

UJIAN SKRIPSI

**ANALISIS REFLEKSI GELOMBANG SEBAGAI
BREAKWATER TENGGELAM DENGAN MENGGUNAKAN
VEGETASI LAMUN (UJI MODEL LABORATORIUM)**



Oleh :

DANDI NUGRAHA : 105 810 1500 11

YUYU PAPASANGHALA : 105 810 1482 11

**JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2017**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

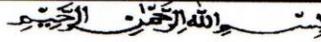
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS REFLEKSI GELOMBANG BREAKWATER TENGGELAM DENGAN MENGGUNAKAN VEGETASI LAMUN (UJI MODEL LABORATORIUM)**

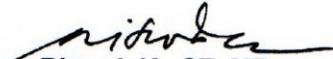
Nama : DANDI NUGRAHA
YUYU PAPASANGHALA

Stambuk : 105 81 01500 11
105 81 01482 11

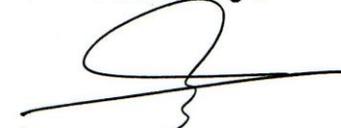
Makassar, 19 Desember 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I


Riswal. K., ST., MT.

Pembimbing II


Dr. Ir. Neniny T. Karim, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil


Muh. Syafaat S. Kuba, ST
NBM : 975 288



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Dandi Nugraha dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 01500 11 dan Yuyu Papasanghala dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 01482 11, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 10647/05.A.2-II/XII/39/2017, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 16 Desember 2017

Makassar, 30 Rabiul Awal 1439 H
19 Desember 2017 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari A., M.Si.

b. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT.

2. Amrullah Mansida, ST., MT.

3. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

Riswal. K., ST., MT.

Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT.

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

PKATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul **ANALISIS REFLEKSI GELOMBANG SEBAGAI BREAKWATER TENGGELAM DENGAN MENGGUNAKAN VEGETASI LAMUN (UJI MODEL LABORATORIUM)**”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kekhilafan baik itu dari segi teknis penulisan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat lebih bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST.,MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Muh. Syafaat S. Kuba, ST. sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak RISWAL K, ST., MT selaku Pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT selaku pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya skripsi ini.
4. Kakanda Nur Rizki ST yang telah mengizinkan kami turut andil membantu dalam penelitiannya dan juga banyak membantu dan mengarahkan dalam terwujudnya skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayahanda, Ibunda dan Saudara-saudara yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a, dorongan dan pengorbanannya.
7. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Angkatan 2011 yang dengan keakraban dan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Tak lupa pula ucapan terimakasih pada teman-teman di Perumahan Depag Blok A1 No.10 ,teman-teman Komp. Mangga 3 Blok G dan Nur Hikma adik kandung Abd.Rahman yang turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan proposal penelitian yang sederhana ini dapat

bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amin.

Makassar, 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii

BAB I PENDAHULUAN

A. Pendahuluan.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematisasi penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai.....	7
1. Defenisi Pantai Untuk Kepentingan Pengelolaan Pantai.....	7
2. Defenisi Pantai Keperluan Untuk Rekayasa/Teknik Pantai.....	9

3. Proses Pantai	10
B. Erosi dan Abrasi Pantai	13
1. Pemanasan Global	14
2. Perubahan Sedimentasi Pantai	14
3. Gelombang Badai	15
C. Karakteristik Gelombang	15
D. Klasifikasi Gelombang	19
1. Gelombang Berdiri Progresif	21
2. Gelombang Berdiri Parsial	21
E. Teori Redaman Gelombang	22
a. Transmisi Gelombang	23
b. Pemantulan Gelombang (refleksi)	24
F. Deformasi Gelombang	24
1. Refleksi	24
G. Padang Lamun	28
1. Deskripsi Padang Lamun	28
2. Fungsi Padang Lamun	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat Penelitian	31
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	31
C. Alat dan Bahan	32

D. Variable Yang Diteliti	33
E. Pelaksanaan Studi Model	34
F. Pelaksanaan Simulasi	35
G. Prosedur Simulasi Model	35
H. Flow Chart Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	40
B. Pembahasan	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	50
B. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Definisi Pantai (wilayah pesisir) untuk keperluan pengelolaan pantai (Yuwono, 2005)	8
Gambar 2. Definisi pantai untuk keperluan rekayasa pantai (Triadmodjo, 1999)	9
Gambar 3. Arus sedimen pantai tampak atas	12
Gambar 5. Karakteristik gelombang (Pengolahan data, 2014)	17
Gambar 6 Refraksi Gelombang (Bambang Triatmodjo, 2008)	18
Gambar 7. Gerak partikel air dalam gelombang.....	19
Gambar 8. Profil Gelombang Berdiri Persial	25
Gambar 9 Morfologi tegakan lamun jenis <i>Enhalus acoroides</i> (Waycott et al. 2004).	29
Gambar 10. Ekosistem Padang Lamun	29
Gambar 11. Tangki pembangkit gelombang	34
Gambar 12. Unit pembangkit gelombang type flap	34
Gambar 13. Model padang lamun tampak atas $L = 100$, $s = 1$ cm	37
Gambar 14. Model padang lamun tampak depan $s = 1$ cm	37
Gambar 15. Model padang lamun tampak atas $p = 100$, $s = 2$ cm	38
Gambar 16. Model padang lamun tampak depan $s = 2$ cm	38
Gambar 17. Model padang lamun tampak atas $L = 100$, $s = 3$ cm	39

Gambar 18. Model padang lamun tampak depan, $s = 3\text{cm}$	39
Gambar 19. Bagan Alur (Flow Chart) Penelitian	40
Gambar 20. Hubungan periode gelombang (T) dengan koefisien refleksi (K_r) pada variasi jarak model	48
Gambar 21. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) dengan koefisien refleksi (K_r) pada variasi jarak model PL-1	49
Gambar 22. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) dengan koefisien refleksi (K_r) pada variasi jarak model PL-2	50
Gambar 23. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) dengan koefisien refleksi (K_r) pada variasi jarak model PL-3	50
Gambar 24. Parameter Hubungan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dengan variasi jarak antar model	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam	19
Tabel 2. Skala Model Padang Lamun	34
Tabel 3. Variasi Model Padang lamun	34
Tabel 4 Pengamatan tinggi gelombang Hmax dan Hmin di depan model pada kerapatan model 1cm.	42
Tabel 5 Pengamatan tinggi gelombang Hmax dan Hmin di depan model pada kerapatan model 2 cm	42
Tabel 6 Pengamatan tinggi gelombang Hmax dan Hmin di depan model padakerapatan model 3 cm	43
Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Tinggi Gelombang Refleksi (Hr)	47

DAFTAR NOTASI

d : Kedalaman air

H : Tinggi gelombang

H_i : Tinggi gelombang datang

H_{max} : Tinggi gelombang maximum

H_{min} : Tinggi gelombang minimum

H_r : Tinggi gelombang refleksi

K_r : Koefisien refleksi gelombang

H_i/L : Kecuraman gelombang

L : Panjang gelombang

T : Periode

s : Jarak antarmodel (kerapatan)

DAFTAR NOTASI

d : Kedalaman air
H : Tinggi gelombang
Ha : Tinggi gelombang absorpsi
Hi : Tinggi gelombang datang
Hmax : Tinggi gelombang maximum
Hmin : Tinggi gelombang minimum
Hs : Tinggi gelombang berdiri
Hp : Tinggi gelombang parsial
Hr : Tinggi gelombang refleksi
Ht : Tinggi gelombang transmisi
k : Bilangan gelombang
Ka : Koefisien absorpsi gelombang
Kr : Koefisien refleksi gelombang
Kt : Koefisien transmisi gelombang
Kd : Koefisien disipasi gelombang
L : Panjang gelombang
na : Skala percepatan model
nh : Skala tinggi model
nL : Skala panjang model
T : Periode gelombang

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan yang luas lautannya dua pertiga dari luas keseluruhan wilayahnya, sehingga memiliki garis pantai yakni lebih dari 80.000 kilometer (Bambang Triatmodjo,1999). Pada dasarnya kawasan pantai merupakan wilayah peralihan antara daratan dan perairan laut yang kondisi wilayahnya masih dipengaruhi oleh aktifitas fisik yang berasal dari daratan dan lautan .

. Alam pada umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai secara alamiah yang efektif yaitu pantai pasir dan pantai berlumpur. Pantai pasir perlindungan alamiahnya berupa hamparan pasir yang dapat berfungsi sebagai penghancur energi gelombang yang efektif serta bukit pasir (*sand dunes*) yang merupakan cadangan pasir dan dapat berfungsi sebagai tembok laut. Pantai lumpur perlindungan alamiahnya berupa tumbuhan pantai seperti pohon bakau, pohon api-api ataupun pohon nipah sebagai pelindung pantai. Sedangkan pada area laut dangkal perlindungan alamiah berupa hamparan padang lamun, rumput laut dan terumbu karang. Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju ke laut dangkal sebelumnya akan berkurang melewati padang lamun sehingga gelombang yang menjalar menuju pantai tidak akan membahayakan pantai.

Padang lamun merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi energi gelombang dari laut lepas yang menuju pantai, dengan adanya padang lamun di sepanjang pantai. Padang lamun memiliki akar-akar yang mampu mengikat sedimen. Luas tutupan area padang lamun yang lebat akan mereduksi gelombang yang datang, sehingga perairan di sekitarnya menjadi tenang. Rimpang dan akar padang lamun juga dapat menahan dan mengikat sedimen, sehingga dapat menguatkan dan menstabilkan dasar permukaan. Jadi, padang lamun selain berfungsi sebagai penangkap sedimen juga dapat mencegah erosi (*Gingsburg & Lowestan, 1958*).

Fenomena difraksi terjadi apabila gelombang yang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka akan menyebabkan gelombang tersebut membelok disekitar ujung rintangan dan akan masuk di daerah yang terlindungi di belakangnya (Triatmodjo 1999). Dari teori tersebut dapat diasumsikan bahwa penerapan tumbuhan lamun sebagai breakwater alami (restorasi) dan juga sebagai langkah inovatif yang juga lebih ekonomis dari sisi penerapandan pemeliharaannya, selain menyebabkan terjadinya refleksi (pemantulan) gelombang juga menyebabkan terjadinya difraksi gelombang. Difraksi gelombang (pembelokan gelombang) ini terjadi setelah gelombang mengenai padang lamun.

Maka dari permasalahan-permasalahan tersebut maka kami menuangkan dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan

judul : “**ANALISIS REFLEKSI GELOMBANG SEBAGAI BREAKWATER TENGCELAM DENGAN MENGGUNAKAN VEGETASI LAMUN (UJI MODEL LABORATORIUM)**”.

B. Rumusan Masalah

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini dapat dijabarkan dalam rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh perubahan periode gelombang (T) terhadap tinggi gelombang refleksi (K_r)?
2. Bagaimana pengaruh kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r)?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh periode gelombang terhadap tinggi gelombang refleksi
2. Untuk mengetahui nilai koefisien refleksi (K_r).

D. Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan struktur pantai.
2. Sebagai referensi untuk mengestimasi struktur pantai dan pengaruhnya terhadap parameter gelombang.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang teratur (regular wave) yang belum pecah.
2. Fluida yang digunakan adalah air tawar (salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan).
3. Perbedaan karakteristik tidak dikaji lebih dalam.
4. Gaya gelombang terhadap stabilitas model uji tidak dikaji.
5. Dasar perairan model berupa rata.
6. Kedalaman air tetap atau konstan.
7. Model yang digunakan dari rangkaian pita yang dibentuk serupa lamun.
8. Pendekatan sifat atau elastifitas model terhadap prototype dengan tumbuhan aslinya tidak dikaji secara mendalam.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan ini merupakan susunan yang serasi dan teratur, oleh karena itu dibuat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok uraian sehingga mencakup pengertian tentang apa, dan bagaimana. Sistematika penulisan skripsi ini dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam Bab ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang pengertian dasar serta teori yang digunakan dalam perhitungan yang meliputi karakteristik gelombang, klasifikasi teori gelombang, parameter vegetasi lamun.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menguraikan tentang lokasi dan waktu penelitian, jenis penelitian dan sumber data, alat dan bahan, desain alat pemecah gelombang, variabel yang diteliti, prosedur penelitian laboratorium serta diagram proses penelitian laboratorium.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan tentang analisa hasil penelitian yang meliputi data tinggi gelombang, koefisien gelombang refleksi, pengaruh vegetasi lamun terhadap tinggi gelombang refleksi, pengaruh perubahan periode gelombang terhadap tinggi gelombang refleksi, dan pengaruh kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien refleksi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian ini, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang dialami selama penelitian berlangsung, yang tentunya diharapkan agar penelitian ini berguna untuk ilmu aplikasi kerekayasaan khususnya bangunan air dan penelitian selanjutnya.

BAB II

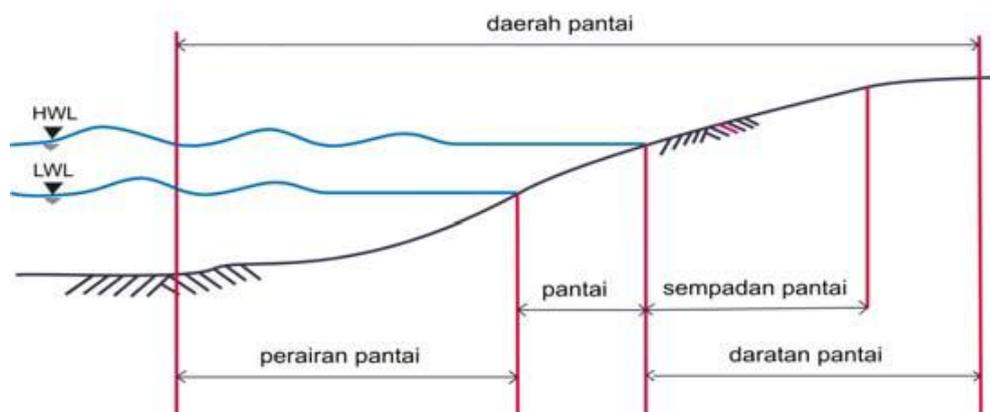
TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai

Pengertian pantai sangat penting untuk dijelaskan agar dalam penanganan permasalahan pantai tidak terjadi perbedaan pandangan dan arti kata mengenai istilah-istilah berkaitan dengan pantai. Beberapa definisi yang berkaitan dengan pantai telah diseminarkan di Manado (*CIDA, 1992*). Definisi hasil seminar tersebut pada tahun-tahun terakhir ini telah dikembangkan lagi dalam beberapa seminar lanjutan, yang intinya adalah dibedakan antara definisi untuk keperluan pengelolaan dan keperluan teknik (*engineering*) agar ada kesamaan sudut pandang dan arti kata (*Yuwono, 2005*).

1. Definisi Pantai Untuk Keperluan Pengelolaan Pantai

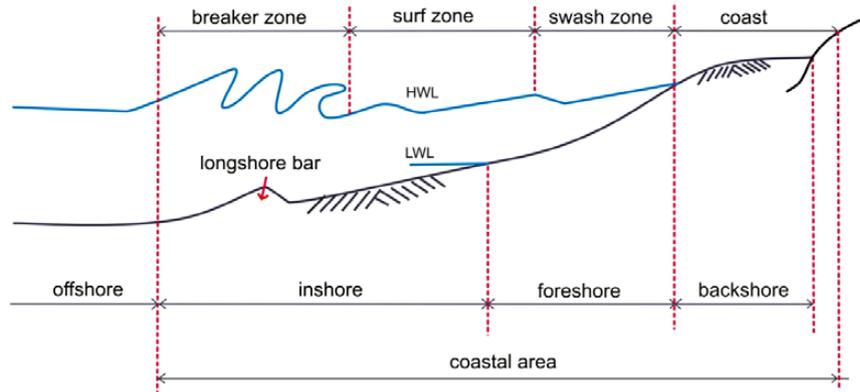
Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan surut terendah. Pantai merupakan batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Dimana daerah daratan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Sedangkan daerah lautan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi dibawahnya (*Triadmodjo, 1999*). Bagian-bagian pantai ditunjukkan pada Gambar.1



Gambar 1. Definisi Pantai (wilayah pesisir) untuk keperluan pengelolaan pantai (Yuwono, 2005)

Beberapa istilah kepantaian yang perlu diketahui dan dipahami diantaranya, daerah pantai atau pesisir adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih dipengaruhi baik oleh aktivitas darat maupun oleh aktivitas *marine*. Dengan demikian daerah pantai terdiri dari perairan pantai dan daratan pantai yang saling mempengaruhi. Daerah pantai sering disebut juga daerah pesisir atau wilayah pesisir. Pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan lautan. Daratan Pantai adalah daerah ditepi laut yang masih dipengaruhi oleh aktivitas *marine*. Perairan pantai adalah perairan yang masih dipengaruhi aktivitas pantai. Sempadan pantai adalah daerah sekitaran pantai yang diperuntukkan bagi pengamanan dan pelestarian pantai.

2. Definisi Pantai Untuk Keperluan Rekayasa/Teknik Pantai



Gambar 2. Definisi pantai untuk keperluan rekayasa pantai (Triadmodjo, 1999)

Beberapa definisi pantai untuk keperluan rekayasa/teknik pantai (Triadmodjo, 1999) yang perlu diketahui dan dipahami diantaranya:

a. *Surf zone*

Adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah sampai batas naik-turunnya gelombang di pantai.

b. *Breaker zone*

Adalah daerah dimana terjadi gelombang pecah.

c. *Swash zone*

Adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.

d. *Offshore*

Adalah daerah dari gelombang (mulai) pecah sampai ke laut lepas.

e. *Foreshore*

Adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat surut terendah sampai batas atas dari *uprush* pada saat air pasang tertinggi.

f. *Inshore*

Adalah daerah antara *offshore* dan *foreshore*.

g. Backshore

Adalah daerah yang dibatasi oleh *foreshore* dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tertinggi.

h. Coast

Adalah daratan pantai yang masih terpengaruh laut secara langsung, misalnya pengaruh pasang surut, angin laut, dan ekosistem pantai (hutan bakau, *sand dunes*).

i. Coastal area

Adalah daratan pantai dan perairan pantai sampai kedalaman 100 atau 150 m (*Sibayama, 1992*).

3. Proses Pantai

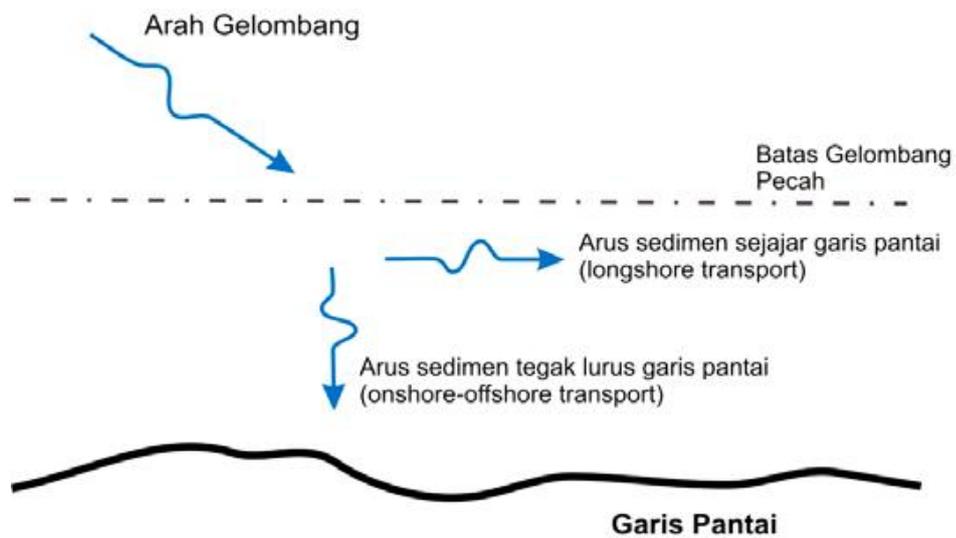
Pantai merupakan kenampakan alam dimana terjadi interaksi keseimbangan dinamis antara air, angin, dan material (sedimen). Angin dan air bergerak membawa material (sedimen) dari satu tempat ke tempat yang lain, mengikis dan kemudian mengendapkannya lagi di daerah lain secara berkesinambungan. Fenomena transport sedimen tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk morfologi pantai. Pantai mempunyai pertahanan alami dari serangan arus dan gelombang dimana bentuknya akan terus-menerus menyesuaikan sehingga dapat meminimalkan energi gelombang yang menerpanya. Sistem pertahanan

alami ini dapat berupa karang penghalang, atol, *sand dune*, *longshore bar*, kemiringan dasar pantai dan vegetasi yang hidup di pantai (bakau, api-api, dan sebagainya).

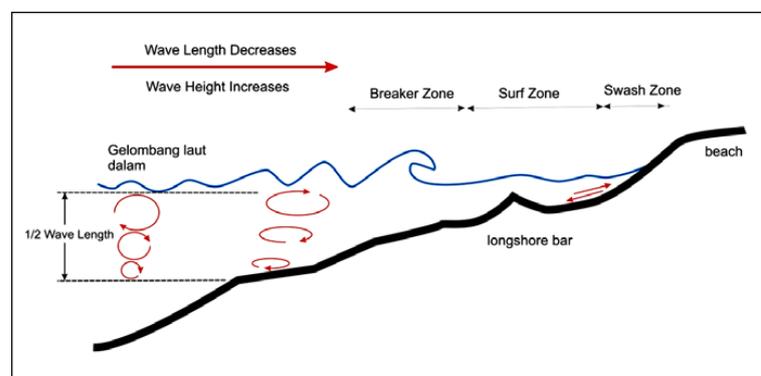
Ada dua tipe tanggapan dinamis pantai terhadap gerak gelombang, yaitu tanggapan terhadap kondisi gelombang normal dan tanggapan terhadap kondisi gelombang badai. Pada saat badai terjadi, pertahanan alami pantai tidak mampu menahan serangan energi gelombang yang besar, sehingga pantai dapat tererosi. Setelah gelombang besar reda ,berangsur-angsur pantai akan kembali ke bentuk semula oleh pengaruh gelombang normal. Tetapi ada kalanya pantai yang tererosi tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula karena material pembentuk pantai terbawa arus dan tidak dapat kembali ke lokasi semula. Proses dinamis pantai dipengaruhi oleh *littoral transport*, yang di definisikan sebagai gerak sedimen di daerah dekat pantai (*nearshore zone*) oleh gelombang dan arus. Littoral transport dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu transport sepanjang pantai (*longshore-transport*) dan transport tegak lurus pantai (*onshore-offshore Transport*). Material (pasir) yang di transpor disebut dengan *littoral drift* (Triadmodjo, 1999).

Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Laju transpor sedimen sepanjang pantai tergantung pada sudut datang gelombang, durasi, dan besarnya energi gelombang. Apabila gelombang yang terjadi membentuk sudut terhadap garis pantai, maka akan terjadi dua proses angkutan

sedimen yang bekerja secara bersamaan , yaitu komponen tegak lurus dan sejajar garis pantai. Suatu pantai mengalami erosi atau akresi (sedimentasi) atau tetap stabil tergantung pada sedimen yang masuk (suplai) dan yang meninggalkan pantai tersebut.



Gambar 3. Arus sedimen pantai tampak atas



Gambar 4. Pergerakan partikel air saat penjalaran gelombang menuju pantai

Bentuk profil pantai sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus, serta bathimetri pantai. Pantai dapat terbentuk dari material dasar yang berupa lumpur, pasir atau kerikil (*gravel*). Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur mempunyai kemiringan sangat kecil sampai mencapai 1:5000. Kemiringan pantai berpasir lebih besar berkisar antara 1:20 – 1:50. Sedangkan kemiringan pantai berkerikil bisa mencapai 1:4. Pantai Semarang bagian timur merupakan pantai berlumpur (*Triadmodjo, 1999*).

B. Erosi dan Abrasi Pantai

Erosi pantai adalah proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula yang disebabkan oleh tidak adanya keseimbangan antara pasokan dan kapasitas angkutan sedimen (*Yuwono, 2005*). Erosi pantai terjadi apabila pada suatu pantai yang ditinjau mengalami kehilangan/pengurangan sedimen. Artinya sedimen yang diangkut lebih besar daripada sedimen yang diendapkan. Abrasi adalah proses terkikisnya batuan atau material keras seperti dinding atau tebing batu, yang biasanya diikuti dengan longsoran atau runtuh material (*Yuwono, 2005*). Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi dan abrasi pada suatu wilayah:

a. Faktor Alam

1. Pemanasan Global

Kegiatan manusia yang meningkatkan jumlah gas rumah kaca di atmosfer dapat mengakibatkan naiknya suhu bumi. Hal tersebut mengakibatkan peningkatan tinggi permukaan air laut yang disebabkan oleh pemuaian air laut dan mencairnya gunung-gunung es di kutub. Kenaikan permukaan air laut ini akan mengakibatkan mundurnya garis pantai sehingga menggusur daerah pemukiman sepanjang pesisir pantai, membanjiri lahan produktif dan mencemari persediaan air tawar (*Triadmodjo, 1999*).

2. Perubahan Sedimen Pantai

Pantai dapat mengalami keseimbangan dinamis, erosi dan akresi (sedimentasi) secara stabil tergantung pada keseimbangan jumlah sedimen yang masuk (suplai) dan yang meninggalkan pantai tersebut (*Triadmodjo, 1999*). Perubahan pola cuaca dan musim di bumi dapat mengakibatkan kekeringan pada bulan-bulan tertentu sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya banjir yang turut serta membawa suplai sedimen dari sungai ke arah pantai, apabila pantai tidal mendapatkan suplai sedimen pada muara sungai, maka pantai akan mengalami perubahan garis pantai akibat ketidakstabilan kondisi tersebut.

3. Gelombang Badai

Gelombang badai dan tsunami adalah salah satu faktor alam yang menyebabkan erosi dan abrasi (*Departemen Pekerjaan Umum, 2009*). Akibat gelombang yang besar (gelombang badai), maka pasir akan tererosi kemudian mengendap pada daerah lain membentuk longshore bar. Setelah gelombang biasa datang endapan pasir akan berangsur-angsur mengisi daerah yang tererosi kembali.

C. Karakteristik Gelombang

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

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air dimana gelombang tersebut menjalar. Parameter – parameter yang lain seperti pengaruh kecepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok diatas. Adapun pengertian dari beberapa parameter diatas :

- 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, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang. Ada dua cara penentuan panjang gelombang yaitu

pengamatan langsung pada tangki gelombang dengan mengukur langsung panjang gelombang yang terjadi antara 1 lembah dan 1 bukit atau pada 2 puncak bukit yang berurutan, cara kedua dengan cara perhitungan menggunakan rumus

$$L_o = 1.56 T^2 \quad (1)$$

Dimana : L = panjang gelombang dan T = periode gelombang

3) Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut.

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

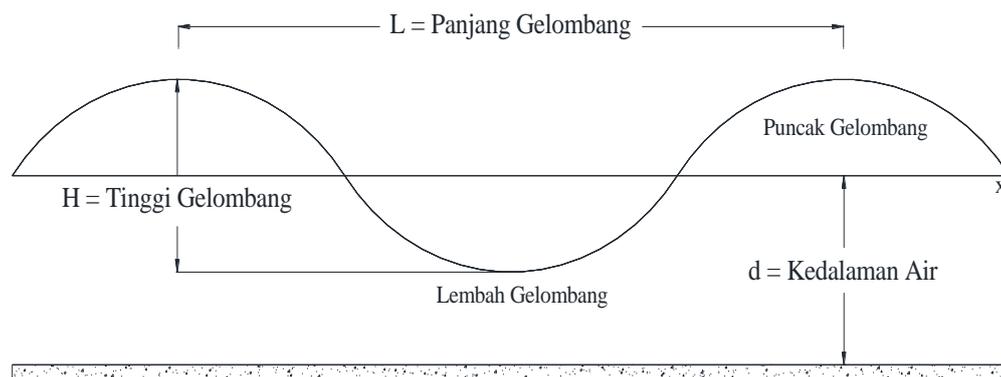
- a) Kemiringan gelombang (*wave steepness*) = H/L
- b) Ketinggian relatif (*relative height*) = H/d
- c) Kedalaman relatif (*relative depth*) = d/L

Parameter penting lainnya seperti :

- (a) Amplitudo gelombang (A), biasanya diambil setengah tinggi Gelombang $\left[\frac{H}{2} \right]$,
- (b) Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (*wave crest*),
- (c) Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per-detik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $f = \frac{1}{T}$
 Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut $(\theta) = 2\pi$.
- (d) Kecepatan rambat gelombang (*celerity*) (C) adalah perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T). ketika

gelombang air menjalar dengan kecepatan C . partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang. Sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air tenang, yaitu $z = -h$.

Secara skematik dimensi mengenai karakteristik gelombang dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



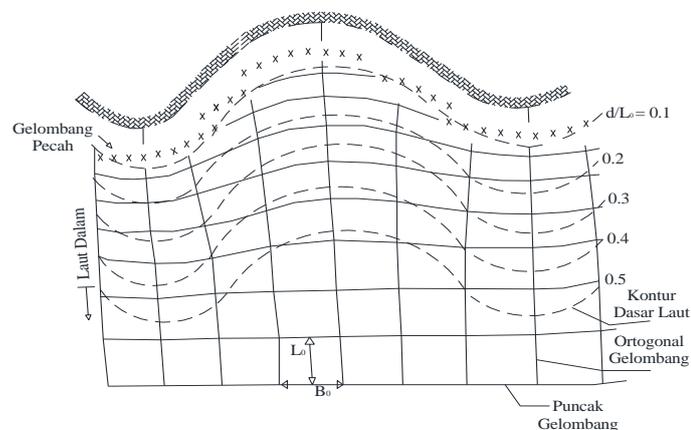
Gambar 5. Karakteristik gelombang (Pengolahan data, 2014)

Gelombang terjadi karena hembusan angin di permukaan air. Daerah dimana gelombang dibentuk disebut daerah pembangkitan gelombang (*wave generating area*). Gelombang yang terjadi di daerah pembangkitan disebut 'sea' sedangkan gelombang yang terbentuk diluar daerah pembangkitan disebut 'swell'. 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. Di bawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran

yang makin kecil sampai pada kedalaman lebih besar dari setengah panjang gelombang.

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 pengaruh pada garis pantai dan bangunan yang ada disekitarnya. Keenam peristiwa tersebut adalah :

- a. Refraksi gelombang yakni peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.



Gambar 6 Refraksi Gelombang (Bambang Triatmodjo, 2008)

- b. Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di pantai.
- c. *Wave shoaling* yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
- d. *Wave damping* yakni peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.
- e. *Wave breaking* yakni peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (*surf zone*).

Gelombang yang memecah di pantai merupakan penyebab utama proses erosi dan akresi (pengendapan) garis pantai. Karakteristik gelombang ini tergantung pada kecepatan angin, durasi dan jarak seret gelombang (*fetch*).

D. Klasifikasi gelombang

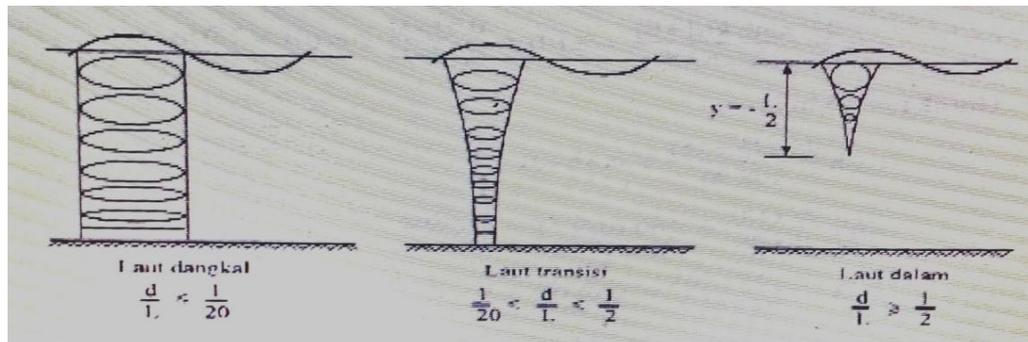
Jika ditinjau dari kedalaman relatif dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang laut dangkal, gelombang laut transisi dan gelombang laut dalam. Batasan dari ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang (d/L). Batasan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

Tabel 1. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam

Kategori gelombang	d/L	$2\pi d/L$	$\text{Tan h}(2\pi d/L)$
Laut dalam	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Laut transisi	$1/20 - 1/2$	$0,25 - \pi$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Laut dangkal	$< 1/20$	$< 0,25$	$2\pi d/L$

Sumber : Ir. Nur Yuwono(Teknik Pantai,1982)

Dalam gelombang terdapat partikel-partikel air yang berubah selama penjaralan gelombang dari laut dalam sampai laut dangkal. Bentuk partikel yang terdapat dalam gelombang yang bergerak menuju laut dangkal digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 7. Gerak partikel air dalam gelombang

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokan 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.

1. Gelombang Berdiri Progresif

Apabila gelombang merambat dan dipengaruhi oleh gaya luar, maka amplitudo gelombang dapat berubah. Apabilah amplitudo gelombang

berubah terhadap ruang dan waktu disebut gelombang progressif atau gelombang berjalan. Sedangkan jika berubah terhadap waktu disebut gelombang berdiri atau *standing wave/clapotis* (Dean dan Dalrymple, 1992).

2. Gelombang Berdiri Parsial

Apabila gelombang yang merambat melewati suatu penghalang, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali oleh penghalang tersebut. Apabila pemantulanya sempurna atau gelombang datang dipantulkan seluruhnya, maka tinggi gelombang di depan penghalang menjadi dua kali tinggi gelombang datang dan disebut gelombang berdiri (*standing wave*). Akan tetapi jika penghalang memiliki porositas atau tidak dapat memantulkan secara sempurna, maka tinggi gelombang di depan penghalang akan kurang dari dua kali tinggi gelombang datang dan pada kondisi ini disebut gelombang berdiri parsial (sebagian). Contoh kejadian gelombang parsial adalah gelombang yang membentur pantai atau pemecah gelombang (*breakwater*) mengalami pemantulan energi yang tidak sempurna.

E. Teori Redaman Gelombang

Gelombang yang menjalar melalui suatu rintangan, sebagian dari energi gelombang akan dihancurkan melalui proses gesekan, turbulensi dan gelombang pecah, dan sisanya akan dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi) dan yang diteruskan (transmisi) tergantung dari

karakteristik gelombang datang (periode, tinggi gelombang dan panjang gelombang), tipe perlindungan pantai (permukaan halus atau kasar) dan dimensi serta geometri perlindungan (kemiringan, elevasi dan lebar halangan) serta kondisi lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai) (CERC, 1984).

Jika gelombang merambat dari medium 1 ke medium 2 yang berbeda jenisnya, maka akan terjadi gelombang transmisi dan gelombang refleksi. Transmisi gelombang adalah gelombang yang diteruskan ke medium 2, sedangkan refleksi gelombang adalah gelombang yang dipantulkan kembali ke medium 1.

Bila suatu gelombang datang pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang yang berbeda, maka sebagian gelombang akan dipantulkan (refleksi) dan sebagian lain akan ditransmisikan. Berkas yang terpantul membentuk sudut dengan garis normal permukaan yang besarnya sama dengan sudut berkas datang (berlaku untuk semua gelombang). Berkas yang ditransmisikan akan dibelokkan mendekat atau menjauh dari garis normal-bergantung pada apakah laju gelombang pada medium kedua lebih kecil atau lebih besar daripada laju gelombang dalam medium datang. Pembelokan berkas yang ditransmisikan disebut refraksi (pembiasan) (berlaku untuk semua gelombang).

Pada proses pemantulan dan pembiasan gelombang dapat terpolarisasi sebagian atau seluruhnya oleh refleksi. Perbandingan

intensitas cahaya yang dipantulkan dengan cahaya yang datang disebut reflektansi (R), sedangkan perbandingan intensitas cahaya yang ditransmisikan dengan cahaya datang disebut transmitansi (T). Fresnel menyelidiki dan merumuskan suatu persamaan koefisien refleksi dan koefisien transmisi yang dihasilkan oleh pemantulan dan pembiasan (Pedrotti, 1993).

- a. Transmisi gelombang merupakan sisa energi gelombang setelah melewati/menembus suatu struktur penahan gelombang. Gelombang transmisi sangat dipengaruhi pada karakteristik gelombang. Koefisien transmisi (t) adalah perbandingan amplitudo gelombang yang ditransmisikan dibandingkan gelombang datang. Pembelokan berkas yang ditransmisikan disebut refraksi (pembiasan). Pembiasan terjadi karena gelombang memasuki medium yang berbeda dan kecepatan gelombang pada medium awal dan medium yang dimasuki berbeda. Jika arah datang gelombang tidak sejajar dengan garis normal maka pembiasan menyebabkan pembelokan arah rambat gelombang. Gelombang air yang melalui daerah yang lebih dangkal mengalami perubahan kecepatan, sehingga terjadi pembiasan. Cahaya yang bergerak dari udara ke air mengalami pembiasan karena perbedaan kecepatan cahaya di udara dan di air.
- b. Pemantulan gelombang (Refleksi), terjadi pada saat sebuah gelombang yang merambat dalam suatu media sampai di bidang batas medium tersebut dengan media lainnya. Dengan demikian,

Pemantulan (refleksi) sebuah gelombang adalah bidang batas antara dua medium yang berbeda. Koefisien refleksi (r) adalah perbandingan amplitudo gelombang pantul dibandingkan amplitudo gelombang datang. Hukum pemantulan menyatakan bahwa sudut datang persis sama dengan sudut pantul, atau $\Theta_d = \Theta_p$

F. Diformasi Gelombang

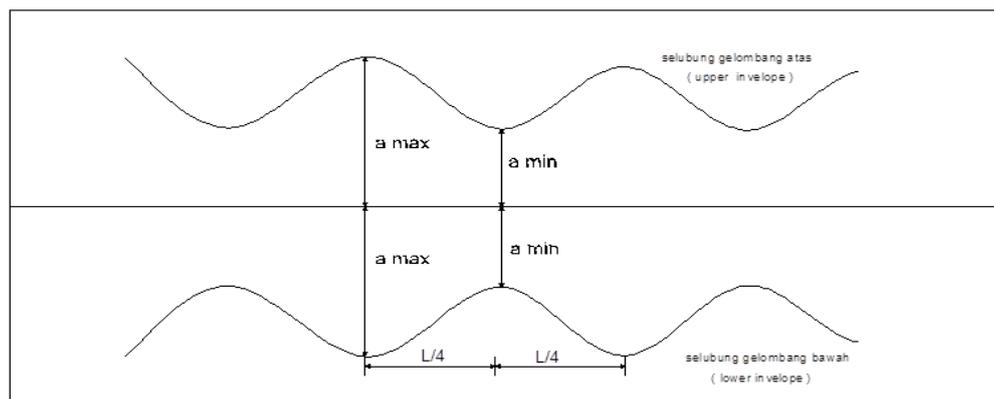
1. Refleksi

Gelombang yang mengenai /membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya (Triatmojo, 2011).Refleksi gelombang terjadi ketika gelombang datang mengenai atau membentur suatu rintangan sehingga kemudian dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tujuan refleksi gelombang sangat penting diketahui dalam perencanaan bangunan pantai,sehingga akan didapatkan keadaan perairan yang relatif tenang pada pelabuhan atau pantai.

Besar kemampuan suatu bangunan pemecah gelombang untuk memantulkan gelombang dapat diketahui melalui koefisien refleksi. Koefisien refleksi adalah perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i).

Apabila gelombang yang merambat melalui suatu penghalang, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali oleh penghalang tersebut. Apabila pantulannya sempurna atau gelombang datang dipantulkan seluruhnya, maka tinggi gelombang di depannya penghalang

menjadi dua kali tinggi gelombang datang dan disebut gelombang berdiri (standing wave). Akan tetapi jika penghalang memiliki prioritas atau tidak dapat memantulkan secara sempurna, maka tinggi gelombang di depan penghalang akan kurang dari dua kali tinggi gelombang datang dan pada kondisi ini disebut gelombang berdiri parsial (sebagian).



Gambar 8. Profil Gelombang Berdiri Parsial

Sehingga diperoleh persamaan :

$$H_i = a_{max} + a_{min}$$

$$H_r = a_{max} - a_{min}$$

$$H_i - H_r = 2a_{max} \text{ dan } H_i + H_r = 2a_{min}$$

Tinggi gelombang datang adalah:

$$H_i = \frac{2a_{max} + 2a_{min}}{2} = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \dots\dots\dots(2)$$

Tinggi gelombang refleksi adalah:

$$H_r = \frac{2a_{max} - 2a_{min}}{2} = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

H_i = tinggi gelombang datang

H_r = tinggi gelombang refleksi

H_{max} = tinggi gelombang maksimum

H_{min} = energi gelombang minimum

Dengan demikian untuk eksperimen di laboratorium, dilakukan pengukuran pada beberapa titik baik di depan model maupun di belakang model guna menentukan tinggi gelombang maksimum dan minimum. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (6) sampai (8) tinggi gelombang datang, refleksesi dan transmisi dapat dihitung.

Gelombang yang menjalar melalui suatu rintangan, sebagian dari energi gelombang akan dihancurkan melalui proses gesekan, turbulensi dan gelombang pecah, dan sisanya akan dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi) dan yang diteruskan (transmisi) tergantung dari karakteristik gelombang datang (periode, tinggi gelombang dan panjang gelombang), tipe perlindungan pantai (permukaan halus atau kasar) dan dimensi serta geometri perlindungan (kemiringan, elevasi dan lebar halangan) serta kondisi lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai) (CERC, 1984). Parameter refleksi gelombang biasanya

dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (K_r) yang didefinisikan sebagai berikut :

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

Keterangan :

- K_r = koefisien refleksi
- H_i = tinggi gelombang datang
- H_r = tinggi gelombang refleksi
- E_r = energi refleksi
- E_i = energi gelombang datang

Dimana energi refleksi $E_r = \frac{1}{8} \rho g H_r^2$ dan energi gelombang datang adalah $E_i = \frac{1}{8} \rho g H_i^2$ dengan ρ adalah rapat massa zat cair dan g adalah percepatan gravitasi. Nilai K_r berkisar dari 1,0 untuk refleksi total dan 0 untuk tidak ada refleksi.

G. Padang Lamun

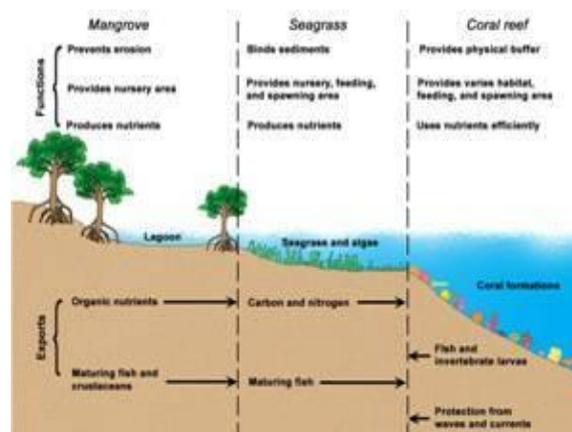
1. Deskripsi Padang lamun

Lamun merupakan kelompok tumbuh-tumbuhan berbunga yang terdapat di lingkungan laut dan hidup pada habitat perairan dangkal. Lamun memiliki tunas berdaun tegak dan tangkai-tangkai yang merayap serta memiliki bunga, buah dan biji. Selain itu lamun juga memiliki akar dan sistem internal untuk mengangkut gas dan za-zat hara (Romimohtarto dan Juwana, 2000). Lamun hidup di perairan yang agak berpasir namun sering pula dijumpai di terumbu karang. Kadang-kadang lamun

membentuk komunitas yang cukup lebat yang disebut padang lamun. Padang lamun merupakan ekosistem penting tetapi pemanfaatan secara langsung tumbuhan ini belum banyak dilakukan untuk kebutuhan manusia. Berbeda dengan tumbuhan berbunga di darat yang jenisnya banyak, tumbuhan berbunga di laut jenisnya sedikit. Terdapat 12 jenis lamun di perairan Indonesia yang tergolong kedalam 7 marga, yaitu tiga marga dari suku *Hydrocharitaceae* (*Enhalus*, *Thalassia*, dan *Halophila*) dan empat marga dari suku *Potamogetonaceae* (*Halodule*, *Cymodocea*, *Syringodium* dan *Thalassodendron*) (Nontji, 2002).



Gambar 9 Morfologi tegakan lamun jenis *Enhalus acoroides* (Waycott *et al.* 2004).



Gambar 10. Ekosistem Padang Lamun

Salah satu ekosistem yang penting di Kepulauan Sulawesi Selatan adalah padang lamun. Ekosistem ini mempunyai banyak manfaat, baik secara ekologis maupun ekonomis. Permasalahan utama yang mempengaruhi padang lamun di seluruh dunia adalah kerusakan padang lamun akibat kegiatan pengerukan dan penimbunan (reklamasi), pencemaran air, wasting disease (penyakit), tingginya laju sedimentasi, kegiatan penambatan perahu dan kegiatan budidaya laut. Rusak atau hilangnya padang lamun di suatu tempat tidak hanya berakibat buruk terhadap biota-biota laut lainnya, tetapi juga resiko terjadinya pengikisan pantai oleh gelombang dan arus meningkat.

Pulau Barranglompo merupakan salah satu pulau yang terpadat penduduknya di kawasan kepulauan sehingga akan berpengaruh terhadap ekosistem yang ada, termasuk ekosistem lamun. Menurut Amri Tuwo et al. (2011), penurunan kondisi lamun di Pulau Barranglompo lebih banyak disebabkan oleh aktifitas manusia (antropogenik).

2. Fungsi Padang Lamun

Menurut Philips dan Menez (1988); Fortes (1990) dalam Tangke (2010) fungsi dari komunitas lamun pada ekosistem perairan dangkal yang telah dikemukakan oleh peneliti dari berbagai belahan bumi antar lain:

- a. Stabilisator perairan dengan fungsi system perakarannya sebagai perangkap dan penstabil sedimen dasar sehingga perairan menjadi lebih jernih.

- b. Lamun menjadi sumber makanan langsung untuk berbagai jenis biota laut (ikan dan non ikan).
- c. Lamun sebagai produser primer.
- d. Komunitas lamun menyediakan tempat hidup dan perlindungan untuk spesies hewan.
- e. Lamun memegang fungsi utama dalam daur zat hara, khususnya yang dibutuhkan oleh algae epifit.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Riset Teknik Pantai Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan waktu penelitian selama 3 bulan.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah Eksperimental, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada literatur – literatur yang berkaitan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada – tidaknya hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan – perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yakni :

1. Data Primer yakni data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik di laboratorium.
2. Data Sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada baik yang telah dilakukan di Laboratorium maupun dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian transmisi gelombang.

C. Alat dan Bahan yang digunakan

a. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Pita
2. Rang
3. Lem Lilin
4. Lakban

b. Alat – alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Solder listrik
2. Gunting
3. Mistar ukur
4. Cutter (pisau potong)
5. Lem tembak
6. Kamera

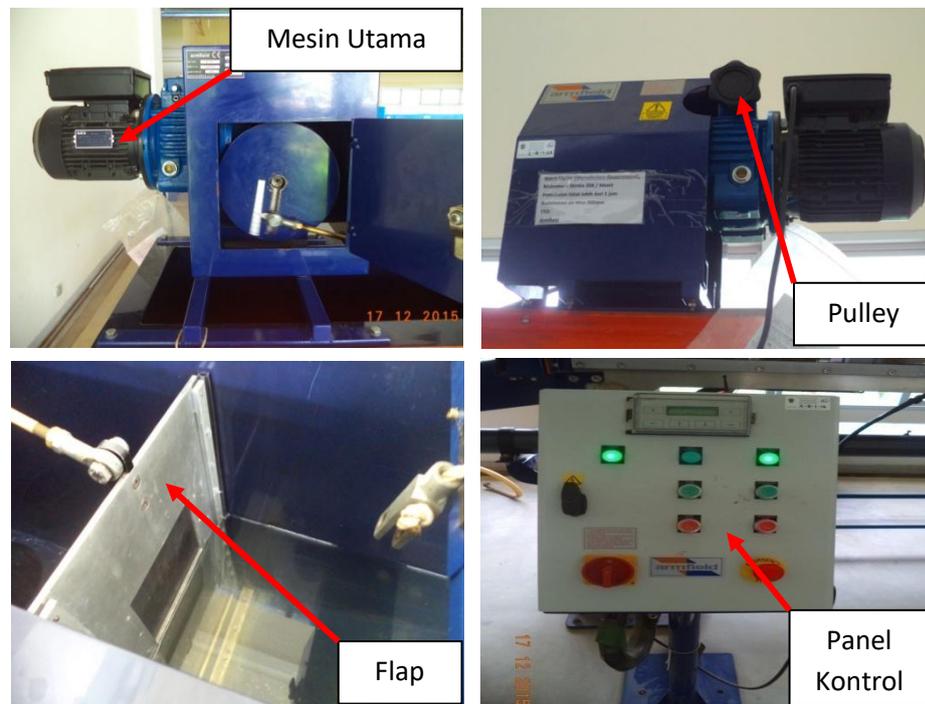
Alat – alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Dilakukan pada saluran gelombang multiguna berukuran panjang 15 m, lebar 0,30 m. Kedalaman efektif saluran 46 cm.



Gambar 11. Tangki pembangkit gelombang

2. Unit pembangkit gelombang, Mesin pembangkit terdiri dari *mesin utama*, *pulley* yang berfungsi mengatur waktu putaran piringan yang dihubungkan pada *stroke* sehingga menggerakkan flap pembangkit gelombang.



Gambar 12. Unit pembangkit gelombang type flap

D. Variabel Yang Diteliti

Sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka variabel bebas adalah:

a. Variabel bebas

1. periode gelombang (T)
2. tinggi gelombang (H_i)
3. variasi kerapatan model (S)

b. Variabel terikat

$$1. L_0 = 1,56 \cdot T^2$$

E. Pelaksanaan Studi Model

Berdasarkan variabel yang akan diteliti, perancangan model proses pembentukan pantai yang stabil didasarkan pada beberapa spesifikasi sebagai berikut :

- a. Berdasarkan pertimbangan fasilitas di Laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan skala model 1 : 50, nilai skala model selengkapnya Tabel .

Tabel 2. Skala Model Padang Lamun

Variabel	Skala	Model	Prototype
Skala jarak	1 : 50	1 cm	50 cm
Skala Panjang	1 :50	6 cm	300 cm
Kedalaman	1 : 50	20 cm	1000 cm

- b. Model padang lamun terbuat dari pita dengan ukuran panjang 7cm.
- c. Ada 9 model padang lamun yang akan diuji, dengan panjang dan jarak antarlamun yang bervariasi, nilai variasi panjang dan jarak selengkapnya :

Tabel 3. Variasi Model Padang lamun

Variasi model	Kode model
1 cm	PL-1
2 cm	PL-2
3 cm	PL-3

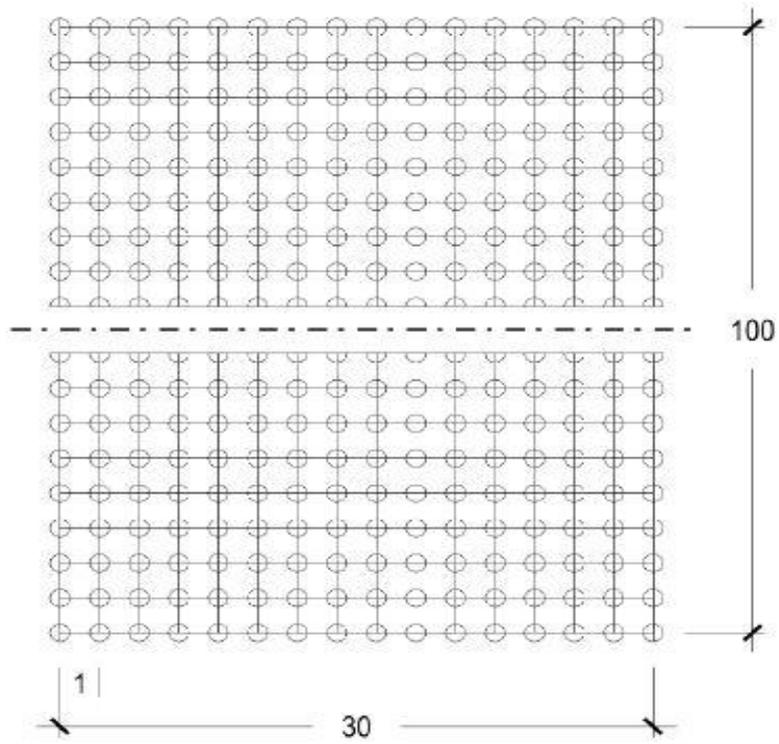
F. Pelaksanaan Simulasi

Sebelum melakukan pengambilan data terlebih dahulu mengukur kedalaman air yang telah ditentukan sebelumnya yaitu sekitar 20 cm, kemudian untuk perletakan posisi model pada saluran gelombang harus berada pada penempatan yang tepat sehingga efektif apabila gelombang datang didepan model maupun gelombang refleksi dibelakang model.

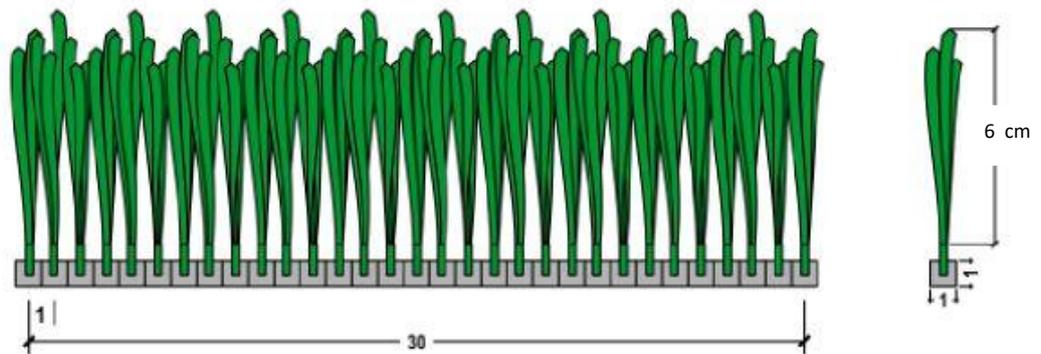
G. Prosedur Simulasi Model

Secara garis besar prosedur perolehan data adalah sebagai berikut :

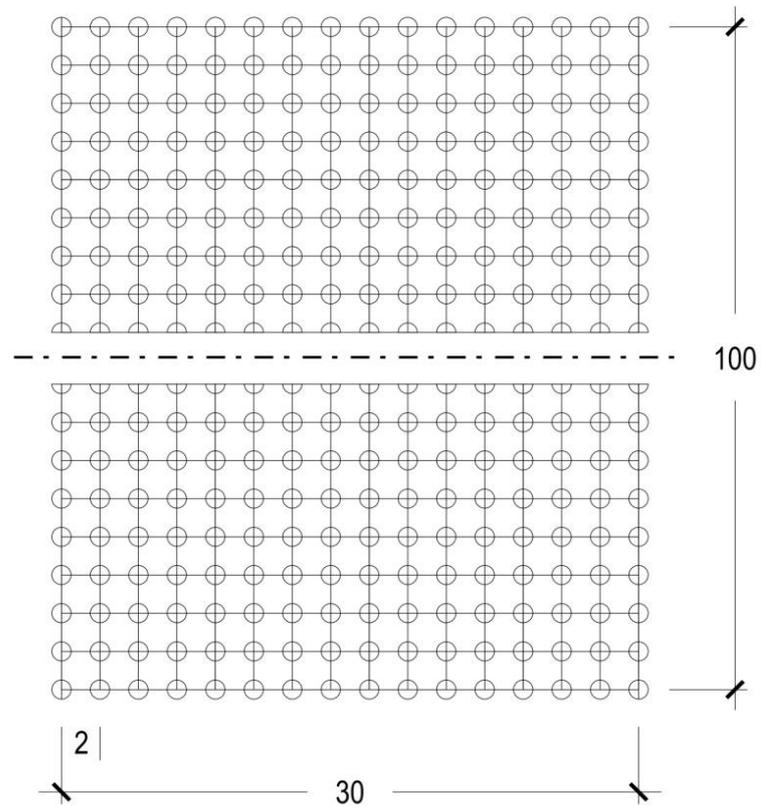
1. Percobaan pembangkitan gelombang dilakukan secara manual (menggunakan mistar ukur).
2. Padang lamun yang digunakan sebagai model penelitian ditempatkan pada fluem.
3. Setelah semua komponen siap, pelaksanaan pengamatan dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menekan tombol star pada kontrol pembangkit.
4. Prosedur dilakukan berulang – ulang dalam variasi parameter panjang gelombang (fully besar, fully sedang, fully kecil) dan variasi jarak model.



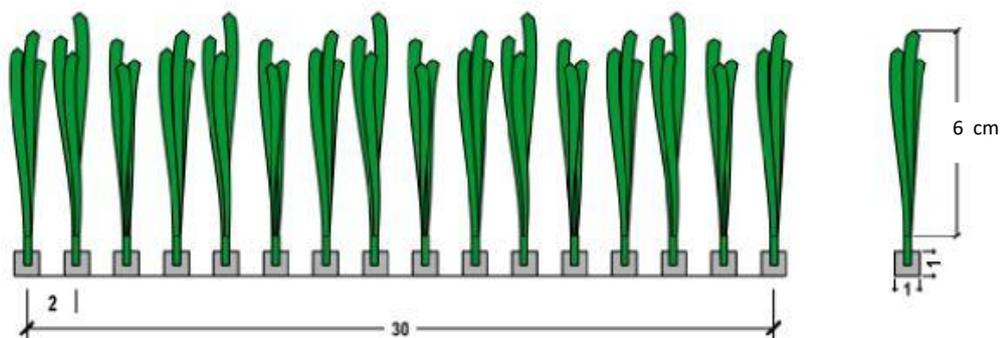
Gambar 13. Model padang lamun tampak atas $L= 100$, $s = 1$ (PL-1)



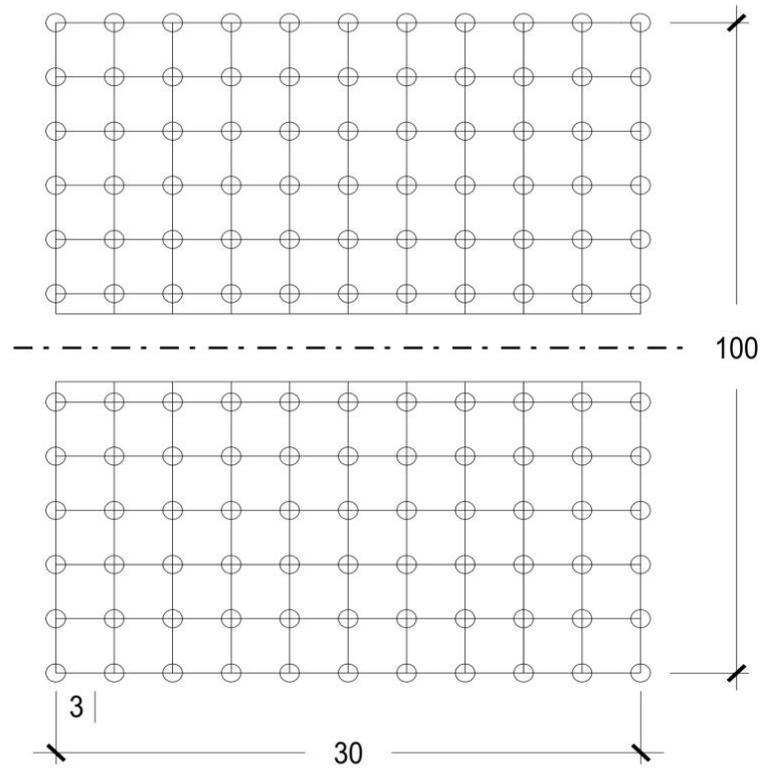
Gambar 14. Model padang lamun tampak depan $s = 1\text{cm}$ (PL-10)



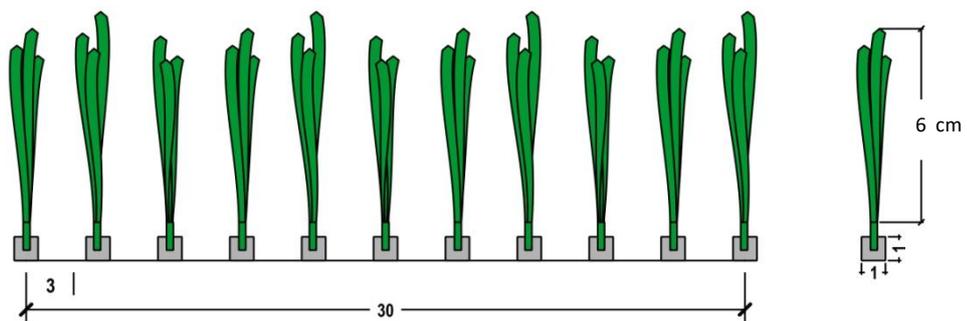
Gambar 15. Model padang lamun tampak atas $L = 100$, $s = 2$ (PL-2)



Gambar 16. Model padang lamun tampak depan, $s = 2$ cm (PL-2)



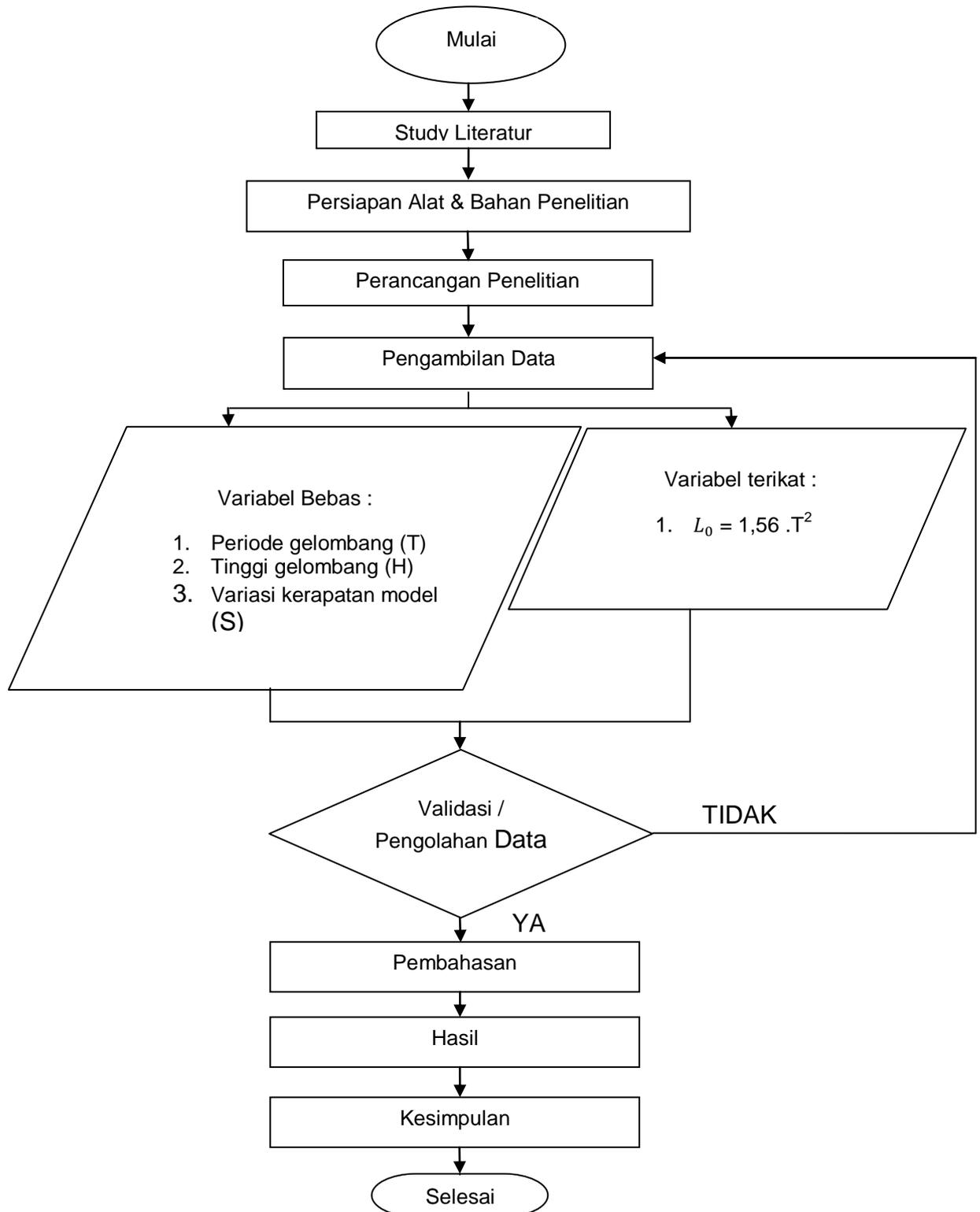
Gambar 17. Model padang lamun tampak atas $L = 100$, $s = 3$ (PL-3)



Gambar 18. Model padang lamun tampak depan, $s = 3$ cm (PL-3)

H. Flow Chart Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai dengan bagan alir pada Gambar 19. Berikut ini :



Gambar 19. Bagan Alur (Flow Chart) Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Adapun uraian dari keseluruhan hasil penelitian yang dilakukan akan dipaparkan sebagai berikut.

1. Panjang Gelombang (L)

Penentuan panjang gelombang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pengukuran langsung dan metode iterasi dari persamaan panjang gelombang yang ada. Untuk pengukuran langsung di laboratorium dapat diketahui dengan kasat mata dengan mengukur panjang gelombang langsung yang terdiri dari 2 bukit dan 1 lembah. Sedangkan untuk metode iterasi kita cukup membutuhkan data periode yang diperoleh pada saat pra-penelitian.

Salah satu contoh perhitungan panjang gelombang dengan metode iterasi pada periode 1,2 detik dan kedalaman 0,20 m, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}L_0 &= 1,56 \cdot T^2 = 1,56 \cdot (1,2)^2 \\ &= 2,2464\end{aligned}$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{0,2}{2,2464} = 0,089031$$

$$\frac{d}{L} = 0,13131 \text{ (tabel } d/L \text{ iterasi pada lampiran)}$$

$$\text{Jadi, panjang gelombang (L)} = \frac{0,25}{0,13131}$$

$$= 1,523 \text{ m}$$

Perhitungan panjang gelombang (L) untuk semua variasi periode secara rinci dapat dilihat pada lampiran.

2. Data Tinggi Gelombang (Hmax dan Hmin)

Pada bab sebelumnya telah dibahas bahwa pengukuran tinggi gelombang dilakukan 9 titik di depan dan dibelakang model dimana pencatatan data diambil sebanyak tiga kali pada tiap titiknya. Jarak antar titik pengukuran yang satu dengan lainnya sama dan diatur pada satu panjang gelombang, yang dapat diketahui melalui kasat mata yang terdiri dari 2 bukit dan 1 lembah. Data utama yang pdiamati dan dicatat selama pengujian di laboratorium adalah tinggi gelombang di depan dan dibelakang model. Dari hasil eksperimen dan pencatatan tinggi gelombang di tiap lokasi pengamatan diambil tinggi maksimum (Hmax) dan tinggi minimum (Hmin). Pencatatan menggunakan alat ukur berupa mistar ukur. Untuk tabel tinggi gelombang maximum dan minimum model pada kedalaman tenggelaman model yang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Pengamatan tinggi gelombang Hmax dan Hmin di depan model pada kerapatan model 1cm.

Kedalaman (d)	Variasi Jarak	Periode (T)	store	H _{max}	H _{min}
cm	cm	detik		cm	cm
20	PL-1	1.2	1	3.6	2.9
			2	3.4	2.9
			3	3.3	2.8
		1.4	1	3	2.6
			2	3.6	2.9
			3	3.5	2.5
		1.6	1	3.3	2.7
			2	3.3	2.3
			3	3.4	2.1

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 5. Pengamatan tinggi gelombang Hmax dan Hmin di depan model pada kerapatan model 2 cm.

Kedalaman (d)	Variasi Jarak	Periode (T)	store	H _{max}	H _{min}
cm	cm	detik		cm	cm
20	PL-2	1.2	1	3.5	2.8
			2	3.2	2.7
			3	3.2	2.8
		1.4	1	3.4	2.7
			2	3.3	2.7
			3	3.4	2.6
		1.6	1	3.3	2.5
			2	3.5	2.6
			3	3.5	2.7

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 6. Pengamatan tinggi gelombang Hmax dan Hmin di depan model pada kerapatan model 3 cm.

Kedalaman (d)	Variasi Jarak	Periode (T)	store	H _{max}	H _{min}
Cm	cm	Detik		cm	cm
20	PL-3	1.2	1	3.4	2.5
			2	3.2	2.9
			3	3.2	2.7
		1.4	1	3.1	2.3
			2	3.3	2.6
			3	3.2	2.8
		1.6	1	3.2	2.3
			2	3.2	2.5
			3	3.3	2.6

Sumber : Hasil perhitungan

3. Gelombang Refleksi

Tinggi gelombang datang (H_i) yang dihasilkan oleh pemecah gelombang tergantung berapa besar tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) yang dialami oleh bagian depan pemecah gelombang tersebut, hal ini berdasarkan landasan teori yakni besarnya gelombang datang sama dengan H_{max} dijumlahkan dengan H_{min} kemudian hasil penjumlahannya dibagi 2. Hasil pembagian tersebut merupakan besar tinggi gelombang datang (H_i) dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan (2.3). Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang datang (H_i) pada periode 1,6 detik model padang lamun sebagai breakwater alami berbahan dasar pita sebagai berikut :

Diketahui : $H_{max} = 3,6$

$H_{min} = 2,9$

$$\begin{aligned} H_i &= \frac{H_{max}+H_{min}}{2} \\ &= \frac{3,6+2,9}{2} \\ &= 3,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gelombang datang yang membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya, fenomena gelombang ini disebut gelombang refleksi. Tinggi gelombang refleksi (H_r) dapat diselesaikan dengan persamaan (2.4). Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang refleksi (H_r) pada periode 1,6 detik model padang lamun sebagai breakwater alami berbahan dasar pita adalah sebagai berikut :

Diketahui : $H_{max} = 3,6$

$H_{min} = 2,9$

$$\begin{aligned} H_r &= \frac{H_{max}-H_{min}}{2} \\ &= \frac{3,6-2,9}{2} \\ &= 0,35 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya Koefisien Refleksi(K_r) berdasarkan teori pada bab 2, dihitung berdasarkan persamaan (4). Salah satu contoh perhitungan refleksi refleksi gelombang pada model 1 kedalaman 20 cm periode 1,2 model padang lamun sebagai breakwater alami adalah sebagai berikut :

Diketahui : $H_i = 5,05$

$H_r = 0,35$

$$Kr = \frac{H_i}{H_r}$$

$$Kr = \frac{5,05}{0,35}$$

$$Kr = 0.069307$$

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Tinggi Gelombang Refleksi (Hr)

Variasi Jarak	Periode (T)	store	H _{max}	H _{min}	H _i	H _r	L	H _i /L	K _r
cm	detik		cm	cm	cm	cm	cm		
1	1.2	1	3.6	2.9	5.05	0.35	152.3	0.033158	0.069307
		2	3.4	2.9	4.85	0.25	152.3	0.031845	0.051546
		3	3.3	2.8	4.7	0.25	152.3	0.03086	0.053191
	1.4	1	3	2.6	4.3	0.2	182.3	0.023587	0.046512
		2	3.6	2.9	5.05	0.35	182.3	0.027702	0.069307
		3	3.5	2.5	4.75	0.5	182.3	0.026056	0.105263
	1.6	1	3.3	2.7	4.65	0.3	212.4	0.021893	0.064516
		2	3.3	2.3	4.45	0.5	212.4	0.020951	0.11236
		3	3.4	2.1	4.45	0.65	212.4	0.020951	0.146067
2	1.2	1	3.5	2.8	4.9	0.35	152.3	0.032173	0.071429
		2	3.2	2.7	4.55	0.25	152.3	0.029875	0.054945
		3	3.2	2.8	4.6	0.2	152.3	0.030204	0.043478
	1.4	1	3.4	2.7	4.75	0.35	182.3	0.026056	0.073684
		2	3.3	2.7	4.65	0.3	182.3	0.025507	0.064516
		3	3.4	2.6	4.7	0.4	182.3	0.025782	0.085106
	1.6	1	3.3	2.5	4.55	0.4	212.4	0.021422	0.087912
		2	3.5	2.6	4.8	0.45	212.4	0.022599	0.09375
		3	3.5	2.7	4.85	0.4	212.4	0.022834	0.082474
3	1.2	1	3.4	2.5	4.65	0.45	152.3	0.030532	0.096774
		2	3.2	2.9	4.65	0.15	152.3	0.030532	0.032258
		3	3.2	2.7	4.55	0.25	152.3	0.029875	0.054945
	1.4	1	3.1	2.3	4.25	0.4	182.3	0.023313	0.094118
		2	3.3	2.6	4.6	0.35	182.3	0.025233	0.076087
		3	3.2	2.8	4.6	0.2	182.3	0.025233	0.043478
	1.6	1	3.2	2.3	4.35	0.45	212.4	0.02048	0.103448
		2	3.2	2.5	4.45	0.35	212.4	0.020951	0.078652
		3	3.3	2.6	4.6	0.35	212.4	0.021657	0.076087

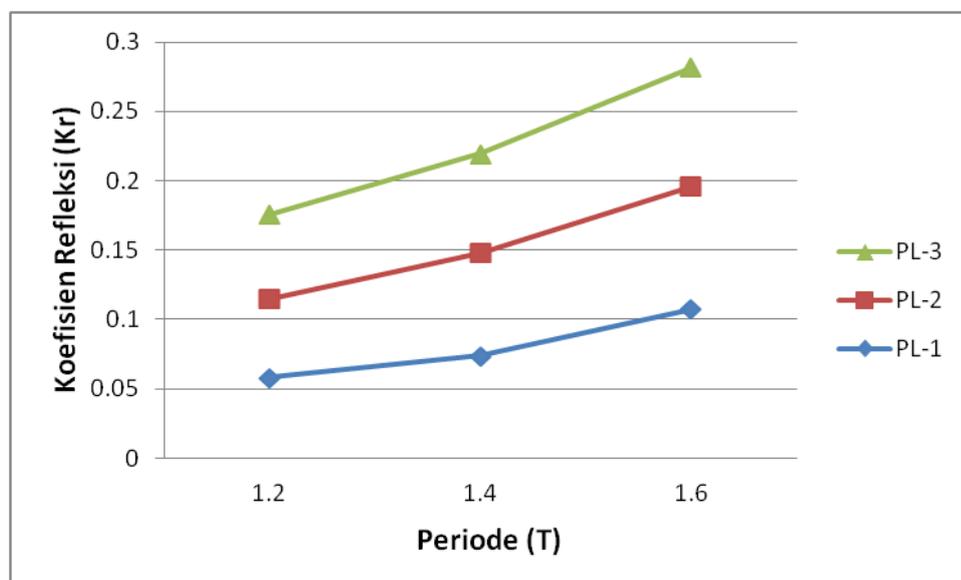
Sumber : Hasil perhitungan

B. Pembahasan

Pada penelitian ini, terdapat 1 variasi kedalaman yaitu 20 cm dan 3 variasi kerapatan model yakni PL-1, PL-2 dan PL-3. Pembahasan untuk hasil penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Hubungan Periode (T) dengan Tinggi Gelombang Refleksi (Hr)

Untuk menyajikan hubungan periode (T) dengan tinggi gelombang refleksi (Hr), maka diambil periode (T) sebagai sumbu X dan koefisien refleksi (Kr) sebagai sumbu Y untuk tiap variasi jarak model maka akan didapat grafik seperti gambar.

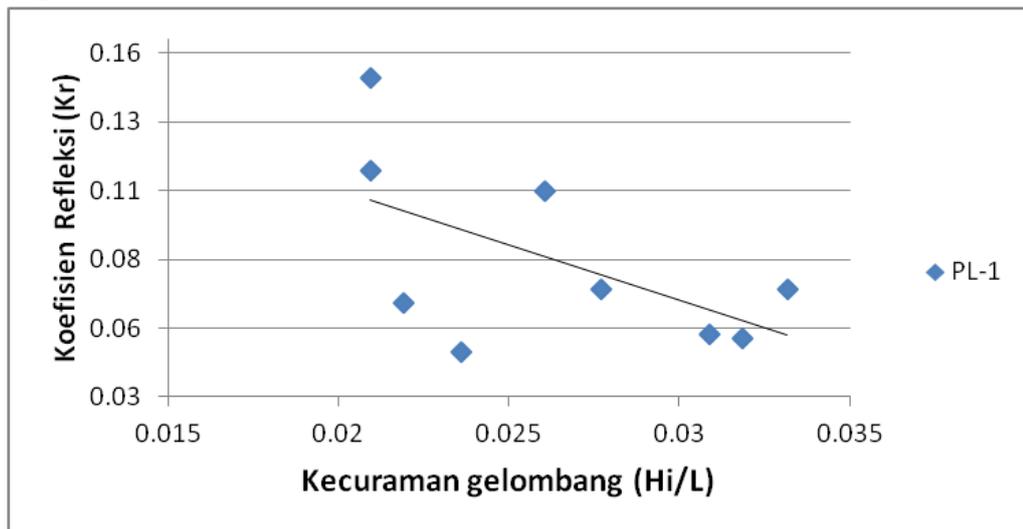


Gambar 20. Hubungan periode gelombang (T) dengan koefisien refleksi (Kr) pada variasi jarak model

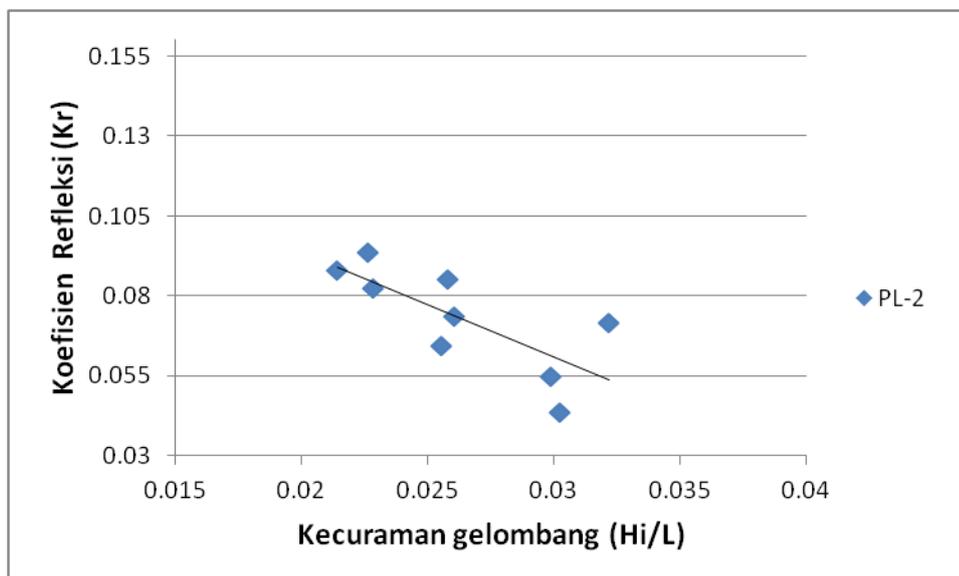
Pada gambar di atas menunjukkan bahwa semakin lama periode maka semakin meningkat nilai tinggi gelombang refleksi pada variasi kerapatan model PL-1, PL-2 maupun PL-3.

2. Hubungan Koefisien Refleksi (Kr) dengan Kecuraman Gelombang (Hi/L)

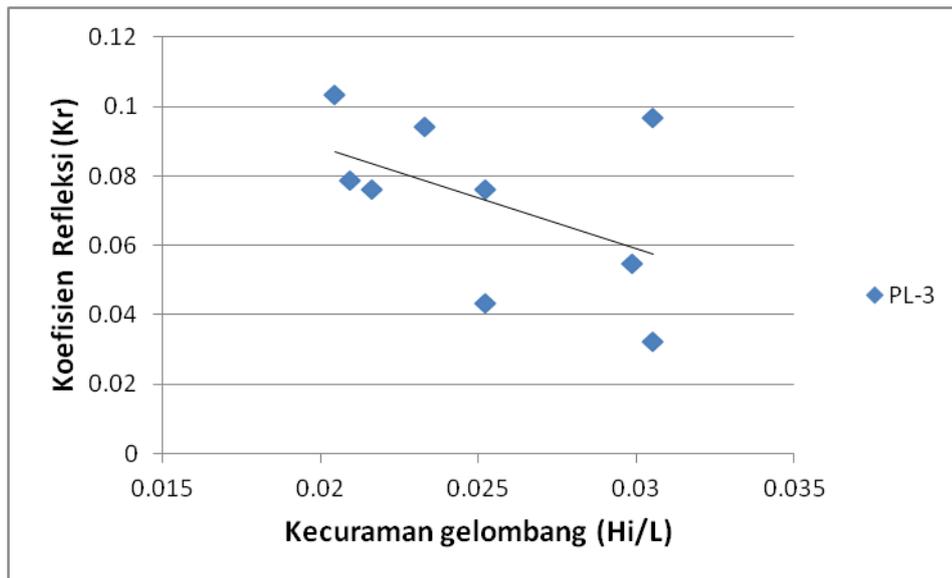
Untuk menyajikan hubungan koefisien refleksi (K_r) dengan kecuraman gelombang (H_i/L), maka diambil kecuraman gelombang (H_i/L) sebagai sumbu X dan Koefisien refleksi (K_r) sebagai sumbu Y untuk tiap variasi jarak model maka didapatkan grafik seperti gambar.



Gambar 21. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) dengan koefisien refleksi (K_r) pada variasi jarak model PL-1



Gambar 22. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) dengan koefisien refleksi (K_r) pada variasi jarak model PL-2

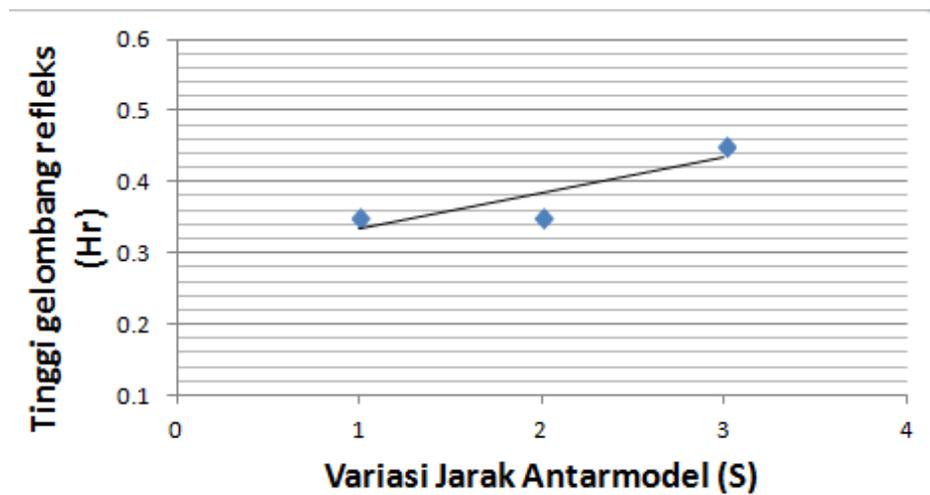


Gambar 23. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) dengan koefisien refleksi (K_r) pada variasi jarak model PL-3

Dari hasil pengamatan di atas, dapat dilihat dari grafik bahwa Kecuraman gelombang (H_i/L) berbanding terbalik dengan koefisien refleksi di mana semakin tinggi kecuraman gelombang (H_i/L) maka semakin rendah nilai koefisien refleksi (K_r). Dan dari ketiga model yang paling efektif dalam merefleksikan gelombang adalah PL-2.

3. Hubungan Parameter Tinggi Gelombang Refleksi (H_r) dengan Kerapatan Model

Berdasarkan hasil pengamatan data pada sub bab sebelumnya diperoleh Tinggi gelombang refleksi (H_r) dan kerapatan model. Jika mengambil tinggi gelombang refleksi (H_r) sebagai variabel sumbu Y dan kedalaman tenggelam model sumbu X maka akan didapatkan grafik seperti gambar berikut.



Gambar 24. Parameter Hubungan antara tinggi gelombang refleksi (Hr) dengan variasi jarak antar model

Dari hasil pengamatan di atas, dapat dilihat dari grafik bahwa tinggi gelombang refleksi berbanding lurus dengan variasi jarak model. Semakin jauh jarak antar model semakin besar nilai tinggi gelombang refleksi yang dihasilkan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Besarnya koefisien refleksi (K_r) berbanding lurus dengan kerapatan model. Semakin rapat model maka semakin besar nilai gelombang refleksi yang dihasilkan.
2. Hubungan antara parameter kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap koefisien refleksi (K_r) menghasilkan hubungan berbanding terbalik, dimana semakin tinggi nilai H_i/L maka semakin menurun nilai K_r .

B. Saran

Kami sadar penelitian ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami menyarankan penelitian ini masih perlu dikaji untuk beberapa parameter berikut:

1. Pengaruh besarnya sudut datang gelombang, variasi kedalaman air, dan model dari vegetasi lain sebagai breakwater. Sehingga ada peneliti lain yang mengkaji lebih lanjut.
2. Pembacaan gelombang sebaiknya menggunakan pembacaan secara otomatis, hal ini dikarenakan pada pembacaan manual cenderung memiliki banyak kesalahan eror saat pembacaan pada flume, serta biasanya data yang di peroleh tidak akurat.

3. Tinjauan lebih lanjut terhadap pendekatan sifat atau elastisitas prototype dengan tumbuhan aslinya

DAFTAR PUSTAKA

- [CERC] Coastal Engineering Research Center. 1984. *Shore Protection Manual Volume I*, Fourth Edition. Washington: U.S. Army Coastal Engineering Research Center.
- _____, 2009, Penilaian Kerusakan Pantai dan Prioritas Penanganannya, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Dean, R. G. dan Dalrymple, R. A. 1994, *Water wave mechanics for engineers and scientists*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., S
- Ginsburg. R. dan H.A, Lowestan 1958. *The influence of marine bottom communities on the depositional environments of sediments*. J. Geol.
- Juwana, S dan Romimohtarto, K. 2001. *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Djambatan. Jakarta.
- Juwana, S. dan Romimohtarto, K. 1999. *Biologi Laut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI*. Jakarta.
- Nontji, A. 2002. *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta.
- Pedrotti, M.L., 1993. *Spatial and temporal distribution and recruitment of echinoderm larvae in the Ligurian Sea*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 73, 513-530.
- Tangke, U. 2010. *Ekosistem padang lamun (manfaat, fungsi, dan rehabilitasi)*. Jurnal Ilmiah agribisnis dan perikanan (agrikon UMMU-Ternate). Vol. 3 edisi 1.
- Triatmojo B, 1999, *Teknik Pantai*, [enerbit Beta offset, Yogyakarta.
- Tuwo, A. 2011. *Pengelolaan Ekowisata Pesisir Dan Laut*. Brilian Internasional. Indonesia.
- Waycott, M., K. McMahon, J. Mellors, A. Calladine, and D. Kleine. 2004. *A Guide to Tropical Seagrasses of the Indo-West Pacific*. James Cook University, Townsville-Queensland-Australia.
- Yuwono N., 1998, Kriteria Kerusakan Pantai dalam Rangka Penentuan Prioritas Pengamanan dan Perlindungan Daerah Pantai, *Jurnal Media Teknik* No. 2 Edisi Mei, p. 69-74, Yogyakarta.

Yuwono N., 2005, *Draft Pedoman Pengamanan dan Penanganan Pantai*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Yuwono N., 2005, *Pedoman Teknis Perencanaan Tanggul dan Tembok Laut (Sea Dikes and Sea Wall)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Yuwono, Nur, 1982, *Teknik Pantai Volume I*, Yogyakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
DATA LAB

Kedalaman Air (d)	Variasi jarak (Model)	Periode (T)	Stroke	Pembacaan depanmodel									
				titik pengamatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
cm	cm	detik											
20	PL-1	1,2	1	puncak	23.1	22.9	22.3	22	22.3	22.3	22.5	22	22.4
				lembah	19.8	19.4	19	18.4	19.1	19	19.6	18.9	19.4
			2	puncak	22.4	22.3	22.5	22	21.9	22.1	21.9	21.8	21.9
				lembah	19.4	19.1	19.5	18.8	19	18.9	18.9	18.4	18.8
			3	puncak	22.3	22.4	22.6	22.9	22	22.1	22.1	22.1	22.5
				lembah	19.1	19.4	19.3	20	18.9	19.2	19.3	18.8	19.5
		1,4	1	puncak	21.4	21.8	21.7	21.2	21.6	21.9	21.7	21.8	21.9
				lembah	18.5	18.8	19.1	18.3	18.6	19	18.9	19.1	18.9
			2	puncak	21.9	22.3	21.9	22.1	22	22.1	22.2	21.8	21.9
				lembah	18.9	19	18.5	18.5	18.8	19	19	18.8	19
			3	puncak	22	21.7	21.2	21.1	20.9	21	21.3	21.4	20.9
				lembah	19.5	18.7	18	17.8	18	17.8	18.2	17.9	17.8
		1,6	1	puncak	21.5	21.7	21.5	21.5	22	22.1	21.7	22	21.9
				lembah	18.2	18.7	18.3	18.6	18.8	19.4	18.7	18.8	18.8

			2	puncak	20.9	21.1	21.5	21.2	21.9	22.1	21.8	22	21.9
				Lembah	17.6	18.4	18.5	18.9	18.8	18.9	18.9	19	18.8
			3	puncak	21	21.4	21.1	21.4	21.2	21	21.1	20.9	21.2
				Lembah	18	18.2	17.7	18.3	18.3	18.9	18	18.1	18.7
20	PL-2	1,2	1	puncak	22.2	22	21.9	21.8	21.5	21.9	21.7	21.8	21.6
				Lembah	19.3	19.1	18.9	18.6	18	18.9	18.6	19	18.6
			2	puncak	21.9	21.9	21.9	22	21.7	22	22.1	22	21.8
				Lembah	18.9	19.1	19.2	19	18.5	19.1	19	18.9	18.9
			3	puncak	21.9	21.8	22.1	21.5	21.7	21.5	21	21.8	20.6
				Lembah	18.7	18.9	19	18.6	18.9	18.5	18	18.7	17.4
		1,4	1	puncak	22	22	22	22.5	22.2	22.5	22.3	22.4	22.5
				Lembah	18.9	19.2	19	19.5	19	19.1	19.2	19.7	19.6
			2	puncak	22.4	21.9	21.5	22.5	21.8	22.5	22.1	22.6	22
				Lembah	19.4	19	18.4	19.6	18.5	19.6	19.1	19.5	19.3
			3	puncak	22.8	22.2	22	21.8	22	22.1	22	22.2	22
				Lembah	19.9	19.2	18.8	19.2	19	19.2	19	18.8	18.8
		1,6	1	puncak	22.8	22	22.1	22.3	22	22.2	22.1	22	21.9
				Lembah	19.8	18.9	18.9	19.4	19.5	19.2	18.8	19.1	18.9
			2	puncak	22.1	22	22.3	22.1	22	22.3	22	22.5	22.4
				lembah	18.9	19	19.4	19.5	18.9	18.8	19	19.6	19.3
			3	puncak	22.2	22.3	22.4	22.2	22.2	22.4	22	21.9	22
				lembah	19	19.4	19.3	18.7	19.2	19.6	19	18.6	19.3
20	PL-3	1,2	1	puncak	22.5	22.7	22.5	22.8	22.3	22	21.9	21.8	22
				lembah	19.4	19.8	19.3	19.7	18.9	19.1	19.4	19	19
			2	puncak	22	21.9	21.9	22	21.7	22	22.1	22	21.8
				lembah	19	18.7	19	19	18.7	19.1	19	18.9	18.9
			3	puncak	22.2	21.9	22.1	21.5	21.7	21.5	21	21.8	20.6
				lembah	19.1	19	19.1	18.8	18.5	18.5	18	18.7	17.4
		1,4	1	puncak	22.1	22	22	22.5	22.2	22.5	22.3	22.3	22

			lembah	19	19.2	19.5	19.5	19.9	19.7	19.2	19.6	19.1
		2	puncak	22.4	21.9	21.5	22.5	21.8	22.5	22.1	22.6	22
			lembah	19.4	18.8	18.2	19.6	18.6	19.6	19.5	19.5	19.1
		3	puncak	22.4	22	21	21.8	22	22.1	22	21.9	21.9
			lembah	19.6	19	17.8	18.6	19	19.1	18.9	19	19
	1,6	1	puncak	22.8	22	22.1	22.3	22	22.2	22.1	22	21.9
			lembah	20.4	19.4	19.8	19.3	18.8	19.2	19.2	19.1	18.9
		2	puncak	22.1	22	22.3	22.1	22	22.3	22	22.5	22.4
			lembah	18.9	19	19.4	19.6	18.9	19.4	19.2	19.5	19.3
		3	puncak	22.2	22.3	22.4	22.2	22.2	22.4	22	21.9	22
			lembah	19.2	19.4	19.3	19.6	19.2	19.4	19.1	18.6	18.8

Kedalaman Air (d)	Variasi jarak model	Periode (T)	Stroke	Pembacaan belakang model											
				titik pengamatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
cm	cm	detik													
20	PL-1	1,2	1	puncak	21.7	21.6	21.9	21.8	21.9	21.8	21.7	21.8	22		
				lembah	18.8	18.6	19.3	19.7	19.3	18.8	18.6	18.3	19		
			2	puncak	21	21.3	21.3	21.2	21.7	21	21.9	21.8	21.9		
				lembah	18.7	19.3	18.8	18.3	18.7	17.6	19	18.8	18.8		
			3	puncak	21.2	21.4	21.6	20.9	21	21	21	21.3	21.5		
				lembah	18.3	18.4	18.3	18	17.9	18.2	18.5	19	18.5		
		1,4	1	puncak	21.4	21.8	21.7	21.2	21.6	21.9	21.7	21.8	21.9		
				lembah	18.6	19.3	19	18.6	18.8	19.4	19.3	19.5	19.8		
			2	puncak	21.9	22.3	21.9	22.1	22	22.1	22.1	21.8	21.9		
				lembah	19.2	20	19.3	19.6	19.3	19.9	19.8	19.9	19.8		
			3	puncak	21.3	21.7	21.2	21.1	20.9	21	21.3	21.4	20.9		
				lembah	18.7	19.3	19	18.7	18.9	18.4	18.4	19.1	18.9		
		1,6	1	puncak	21.5	21.1	21.5	21.5	22	22.1	21.7	22	21.9		
				lembah	19.1	18.8	18.7	18.8	19.2	19.5	19.3	19.9	20		
			2	puncak	20.9	21.1	21.5	21.7	21.9	22.1	21.8	22	21.9		
				lembah	18.7	19.3	19.5	19.9	19.7	20	19.9	19.8	20.1		
			3	puncak	21	21.4	21.1	21.4	21.2	21	21.1	20.9	21.2		
				lembah	18.9	19	18.8	19.5	19.6	19.2	19	18.9	19.3		
		20	PL-2	1,2	1	puncak	21.5	22	21.9	21.8	21.5	21.9	21.7	21.8	21.6
						lembah	19	19.7	19.6	20	20.3	20.3	19.4	19.2	18.4
					2	puncak	21.9	21.9	21.9	22	21.7	22	22.1	22	21.8
						lembah	19.3	19.1	19.7	20	19.5	19.5	20	20.2	20.3
					3	puncak	21.9	21.8	22	21.5	21.7	21.5	21	21.8	21.6

				lembah	19.6	19.4	20	19.6	19.3	19.5	18.7	19.7	19.7						
				1,4	1	puncak	22	22	22	22.5	22.2	22.5	22.3	22.4	22.9				
						lembah	19.5	19.7	19.9	20	20	20.7	21	20.7	20.8				
				2	2	puncak	22.4	21.9	21.5	22.5	21.8	22.5	22.1	22.6	22				
						lembah	20.2	20.1	19.2	20.6	19.4	19.9	20.1	21	20				
				3	3	puncak	22.4	22	21	21.8	22	22.1	22	21.9	21.9				
						lembah	20.1	19.7	18.6	19.7	19.5	20.2	20.2	19.9	19.5				
				1,6	1	1	puncak	22.8	22	22.4	22.3	23	23.5	22.1	22	21.9			
							lembah	20.4	19.5	19.9	19.9	20.9	21.6	20.6	20	19.4			
					2	2	puncak	21.1	21	22.3	22.1	22	22.3	22	22.5	22.4			
							lembah	18.8	19	19.9	19.8	20.2	20.2	20.6	20.5	20.2			
					3	3	puncak	22.2	22.3	22.4	22.2	22.2	22.4	22	21.9	22			
							lembah	19.9	19.9	20	20.2	19.6	20.1	20.1	19.9	20.8			
				20	PL-3			1,2	1	puncak	21.5	21.3	21.6	21.8	21.5	21.9	21.7	1.8	21
										lembah	19.3	19.3	19.4	19.9	19.1	19.7	19.8	0.1	19
								2	2	puncak	21	21.9	21.9	22	21.7	21	21.9	21	21.8
lembah	18.8	19.9	19.7							20.3	19.4	19	20	18.9	19.9				
3	3	puncak	21.3					21.3	21.4	21.5	21.7	21.5	21	21.8	20.6				
		lembah	19.3					19.4	19.8	19.7	20.1	19.7	19.2	19.7	18.6				
1,4	1	1	puncak					21.1	21.3	21	21.5	21.2	21.5	21.3	21.4	21			
			lembah					19	19.1	18.6	19.4	19.4	19.6	19.3	19.8	19.5			
	2	2	puncak					21.4	20.9	20.5	21.5	21.8	21.5	21.1	21.6	21			
			lembah					19.4	18.8	18.3	19.6	19.6	19.8	19	19.7	19.4			
3	3	puncak	21.4					21	20	21.8	21	21.1	21	20.9	20.9				
		lembah	19.3					19	17.9	19.9	19	19.5	18.9	19	19.4				
1,6	1	1	puncak					21.8	21	21.1	21.3	21	21.2	21.1	21	20.9			
			lembah					19.5	18.6	18.9	19.5	19.6	19.3	18.6	18.7	18.5			
2	2	2	puncak					21.1	21	21.3	21.1	21	21.3	21	21.5	21.4			

			lembah	18.2	18.7	19.5	19	18.6	18.4	18.2	18.5	18.5
		3	puncak	21.2	21.3	21.4	21.2	21.2	21.4	21	20.9	21
			lembah	18.5	18.4	18.2	17.5	18.1	18.9	18.9	19.1	19.6

LAMPIRAN 2
TABEL LITERASI d/L untuk penambahan nilai d/Lo

LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI



