

TESIS

**STUDI PENGARUH SISTEM BUDIDAYA RUMPUT LAUT
METODE RAWAI DALAM MEREDAM GELOMBANG**

***THE EFFECT OF SEAWEED CULTIVATION SYSTEM WITH
FLOATING RAFT METHOD ON THE WAVE ABSORPTION***

**WA ODE ZULIA PRIHATINI
P 230 1211 402**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**STUDI PENGARUH SISTEM BUDIDAYA RUMPUT LAUT
METODE RAWAI DALAM MEREDAM GELOMBANG**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

WA ODE ZULIA PRIHATINI

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Wa Ode Zulia Prihatini

Nomor mahasiswa : P2301211402

Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat di buktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, November
2013

Yang menyatakan

Wa Ode Zulia Prihatini

PRAKATA

Assalamu Alaikum Waramatullahi Wabarakatu, segala puji bagi Allah SWT, karena dengan rahmat dan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis dengan judul ``**Studi Pengaruh Sistem Budidaya Rumput Laut Metode Rawai dalam Meredam Gelombang**``. Tesis ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program magister pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam rangkaian kegiatan penelitian serta penulisan tesis ini tidak akan terlaksana sebagaimana yang diharapkan tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini perkenankan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Mary Selintung, MSc sebagai ketua komisi penasehat dan Dr. Ir. Muh. Arsyad Thaha, MT sebagai anggota komisi yang telah meluangkan waktunya dalam memotivasi dan membimbing penulis mulai persiapan penulisan, penelitian sampai dengan penyelesaian tesis ini.
2. Prof. Dr. H Saleh Pallu M. Eng, Dr. Eng. H. Farouk Maricar, MT dan Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT selaku tim penguji yang telah memberikan masukan dalam perbaikan penulisan tesis ini.

3. Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama pendidikan.
4. Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna S, MS., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama pendidikan.
5. Para dosen dan staff yang telah membantu penulis selama mengikuti pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil Keairan 2011 (Budi, Erwin , Ugi, Imam. Fadly, Pak Daniel, Pak Panal, Pak Harun dan Pak Arham) serta Pascasarjana Teknik Sipil angkatan 2011 pada umumnya.
7. Seluruh pihak yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
8. Orang tua tercinta Ayahanda La Ode Muh. Husni Lalangi Ibunda Wa Ode Mariha Zakir serta keluarga tercinta yang terus bersabar memberikan dukungan dan semangat kepada penulis (Atus, Atum, Dewi, Isa, Mbak Ana, Mas Ari, Nine dan Syafaat).
9. Suami dan anak-anak tercinta yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata penulis mengharapkan tesis ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, November
2013

Wa Ode Zulia Prihatini

ABSTRAK

WA ODE ZULIA PRIHATINI. *Studi Pengaruh Sistem Budidaya Rumput Laut Metode Rawai dalam Meredam Gelombang.* (dibimbing oleh Mary Selintung dan Muh. Arsyad Thaha).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh parameter terhadap deformasi gelombang (transmisi dan refleksi) dan mendapatkan hubungan parameter pengaruh kerapatan model dan susunan model terhadap koefisien transmisi dan refleksi gelombang dalam bentuk hubungan parameter tak berdimensi bilangan tak berdimensi.

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan uji fisik yang dilakukan di saluran gelombang 2-D pada Laboratorium Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dengan membuat beberapa konfigurasi model susunan lapis dan jarak tanam serta jarak bentang yang berbeda. Model rumput laut terbuat dari silicon dan pasir halus. Skala model digunakan adalah 1 : 5, dengan tiga variasi model (UC1SL, UC2SL, dan UC3SL) dan variasi panjang gelombang serta tinggi gelombang dengan kedalaman dibuat tetap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter yang berpengaruh adalah periode gelombang (T), Tinggi gelombang (H), kerapatan (ζ), jumlah lapis (B), Jarak tanam (X_{tm}) dan jarak bentang (X_{Bm}). Kerapatan model dan susunan lapis model, berpengaruh signifikan terhadap koefisien transmisi (K_t) dan koefisien refleksi (K_r), dimana semakin besar kerapatan dan susunan lapis model, semakin kecil nilai besar K_t dan semakin besar nilai K_r , dan mempunyai persamaan non-regresi $K_t = \frac{H_t}{H_i} = m \cdot e^{-n\psi} K_t = p \cdot e^{-q\psi}$ dan $K_r = u \cdot \ln \psi + v$, dimana $\psi = \zeta \cdot \frac{H_i}{L}$; p dan q masing-masing 0,1039 dan -23,5 respectively; u dan v masing-masing 0,0064 dan 0,1193.

ABSTRACT

WA ODE ZULIA PRIHATINI. *The Effect Of Seaweed Cultivation System with Floating Raft Method on The Wave Absorption.* (supervised by Mary Selintung and Muh. Arsyad Thaha)

This study aims to investigate the effect of the parameters on wave deformation (transmission and reflection) and influence of the model density and composition on the the transmission and reflection coefficient in the form of non- dimensional parameter relationship of non-dimensional figure.

It is an experimental study with a physical test conducted in 2D-wave flumeat the Laboratory of Ocean Engineering , Faculty of Engineering , Hasanuddin University. Several layered structure model configuration with different spacing and span distances are established. The Model is made of silicon and fine sand and the scale used is 1:5 , with three variations of the model (UC1SL , UC2SL , and UC3SL) and with wave length variation but fixed wave. height and depth.

The results reveal that the influential parameters are wave period (T), incoming wave height (H), density (ζ) the number of layer (B), spacing (X_{tm}), and spandistance (X_{bm}). The Model density and layer a significant effect on the transmission coefficient (K_t) and the reflection coefficient (K_r) in which the greater the density and the composition of layers are, the smaller the K_t value will be the higher the K_r value with non-regression equation $K_t = \frac{H_t}{H_i} = m \cdot e^{-n\psi} K_t = p \cdot e^{-q\psi}$ dan $K_r = u \cdot \ln\psi + v$, which $\psi = \zeta \cdot \frac{H_i}{L}$; p dan q 0,1039 and -23,5 respectively; u dan v 0,0064 dan 0,1193 respectively

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xvi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	6
E. Batasan Masalah	6
F. Sistematika Penulisan	7

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Sebelumnya	9
B. Gelombang	11
C. Deformasi Gelombang	19
1. Refleksi gelombang	19
2. Transmisi gelombang	22
D. Budidaya Rumput Laut	23
1. Kondisi Fisika, Biologi, dan Kimia Lingkungan	25
2. Prospek Budidaya Rumput Laut	27
3. Metode Budidaya Rumput Laut	28
E. Konsep Dasar Pemodelan	32
1. Sebangun geometrik	32
2. Sebangun Kinematik	33
3. Sebangun dinamik	33
F. Analisa Dimensi	35
G. Hipotesis	36
H. Kerangka Pikir	38

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian	39
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	39
C. Bahan dan Alat	40
D. Variabel yang Diteliti	41
E. Perancangan Model dan Kalibrasi Alat	42

F. Simulasi Model	44
G. Prosedur Pengambilan Data	45
H. Diagram Proses Penelitian	46
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Analisa Dimensi	47
B. Hasil Penelitian	50
1. Tinggi Gelombang	50
2. Panjang Gelombang	50
3. Tinggi gelombang datang (H_i), Transmisi (H_t) dan Refleksi (H_r)	52
4. Koefisien Gelombang Transmisi (k_t) dan Refleksi (k_r)	52
C. Pembahasan	53
1. Pengaruh $NDP = (H_i/L)$ terhadap k_t dan k_r	54
2. Pengaruh $NDP = (X_{bm}/L)$ terhadap k_t dan k_r	62
3. Pengaruh $NDP = (X_{tm}/L)$ terhadap k_t dan k_r	63
4. Pengaruh $NDP = \zeta \cdot \frac{H_i}{L}$ terhadap k_t dan k_r	65
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	73
B. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR TABEL

nomor		halaman
1.	Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam	12
2.	Koefisien Refleksi	21
3.	Rancangan simulasi model	44
4.	Penentuan nilai α , β dan τ	47
5.	Penentuan bilangan tak berdimensi (π_i)	48
6.	Perhitungan tinggi gelombang dan panjang gelombang berdasarkan variasi tinggi model dan kerapatan model	50
7.	Hasil perhitungan H_i, H_T dan H_r berdasarkan variasi tinggi model (H_m) dan kerapatan model (ζ)	52
8.	Hasil perhitungan K_t, K_r dan K_d berdasarkan variasi tinggi model dan kerapatan model	53
9.	Nilai K_t untuk simulasi kerapatan relatif (ζ) pada kondisi jarak tanam model untuk $NDP = H_i/L$	57
10.	Nilai K_t untuk simulasi kerapatan relatif (ζ) pada kondisi jarak tanam model untuk $NDP = H_i/L$	59

DAFTAR GAMBAR

nomor		halaman
1.	Profil Gelombang Airy, Stokes dan Cnoidal	14
2.	Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi dan dalam	16
3.	Konsep dasar penurunan rumus energi gelombang	17
4.	Rumput Laut <i>Eucheuma cottonii</i>	26
5.	Budidaya rumput laut Metode Rawai	30
6.	Konstruksi rawai (<i>long line</i>) berbingkai	31
7.	Beberapa parameter dalam pengujian model	37
8.	Kerangka Pikir	38
9.	Tangki uji model yang dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang	42
10.	Denah perletakan model rumput laut dan 9 titik pengukuran	43
11.	Penampang detil model potongan memanjang dan Melintang	43
12.	Tampilan saluran gelombang dengan posisi model dalam saluran	45
13.	Bagan Proses Penelitian (<i>flow chart</i>)	46
14.	Daerah penerapan teori gelombang fungsi H/d dan H/L	51
15.	Hubungan H_i/L terhadap K_t untuk variasi kerapatan (ζ)	55
16.	Hubungan H_i/L terhadap K_t untuk variasi kerapatan 10 cm	55

17.	Hubungan H_i/L terhadap K_t untuk variasi kerapatan (ζ) 7 cm	56
18.	Hubungan H_i/L terhadap K_r untuk variasi kerapatan (ζ)	58
19.	Hubungan H_i/L terhadap K_r untuk variasi kerapatan 10 cm	60
20.	Hubungan H_i/L terhadap K_r untuk variasi kerapatan (ζ) 7 cm	60
21.	Hubungan H_i/L terhadap K_t , berdasarkan variasi jarak bentang model (X_{bm})	61
22.	Hubungan H_i/L terhadap K_r , berdasarkan variasi jarak bentang model (X_{bm})	61
23.	Hubungan X_{bm}/L terhadap K_t , untuk variasi jarak bentang model susunan model 3 lapis, 2 lapis dan 1 lapis.	62
24.	Hubungan X_{bm}/L terhadap K_r , untuk variasi jarak bentang model susunan model 3 lapis, 2 lapis dan 1 lapis.	63
25.	Hubungan X_{tm}/L terhadap K_t , untuk variasi jarak bentang model susunan model 3 lapis, 2 lapis dan 1 lapis.	64
26.	Hubungan X_{tm}/L terhadap K_r , untuk variasi jarak bentang model susunan model 3 lapis, 2 lapis dan 1 lapis.	64
27.	Hubungan $\zeta \cdot \frac{H_i}{L}$ dengan K_t untuk variasi susunan model 3 lapis, 2 lapis dan 1 lapis	66
28.	Hubungan $\zeta \cdot \frac{H_i}{L}$ dengan K_t untuk variasi susunan model 3 lapis, lapis dan 1 lapis	66
29.	Hubungan Hubungan ψ dengan K_t	67
30.	Hubungan Hubungan ψ dengan K_r	69

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	halaman
1.	Tabel perhitungan tinggi gelombang 77
2.	Perhitungan panjang dan periode gelombang pada Kedalaman 40 Cm 80
3.	Tabel hitungan H_i , H_r dan H_t 82
4.	Tabel hitungan K_t dan K_r 85
5.	Tabel hitungan non dimension parameter 88
6.	Dokumentasi penelitian
a.	Persiapan contoh model rumput laut 91
b.	Persiapan contoh model rumput laut 91
c.	Persiapan simulasi model 92
d.	Pengukuran kecepatan aliran 92
e.	Persiapan pengambilan data lapis 3 Cm jarak tanam 3 Cm 93
f.	Persiapan pengambilan data lapis 3 Cm jarak tanam 5 Cm 93
g.	Persiapan pengambilan data jarak tanam 7 Cm 94
h.	Pengambilan data depan model 94
i.	Pengambilan data belakang model 95

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang / singkatan	Arti dan Keterangan
B	Panjang draft rumput laut
C	Cepat rambat gelombang
C_r	Koefisien refleksi
C_t	Koefisien transmisi
E	Modulus Elastisitas
D	Kedalaman air
F_r	Bilangan Froude
f	Frekuensi gelombang (L/T)
g	Percepatan gravitasi bumi
H	Tinggi gelombang
H_{mak}	Tinggi gelombang maksimum
H_{min}	Tinggi gelombang minimum
H_i	Tinggi gelombang datang
H_r	Tinggi gelombang refleksi

k	Jarak antar rumpun rumput laut
L	Panjang gelombang
m	Model
N	Jumlah gelombang (t/T)
n	Skala model
n_H	Skala tinggi gelombang
n_L	Skala panjang gelombang
n_d	Skala kedalaman
n_t	Skala waktu
n_v	Skala kecepatan
n_v	Skala volume
s	Panjang rumput laut
T	Periode gelombang
u	Kecepatan partikel
V	Volume
η	Tinggi muka air diukur dari SWL
φ	Sudut resultan gaya hidrodinamik

μ	Koefisien gesek
π	Bilangan $22/7$
μ	viskositas dinamis
ρ	Densitas fluida
σ	Tegangan permukaan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Satu masalah yang terjadi di daerah perairan adalah serangan gelombang dan arus. Besarnya gelombang yang dapat merusak daerah pantai adalah bersumber dari gelombang yang datangnya dari perairan laut dalam dan tergantung pada besar/tingginya gelombang. “Rambatan gelombang yang menuju pantai dari laut dalam akan mengalami perubahan bentuk struktur gelombang, akibatnya akan terbentuk tinggi gelombang yang besar dan akhirnya menjadi pecah” (Triadmodjo,1999). Serangan gelombang dan arus dapat mengakibatkan kerusakan, kerusakan pantai ini dapat berupa abrasi (pengikisan) pada pantai antara lain disebabkan karena, berkurangnya atau hilangnya struktur penahan gelombang alami, seperti bukit pasir (*sand dunes*), terumbu karang dan vegetasi pantai atau erosi yaitu terkikisnya daratan dan pindah ke daerah laut dekat pantai.

Metode yang umum digunakan untuk menanggulangi abrasi pantai adalah dengan menggunakan struktur penahan energi gelombang. Struktur penahan energi gelombang ini dapat terbuat dari struktur yang masif/kaku dan bisa juga dengan yang fleksibel (tanaman hidup, struktur apung dan lainnya). Salah satu struktur pantai yang dapat mereduksi energi gelombang adalah breakwater, yang merupakan bangunan

penahan gelombang yang sangat efektif untuk digunakan sebagai pelindung pantai terhadap abrasi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Namun hal ini tidak menjadi ekonomis apabila dilaksanakan pada daerah-daerah perairan pantai yang terpencil dengan keterbatasan sumber material konstruksi sarana dan prasana pendukungnya.

Menurut Silvester (1974), tipe pemecah gelombang apung dapat berupa struktur pontoon, struktur rakit, struktur pelat horizontal dan bentuk-bentuk spesifik lainnya. Salah satu cara yang ramah lingkungan dalam mengatasi keterbatasan tersebut adalah dengan pemanfaatan budidaya rumput laut.

Perairan laut Indonesia dengan garis pantai sekitar $\pm 81.000 \text{ km}^2$ diyakini memiliki potensi budidaya rumput laut yang sangat tinggi. Rumput laut merupakan salah satu sumberdaya hayati yang sangat potensial. Pengembangan budidaya rumput laut di Indonesia telah dirintis sejak tahun 1980-an dalam upaya merubah kebiasaan penduduk pesisir dari pengambilan sumber daya alam yang merusak ekosistem di daerah setempat. Secara umum dalam teknik budidaya rumput laut terdapat tiga metode penanaman yang berdasarkan posisi tanam terhadap dasar perairan yaitu (1). Metode Dasar (*bottom method*), (2). Metode Lepas Dasar (*offbottom method*) dan (3). Metode Rakit Apung/ Rawai (*floating raft method*). Pengembangan budidaya rumput laut merupakan salah satu alternatif pemberdayaan masyarakat pesisir yang mempunyai keunggulan

dalam hal alternatif pemberdayaan masyarakat pesisir yang mempunyai keunggulan dalam hal :

1. Produk yang dihasilkan mempunyai kegunaan yang beragam, 2. Tersedianya lahan yang luas untuk budidaya dan 3. Mudah nya teknologi yang dapat dikembangkan dalam pembudidayaan maupun dalam upaya perlindungan perairan pantai (Departemen Kelautan dan Perikanan, 2001).

Kelebihan rumput laut metode rawai (*floating raft method*) sebagai penahan gelombang adalah banyak diminati petani karena disamping fleksibel dalam pemilihan lokasi, juga biaya yang di keluarkannya lebih murah dan dapat dilaksanakan dengan peralatan yang sangat sederhana dan terbatas. Selain permasalahan tersebut diatas, penggunaan penahan gelombang rumput laut metode rawai pada saat ini dan dimasa mendatang perlu didukung sebab tidak mempunyai dampak buruk terhadap ekologi di daerah tersebut, dapat memberikan pendapatan tambahan bagi nelayan dari hasil penjualan budidaya rumput laut dan berpotensi besar dalam menambah devisa negara, khususnya sektor nonmigas. Menurut Ditjen Budidaya tahun 2004 mengatakan bahwa usaha budidaya rumput laut merupakan kegiatan yang ramah lingkungan, meningkatkan pendapatan masyarakat pembudidaya serta dapat digunakan untuk mempertahankan atau perlindungan terhadap kelestarian lingkungan perairan pantai. Paotonan (2006), telah meneliti unjuk kerja pemecah gelombang dari susunan bambu dalam meredam energi

gelombang. Hasil yang diperolehnya adalah suatu parameter non dimensional yang berpengaruh terhadap peredam energi. Walukow, J.O.V (2000) melakukan penelitian tentang transmisi gelombang melalui rangkaian plat horizontal sebagai pemecah gelombang apung. Transmisi gelombang yang terjadi pada pemecah gelombang apung rangkaian plat berkisar dari 29% pada $B/L = 0,90$ sampai dengan 94% pada $B/L = 0,15$. Hasil penelitian ini juga dilaporkan bahwa energi yang ditransmisikan oleh pemecah gelombang tipe rangkaian pelat di pengaruhi oleh parameter gelombang datang (*tinggi H_i dan panjang L*), panjang struktur B , kedalaman air dan jarak antar pelat.

Pada rekayasa pantai pemanfaatan budidaya rumput laut dengan metode rawai (*floating raft method*) merupakan budidaya rumput yang banyak digunakan. Pemanfaatan budidaya rumput laut dengan metode ini dapat termasuk dalam tipe pemecah gelombang terapung (*floating breakwater*).

Dalam tesis ini akan dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi jarak bentang tali struktur rakit dan variasi jarak tanam rumpun dalam mereduksi gelombang (mengurangi energi gelombang). Selanjutnya untuk mengetahui besarnya peredaman energi gelombang perlu dilakukan pengukuran besarnya energi gelombang yang datang dengan energi gelombang setelah melewati struktur apung budidaya rumput laut sehingga dapat diketahui seberapa besar pengurangan energi gelombangnya. Agar mengetahui informasi mengenai seberapa besar

budidaya rumput laut dengan menggunakan metode rawai dalam mereduksi gelombang yang dapat memberikan perlindungan terhadap keutuhan dan kelestarian wilayah pantai yang belum pernah diteliti, untuk itu sangat dirasa penting untuk dilakukan penelitian mengenai pengaruh sistem budidaya rumput laut metode rawai dalam meredam gelombang.

B. Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh parameter budidaya rumput laut pada metode rawai terhadap transmisi dan refleksi gelombang
2. Bagaimana hubungan antara parameter yang berpengaruh terhadap besarnya energi gelombang yang teredam.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengkaji pengaruh parameter dimensi tanaman rumput laut (kerapatan tanaman model dan susunan lapis model) metode rawai terhadap deformasi gelombang (transmisi dan refleksi)
2. Untuk mendapatkan hubungan parameter pengaruh kerapatan model dan susunan model terhadap koefisien transmisi dan refleksi gelombang dalam bentuk hubungan parameter tak berdimensi

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini :

1. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pengaruh budidaya rumput laut metode rawai terhadap gelombang sehingga dapat digunakan untuk menentukan tinggi gelombang yang lewat dibelakang tanaman.
2. Memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh kerapatan jarak tanam, kedalaman draft tanaman dan lebar rumput laut metode rawai terhadap redaman gelombang.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian dibatasi pada :

1. Uji model dilakukan pada saluran gelombang dengan dasar horisontal dan sudut datang gelombang tegak lurus model.
2. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang teratur (*reguler wave*)
3. Parameter yang divariasikan adalah tinggi gelombang (H_i), periode gelombang (T), lebar rumpun (B) dan kerapatan rumput laut (ϕ).
4. Fluida yang digunakan adalah air tawar, salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan
5. Stabilitas model tidak diamati.

6. Gesekan dasar diabaikan
7. Bentuk model rumput laut mengikuti bentuk rumput laut prototipe yaitu jenis *Eucheuma Cotonii*
8. Pasang surut diabaikan
9. Tinggi gelombang laut yang ditinjau berdasarkan prototipe adalah maksimal 1,5 meter.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tesis ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Dalam bagian ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatar belakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, kegunaan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bagian ini diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian ini. Bagian ini akan memberikan kerangka dasar yang komprehensif mengenai konsep, prinsip atau teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

3. Bab III Metode Penelitian

Pada Bagian ini menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian serta metode analisisnya.

4. Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada bagian ini menjelaskan hasil-hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan hasil pembahasannya. Penyajian hasil penelitian memuat deskripsi sistematis tentang data yang diperoleh. Bagian pembahasan adalah mengolah data hasil penelitian dengan tujuan untuk mencapai tujuan penelitian.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bagian ini dikemukakan kesimpulan dari seluruh rangkaian proses penelitian dan saran-saran terkait dengan kekurangan yang didapati dalam penelitian ini, dengan harapan nantinya dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Agus Sufyan (2011) pada pemanfaatan budidaya rumput laut dengan menggunakan konstruksi rakit yang terbuat dari *material high density polyentilent* (HDPE) menyimpulkan bahwa : nilai K_t meningkat dengan berkurangnya (H_i/gT^2) , (k/gT^2) dan (z/gT^2) , sebaliknya K_t menurun dengan bertambahnya (H_i/gT^2) , (k/gT^2) dan (z/gT^2) . K_t yang paling kecil terdapat pada panjang struktur $z = 3L = 3,6$ m dengan $(k) = 0,025$ m, yaitu sebesar 0,78 - 0,90 dan dicapai pada $(H_i/gT^2) = 0,0059 - 0,0146$, $(k/gT^2) = 0,0014 - 0,0042$ dan $(z/gT^2) = 0,2 - 0,6$. Sedangkan K_t yang paling besar terdapat pada panjang struktur $z = L = 1,2$ m dengan $(k) = 0,05$ m, yaitu berkisar 0,89 - 0,98 dan dicapai pada $(H_i/gT^2) = 0,0059 - 0,0147$, $(k/gT^2) = 0,0034 - 0,0084$, $(z/gT^2) = 0,08 - 0,2$.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dimas Satyagangga (2009) tentang variasi ketinggian menyimpulkan bahwa : (H_i/gT^2) pada SH6 pada ketinggian penempatan rakit $d = 0,40$ m ($F = 0$ m) menghasilkan nilai K_t antara 0,24 - 0,39, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan SH4 dan SH2 pada kondisi yang sama, dalam hal ini kemampuan dalam mereduksi gelombang sebesar 61 - 76 %. B/gT^2 untuk SH6 pada $d = 0,40$ m ($F = 0$

m) akan menghasilkan nilai K_t antara 0,22 – 0,40. Nilai ini lebih kecil di banding dengan SH4 dan SH2 pada kondisi yang sama dan menunjukkan kemampuan mereduksi gelombang sebesar 60 – 78 %. d/h untuk SH6 pada kedalaman $d = 0,40$ m ($F = 0$ m) menghasilkan nilai K_t antara 0,22 – 0,40, nilai ini lebih kecil disbanding SH4 dan SH2 pada kondisi yang sama yang menunjukkan kemampuan dalam mereduksi gelombang sebesar 60 – 78 %. Nilai K_t meningkat dengan berkurangnya H_i/gT^2 dan sebaliknya. Nilai K_t juga sangat dipengaruhi oleh B . Semakin panjang B maka akan semakin kecil juga nilai K_t dan semakin kecil d semakin besar nilai K_t .

Sofia (2008), meneliti tingkat kedalaman penempatan penempatan rakit apung budidaya rumput laut sebagai pemecah gelombang. Hasil yang diperoleh adalah nilai K_t yang paling kecil terdapat pada susunan horizontal panjang dengan kedalaman puncak $F = 0$ m, berkisar antara 0,03 – 0,69 dan dicapai pada kemiringan gelombang $H_i/gT^2 = 0,001 – 0,005$, lebar puncak relatif $B/gT^2 = 0,0953 – 0,3454$ dan tinggi struktur relatif $h/d = 1$ nilai K_t yang paling besar terdapat pada susunan horizontal pendek dengan kedalaman puncak $F = 0,1$ m, yaitu berkisar antara 0,86 – 0,95 dan dicapai pada kemiringan gelombang $H_i/gT^2 = 0,001 – 0,0038$, lebar puncak relatif $B/gT^2 = 0,0636 – 0,1653$ dan tinggi struktur relatif $h/d = 0,75$

Paotonan (2006), meneliti unjuk kerja susunan bambu sebagai pemecah gelombang terapung, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa

gelombang yang ditransmisikan dipengaruhi oleh sarat model, kedalaman air d , gaya apung, panjang model, panjang gelombang dan berat model w . Semakin besar s/d , Fb/w dan B/L , maka semakin kecil koefisien transmisi. Nilai koefisien transmisi K_t minimum yang diperoleh dari penelitian ini yaitu 0,06 atau 6% dari gelombang datang dan terjadi pada kondisi $s/d = 0,34$ dan $Fb/w = 2,21$ serta $B/L = 0,66$. Nilai K_t maksimum yaitu 0,89 atau 89% gelombang datang dan terjadi pada kondisi $s/d = 0,16$, $Fb/w = 1$ serta $B/L = 0,25$.

B. Gelombang

Gelombang dilaut dapat di bedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin dipermukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya. Parameter-parameter penting yang menjelaskan gelombang air adalah:

1. Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh lembah gelombang atau dua puncak gelombang yang berurutan melewati titik tertentu.

2. Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara kedua titik tertinggi gelombang yang berurutan atau bisa dikatakan sebagai jarak antara dua puncak gelombang.
3. Kecepatan rambat gelombang (*Celerity*) (C) merupakan perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T). Ketika gelombang air laut menjalar dengan kecepatan C , partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang.
4. Amplitudo (a) adalah jarak antara puncak atau titik tertinggi gelombang atau titik rendah gelombang dengan muka tenang ($H/2$) (Pratikto, Armono dan Suntoyo, 1996)

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 tabel 1.

Tabel 1. 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	$> 0,5$	$> \pi$	≈ 1
Air transisi	$0,05 - 0,5$	$0,25 - \pi$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air dangkal	$< 0,05$	$< 0,25$	$2\pi d/L$

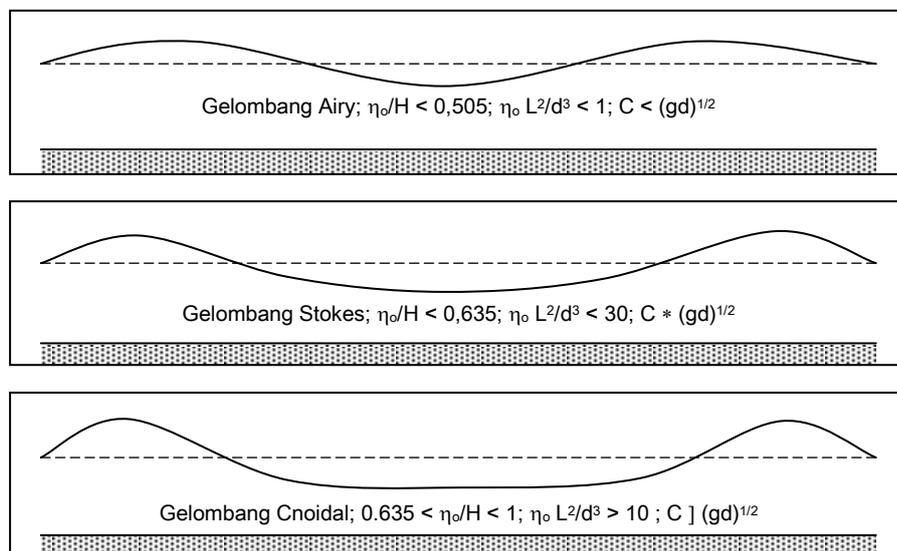
Sumber : Shore Protection Manual Volume I, (1984)

Perbandingan antara kedalaman d dan panjang gelombang L , perbandingan d/L ini disebut kedalaman relatif (*relative depth*). Bila relatif kedalamannya dibawah $1/25$, maka kedalaman adalah kecil dibandingkan dengan panjang gelombang. Gelombang ini disebut gelombang laut dangkal (*shallow water waves*) atau gelombang panjang (*long waves*). Bila perbandingannya lebih besar $1/2$, maka disebut gelombang laut dalam (*deep water waves*) atau gelombang pendek (*short waves*). Untuk harga perbandingan antara $1/25 < d/L < 1/2$ disebut gelombang transisi (*intermediate depth waves*).

Gelombang yang merambat melewati suatu penghalang, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali oleh penghalang tersebut. Apabila pemantulannya sempurna atau gelombang datang dipantulkan seluruhnya, maka tinggi gelombang di depan penghalang menjadi dua kali tinggi gelombang datang. Akan tetapi jika penghalang memiliki porositas atau tidak dapat dipantulkan secara sempurna maka tinggi gelombang di depan penghalang akan kurang dari dua kali tinggi gelombang datang. Jika gelombang membentur suatu penghalang, maka tinggi gelombang datang H_i akan lebih besar dari tinggi gelombang yang direfleksikan H_r .

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokkan ini dikenal gelombang amplitudo kecil dan gelombang amplitudo berhingga (Stock, Cnoidal, Solitair). Gelombang amplitudo kecil dikembangkan oleh

Airy sehingga dikenal dengan teori gelombang Airy. Teori gelombang Airy diturunkan berdasarkan anggapan bahwa perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjangnya atau kedalamannya sangat kecil, sedangkan teori gelombang amplitudo berhingga memperhitungkan besarnya rasio antara tinggi gelombang terhadap panjang dan kedalaman airnya. Perbedaan bentuk/profil dari gelombang-gelombang Airy, Stokes dan Cnoidal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Profil gelombang Airy, Stokes dan Cnoidal (Wilson,1963)

Dalam penelitian ini menggunakan teori gelombang amplitudo kecil (Airy) pada kondisi air transisi yang sesuai dengan kondisi penelitian yang ada. Teori gelombang Airy diturunkan berdasarkan anggapan bahwa perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjangnya atau kedalamannya sangat kecil. Teori gelombang amplitudo kecil diturunkan

dari Persamaan Laplace dan pada kondisi batas permukaan diperoleh dari persamaan Bernoulli dengan anggapan bahwa nilai y di permukaan adalah sama dengan di muka air diam, sehingga $y = 0$ adalah kira-kira sama dengan di $y = \eta$, sehingga diperoleh kecepatan rambat gelombang dan panjang (C dan L) pada teori amplitudo kecil yaitu :

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (1)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

(2)

Panjang gelombang laut dalam (L_0) adalah :

$$L_0 = 1,56gT^2 \quad (3)$$

Untuk gelombang dilaut transisi, yaitu $1/20 < d/L < 1/2$, cepat rambat dan panjang gelombang dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan (2). Apabila persamaan (1) dibagi dengan $C_0 = 1,56 T$ akan didapat :

$$\frac{C}{C_0} = \frac{L}{L_0} = \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \quad (4)$$

Apabila kedua ruas dari persamaan (4) dikalikan dengan d/L maka akan didapat :

$$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \quad (5)$$

Persamaan diatas dapat digunakan untuk menghitung panjang gelombang disetiap kedalaman apabila panjang gelombang dilaut dalam diketahui.

Elevasi muka air maksimum dan minimum untuk gelombang berdiri sebagian adalah (Paotonan.C, 2006) :

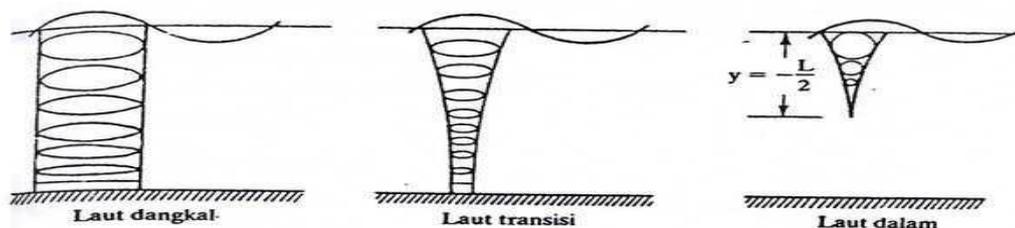
$$\eta_{t_{max}} = \frac{H_i + H_r}{2} \quad (6)$$

$$\eta_{t_{min}} = \frac{H_i - H_r}{2} \quad (7)$$

Dengan demikian untuk eksperimen di laboratorium, dilakukan pengukuran pengukuran di depan model maupun di belakang model guna menentukan tinggi gelombang maksimum dan minimum.

1. Perpindahan Partikel Zat cair.

Selama penjalaran gelombang dari laut dalam ke laut dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk seperti pada gambar 2. Orbit perpindahan partikel berbentuk lingkaran pada seluruh kedalaman di laut dalam. Di laut transisi dan dangkal lintasan partikel berbentuk ellips, semakin besar kedalaman berbentuk ellips semakin pipih, dan di dasar gerak partikel adalah horizontal.



$$\frac{d}{L} \ll \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{20} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$$

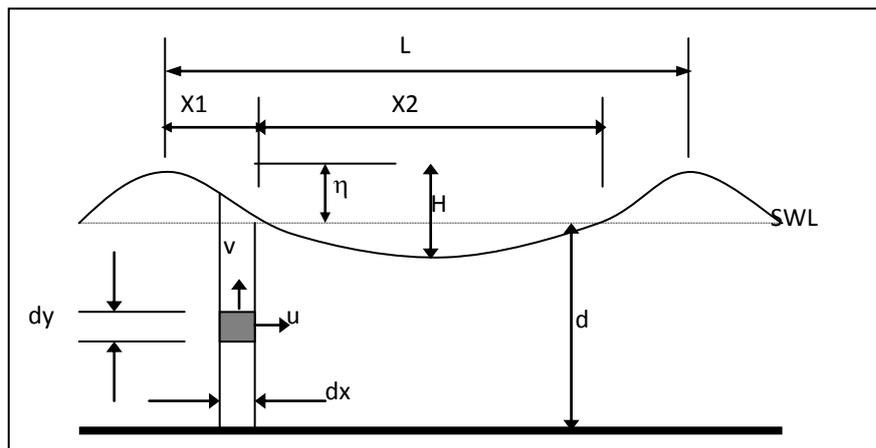
$$\frac{d}{L} \gg \frac{1}{2}$$

Gambar 2. Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi dan dalam

2. Energi dan Tenaga Gelombang

Energi total gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Sedangkan energi potensial dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang.

Untuk teori gelombang Airy, jika energi potensial ditetapkan relatif terhadap muka air diam dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama, maka komponen energi potensial dan kinetik adalah sama. Untuk menurunkan persamaan energi gelombang, dipandang suatu elemen berukuran dx , dy dan 1 seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Konsep dasar penurunan rumus energi gelombang

Dari Gambar 3. untuk satu elemen kecil, maka besar energi kinetik adalah:

$$\begin{aligned}
 dEk &= \frac{1}{2} dm V^2 \\
 &= \frac{1}{2} \rho dx dy (\bar{u}^2 + \bar{v}^2) \\
 Ek &= \int_0^L \int_{0-d}^0 \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2) dy dx \quad (8)
 \end{aligned}$$

$$Ep = \int \rho g (d + \eta) \left(\frac{d + \eta}{2} \right) dx - \rho g L d \left(\frac{d}{2} \right) \quad (9)$$

$$E = Ek + Ep \quad (10)$$

Untuk teori gelombang Airy, penyelesaian persamaan (8), (9) dan (10) menghasilkan energi gelombang masing-masing :

$$Ek = 1/16 \rho g H^2 L \text{ dan } Ep = 1/16 \rho g H^2 L \quad (11)$$

Dimana Ek dan Ep sama besar, sehingga energi total menjadi :

$$E = 1/8 \rho g H^2 L \quad (12)$$

Tenaga gelombang adalah energi gelombang tiap satu satuan waktu yang menjalar dalam arah penjalaran gelombang. Gelombang air tidak mentransfer/memindahkan massa tetapi mentransfer/memindahkan energi. Laju transfer energi disebut *fluks* energi (P). Energi yang ditransfer adalah energi gelombang per satuan waktu yang terkandung atau tersebar dalam arah perambatan gelombang. Energi yang ditransfer rata-rata dalam satu gelombang (Dean dan Dairymple, 1992) dalam Paotonan (2006) adalah :

$$P = \bar{E} n C \quad (13)$$

dengan:

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

Nilai n tergantung pada kedalaman dan panjang gelombang. Radinanta, 2002 memberikan nilai n untuk laut dangkal sama dengan 1, sedangkan untuk laut dalam sama dengan $1/2$.

Energi gelombang yang melalui rumpun rumput laut, sebagian energi akan direfleksikan (P_r), sebagian lainnya akan ditransmisikan (P_t) serta sisanya akan diredam (P_a). Hukum kekekalan energi dapat dinyatakan dalam persamaan (Horikawa, 1978 dalam Dirgayusa, 1997):

$$P_i = P_r + P_t + P_a \quad (14)$$

Dengan P_i , P_r , P_t adalah transfer energi gelombang datang, refleksi dan transmisi persatuan lebar gelombang per satuan waktu, serta P_a adalah kehilangan energi gelombang per satuan lebar gelombang per satuan waktu.

C. Deformasi Gelombang

Apabila suatu deretan gelombang bergerak dari laut dalam menuju pantai, maka gelombang tersebut akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan

pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah (Triatmodjo, 1999).

Pada saat gelombang menjalar melalui suatu rintangan yang bersifat lolos air (poros), sebagian energinya akan dihancurkan akibat gesekan dan turbulensi, sebagian lagi akan dipantulkan (refleksikan) dan sisanya akan diteruskan (transmisikan) sampai akhir akhirnya akan dihancurkan di pantai akibat gelombang tersebut pecah karena terjadinya pendangkalan perairan. Dalam hal ini pengertian transmisi gelombang adalah sisa energi gelombang yang dihasilkan setelah melewati/menembus suatu struktur. Transmisi gelombang dipengaruhi oleh karakteristik gelombang.

1. Refleksi Gelombang

Gelombang datang yang mengenai suatu rintangan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang penting di dalam perencanaan bangunan pantai, untuk mendapatkan ketenangan di dalam perairan, maka struktur pemecah gelombang yang baik adalah dapat menyerap energi secara optimal. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dan tinggi gelombang datang H_i . Nilai K_r berkisar dari 1,0 untuk refleksi total dan 0 untuk tidak ada refleksi.

Parameter refleksi gelombang oleh bangunan biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (K_r) yang didefinisikan :

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (15)$$

Tinggi gelombang datang (H_i) dan refleksi (H_r) pada model ditentukan berdasarkan tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan minimum (H_{min}) dari hasil pengukuran tinggi gelombang pada beberapa titik. H_i dan H_r dihitung dengan persamaan :

$$H_i = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad \text{dan} \quad H_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \quad (16)$$

Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi), dan yang diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang (periode dan tinggi gelombang), tipe perlindungan pantai (permukaan halus atau kasar lulus air atau tidak) dan dimensi serta geometri perlindungan (kemiringan, elevasi dan lebar halangan) serta kondisi lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai) (CERC,1984).

Energi yang sampai di pantai dapat dikurangi dengan cara mengurangi tinggi gelombang datang, dengan konstruksi melintang arah datang gelombang, baik terpancang, terendam maupun terapung. Koefisien refleksi bangunan diperkirakan berdasarkan tes model. Apabila gelombang merambat dan dipengaruhi oleh gaya luar, maka amplitudo gelombang dapat berubah. Apabila amplitudo gelombang berubah terhadap ruang dan waktu disebut gelombang berjalan. Koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Koefisien refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertical dengan puncak di atas air	0,7 – 1,0
Dinding vertical dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertical dengan peredam energy (diberi lobang)	0,05 – 0,2

(Triatmodjo, B. 1999)

Profil muka air di depan bangunan merupakan jumlah fluktuasi muka air gelombang datang (η_i) dan fluktuasi muka air gelombang refleksi (η_t) yaitu :

$$\eta = \eta_i + \eta_t = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) + x \frac{H_i}{2} \cos kx \sigma t \quad (17)$$

2. Transmisi Gelombang

Transmisi adalah penerusan gelombang melalui suatu yang parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i). Transmisi

gelombang dan tinggi gelombang yang terjadi di belakang struktur dijabarkan sebagai suatu koefisien transmisi :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (18)$$

Dengan tinggi gelombang transmisi (H_t) dihitung dengan persamaan :

$$H_t = \frac{H_{t_{\max}} - H_{t_{\min}}}{2} \quad (19)$$

Gelombang dengan kecuraman yang kecil, seperti gelombang pasang surut, kemungkinan akan ditransmisikan secara keseluruhan melalui struktur atau koefisien transmisinya mendekati 1, sedangkan gelombang angin akan diredam secara efektif (CERC, 1984).

Berdasarkan pada energi konservasi, koefisien energi yang hilang dapat dikalkulasikan dalam hubungan :

$$C_r^2 + C_t^2 + C_l^2 = 1 \quad (20)$$

Dubi A. and Torum A. (1993) meneliti pengurangan tinggi gelombang oleh tumbuhan *kelp (laminaria hyperborean)* salah satu sepsis macroalga yang banyak terdapat di Norwegia yaitu tumbuhan di bawah air dengan ketinggian sekitar 1-2 meter dengan kerapatan tumbuhan 10-15 pohon/m². Hasil yang diperoleh adalah dituliskan dengan persamaan :

$$\frac{H_B}{H_o} = e^{-0.00327 B} \quad (21)$$

Dengan H_B adalah tinggi gelombang dilokasi sejauh B , H_o adalah tinggi gelombang datang dan B adalah jarak titik yang ditinjau dihitung dari titik mulainya rumpun *kelp*.

D. Budidaya Rumput Laut

Dalam pembangunan diwilayah pesisir, salah satu pengembangan kegiatan ekonomi yang sedang digalakkan pemerintah adalah pengembangan budidaya rumput laut. Melalui program ini diharapkan dapat merangsang terjadinya pertumbuhan ekonomi wilayah akibat meningkatnya pendapatan masyarakat setempat.

Rumput laut merupakan ganggang yang hidup dilaut dan tergolong dalam division thallophyta. Keseluruhan dari tanaman ini merupakan batang yang dikenal dengan sebutan thallus, bentuk thallus rumput laut ada macam-macam ada yang bulat seperti tabung, pipih, gepeng, bulat seperti kantong, rambut dan lain sebagainya. Thallus ini ada yang tersusun hanya oleh satu sel (uniseluler) atau banyak sel (multiseluler). Percabangan thallus ada yang thallus dichotomus (dua-dua terus menerus), pinate (dua-dua berlawanan sepanjang thallus utama), ppectinate (berderet searah pada satu sisi thallus utama) dan ada juga yang sederhana tidak bercabang. Sifat substansi thallus juga beraneka ragam ada yang lunak seperti gelatin (*gelatinous*), keras diliputi atau mengandung zat kapur (*calcareous*), lunak bagai tulang rawan

(*cartilagenous*), berserabut (*spongy*) dan sebagainya (Soegiarto dkk,1978)

Menurut Anggadredja, dkk, rumput laut komersial yang bernilai ekonomis tinggi di Indonesia dikelompokkan menjadi lima, yaitu *Euclima*, *Hypnea*, *Glacilaria*, *Gelidium* dan *Sargassum* Secara Taksonomi rumput laut jenis *Euclima* diklasifikasikan :

Divisio : Rhodophyta

Kelas : Rhodophyceae

Bangsa : Gigartinales

Suku : Solieriscaeae

Marga : *Euclima*

Jenis : *Euclima Cottonii* (*Kappaphycus alvarezii*)

Ciri-ciri rumput laut *Euclima cottonii* yaitu Thallus silindris; permukaan licin; cartilagenous (menyerupai tulang rawan / muda); serta berwarna hijau terang, hijau olive, dan coklat kemerahan. Percabangan thallus berujung runcing atau tumpul, ditumbuhi nodulus (tonjolan-tonjolan) dan duri lunak/tumpul untuk melindungi gametangia. Percabangan bersifat alternates (berseling), tidak teratur serta dapat bersifat dichotomus (percabangan dua-dua) atau trichotomus (sistim percabangan tiga-tiga). Berkembang biak dengan 2 cara yaitu : secara kawin antara gamet jantan dan betina dan secara tidak kawin (vegetative dan konyugasi)

1. Kondisi Fisika, Biologi dan Kimia Lingkungan

Keberhasilan budidaya rumput laut dengan pemilihan lokasi yang tepat merupakan salah satu faktor penentu budidaya rumput laut dalam mempengaruhi mutu hasil rumput laut.

Lokasi dan lahan budidaya rumput laut untuk pertumbuhan rumput laut jenis *Eucheuma* di wilayah pesisir dipengaruhi oleh berbagai faktor ekologi oseonografi yang meliputi parameter lingkungan fisik, biologi dan kimiawi perairan (Puslitbangkan,1991)

a. Kondisi lingkungan fisika

1. Untuk menghindari kerusakan fisik sarana budidaya rumput laut dari pengaruh angin topan dan ombak yang kuat, maka diperlukan lokasi yang terlindung dari hempasan ombak sehingga diperairan teluk atau terbuka tetap terlindung oleh karang penghalang atau pulau didepannya untuk budidaya rumput laut (Puslitbangkan,1991)
2. Dasar perairan yang paling baik untuk pertumbuhan *Eucheuma cottonii* adalah yang stabil terdiri dari patahan karang mati (pecahan karang) dan pasir kasar serta bebas dari lumpur, dengan gerak air (arus) yang cukup 20 – 40 cm/detik (Ditjenkan Budidaya, 2005).
3. Kedalaman air yang baik untuk pertumbuhan *Eucheuma Cottonii* adalah antara 2 – 15 m pada saat surut terendah untuk metode apung. Hal ini akan menghindari rumput laut mengalami kekeringan karena terkena sinar matahari secara langsung pada waktu surut terendah dan

memperoleh (mengoptimalkan) penetrasi sinar matahari secara langsung pada waktu air pasang (Ditjenkan Budidaya, 2005)

4. Kenaikan temperatur yang tinggi mengakibatkan thallus rumput laut menjadi pucat kekuning-kuningan yang menjadikan rumput laut tidak dapat tumbuh dengan baik. Oleh karena itu suhu perairan yang baik untuk budidaya rumput laut adalah 20 -28°C dengan fluktuasi harian maksimum 4°C (Puslitbangkan,1991)
5. Tingkat kecerahan yang tinggi diperlukan dalam budidaya rumput laut. Hal ini dimaksudkan agar cahaya penetrasi matahari dapat masuk kedalam air. Intensitas sinar matahari yang diterima secara sempurna oleh thallus merupakan factor utama dalam proses fotosintesis. Kondisi air yang jernih dengan tingkat transparansi tidak kurang dari 5 meter cukup baik untuk pertumbuhan rumput laut (Puslitbangkan, 1991).



Gambar 4. Rumput laut *Eucheuma cottonii*

b. Kondisi lingkungan kimia

Rumput laut tumbuh pada salinitas yang tinggi. Penurunan salinitas akibat air tawar yang masuk akan menyebabkan pertumbuhan rumput laut menjadi tidak normal. Salinitas yang dianjurkan untuk budidaya rumput laut sebaiknya jauh dari mulut muara sungai. Salinitas yang dianjurkan untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah 28 – 35 ppt (Ditjenkan Budidaya, 2005)

c. Kondisi Lingkungan Biologi

Budidaya *Eucheuma* sebaiknya dipilih pada perairan yang secara alami ditumbuhi oleh komoditas dari berbagai makro algae dan bebas dari hewan air yang bersifat herbivora terutama ikan baronang, penyu laut dan bulu babi yang dapat memakan tanaman budidaya (Puslitbangkan, 1991).

2. Prospek Budidaya Rumput Laut

Rumput laut atau alga laut (*sea weed*) merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia. Selama ini Indonesia masih merupakan penghasil bahan baku, berupa rumput laut kering yang di ekspor ke berbagai Negara. Negara-negara yang menjadi tujuan ekspor Indonesia antara lain Jepang, Hongkong, RRC, Filipina, Australia, Amerika, Prancis, Jerman, Chili, Spanyol dan lain-lain. Spesies rumput laut yang di ekspor Indonesia antara lain *Eucheuma*, *Gracilaria*, dan *Hypnea*. Rumput laut *Eucheuma* mendominasi produksi dan ekspor Indonesia bahkan

merupakan pemasok nomor dua di dunia setelah Filipina untuk rumput laut ini.

Pada tahun 2009 produksi rumput laut Indonesia mencapai 2,5 juta ton dan di proyeksikan mencapai 10 juta ton pada 2014 atau mengalami kenaikan rata-rata 32% per tahun. Budidaya rumput laut cukup prospektif karena pasar rumput laut cukup terbuka, baik dalam negeri maupun pasar ekspor. Budidaya rumput laut mudah dilakukan dan berkembang dengan baik di masyarakat, dari sisi investasi dan biaya produksi budidaya rumput laut membutuhkan biaya yang minim. Sementara dari sisi waktu, budidaya rumput laut hanya membutuhkan waktu yang singkat antara 45 – 50 hari. Karena investasi dan modal produksi yang kecil maka budidaya rumput laut dilakukan oleh pesisir dan pulau-pulau tanpa kesulitan terutama untuk permodalan.

Budidaya rumput laut juga dilakukan oleh nelayan sebagai pekerjaan sampingan yang dapat melibatkan seluruh anggota keluarga.

3. Metode Budidaya Rumput Laut

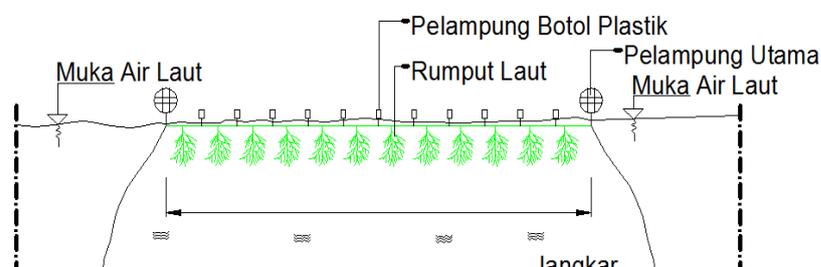
Penanaman rumput laut dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Ada tiga metode yang sudah dikenal masyarakat luas yaitu metode lepas dasar (*off botton method*), rakit apung (*floating rack method*), dan rawai (*Long line method*). Pemilihan metode tersebut tergantung pada kondisi geografis lokasi. Dalam penelitian ini menggunakan **metode rawai**.

a. Metode Rawai

Metode rawai merupakan cara yang paling banyak diminati petani rumput laut karena disamping fleksibel dalam pemilihan lokasi, juga biaya yang dikeluarkan lebih murah. Metode rawai menggunakan bahan utama berupa tali yang dapat digunakan berulang kali sehingga petani rumput laut, paling meminati metode rawai. Teknik budidaya rumput laut metode rawai dilihat pada gambar 5.

b. Konstruksi metode rawai

- Ikat bibit rumput laut pada tali ris dengan jarak 25 cm dan panjang tali ris mencapai 50-75 m yang direntangkan pada tali utama (\varnothing 10 mm).
- Ikat tali jangkar (\varnothing 10 mm) pada kedua ujung tali utama yang dibawahnya sudah diikatkan pada jangkar, batu karang atau batu pemberat.
- Untuk mengapungkan rumput laut, ikatkan pelampung dari *stryofoam*, botol polietilen (500 ml) atau pelampung khusus pada tali ris.
- Ikat pelampung-pelampung tersebut dengan tali penghubung ke tali ris sepanjang 10-15 cm supaya rumput laut tidak mengapung di permukaan dan tanaman diupayakan tetap berada pada kedalaman 10-15 cm di bawah permukaan air laut. Pada minggu keempat sampai panen, pada tali ris diberikan beban tambahan supaya tanaman berada pada kedalaman 30-40 cm. Konstruksi ini dapat dilihat pada gambar 6.

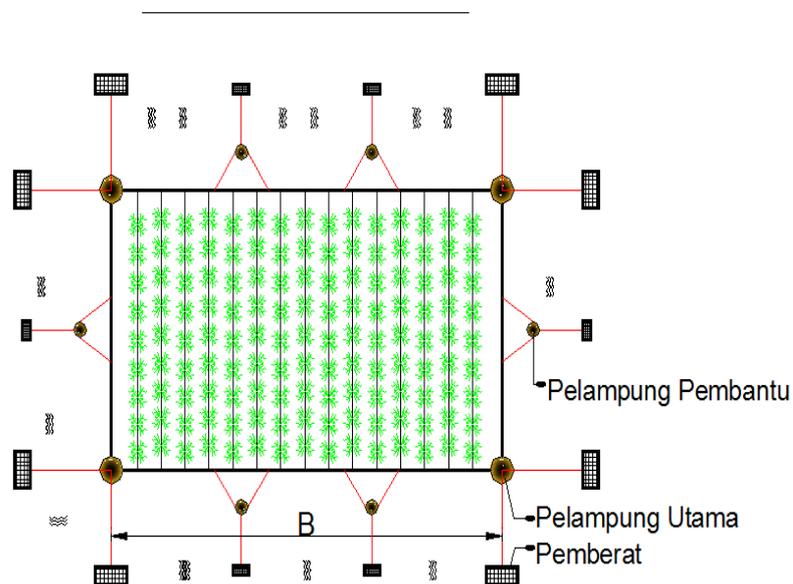


Gambar 5. Budidaya rumput laut metode rawai

c. Kriteria bahan konstruksi

- 1) Tali jangkar : polyethylene (PE) diameter minimal 10 mm.
- 2) Tali utama : polyethylene (PE) diameter minimal 10 mm;
- 3) Tali pembantu : polyethylene (PE) diameter minimal 6 mm;
- 4) Tali ris bentang : polyethylene (PE) diameter 4 mm – 5 mm;
- 5) Tali titik : polyethylene (PE) 1 mm – 1,5 mm, tali rafia, 40 cm;
- 6) jangkar : beton, besi, batu, karung pasir dengan berat minimal 50 kg/buah atau pancang (bambu, kayu, besi).
- 7) Pelampung utama : jerigen plastik minimal 25 liter atau bahan pelampung lain yang tidak mencemar lingkungan

- 8) Pelampung pembantu : jerigen plastik minimal 25 liter atau bahan pelampung lain yang tidak mencemari lingkungan
- 9) Pelampung ris bentang : botol plastik bervolume 600 ml atau bahan pelampung lain yang tidak mencemari lingkungan



Gambar 6. Konstruksi rawai (long-line) berbingkai ukuran 25 m x 100 m

E. Konsep Dasar Pemodelan

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 dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik

Hubungan antara model dan prototip diturunkan dengan skala, untuk masing-masing parameter mempunyai mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidaklah sama. Skala dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai parameter tersebut pada model (Yuwono, 1996).

1. 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. Bila dimungkinkan model dibuat dengan tanpa distorsi, namun jika terpaksa maka skala dapat dibuat distorsi, sedangkan pada permasalahan khusus model dapat dilakukan dengan distrosi namun harus memenuhi beberapa persyaratan tertentu. Skala panjang pada umumnya diberi notasi n_L , sedangkan skala tinggi n_h :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (22)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \quad (23)$$

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. Sebangun kinematik dipenuhi apabila aliran pada model dan prototipe sebangun. Skala waktu diberi notasi n_T , skala kecepatan diberi notasi n_u dan skala percepatan n_a didefinisikan :

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad (24)$$

$$n_u = \frac{U_p}{U_m} = \frac{n_L}{n_T} \quad (25)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \quad (26)$$

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. Sebangun dinamik sangat diperlukan dalam permodelan fisik. Hughes (1993), menyatakan bahwa pada bangunan pantai proses fisik yang terjadi dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat,

gaya gesek, dan tegangan permukaan. Beberapa sebangun dinamik yaitu Reynold (*Reynold number*) yaitu perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik Froude (*Froude number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya grafitasi, bilangan Cauchy (*Chauchy number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (*Weiber number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan. Dalam penelitian ini kriteria kesebangunan yang harus dipenuhi adalah kriteria sebangun dinamik menurut kondisi bilangan Froude. Bilangan Froude (F_r) dan hubungan skala F_r moodel dan F_r prototipenya ditulis :

$$F_r = \frac{u}{\sqrt{gL}} \quad (27)$$

$$nF_r = \frac{(F_r)_p}{(F_r)_m} = 1 \quad (28)$$

Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka penelitian ini menggunakan model tidak distrosi (*undistorted models*), sehingga skala panjang sama dengan skala tinggi adalah :

$$n_L = n_h \quad (29)$$

Selanjutnya skala model untuk beberapa perbandingan parameter lainnya ditulis :

- a. Skala panjang dan tinggi: $n_L = n_d = n_H = n_B = n_D = n_S = n_z = n_l$
- b. Skala waktu: $n_T = n_L^{1/2}$

c. Skala gravitasi : $n_g = 1$

F. Analisa Dimensi

Dalam permodelan fisik, analisa dimensi dilakukan untuk memudahkan menganalisa data hasil percobaan yang selanjutnya dapat digunakan untuk desain yang diinginkan. Dari analisa dimensi akan diperoleh variabel tak berdimensi yang akan menjadi acuan dalam menggambarkan atau pemaparan hasil dari percobaan, sehingga memudahkan pengelolaan data. Beberapa metode yang umum digunakan untuk analisa dimensi yaitu Metode *Basic Echelon Matriks*, Metode *Buckingham*, Metode *Rayleigh*, Metode *Stepwise* dan Metode *Langhaar* (Nur Yuwono, 1994). Untuk penelitian ini digunakan metode *Langhaar* karena variabel yang berpengaruh relatif sedikit serta metode ini tersusun sistemik.

Metode *Langhaar* menjelaskan fenomena model hidraulik dengan n parameter P_i dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Jika parameter tersusun oleh m elemen pokok maka produk bilangan tak berdimensi dapat diturunkan sejumlah $(n-m)$. Untuk keperluan teknik hidraulik biasanya ada 3 elemen pokok yaitu Massa (M), Panjang (L) dan waktu (T) (Yuwono, 1996).

Bilangan tak berdimensi (π_j) dapat dinyatakan :

$$\pi_j = P_1^{k_1} P_2^{k_2} P_3^{k_3} \dots \dots \dots P_n^{k_n}$$

(30)

Dimana π_j = produk bilangan tak berdimensi dengan $j = 1, 2, 3, \dots, n$. jika P_i mempunyai dimensi $M^{\alpha_i}, L^{\beta_i}, T^{\gamma_i}$, maka dapat ditulis :

$$\pi_j = (M^{\alpha_1} L^{\beta_1} T^{\gamma_1})^{k_1} * (M^{\alpha_2} L^{\beta_2} T^{\gamma_2})^{k_2} * \dots * (M^{\alpha_n} L^{\beta_n} T^{\gamma_n})^{k_n}$$

atau

$$\pi_j = (M^{\alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2 + \dots + \alpha_n k_n}) * (L^{\beta_1 k_1 + \beta_2 k_2 + \dots + \beta_n k_n}) * (T^{\gamma_1 k_1 + \gamma_2 k_2 + \dots + \gamma_n k_n}) \quad (31)$$

π_j merupakan bilangan tak berdimensi jika :

$$\alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2 + \dots + \alpha_n k_n = 0$$

$$\beta_1 k_1 + \beta_2 k_2 + \dots + \beta_n k_n = 0$$

$$\tau_1 k_1 + \tau_2 k_2 + \dots + \tau_n k_n = 0 \quad (32)$$

G. Hipotesis

Bila gelombang menjalar melalui rumpun rumput laut sebagai media permiabel sebagai sebagaimana dimaksud CERC (1984), maka sebagian energi akan didisipasikan (dihancurkan/diredam) oleh proses gesekan dan turbulensi. Sebagian energi lainya akan direfleksikan dan ditransmisikan.

Aliran gelombang yang melalui thallus akan dipisahkan melalui bagian kiri dan kanan thallus. Bila menimbulkan tekanan lateral yang mempengaruhi aliran disekitarnya kondisi ini kemungkinan akan

menyebabkan timbulnya refleksi energi gelombang khususnya bila posisi rumpun cukup rapat.

Berdasarkan landasan teori dan tinjauan pustaka diperoleh beberapa parameter yang diperkirakan berpengaruh pada mekanisme refleksi dan transmisi gelombang. Secara umum koefisien refleksi dan transmisi dalam penelitian ini diperkirakan dipengaruhi oleh beberapa parameter :

$$K_r = \left[\frac{H_r}{H_i} \right] \text{ dan } K_t = \left[\frac{H_t}{H_i} \right] \text{ adalah } f(T, H_i, B, \varphi)$$

Dimana:

H_i = tinggi gelombang datang

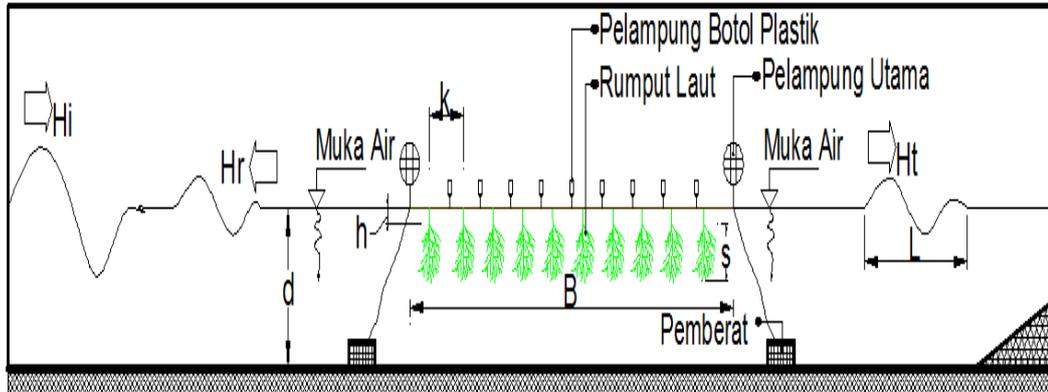
H_t = tinggi gelombang transmisi

H_r = tinggi gelombang refleksi

T = periode gelombang

B = lebar draft rumput laut

φ = kerapatan rumput laut



Gambar 7. Beberapa parameter dalam pengujian model

H. Kerangka Pikir

