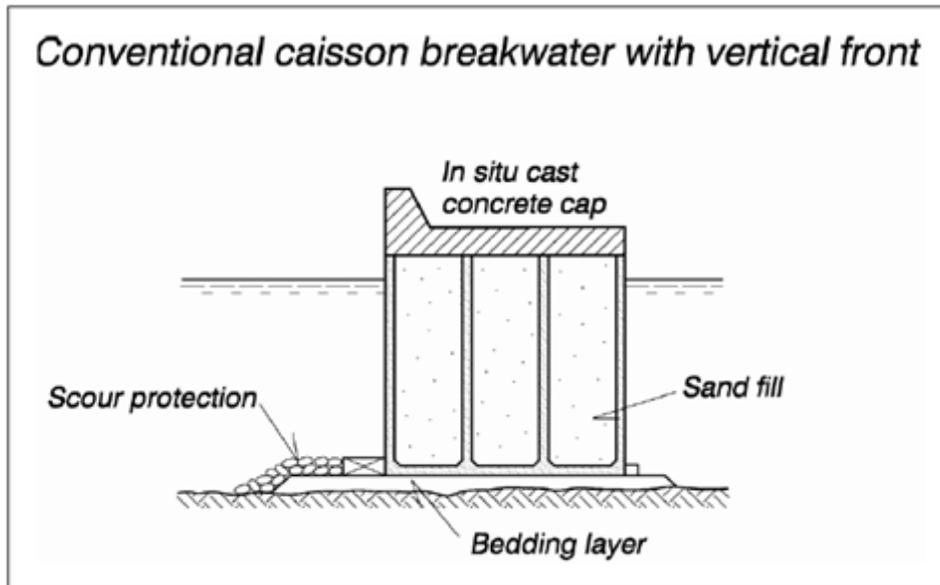
- 1) Inti (*core*) pada umumnya terdiri dari agregat galian kasar, tanpa partikel-partikel halus dari debu dan pasir.
- 2) Lapisan bawah pertama (*under layer*) disebut juga lapisan penyaring (*filter layer*) yang melindungi bagian inti (*core*) terhadap penghanyutan material, biasanya terdiri dari potongan-potongan tunggal batu dengan berat bervariasi dari 500 kg sampai dengan 1 ton.

- 3) Lapisan pelindung utama (*main armorstone layer*) seperti namanya, merupakan pertahanan utama dari pemecah gelombang terhadap serangan gelombang pada lapisan inilah biasanya batu-batuan ukuran besar dengan berat antara 1-3 ton atau bisa juga menggunakan batu buatan dari beton dengan bentuk khusus dan ukuran yang sangat besar seperti tetrapod, quadripod, dolos, tribar, dan xbloc accropode. (Arif,2018)

### **C.1. Pemecah Gelombang Tipe Kaison**

Untuk tipe sisi tegak pemecah gelombang bisa dibuat dari material-material seperti pasangan batu sel turap baja didalamnya di isi tanah atau batu, tumpukan buis beton, dinding turap baja atau beton, kaison beton dan lain sebagainya.

Dari beberapa jenis tersebut, kaison beton merupakan material yang paling umum di jumpai pada konstruksi bangunan pantai sisi tegak. Kaison beton pada pemecah gelombang lepas pantai adalah konstruksi berbentuk kotak dari beton bertulang yang didalamnya di isi pasir atau batu. Pada pemecah gelombang sisi tegak kaison beton diletakkan diatas tumpukan batu yang berfungsi sebagai fondasi. Untuk menanggulangi gerusan pada pondasi maka dibuat perlindungan kaki yang terbuat dari batu atau blok beton. Bisa dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Pemecah Gelombang Kaison Konvensional Dengan Bagian Depan Vertical

## **C.2. Run-up dan Overtopping Gelombang**

Struktur peredam gelombang telah mengalami perkembangan yang signifikan sampai saat ini. Struktur peredam gelombang secara umum dibagi atas dua tipe yaitu:

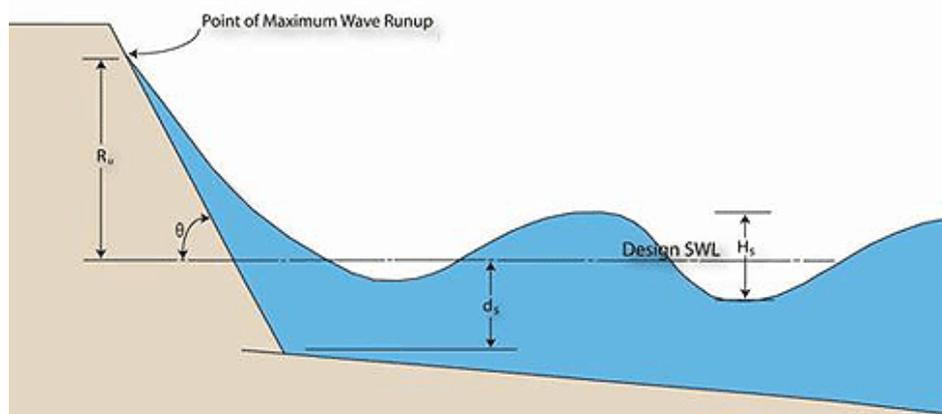
- 1) Overtopping Breakwater, yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan memperkenankan atau mengijinkan air melimpas diatas pemecah gelombang tersebut. Pemecah gelombang tipe ini biasanya direncanakan apabila daerah yang dilindungi tidak begitu sensitif terutama terhadap gelombang yang terjadi akibat adanya overtopping (pemecah gelombang untuk melindungi alur pelayaran, jetty ataupun groin). Jika pemecah gelombang direncanakan boleh overtopping, maka lereng pemecah

gelombang bagian dalam (inner portion) harus terjamin tidak akan rusak pada saat terjadi hempasan air pada saat overtopping.

- 2) Non overtopping breakwater, yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan tidak memperkenankan atau mengijjinkan air melimpas di atas pemecah gelombang tersebut. Dalam hal ini tinggi mercu atau puncak pemecah gelombang harus direncanakan atau ditentukan berdasarkan wave run-up yang akan terjadi. Ukuran batu pelindung bagian lereng dalam, dalam hal ini dapat lebih kecil dari lapis lindung lereng luar. Kadang-kadang ukuran batu dibuat sama namun lereng dalam lebih tegak.

Debit overtopping merupakan salah satu fenomena paling dinamis yang terjadi pada bangunan pantai. Besarnya debit overtopping dipengaruhi oleh banyak faktor dan masih menjadi ranah penelitian yang menarik hingga saat ini. Rumusan besar debit overtopping diperoleh dari kajian-kajian empiris hasil penelitian, dan beberapa penelitian tentang deformasi gelombang terhadap debit overtopping khususnya pada konsep gabungan WEC-breakwater masih terbatas. Debit overtopping pada breakwater salahsatunya dapat dipengaruhi oleh kemiringan dinding bangunan. Selain untuk menghasilkan energi terbarukan dengan memodifikasi breakwater juga harus dipertimbangkan mengenai struktur bangunan yang juga harus kuat terhadap gaya geser maupun gulingnya, hal ini biasanya dipengaruhi oleh pengaruh gelombang yang membentur bagian bawah bangunan atau dalam hal Run-Down gelombang.

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (run-up) pada permukaan bangunan. Run-up gelombang tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Gambar 10 memperlihatkan Run-Up gelombang (Ru) dengan parameter yang berpengaruh dan gambar 4. memperlihatkan grafik *Irribaren*.



**Gambar 4.** Sketsa definisi Run-up gelombang pada sisi miring. (FHWA, 2011)

Berbagai penelitian tentang run-up gelombang telah dilakukan di laboratorium. Hasil penelitian tersebut berupa grafik-grafik yang dapat digunakan untuk menentukan tinggi run-up. Hasil percobaan yang paling sering digunakan dalam penentuan tinggi run-up gelombang pada bangunan miring adalah hasil percobaan *Irribaren*.

$$I_r = \frac{tg \theta}{(H/L_0)^{0.5}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

$I_r$  : bilangan Iribaren

$\theta$  : sudut kemiringan sisi pemecah gelombang ( $^{\circ}$ )

$H$  : tinggi gelombang di lokasi bangunan (m)

$L_0$  : panjang gelombang (m)

Grafik tersebut juga dapat digunakan untuk menghitung Run-Down (Rd), yaitu turunnya permukaan air karena gelombang pada sisi bangunan pantai.

#### **D. Karakteristik Gelombang**

Berdasarkan teori Airy maka gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinus harmonis (*sinusoidal progressive wave*), gelombang dapat dijelaskan secara geometris (**Triatmodjo, 2012**) berdasarkan :

- 1) Tinggi gelombang (H), yaitu jarak antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang.
- 2) Panjang gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_0}\right) \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

$L$  : Panjang Gelombang (meter)

$g$  : Percepatan Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$L_0$ : Panjang Gelombang pada Laut Dalam  
(meter)

$d$  : Kedalaman air (meter)

Persamaan (1) dapat diselesaikan dengan metode iterasi untuk menentukan Panjang gelombang pada suatu kedalaman dengan memasukkan Panjang gelombang awal ( $L_0$ ) menggunakan persamaan berikut:

$$L_0 = 1.56T^2 \dots\dots\dots (3)$$

3) Jarak antara muka air rata-rata dan dasar laut ( $d$ ) atau kedalaman laut.

Ketiga parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti:

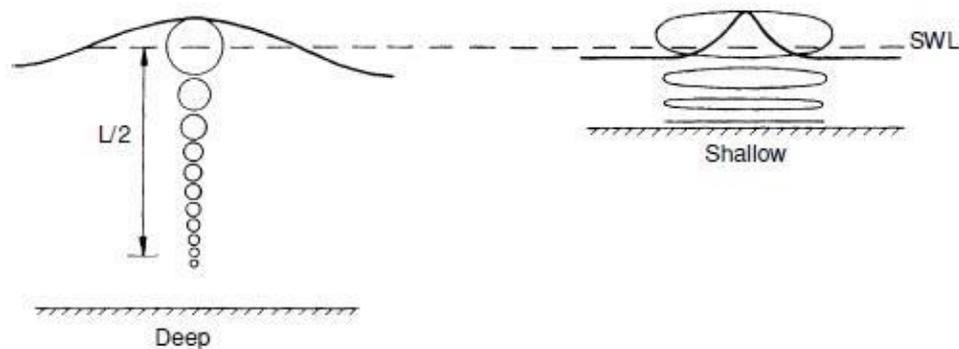
- 1) Kemiringan gelombang (*wave steepness*) =  $H/L$
- 2) Ketinggian relatif (*relative height*) =  $H/d$
- 3) Kedalaman relatif (*relative depth*) =  $d/L$

Parameter penting lainnya seperti:

- 1) Amplitudo gelombang ( $A$ ), biasanya diambil setengah tinggi gelombang ( $\frac{H}{2}$ )
- 2) Periode gelombang ( $T$ ), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (*wave crest*).
- 3) Frekuensi ( $f$ ), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap perdetik. Frekuensi berbanding terbalik dengan
- 4) periode,  $f = \frac{1}{T}$ . Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut ( $\Theta$ ) =  $2\pi$ .

#### **E. Deformasi Gelombang**

Ketika gelombang menjalar, partikel air bergerak dalam suatu lingkaran vertikal kecil dan tetap pada posisinya selagi bentuk dan energi gelombang berjalan maju. Partikel air di permukaan bergerak dalam suatu lingkaran besar dan membentuk puncak gelombang di puncak lingkaran dan lembah gelombang pada lintasan terendah. Dibawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran yang makin kecil sampai pada kedalaman lebih besar dari  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang seperti terlihat pada gambar 5.



**Gambar 5.** Profil permukaan dan gerak orbit partikel air pada penjarangan gelombang. (**Basic Coastal Engineering, 2006**)

Dalam perambatannya gelombang menjalar dari laut dalam ke perairan dangkal/pantai dimana pelindung pantai tersebut akan dibangun, gelombang tersebut mengalami perubahan kecepatan, tinggi dan mungkin arahnya. Parameter gelombang yang dianggap tidak mengalami perubahan sepanjang perambatannya adalah periode gelombang. Penyebab utama perubahan karakteristik gelombang tersebut adalah kedalaman dan variasi kedalaman perairan dangkal.

Perubahan parameter itu karena adanya pendangkalan (*shoaling*), pembelokan (*refraksi*) dan pemecahan gelombang (*breaking*). Jika dalam penjarannya gelombang menemui suatu halangan struktur atau karang, maka gelombang akan mengalami hamburan (*difraksi*).

Pada saat gelombang bergerak menuju ke garis pantai (*shoreline*), gelombang mulai bergesekan dengan dasar laut dan menyebabkan pecahnya gelombang ditepi pantai. Hal ini juga dapat terjadi di permukaan

struktur pantai apabila gelombang bergerak menuju struktur pantai.

Kelima peristiwa deformasi gelombang dirangkum sebagai berikut:

- 1) Refraksi gelombang yakni peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang
- 2) Difraksi gelombang yakni peristiwa berpindahnya energi disepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindungi
- 3) Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan dilokasi pantai. Koefisien refleksi gelombang diperlihatkan pada persamaan 4.

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{E_r/E_i} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana  $H_r$  adalah tinggi gelombang refleksi,  $H_i$  adalah tinggi gelombang datang,  $E_r$  adalah energi gelombang refleksi dan  $E_i$  adalah energi gelombang datang.

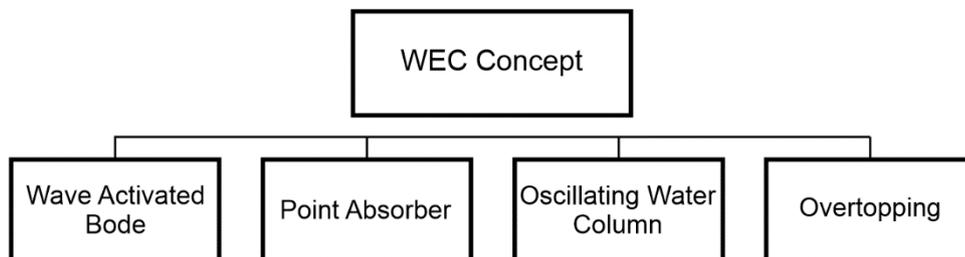
- 4) *Wave shoaling* yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal. Koefisien shoaling ( $K_s$ ) di perlihatkan pada persamaan 5.

$$K_s = \frac{H}{H_0} \dots\dots\dots (5)$$

- 5) *Wave breaking* yakni peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (surf zone) atau bangunan pantai.

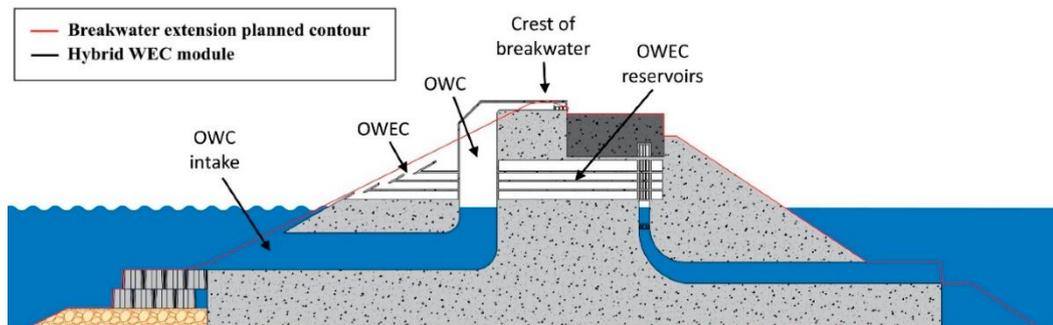
## F. Konsep Wave Energy Converter (WEC)

Teknologi WEC atau dalam istilah Indonesia disebut teknologi konverter energi gelombang, dapat dikategorikan berdasarkan beberapa aspek, antara lain lokasi dioperasikannya, kondisi gelombang, dan prinsip kerjanya. Berdasarkan aspek tersebut, teknologi WEC terbagi dalam 4 konsep yaitu seperti terlihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Empat konsep Wave Energy Converter (WEC)

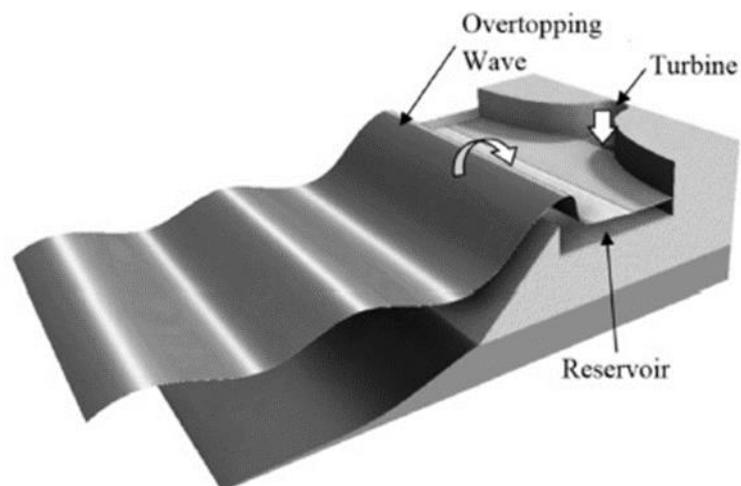
Rincian kategori teknologi WEC yang telah dikembangkan di seluruh dunia, seperti terlihat pada gambar 7. Teknologi WEC yang paling populer dan yang telah paling banyak dikembangkan adalah yang didasarkan pada konsep point absorber, sedangkan teknologi WEC yang belum populer dan belum banyak dikembangkan adalah yang di dasarkan pada konsep overtopping.



**Gambar 7.** Kinerja pengembangan Wave Energy Converter (WEC)

### F.1. Overtopping Wave Energy Converter (OWEC)

Konsep yang digunakan pada konverter energi gelombang overtopping adalah dengan membawa gelombang naik ke dalam reservoir melalui mekanisme overtopping gelombang, dimana dari reservoir yang terletak pada puncak converter yang letaknya lebih tinggi dari muka air laut, energi potensial dikonversikan menjadi energi mekanik melalui turbin. Konsep overtopping wave energy converter disajikan dalam gambar 8.



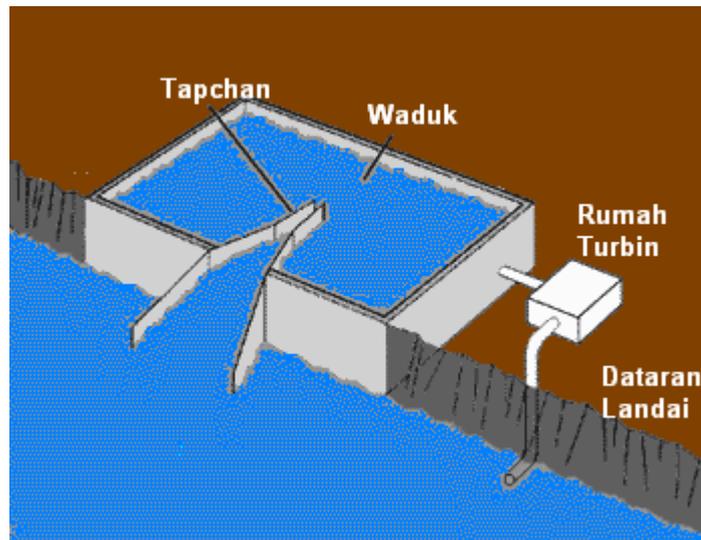
**Gambar 8.** Konsep teknologi Overtopping WEC

Efek dari gelombang pecah digunakan untuk menaikkan muka air gelombang kedalam reservoir yang berada lebih tinggi dari muka air laut. Gelombang pecah terjadi ketika gelombang bergerak pada kedalaman yang berangsur-angsur berkurang atau gelombang yang datang menghempas bidang miring. Secara umum, teknologi overtopping terdiri dari dua tipe, tipe tenggelam dan tipe terapung. Beberapa tipe temuan teknologi WEC yang didasarkan pada konsep overtopping disajikan dalam table 3.

**Tabel 3.** Karakteristik teknologi WEC berkonsep overtopping (Mustapa et al, 2017)

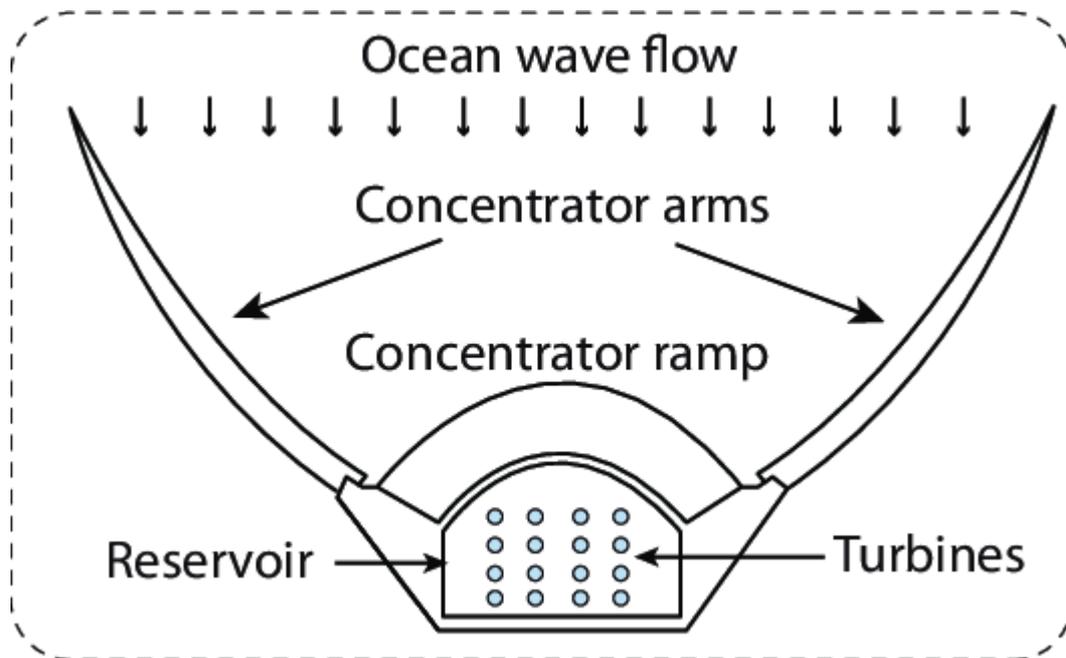
Wave Energy Device	Type	Water Depth (m)	Mean Wave Powe (kW/m)	Output Power (kW)
Wave Dragon	Floating	20-40	60	625-940
TAPCHAN	Fixed	20	20-30	350
Sea Slot-Cone Generator (SSG)	Fixed	6-18	14-16	49-62

Temuan pertama yang berkonsep overtopping adalah teknologi gelombang Tapered Chanel atau yang biasa dikenal dengan TAPCHAN. Tipe tenggelam overtopping WEC ini pertama kali dikembangkan di Norwegia pada tahun 1980. Konsep yang digunakan pada TAPCHAN mirip dengan hydroelectric power tradisional, dimana gelombang laut dipusatkan naik kedalam reservoir melalui mekanisme overtopping dan dari reservoir yang letaknya lebih tinggi dari muka air laut dirilis kembali kelaut melalui rumah turbin, seperti yang terlihat pada ilustrasi gambar 9.



**Gambar 9.** Tapered Chanel (TAPCHAN)

Temuan yang berkonsep overtopping WEC dengan tipe terapung adalah Wave Dragon. Bentuk fisik dari model ini memberikan kemampuan tambahan bukan hanya untuk converter energi, tetapi juga sebagai peredam gelombang, dengan koefisien transmisi sebesar 0.68. Teknologi ini dibangun menggunakan 3 komponen utama, terdiri dari sepasang reflector, lereng miring, dan reservoir. Konsep yang digunakan untuk menaikkan gelombang mirip dengan TAPCHAN, tapi pada wave dragon, sepasang reflector digunakan untuk memusatkan gelombang. Ilustrasi gambar wave dragon disajikan dalam gambar 10.



**Gambar 10.** Wave Dragon

## **F.2. Integritas Overtopping WEC-Breakwater**

Penggunaan konsep overtopping WEC pada pemecah gelombang atau breakwater telah mulai diinisiasi oleh penemuan Sea Slot-Cone Generator (SSG) pada 2002 dan OBREC pada 2013. Pada 2015 satu-satunya prototype yang telah dikembangkan dari jenis ini adalah OBREC. Unit prototype OBREC telah diaplikasikan pada breakwater tipe rubble mount di pelabuhan Naples, Italia. Alasan menggunakan konsep ini (integrasi WEC-breakwater) dipicu oleh kesesuaian aspek yang cocok dengan design breakwater caisson beton horizontal yang ada di pelabuhan tersebut. Sebenarnya, kemiringan lereng yang ada pada bidang depan breakwater, didesain untuk menghancurkan gelombang melalui pengurangan kedalaman laut. Ketika kedalaman laut berkurang, gelombang akan mulai pecah dalam beberapa bentuk gelombang pecah.

Dapat berupa spilling, collapsing, plunging atau surging, tergantung dari sudut area garis pantai.

Pada konsep penggabungan overtopping WEC-breakwater, gelombang pecah tipe surging akan dimanfaatkan. Gelombang tersebut akan naik dan melimpas (overtopping) kemudian dikumpulkan pada reservoir dan digunakan kembali untuk membangkitkan listrik menggunakan hidro-turbin low head. Dengan kata lain, konsep penggabungan ini, dapat meningkatkan secara optimal kemampuan breakwater konvensional satu fungsi menjadi dual fungsi yaitu, sebagai pelindung pantai dan sekaligus teknologi converter energy gelombang.

### **F.3. Seawave Slot-Cone Generator (SSG)**

Seawave Slot-Cone Generator masuk dalam klasifikasi konsep teknologi overtopping wave energy converter. Penggabungan yang dilakukan berupa breakwater tipe tenggelam dan wave energy converter memungkinkan SSG untuk menyuguhkan struktur dual fungsi. Fokus yang diberikan pada penemuan ini lebih kepada pemecah gelombang dari pada converter energi. Metode yang digunakan untuk mengumpulkan gelombang datang dan mengisi reservoir didasarkan pada konsep air yang menyusut, seperti ditunjukkan pada gambar 11.



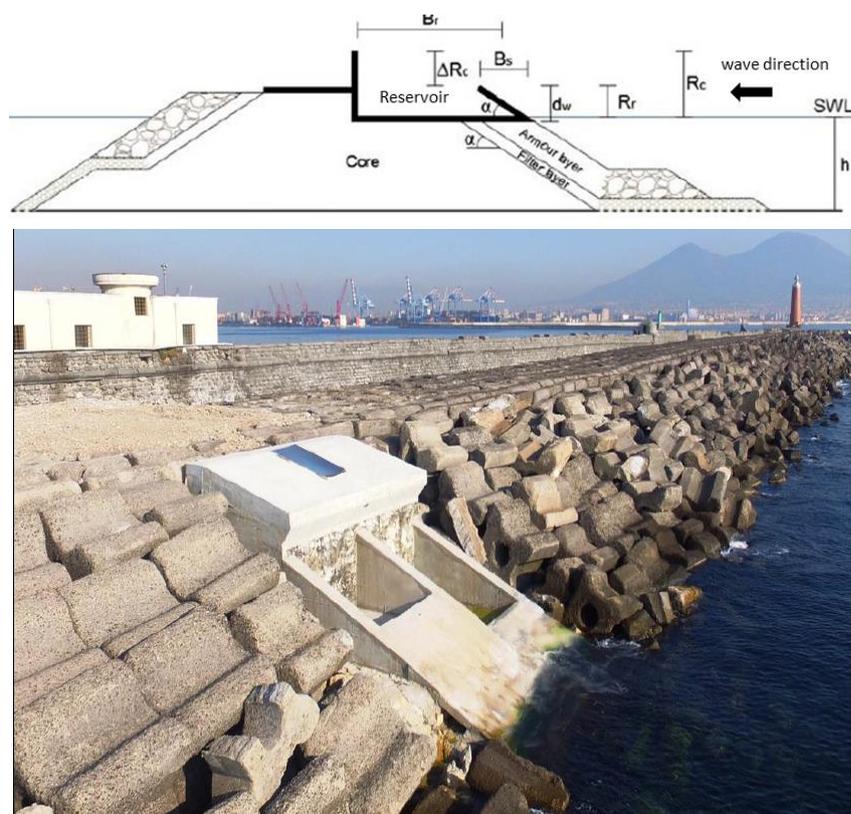
**Gambar 11.** Seawave Slot-Cone Generator (SSG)

Ketika gelombang kehilangan energinya yang disebabkan oleh fenomena shoaling, gelombang akan cenderung pecah. Kemudian, gelombang akan kembali ke laut dan secara otomatis mengisi reservoir bertingkat. Penggunaan reservoir bertingkat membantu SSG untuk menyimpan energi potensial berbeda tanpa merubah originalitas dari energi yang terbawa. Air yang telah terkumpulkan kemudian digunakan untuk menjalankan turbin bertingkat untuk produksi listrik. Efisiensi total yang didapatkan reservoir bertingkat lebih tinggi dari pada reservoir satu tingkat saja.

SSG beroperasi pada kondisi gelombang tinggi dan sedang. Penelitian model SSG 2D telah mengungkapkan bahwa desain SSG mampu mendapatkan efisiensi hidraulis sebesar 37 %, yang diukur dari volume air yang masuk pada reservoir.

#### F.4. Overtopping Breakwater for Energy Conversion (OBREC)

OBREC diklasifikasikan sebagai struktur multi-fungsi yang mengimplementasikan konsep overtopping pada struktur breakwater tradisional tipe rubble mound. Konsep ini menggunakan konfigurasi yang sederhana, dimana reservoir satu tingkat ditempatkan di bagian depan dari breakwater tenggelam tipe rubble mound, seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.



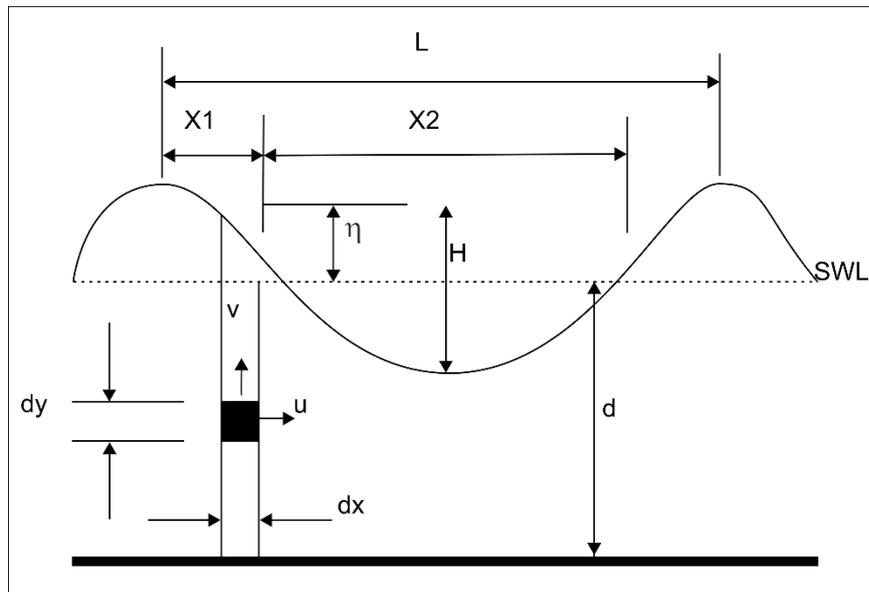
**Gambar 12.** Innovative rubble mound breakwater with frontal reservoir for energy production (OBREC). (Vicinanza et al, 2015)

Fenomena overtopping mulai terjadi ketika gelombang datang, mencapai limit maximum dari freeboard, atau puncak breakwater. Pada

saat itu, gelombang mulai melimpas dan mengisi reservoir. Walaupun konsepnya sangat sederhana, tetapi struktur ini punya potensi untuk merubah gelombang overtopping yang terbuang pada struktur breakwater konvensional satu fungsi, menjadi bermanfaat untuk tenaga listrik. Gelombang overtopping yang terbuang ini dapat dideskripsikan sebagai gelombang yang telah berhasil melewati freeboard atau puncak dari struktur breakwater.

### **G. Energy Gelombang**

Gelombang yang bergerak selain menimbulkan pergerakan partikel, juga dapat memberikan energi gelombang. Energi gelombang terdiri dari dua jenis, yaitu energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik terjadi karena adanya kecepatan partikel akibat gerak gelombang. Sedangkan energi potensial terjadi karena adanya perpindahan muka air karena gerakan gelombang. Untuk teori gelombang amplitudo kecil, jika energi gelombang ditetapkan relatif terhadap muka air diam, dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama, maka akan didapat komponen energi potensial dan energi kinetik adalah sama. Untuk mendapatkan persamaan energi gelombang, diasumsikan suatu elemen berukuran  $dx$ ,  $dy$  dan  $l$  seperti terlihat pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Konsep dasar penurunan rumus energi

Dengan demikian energi total dalam satu panjang gelombang persatuan lebar gelombang adalah:

$$E_t = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (6)$$

Sedangkan energi rata-rata persatuan luas sebesar :

$$E = \frac{E_t}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (7)$$

Dengan:

$E_k$  : energi kinetik persatuan lebar panjang gelombang (joule/m)

$E_p$  : energi potensial persatuan lebar panjang gelombang (joule/m)

$E_t$  : energi total persatuan lebar panjang gelombang (joule/m)

$E$  : energi rata-rata gelombang persatuan luas (joule/m<sup>2</sup>)

$H$  : tinggi gelombang (m)

$\rho$  : rapat massa air (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

Daya gelombang (P) adalah energi gelombang persatuan waktu pada arah penjalaran gelombang.

$$P = \frac{nE}{T} \quad (8)$$

Dimana, n adalah faktor energi gelombang yang bernilai:

$$n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) \quad (9)$$

Daya yang tersedia pada reservoir adalah:

$$D = QH\gamma \quad (10)$$

#### H. Hukum Dasar Model

Konsep dasar pemodelan 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, sehingga kinematik (**Nur Yuwono, 1996**).

Hubungan antara model dan prototipe diturunkan dengan skala, untuk masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama. Skala dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai yang ada diprototipe dengan nilai parameter tersebut pada model.

## H.1. Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada dimodel sama dengan bentuk prototipe tetapi ukurannya yang berbeda. Perbandingan 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 horizontal (skala panjang) dan skala arah vertikal (skala tinggi) adalah sama. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk:

Dengan:

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots$$
$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots$$

(11)

(12)

Dengan:

- $n_L$  : skala panjang
- $n_h$  : skala tinggi
- $L_p$  : ukuran panjang *prototipe*
- $L_m$  : ukuran panjang model
- $h_p$  : ukuran tinggi pada *prototype*
- $h_m$  : ukuran tinggi pada model

## H.2. 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 horizontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan distorted model.

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \dots\dots\dots (13)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \dots\dots\dots (14)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \dots\dots\dots (15)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots (16)$$

Dengan:

$n_u$ : skala kecepatan

$n_a$ : skala tinggi

$n_Q$  : skala debit

$n_T$  : skala waktu

$a$  : percepatan

$Q$  : debit rencana

### H.3. 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.

Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik Reynold (*Reynold number*) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik froude (*froude number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi, bilangan Cauchy (*Cauchy Number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (*Weiber Number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan.

Untuk penelitian refleksi pada struktur terapung dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini, akan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (*undistorted models*) dan menggunakan kesebangunan Froude.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Metode dan Tempat Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium 3D yang dilakukan di Laboratorium Kepantaraan & Lingkungan Fakultas Teknik Unhas.

Tugas akhir ini adalah bagian dari penelitian RUNHAS 2020 dengan judul Inovasi Csp-Ms Untuk Merubah Daya Rusak Gelombang Menjadi Gaya Listrik Sebagai Sumber Energi Terbarukan.

#### **B. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Kampus Unhas Gowa Fakultas Teknik tepatnya di laboratorium departemen teknik sipil dan departemen Teknik kelautan dengan waktu pengambilan data selama 1 bulan dimulai dari 21 Agustus sampai dengan 9 September 2020.