

SKRIPSI

**MODEL HYBRID ENGINEERING SEBAGAI ALTERNATIF
PENGAMAN PANTAI (PENELITIAN LABORATORIUM)**



DESI INDRIANI A.
10581115017

MUHAMMAD SYAHRIL
105811125117

**PRODI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

03/09/2022

1 eq
Sub. Alumnis

P/0641/SIP/2022
IND
m³



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Desi Indriani A.** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11150 17 dan **Muhammad Syahril** dengan nomor induk mahasiswa 105 81 11251 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/22201/091004/2022, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu tanggal 13 Agustus 2022.

Makassar, 15 Muharram 1444 H
13 Agustus 2022 M

Panitia Ujian:

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT

2. Penguji:

a. Ketua : Dr. Ir. H. Riswal K, ST., MT., IPM

b. Sekretaris : Ir. Fatriady MR, ST., MT

3. Anggota: 1. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

2. Ir. Muh. Syafa'at S. Kuba, ST., MT

3. Ir. Fauzan Hamdi, ST., MT., IPM

Mengetahui:

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM


Kasmawati, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. H. Nirmawati, ST., MT., IPM
NIM: 095 108
DEKANA



FAKULTAS TEKNIK

STUDI DAN PENELITIAN

Universitas Muhammadiyah Makassar
Jl. Bontomatene No. 2, Makassar, Sulawesi Selatan
Telp. (0411) 451 2345, Fax. (0411) 451 2346
www.um.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **MODEL HYBRID ENGINEERING SEBAGAI ALTERNATIF PENGAMAN PANTAI (PENELITIAN LABORATORIUM)**

Nama : **DESI INDRIANI A. MUHAMMAD SYAHRIL**

No. Stambuk : **105 81 11150 17**
105 81 11251 17

Makassar, 13 Agustus 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

Kasmawati, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan

E. M. Agusalm, S.T., M.T
NPM : 947 993

Model Hybrid Engineering Sebagai Alternatif Pengaman Pantai (Penelitian Laboratorium)

Desi Indriani A¹ | Muhammad Syahril²

^{1,2} Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makasar

Email : ¹desiindriani512@gmail.com, ²syahril281997@gmail.com

Abstrak

Model Hybrid Engineering merupakan salah satu bangunan pengaman pantai yang terbuat dari bahan-bahan alam yang ada disekitar wilayah pesisir pantai seperti bambu, ranting kayu, dan akar magrove yang didesain khusus di wilayah pantai untuk berbagai jenis aktivitas dan berfungsi untuk mengurangi besarnya gelombang yang sampai di pantai dan sebagai jebakan sedimen (*sedimen trapping*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang diakibatkan oleh tinggi gelombang datang (H_i) serta kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien refleksi (K_r) dan koefisien transmisi (K_t). Metode penelitian eksperimental laboratorium dengan menggunakan 2 variasi model dengan jarak 1,0 cm dan 1,5 cm dengan menggunakan *flume* gelombang sebagai alat yang digunakan untuk membangkitkan gelombang dengan karakteristik gelombang yang dibangkitkan terdiri dari 2 variasi periode (T_1 : 1,1 detik; T_2 : 1,5 detik), kemudian kedalamn air (d) yang digunakan yaitu (d) 15 cm dan (d) 25 cm, variasi stroke untuk mengatur gerakan *flap* sebagai pembangkit yaitu 4 dan 5. Hasil pengujian dan pengolahan data menunjukkan bahwa ketika tinggi gelombang datang (H_i) semakin besar maka nilai koefisien refleksi dan koefisien transmisi (K_t) akan semakin kecil, perbandingan kecuraman gelombang (H_i/gT^2) jika semakin besar maka koefisien refleksi (K_r) dan koefisien transmisi (K_t) akan semakin kecil pada kedua model.

Kata Kunci : *Hybrid engineering*, Kecuraman gelombang, Refleksi, Transmisi.

Abstract

The Hybrid Engineering model is one of the coastal protection buildings made of natural materials that exist around the coastal area such as bamboo, wooden twigs, and mangrove roots which are specially designed in coastal areas for various types of activities and serves to reduce the amount of waves that reach the coast, beaches and as sediment traps. This study aims to determine the effect caused by the height of the incident wave (H_i) and the steepness of the wave steepness (H_i/gT^2) on the reflection coefficient (K_r) and transmission coefficient (K_t). Experimental laboratory research method using 2 variations of the model with a distance of 1.0 cm and 1.5 cm using wave flume as a tool used to generate waves with the characteristics of the generated waves consisting of 2 variations of the period (T_1 : 1.1 seconds; T_2 : 1.5 seconds), then the water depth (d) used is (d) 15 cm and (d) 25 cm, stroke variations to adjust the flap movement as generator are 4 and 5. The results of testing and data processing show that when high The larger the incident wave (H_i), the smaller the reflection coefficient and transmission coefficient (K_t), the steeper ratio of the wave (H_i/gT^2), the larger the reflection coefficient (K_r) and the smaller transmission coefficient (K_t) in both models

Keywords : *Hybrid engineering*, Wave steepness, Reflection, Transmission,.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Proposal ini dengan baik. Salawat serta salam tak henti-hentinya kami haturkan kepada Baginda Rasulullah SAW beserta keluarga dan kerabatnya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah **“MODEL HYBRID ENGINEERING SEBAGAI ALTERNATIF PENGAMAN PANTAI (PENELITIAN LABORATORIUM)”**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak masukan yang berguna dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu dengan segala ketulusan serta keikhlasan hati, kami mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi tingginya kepada:

1. Ibu **Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak **Ir. M. Aguslim, ST., MT** sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM** selaku pembimbing I dan Ibu **Kasmawati ST., MT** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan arahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

4. Bapak dan Ibu dosen serta staff pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Saudara serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan **Akurasi 2017** yang dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa serta pengorbanan kepada penulis.

Pada akhir penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis meminta saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga laporan tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik dan menambah pengetahuan kami dalam menulis laporan selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Pantai.....	7
1. Definisi Pantai Untuk Keperluan Pengelolaan Pantai	7
2. Definisi Pantai Untuk Keperluan Rekayasa/Teknik Pantai.....	8
B. Perubahan Garis Pantai.....	10

C. Gelombang.....	11
1. Parameter Gelombang.....	11
2. Karakteristik Gelombang	13
3. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif.....	15
4. Tinggi Gelombang	17
5. Teori Peredam Gelombang	19
D. Struktur Hybrid Engineering.....	22
1. Konsep Rekayasa Struktur Hybrid Engineering	22
2. Komponen Dalam Perencanaan dan Pembangunan Struktur.....	24
3. Desain Umum Struktur Hybrid Engineering.....	26
E. Variabel Penelitian	29
F. Penelitian Yang Relevan.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	34
A. Tempat dan Waktu Penelitian	34
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	34
C. Alat dan Bahan	34
D. Variabel Penelitian	37
E. Pelaksanaan Penelitian	37
F. Metode Pengambilan Data.....	41
G. Metode Analisis Data	43
H. Prosedur Penelitian	43
I. Flowchart Prosedur Perobaan Penelitian.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50

A. Data Hasil Penelitian	50
B. Analisis Data	52
1. Panjang Gelombang	52
2. Data Gelombang	55
C. Pembahasan	61
1. Hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r) pada model Hybrid Engineering.....	61
2. Hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap koefisien transmisi (K_t) pada model Hybrid Engineering.....	63
3. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien refleksi (K_r) pada model Hybrid Engineering.....	65
4. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien transmisi (K_t) pada model Hybrid Engineering.....	67
BAB V PENUTUP	69
A. Kesimpulan.....	69
B. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1. Definisi Pantai (wilayah pesisir) untuk keperluan pengelolaan pantai (Yuwono, 2005)	8
Gambar 2. Definisi pantai untuk keperluan rekayasa pantai.....	10
Gambar 3. Parameter Gelombang (Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999).....	12
Gambar 4. Sketsa definisi gelombang linier (<i>shore protection manual</i>).....	13
Gambar 5. Gerak partikel air dalam gelombang.....	16
Gambar 6. Konsepsi dasar struktur <i>Hybrid Engineering</i> dalam rehabilitasi ekosistem dan kawasan pantai yang terabrasi.....	23
Gambar 7. Contoh penggunaan struktur <i>Hybrid Engineering</i>	26
Gambar 8. Penampang melintang (<i>cross-section</i>) struktur <i>Hybrid Engineering</i> yang menggunakan struktur bambu dan penguat dan pengkai.....	28
Gambar 9. Tampak atas (<i>bird view</i>) dari struktur <i>Hybrid Engineering</i> yang menggunakan struktur bambu penguat dan perangkat.	28
Gambar 10. Tangki Pembangkit Gelombang (<i>Wave Flume</i>)	35
Gambar 11. Unit Pembangkit Gelombang	35
Gambar 12. Wave Monitor.....	36
Gambar 13. Model <i>Hybrid Engineering</i> tampak depan (Jarak model 1,0 cm)	38
Gambar 14. Model <i>Hybrid Engineering</i> tampak atas (Jarak model 1,0 cm)....	38
Gambar 15. Perspektif Model <i>Hybrid Engineering</i> (Jarak model 1,0 cm).....	39
Gambar 16. Model <i>Hybrid Engineering</i> tampak depan (Jarak model 1,5 cm)	39
Gambar 17. Model <i>Hybrid Engineering</i> tampak atas (Jarak model 1,5 cm)....	40
Gambar 18. Perspektif Model <i>Hybrid Engineering</i> (Jarak model 1,5 cm).....	40
Gambar 19. Penempatan posisi probe 1, probe 2, dan probe 3	45

Gambar 20. Sketsa penempatan model pada <i>wave flume</i> pada jarak model 1,0 cm kedalaman (d) 0,15 m.....	47
Gambar 21. Sketsa penempatan model pada <i>wave flume</i> pada jarak model 1,0 cm kedalaman (d) 0,25 m.....	47
Gambar 22. Sketsa penempatan model pada <i>wave flume</i> pada jarak model 1,5 cm kedalaman (d) 0,15 m.....	48
Gambar 23. Sketsa penempatan model pada <i>wave flume</i> pada jarak model 1,5 cm kedalaman (d) 0,25 m.....	48
Gambar 24. Flowchart.....	49
Gambar 25. Hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	62
Gambar 26. Hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap koefisien transmisi (K_t).....	64
Gambar 27. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	66
Gambar 28. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien transmisi (K_t).	68

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam	15
Tabel 2. Matriks penelitian sebelumnya terkait struktur Hybrid Engineering .	30
Tabel 3. Rancangan Simulasi Model	41
Tabel 4. Pengambilan Data	42
Tabel 5. Data hasil pengamatan untuk kerapatan 1,0 cm dan 1,5 cm.....	51
Tabel 6. Hasil perhitungan panjang gelombang (L)	55
Tabel 7. Hubungan gelombang datang (H_i) dengan koefisien refleksi (K_r) pada model <i>Hybrid Engineering</i>	61
Tabel 8. Hubungan gelombang datang (H_i) dengan koefisien transmisi (K_t) pada model Hybrid Engineering.	63
Tabel 9. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	65
Tabel 10. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien transmisi (K_t).....	67

DAFTAR NOTASI

L = Panjang gelombang

H = Tinggi gelombang

H_{\max} = Tinggi gelombang maximum

H_{\min} = Tinggi gelombang minimum

d = Kedalaman air

x = Jarak antarmodel (kerapatan)

T = Periode gelombang

H/L = Kemiringan gelombang (wave steepness)

H/d = Ketinggian relatif (relative height)

d/L = Kedalaman relatif (relative depth)

H_i = Tinggi gelombang datang

H_r = Tinggi gelombang refleksi

H_t = Tinggi gelombang transmisi

K_r = Koefisien refleksi

K_t = Koefisien transmisi

H_i/gT^2 = Kecuraman gelombang

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Badan Informasi Geospasial (BIG) menyebutkan total panjang garis pantai yang ada di Indonesia adalah 99.093 kilometer dan menjadikan negara ini kaya akan sumber daya alam yang berada di pesisir pantainya, namun kualitas alam tersebut tentu berbeda disetiap wilayahnya. Panjangnya garis pantai yang ada juga dapat menimbulkan masalah karena wilayah tersebut merupakan daerah peralihan antara laut dan daratan. Daerah pesisir merupakan salah satu wilayah yang sangat rentan mengalami bencana yang datang dari laut atau pantai. Salah satu contoh kerusakan yang dialami yaitu pengikisan sedimen garis pantai akibat gelombang yang disebut erosi/abrasi.

Bangunan pengaman pantai merupakan infrastruktur yang dibangun di garis pantai dan berfungsi sebagai pelindung pantai dan darat. Secara sederhana, bangunan pengaman pantai merupakan infrastruktur yang di desain khusus di pantai untuk berbagai jenis aktivitas. Bangunan tersebut berfungsi untuk mengurangi besarnya gelombang yang sampai di pantai (Pratikto et al., 2014).

Saat ini penanggulangan kerusakan pantai membutuhkan biaya yang cukup besar, sehingga diperlukan inovasi untuk perlindungan pantai yang ramah lingkungan dan biaya yang terjangkau agar garis pantai di wilayah Indonesia dapat tetap terjaga. Salah satu jenis tanaman yang biasa digunakan untuk perlindungan pantai adalah tanaman mangrove, namun upaya

penanaman mangrove sebagai penanggulangan abrasi pantai bisa terkendala apabila pantai tersebut merupakan pantai yang berpasir. Karena perlu kita ketahui bahwa tanaman mangrove hanya bisa tumbuh pada tanah gambut yang berlumpur, sementara sebagian besar pantai yang ada di Indonesia merupakan daerah perairan yang tertutup pasir.

Langkah yang perlu dilakukan untuk melindungi garis pantai dari erosi yaitu dengan membuat zona penyangga mangrove untuk menghentikan proses erosi dengan mengembalikan sedimen yang hilang sehingga mendapatkan garis pantai yang stabil. Teknik ini dinamakan rekayasa hybrid (*hybrid engineering*) dalam hal ini teknik rekayasa digabungkan dengan proses yang ada di alam dan sumber daya yang tersedia dapat menghasilkan solusi yang dinamis dan mampu beradaptasi dengan keadaan yang berubah. Rekayasa hybrid dapat digunakan dalam berbagai situasi dan ekosistem, rekayasa hybrid itu berupa *Semi Permeable Breakwater* yang dilakukan dengan menggunakan sumber daya alam yang ada disekitar pantai, contohnya berupa ranting atau dahan dari mangrove yang dipotong serta disusun membentuk suatu breakwater yang bersifat *semi permeable*.

Sehubungan dengan permasalahan yang terjadi di atas, dan dengan melihat terjadinya perubahan garis pantai yang diakibatkan oleh abrasi/erosi, maka penulis tertarik untuk mengangkat tugas akhir dengan judul **“Model Hybrid Engineering Sebagai Alternatif Pengaman Pantai (Penelitian Laboratorium)”**.

B. Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh tinggi gelombang datang (H_i) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) dan koefisien transmisi (K_t) menggunakan model *hybrid engineering*.
2. Bagaimana pengaruh kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) dan koefisien transmisi (K_t).

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh tinggi gelombang datang (H_i) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) dan nilai koefisien transmisi (K_t) menggunakan model *hybrid engineering*.
2. Untuk mengetahui pengaruh kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) dan nilai koefisien transmisi (K_t).

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian maka manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui parameter yang dapat digunakan dalam model *hybrid engineering*.
2. Mengetahui efektivitas perubahan yang terjadi pada gelombang setelah menggunakan struktur *hybrid engineering*.

3. Dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam perencanaan model struktur dengan rekayasa *hybrid engineering* yang efektif dan efisien sebagai alternatif pengaman pantai yang biayanya terjangkau.

E. Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini agar dapat mencapai sasaran yang diinginkan dan dapat berjalan efektif yaitu :

1. Debit aliran yang dibangkitkan adalah konstan dengan beberapa variasi debit.
2. Arus yang dibangkitkan adalah aliran yang teratur.
3. Fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah air tawar, salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan.
4. Penelitian ini hanya fokus membahas tentang panjang gelombang, tinggi gelombang, refleksi gelombang, dan transmisi gelombang menggunakan model *hybrid engineering*.
5. Model yang digunakan disusun secara horizontal.
6. Model *hybrid engineering* yang digunakan yaitu berupa rangkaian kayu yang disusun dengan jarak masing-masing model 1,0 cm dan 1,5 cm.
7. Tinggi muka air yang akan digunakan untuk pengamatan ini $d_1 = 15$ cm dan $d_2 = 25$ cm.
8. Periode (T) yang digunakan pada penelitian ini ada dua, yaitu $T_1 = 1,1$ detik dan $T_2 = 1,5$ detik.

F. Sistematika Penulisan

Sistematikan penulisan disusun agar tetap terarah pada tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN : Dalam bab ini, berisi tentang latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan yang digunakan. Bab ini menjelaskan permasalahan yang akan diamati, menjelaskan tujuan dan pentingnya hasil penelitian rekayasa hybrid engineering, ruangan lingkup sebagai batasan dalam penulisan, serta sistematika dan organisasi pengenalan isi per bab dalam disertasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA : Dalam bab ini, memberikan gambaran atau menguraikan berbagai literatur yang digunakan dan berhubungan dengan penelitian/pembahasan. Serta menguraikan teori yang berkaitan dengan penelitian agar dapat memberikan gambaran yang akan digunakan dalam perencanaan dan menganalisa masalah.

BAB III METODE PENELITIAN : Dalam bab ini, menguraikan tentang lingkup penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, tahapan penelitian, dan bagan alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN : Dalam bab ini, berisi hasil penelitian tentang rekayasa hybrid engineering sebagai alternatif pengaman pantai untuk daerah berpasir, sehingga dapat mengetahui bagaimana

perubahan yang terjadi pada gelombang setelah menggunakan penempatan model hybrid engineering.

BAB V PENUTUP : Berisi kesimpulan dan saran terhadap permasalahan dan tujuan penelitian yang telah di bahas pada bab sebelumnya. Schingga, untuk penelitian selanjutnya terdapat pengembangan untuk penggunaan model yang digunakan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai

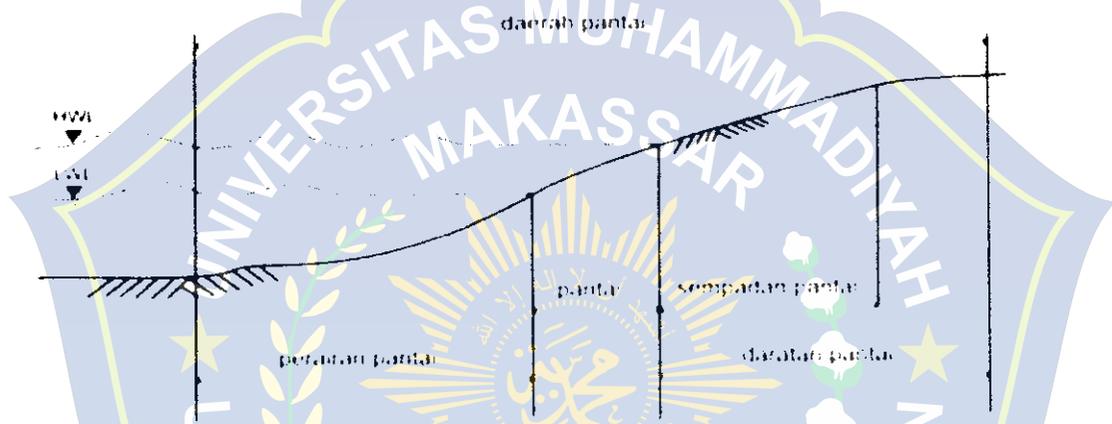
Pantai merupakan batas antara darat dan laut, diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah, dipengaruhi oleh fisik laut dan sosial ekonomi bahari, sedangkan ke arah darat dibatasi oleh proses alami dan kegiatan manusia di lingkungan darat (Triatmodjo, 1999).

Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian rupa sehingga dapat meredam energi gelombang yang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan tanggapan dinamis alami pantai terhadap laut. Walaupun sering kali pertahanan alami pantai tersebut tidak mampu menahan serangan aktifitas laut (gelombang, arus, angin, dan pasang surut).

1. Definisi Pantai Untuk Keperluan Pengelolaan Pantai

Kata pantai biasa disamakan dengan pesisir (coast) dan pantai (shore). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih memiliki pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai adalah daerah yang ada di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang yang tertinggi. Garis pantai yaitu garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak pernah tetap dan dapat berpindah-pindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai. Daerah lautan yaitu daerah yang berada di atas dan di bawah permukaan laut yang di mulai dari sisi laut pada garis

terendah, termasuk pada dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Sempadan pantai adalah Kawasan tertentu yang berada di sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk dapat mempertahankan kelcestarian fungsi pantai. Beberapa pengertian pantai di atas dapat secara skematik digambarkan pada gambar berikut :



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

2. Definisi Pantai Untuk Keperluan Rekayasa/Teknik Pantai

Gelombang yang merambat dari laut dalam akan mengalami sebuah perubahan bentuk dikarenakan pengaruh perubahan kedalaman laut. Berkurangnya kedalaman laut dapat menyebabkan semakin berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang (perbandingan antara tinggi dan Panjang gelombang) telah mencapai batas maksimum, maka gelombang akan pecah. Gelombang yang telah pecah merambat terus ke arah pantai sampai akhirnya gelombang tersebut bergerak naik dan turun pada permukaan pantai (uprush dan downrush).

Garis gelombang pecah merupakan batas perubahan pada perilaku gelombang dan juga transport sedimen pantai. Daerah dari garis gelombang pecah yang ke arah laut disebut dengan offshore. Sedangkan daerah yang terbentang ke arah pantai dari gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga daerah yaitu breaker zone, surfzone dan swash zone.

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

a. Surf Zone

Surf zone merupakan daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah sampai batas naik-turunnya gelombang yang ada di pantai.

b. Breaker Zone

Breaker zone merupakan daerah dimana terjadinya gelombang pecah

c. Swash Zone

Swash zone merupakan daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang yang ada di pantai.

d. Offshore

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

e. Foreshore

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

f. Inshore

Inshore merupakan daerah antar offshore dan foreshore.

g. Backshore

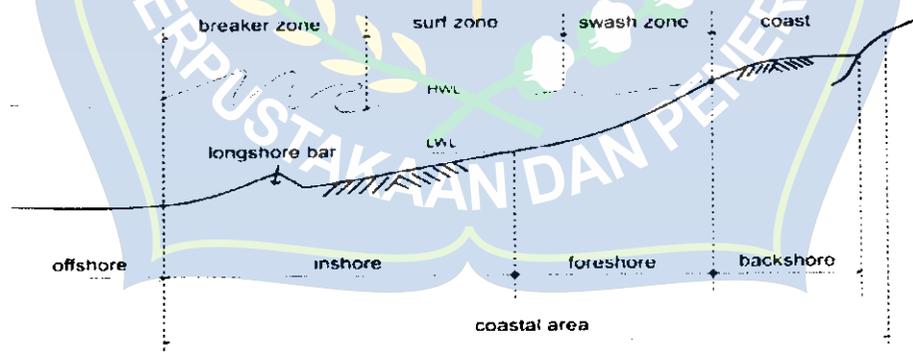
Backshore merupakan daerah yang dibatasi oleh foreshore dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tertinggi.

h. Coast

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

i. Coastal area

Coastal area merupakan daratan pantai dan perairan pantai sampai kedalaman 100 atau 150 m (Sibayama, 1992).



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

B. Perubahan Garis Pantai

Garis pantai (coastline) didefinisikan sebagai batas antara permukaan darat dan permukaan air (Guariglia et al. 2006). Faktor-faktor penyebab terjadinya perubahan garis pantai ada dua macam, yaitu faktor alami dan

faktor manusia. Faktor alami antara lain gelombang arus, angin, sedimentasi, pasang surut, dan lain-lain. Sedangkan faktor manusia diantaranya meliputi penggalian, penimbunan, reklamasi pantai, dan lain-lain.

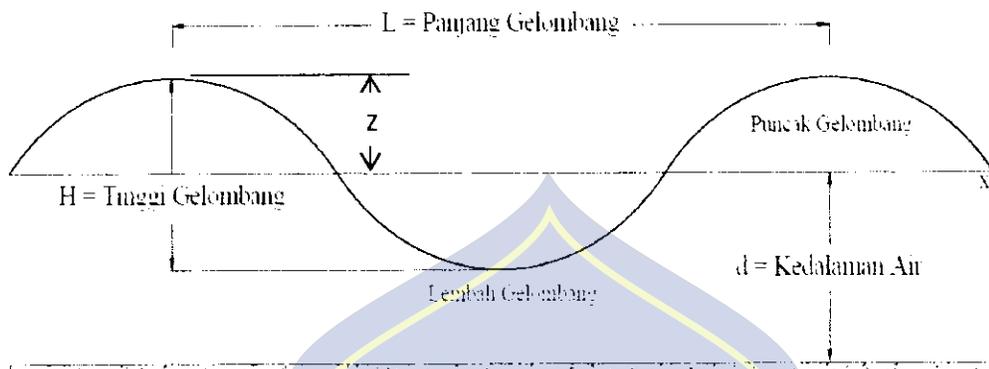
Model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen. Untuk itu pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas). Pada setiap masing-masing sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah laju aliran massa netto didalam sel adalah sama dengan laju perubahan masa didalam sel tiap satuan waktu (Triatmodjo, 1999).

C. Gelombang

Gelombang permukaan merupakan salah satu bentuk penjarangan energi yang biasanya dapat 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.

1. Parameter Gelombang

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. Berdasarkan teori Airy maka gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinus harmonis (*sinusoidal progressive wave*), gelombang dapat dijelaskan secara geometris (Triatmodjo, 1999) berdasarkan :



Gambar 3. Parameter Gelombang (Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999)

- Tinggi gelombang (H), yaitu jarak antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang.
- Panjang gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang.
- Jarak antara muka air rata-rata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut.

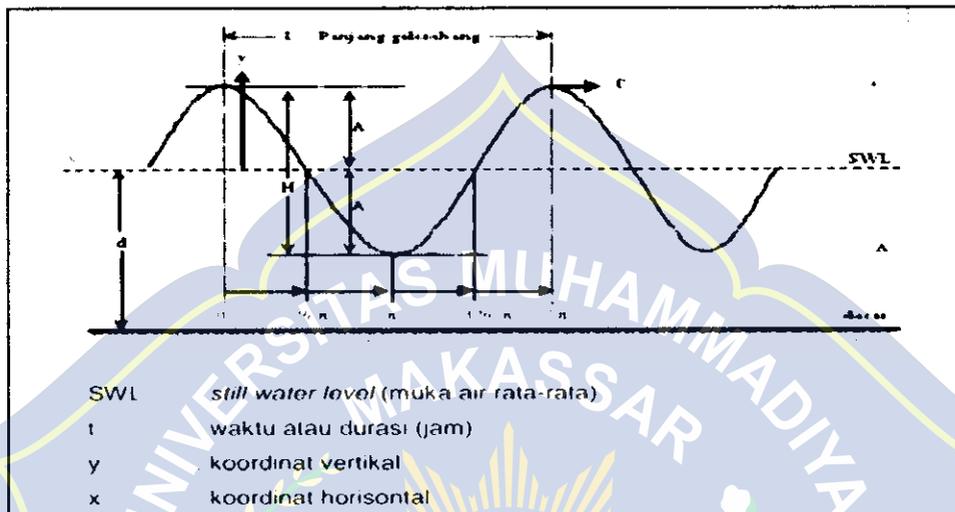
Ketiga parameter tersebut di atas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti :

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

Parameter penting lainnya seperti :

- Amplitudo gelombang (A), biasanya diambil setengah tinggi gelombang ($H/2$).
- Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara puncak gelombang (*wave crest*).
- Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap perdetik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $f = 1/T$ satu

periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut (θ) = 2π seperti yang dijelaskan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Sketsa definisi gelombang linier (*shore protection manual*)

2. Karakteristik Gelombang

Parameter penting yang digunakan 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. Berikut beberapa pengertian dari beberapa parameter yang ada diatas :

- Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik tertinggi gelombang yang berurutan, bisa juga disebut sebagai jarak antara dua lembah gelombang (gT^2).
- Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak atau lembah gelombang yang berurutan melewati suatu titik tertentu.
- 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 $z = -h$.

- d. Amplitudo (A) adalah jarak vertikal antara puncak atau titik tertinggi gelombang atau lembah/titik terendah gelombang, dengan muka air tenang ($H/2$).

Pada saat gelombang bergerak menuju ke garis pantai (*shoreline*), gelombang mulai bergesekan dengan dasar laut dan menyebabkan pecahnya gelombang di tepi pantai. Hal ini juga dapat berpengaruh pada garis pantai dan bangunan yang ada disekitarnya. Keenam peristiwa tersebut adalah :

- a. Refraksi gelombang yaitu peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.
- b. Difraksi gelombang yaitu peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindungi.
- c. Refleksi gelombang yaitu peristiwa pemantulan energi gelombang yang dapat disebabkan oleh suatu bidang bangunan di lokasi pantai.
- d. Wave shoaling yaitu peristiwa membesarnya tinggi gelombang pada saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
- e. Wave damping yaitu peristiwa tereduasinya energi gelombang yang biasanya disebabkan karena adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.
- f. Wave breaking yaitu 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 bergantung pada kecepatan angin, durasi, dan jarak seret gelombang (fetch).

3. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

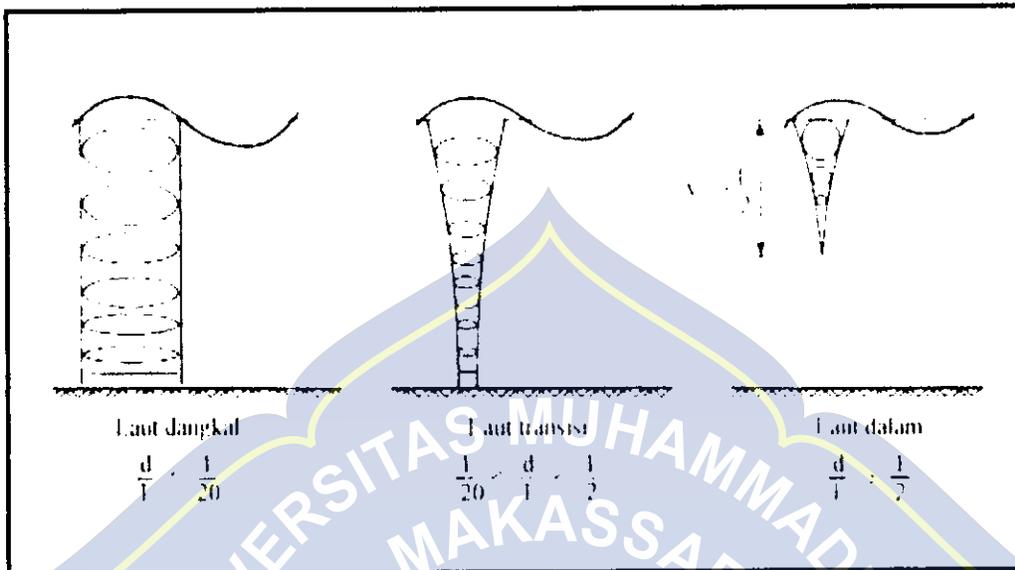
Jika ditinjau dari kedalaman relatif dimana gelombang menjalar, maka gelombang dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu gelombang laut dangkal, gelombang laut transisi dan gelombang laut dalam. Batasan dari ketiga kategori ini didasarkan pada rasio antara kedalaman (d) dan Panjang gelombang (L), (d/L). Gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam 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 dapat berubah selama penjalaran gelombang dari laut dalam sampai ke laut dangkal. Bentuk partikel yang terdapat pada gelombang yang bergerak menuju laut dangkal selama penjalaran gelombang dari laut dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk yang digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5. Gerak partikel air dalam gelombang.

Klasifikasi ini dilakukan untuk menyederhanakan rumus-rumus gelombang. Apabila kedalaman relative $d/L \geq \frac{1}{2}$ nilai $\tanh(\frac{d\pi d}{L}) = 1,0$ sehingga persamaan L (dengan nilai $g = 9,81 \text{ m/s}^2$) menjadi :

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56 T^2 \dots\dots\dots (1)$$

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 kedalamanya sangat kecil, sedangkan teori gelombang amplitudo berhingga memperhitungkan besarnya rasio antara tinggi gelombang terhadap panjang dan kedalaman airnya.

a. Gelombang Berdiri Progresif

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

b. 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.

4. Tinggi Gelombang

Gelombang yang mengenai atau 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.

Refleksi gelombang terjadi Ketika gelombang datang mengenai atau mengatur suatu rintangan sehingga kemudian di pantulkan Sebagian atau seluruhnya. Jika suatu gelombang yang mengalami pemantulan yang tidak sempurna membentur suatu penghalang, maka tinggi gelombang datang akan lebih besar dari tinggi gelombang yang direfleksikan. Periode gelombang datang yang dipantulkan adalah sama, sehingga panjang gelombangnya juga sama.

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). Tinggi gelombang refleksi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

Tinggi gelombang datang adalah:

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

Tinggi gelombang refleksi adalah :

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

Dimana :

H_i = Tinggi gelombang datang

H_r = Tinggi gelombang refleksi

H_{max} = Tinggi gelombang maksimum

H_{min} = Tinggi gelombang minimum

Parameter transmisi gelombang adalah suatu koefisien transmisi yang didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang di belakang bangunan pantai dan tinggi gelombang datang.

$$H_t = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

H_t = Tinggi gelombang transmisi

H_{max} = Tinggi gelombang maksimum

H_{min} = Tinggi 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.

5. Teori Peredam 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 pada karakteristik gelombang yang datang (periode, tinggi gelombang dan panjang gelombang), tipe perlindungan pantai (permukaan yang 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).

a. Refleksi gelombang

Refleksi adalah Gelombang datang yang mengenai /membentur suatu bangunan yang kemudian akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Pemantulan gelombang (refleksi) terjadi pada saat sebuah gelombang yang merambat dalam suatu media sampai di bidang batas medium tersebut dengan media lainnya. Tujuan refleksi gelombang sangat penting diketahui dalam perencanaan bangunan pantai, sehingga akan didapatkan keadaan perairan yang relatif tenang pada pelabuhan atau pantai.

Dengan demikian, pemantulan (refleksi) sebuah gelombang adalah bidang batas antara dua medium yang berbeda. Koefisien refleksi (Kr) adalah perbandingan amplitudo gelombang pantul dibandingkan amplitudo datang. Besar kemampuan suatu bangunan pemecah gelombang untuk memantulkan gelombang dapat diketahui melalui koefisien refleksi. Koefisien refleksi adalah perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (Hr) dan tinggi gelombang datang (Hi).

Parameter refleksi gelombang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (Kr) yang dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$Kr = \frac{Hr}{Hi} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

Kr = koefisien refleksi

Hi = tinggi gelombang datang

Hr = tinggi gelombang refleksi

Dalam menentukan tinggi gelombang refleksi dalam penelitian ini, dilakukan dengan pengukuran tinggi gelombang terukur di depan model *Hybrid Engineering*.

b. Transmisi Gelombang

Transmisi gelombang merupakan sisa energi gelombang setelah melewati atau menembus suatu struktur sisa penahan gelombang. Gelombang transmisi sangat dipengaruhi oleh karakteristik gelombang. Koefisien transmisi (K_t) adalah perbandingan amplitudo gelombang yang ditransmisikan dibandingkan gelombang datang. Koefisien transmisi (K_t) dihitung dengan persamaan berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

K_t = koefisien transmisi

H_i = tinggi gelombang datang

H_t = tinggi gelombang transmisi

Kondo (1970) mengemukakan bahwa koefisien transmisi tergantung kepada porositas (*porosity*), ikatan (*tortuosity*), pembentuk bangunan, bilangan reynold, kecepatan maksimum orbital prtikel air dipermukaan air (*still water level*), ukuran material dan viskositas kinematic air.

Dalam menentukan tinggi gelombang transmisi dalam penelitian ini, dilakukan dengan pengukuran tinggi gelombang terukur dibelakang model pemecah gelombang (Dirgayusa, IGPN., dan Yuwono. N, 1997).

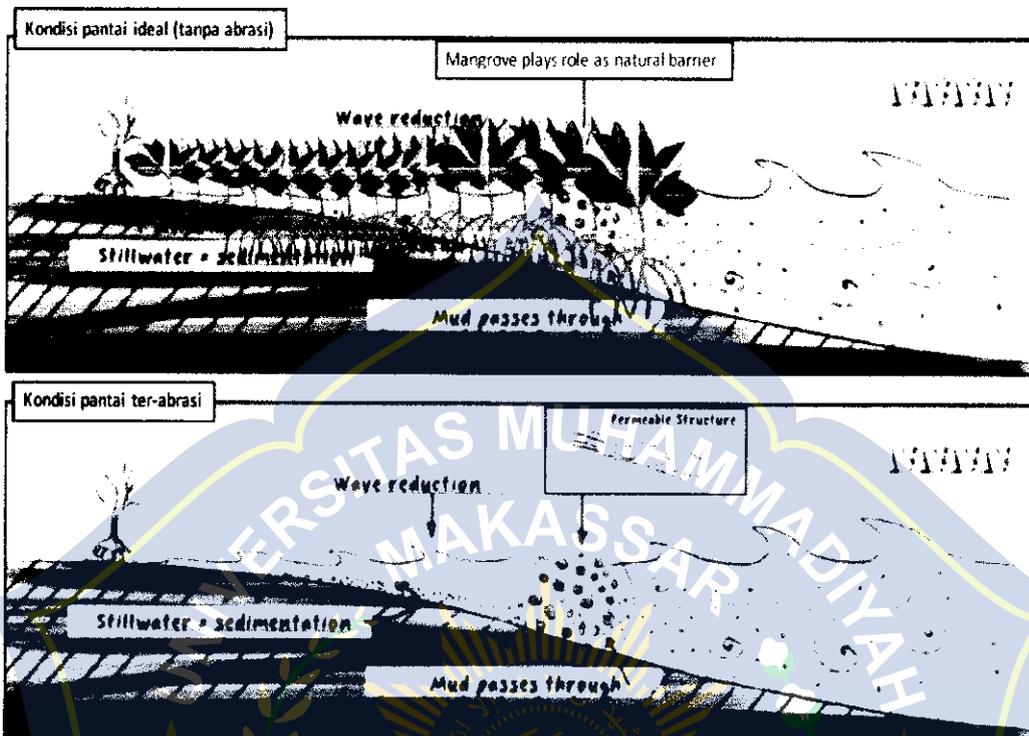
D. Struktur Hybrid Engineering

1. Konsep Rekayasa Struktur Hybrid Engineering

Secara alami, ekosistem pesisir seperti mangrove memiliki beberapa fungsi yaitu akarnya dapat mengikat sedimen untuk kasus pantai dengan material dominan lumpur sehingga dapat mengurangi dampak dari pengikisan akibat aksi gelombang. Batang mangrove dengan kerapatan yang tinggi dapat berfungsi untuk mengurugi atau meredam energi gelombang sehingga bisa membuat dampak hempasannya tidak signifikan dalam mempengaruhi dinamika angkutan sedimen di kawasan pesisir.

Ketika pembatas alami tersebut sudah hilang ada beberapa opsi yang dapat digunakan dalam perlindungan kawasan pesisir, misalnya menggunakan opsi struktur keras atau beton (*grey structure*), kemudian opsi gabungan antara struktur keras dan struktur alami (*green-grey structure*) dan yang terakhir opsi struktur alami murni (*green structure*). Untuk pendekatan alami, pendekatan dengan memanfaatkan proses alam dikenal juga dengan istilah *Building with Nature* (BwN) atau Membangun dengan Alam yang berarti memanfaatkan proses-proses alam dalam optimalisasi fungsi struktur atau rekayasa dalam memulihkan kawasan yang rusak.

Sejak tahun 2015, Kementerian Kelautan dan Perikanan menerapkan prinsip BwN dalam upaya rehabilitasi ekosistem yang ada di kawasan pantai utara Jawa dan di beberapa tempat lainnya yang ada di luar Pulau Jawa.



Gambar 6. Konsepsi dasar struktur *Hybrid Engineering* dalam rehabilitasi ekosistem dan kawasan pantai yang terabrasi. (*EcoShape Consortium*, 2016)

Rekayasa ekosistem yang dilakukan ini dinamakan *Hybrid Engineering* (HE) dengan membangun struktur lolos air (*semi permeable structure*) dari bahan bambu ataupun ranting kayu. Prinsip utama dalam struktur *Hybrid Engineering* ini adalah membuat 'jebakan' sedimen di kawasan pesisir pantai yang terabrasi. Pada saat pasang, gelombang akan datang dengan material lumpur (*suspended material*) akan terbawa ke belakang struktur dan pada saat surut material lumpur tersebut akan tersimpan di belakang struktur *Hybrid Engineering*. Dalam waktu tertentu, lumpur yang ada di belakang struktur *Hybrid Engineering* tersebut akan mengisi kembali bagian pantai yang terabrasi.

Prinsip penting yang perlu untuk dipahami dalam implementasi struktur *Hybrid Engineering* adalah struktur ini bukan berfungsi sebagai Alat Penahan Ombak (APO), tetapi sebagai *sedimen trapping* atau jebakan sedimen yang akan mereplikasi fungsi akar mangrove dalam kondisi yang ideal.

2. Komponen Dalam Perencanaan dan Pembangunan Struktur

Perencanaan pembangunan struktur *Hybrid Engineering* membawa pendekatan rekayasa atau teknik pantai untuk melihat penyebab terjadinya abrasi dan potensi sukses atau tidaknya intervensi struktur *Hybrid Engineering* yang akan dibangun di lokasi kegiatan.

Studi Pendahuluan dalam perencanaan mencakup batimetri, ketebalan sedimen kasar dan konsentrasi sedimen layang untuk estimasi sumber sedimen bagi struktur *Hybrid Engineering*. Dinamika arus dan gelombang dianalisa dalam hubungannya dengan angkutan sedimen akibat arus dan gelombang pada saat sebelum dan sesudah pembangunan struktur *Hybrid Engineering*.

Analisa kestabilan pada struktur *Hybrid Engineering* merupakan elemen yang penting dalam membuat perencanaan. Mengacu pada fungsinya yang lebih banyak ke jebakan sedimen (*sediment trapping*) dan bukan sebagai Alat Pemecah Ombak (APO), stabilisasi struktur perlu dianalisa dalam kaitannya dengan estimasi tinggi gelombang maksimum dimana struktur *Hybrid Engineering* dapat bertahan.

Komponen bahan dapat dipilih dari material yang tersedia luas di lokasi kegiatan. Sebagai material utama untuk pembuatan pagar, disepanjang pantai utara Jawa digunakan bambu. Namun di Kalimantan material bambu

tidak tersedia, maka bisa diganti dengan kayu ulin atau kayu lainnya. Di tempat lain seperti di pulau-pulau kecil dan terluar Indonesia dimana material kayu dan bambu cukup sulit untuk didapatkan, maka material utama untuk pagar dapat diganti dengan pipa paralon yang diisi dengan semen sebagai pengganti dari bamboo atau kayu. Pemilihan material yang tersedia di lokasi kegiatan bertujuan agar dalam perawatan struktur nantinya dapat secara swadaya dilakukan oleh masyarakat penerima manfaat.

Pada masa perencanaan dan pelaksanaan pembangunan struktur *Hybrid Engineering* sangat penting untuk melibatkan pemangku kebijakan yang ada di lokasi pembangunan. Dikarenakan permasalahan status lahan sebelum dan sesudah munculnya tanah timbul bisa menjadi persoalan yang pelik di daerah. Sehingga keterlibatan aparatur pemerintah sampai tingkat dewasa sangat penting tidak hanya dalam menjelaskan status lahan di lokasi pembangunan struktur *Hybrid Engineering*, tetapi juga dalam menentukan pengelolaan tanah timbul setelah kawasan yang terkena abrasi pulih kembali.

Pada saat pembangunan struktur *Hybrid Engineering* selesai, pemeliharaan secara terus menerus harus dilakukan karena merupakan komponen kunci agar struktur *Hybrid Engineering* dapat berguna maksimal dalam fungsi rehabilitasi kawasan terabrasi. Untuk itu, dibutuhkan pelebagaan penyelenggaraan pemeliharaan struktur *Hybrid Engineering* yang disiapkan dari awal. Pola swadaya masyarakat dengan menggunakan alokasi dana desa juga merupakan opsi yang paling memungkinkan agar pemeliharaan bisa berlanjut.



Gambar 7. Contoh penggunaan struktur *Hybrid Engineering*.

3. Desain Umum Struktur Hybrid Engineering

Komponen yang digunakan untuk struktur *Hybrid Engineering* pada dasarnya hanya terdiri dari dua bagian yaitu komponen bambu pancang dan ranting pengisi diantara dua pagar bambu. Akan tetapi, bergantung kepada hasil analisa gelombang dan kriteria stabilitas struktur *Hybrid Engineering* menghadapi aksi gelombang, tambahan bambu perangkai (posisi menyilang dari bambu pancang) dan struktur bambu penguat sesuai kebutuhan.

Panjang bambu pancang dapat disesuaikan dengan hasil pengamatan ketebalan lapisan sedimen (lumpur) dan ketinggian pasang surut khususnya ketinggian maksimal pada saat terjadi pasang tertinggi sebagai batas atas pengisian ranting.

Pemancangan bambu pada setiap bagian sebaiknya dilakukan dengan menggunakan alat ukur theodolite untuk dapat menjamin keseimbangan dan konsistensi dari dimensi struktur yang ada di lokasi. Untuk pemancangan

bambu di lokasi bekas mangrove, biasanya terdapat kendala dimana bambu tidak bisa dipancang sesuai kedalaman yang diinginkan. Untuk kondisi ini, maka disarankan menggunakan alat pemancang menggunakan kompresor udara agar bambu dapat ditekan sampai kedalaman yang diinginkan.

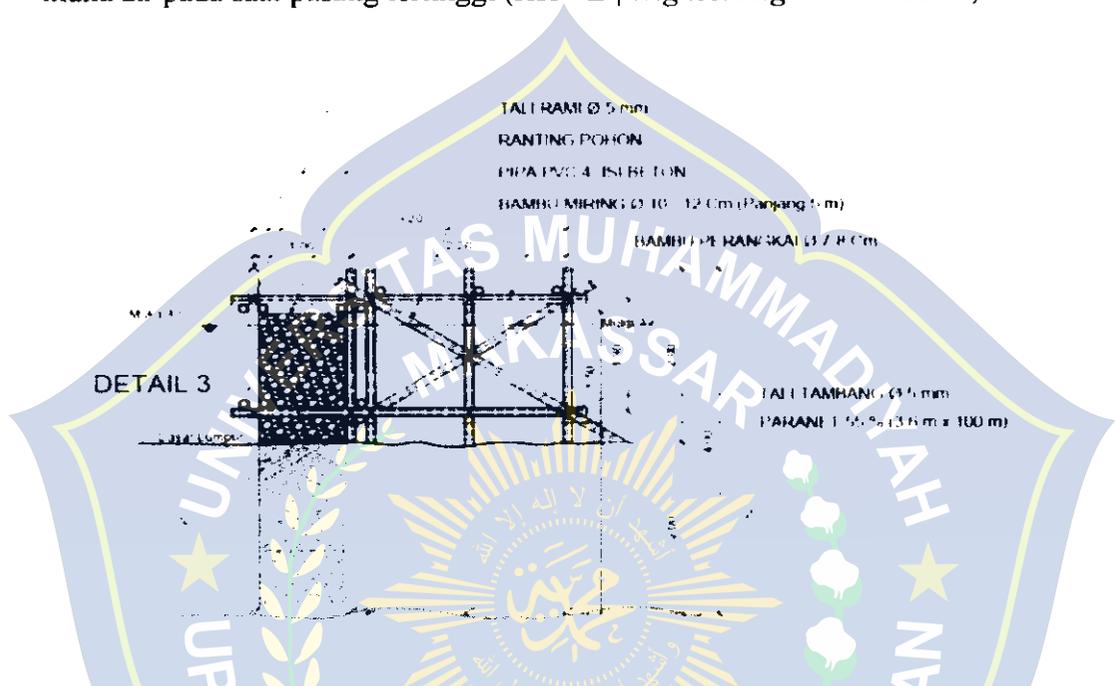
Kedalaman ideal untuk pengisian ranting adalah masuk hingga batas kedalaman lumpur keras, akan tetapi pelaksanaan di lapangan sangat sulit karena pengisian ranting dilakukan dengan tenaga manusia. Batas pengisian ranting di bawah lumpur minimal 0,5 meter dibawah batas permukaan lumpur lunak.

Pengisian ranting dilakukan secara bertahap dari dasar kumpur lunak sampai ketinggian maksimal di batas muka air tertinggi (*Highest High Water Level, HHWL*) tetapi langsung dalam satu segmen. Maksud dari bertahap yaitu pemasangan ranting dilakukan sedikit demi sedikit agar pemadatan ranting sempurna.

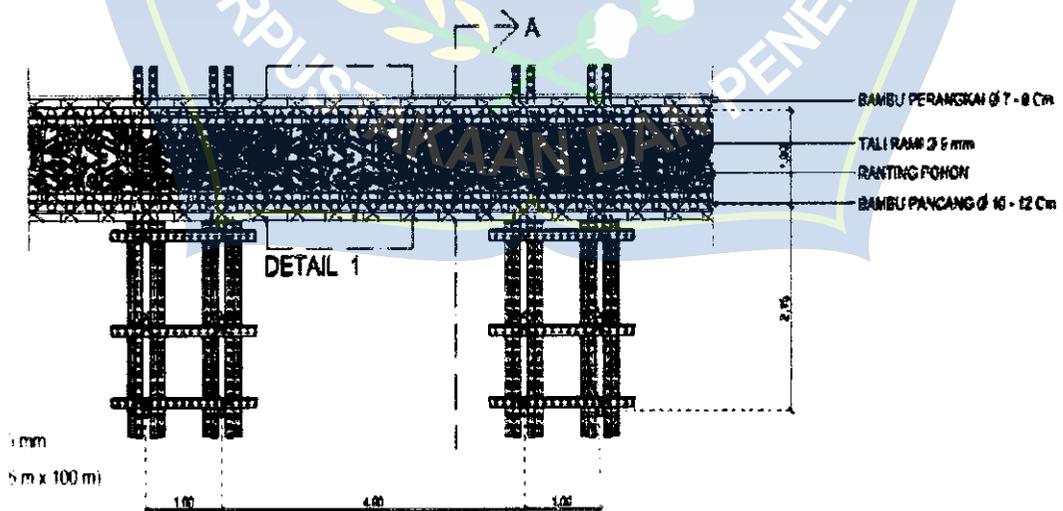
Komponen pendukung seperti struktur penguat dapat dibuat atau tidak tergantung kebutuhan dan panjang bagian struktur *Hybrid Engineering*. Untuk struktur *Hybrid Engineering* yang dibangun di lokasi dengan kondisi ombak besar dan kedalaman lumpur lunak yang dangkal maka diperlukan komponen struktur penguat yang cukup rapat untuk dapat menjamin kestabilan struktur.

Komponen penunjang lainnya adalah bambu perangkai atau bambu yang dipasang secara menyilang (horizontal) untuk dapat mengikat 15-20 batang bambu pancang. Komponen ini dipasang juga melihat dari kebutuhan akan stabilitas struktur. Untuk struktur yang membutuhkan bambu perangkai,

maka komponen ini dipasang pada dua jalur yaitu pada ketinggian 25 cm di atas permukaan lumpur lunak dan pada ketinggian yang sama dengan level muka air pada saat pasang tertinggi (*HHWL* | *Highest High-Water Level*).



Gambar 8. Penampang melintang (*cross-section*) struktur *Hybrid Engineering* yang menggunakan struktur bambu dan penguat dan perngkai.



Gambar 9. Tampak atas (*bird view*) dari struktur *Hybrid Engineering* yang menggunakan struktur bambu penguat dan perangkai.

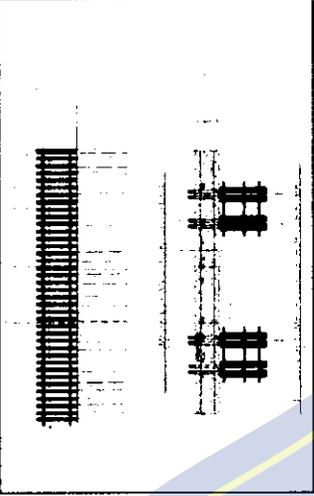
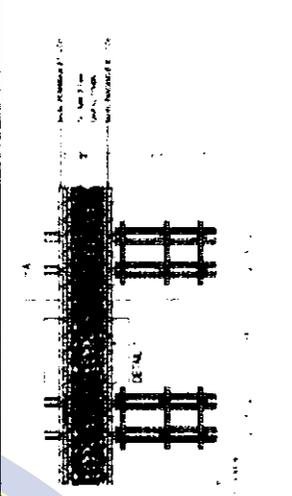
E. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu sifat atau nilai dari obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh para peneliti untuk dipelajari dan kemudian dapat ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2016). Pada penelitian ini digunakan dua variabel, yaitu variabel bebas atau variabel independent dan variabel terikat atau dependen. Menurut sugiyono (2016) mengungkapkan bahwa variabel dalam sebuah penelitian dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

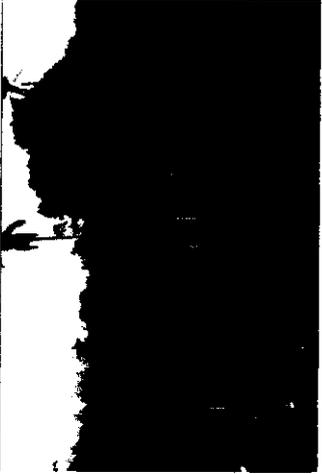
1. Variabel independent (variabel bebas) adalah variabel yang sering disebut sebagai *stimulus, predictor, antecedent*. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah kedalaman air (d), periode (T), jarak kerapatan (X), tinggi gelombang maksimal (H_{max}) dan tinggi gelombang minimal (H_{min}).
 - a. Variabel dependen (variabel terikat) adalah variabel yang sering disebut sebagai variabel output, kriteria, konsekuen. Variabel terikat atau dependen merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah panjang gelombang (L), tinggi gelombang datang (H_i), tinggi gelombang refleksi (H_r), tinggi gelombang transmisi (H_t), koefisien refleksi (K_r), dan koefisien transmisi (K_t), dan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2).

F. Penelitian Yang Relevan

Tabel 2. Matriks penelitian sebelumnya terkait struktur *hybrid engineering*.

No	Nama Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Hasil Penelitian	Model
1.	D.K Ariwanti, 2018	Efektivitas Struktur <i>Hybrid Engineering</i> dalam mengatasi Erosi Pantai di Kelurahan Trimulyo Kecamatan Gunung Kidul Kota Semarang	Mengkaji efektifitas struktur <i>Hybrid Engineering</i> dalam penanganan abrasi pantai di Kelurahan Trimulyo Kecamatan Gunung Kidul Kota Semarang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur hybrid yang dibangun di pesisir Kelurahan Trimulyo Kecamatan Gunung Kidul Kota Semarang efektif dalam mengatasi erosi pantai, hal ini dibuktikan dengan banyaknya sedimen yang terbentuk dibangunya struktur hybrid. Volume sedimentasi yang terbentuk dalam kurun waktu 33 bulan adalah sebesar 352.5 m ³	
2.	Suripin, Denny Sugianto, Muhammad Helmi, 2016	<i>Mangrove Restoration With Environment Friendly Permeable Breakwater</i>	Mendekripsikan proses restorasi mangrove dengan bangunan pelindung pantai yang ramah lingkungan di daerah pantai berlumpur.	Bangunan pemecah pantai tersebut sukses diimplementasikan karena terbukti dengan bertambahnya daratan di desa Timbulsloko yang bisa dimanfaatkan sebagai lahan restorasi mangrove.	

3.	Juventus W.R. Ginting, 2018	Efisiensi Model Fisik Peredaman Energi Gelombang dengan <i>Permeable Breakwater</i>	melakukan analisis terhadap efisiensi peredaman energi gelombang akibat adanya struktur <i>permeable breakwater</i> dengan beberapa bentuk geometrik struktur <i>permeable breakwater</i> untuk mengetahui karakteristik energi gelombang di sekitar <i>permeable breakwater</i> terhadap bentuk struktur	Model struktur <i>permeable breakwater</i> dengan rekayasa <i>hybrid engineering</i> menghasilkan peredaman energi gelombang untuk berbagai kondisi ketinggian puncak bangunan dari dasar dan lebar struktur, untuk berbagai ketinggian struktur dan lebar struktur dari perbandingan antara ketinggian struktur dengan lebar puncak struktur (h/B) nilai peredaman energi tertinggi adalah pada saat kondisi $h/B = 1$ dimana kondisi tersebut ketinggian struktur sama dengan lebar struktur.	
4.	Vivi Yovita Indriasari, Rudhy Akhwady, 2017	Rekayasa <i>Eco-Hybrid</i> Untuk Restorasi Pantai Kedungu, Bali	Menggunakan tanaman rumput vetiver sebagai pelindung daerah pantai terhadap gelombang pasang.	Perkembangan penerapan pelindung pantai sistem <i>eco-hybrid</i> serabut kelapa dan rumput vetiver terlihat baik. Terlihat dari tingkat ketahanan vegetasi yang bagus, tidak terjadinya kerusakan pada material serabut kelapa dan masih bertahannya bangunan pelindung pantai. Dari	

				<p>monitoring dengan uji direct shear di laboratorium, persen peningkatan kuat geser tanah rata-rata 39,6 % dibandingkan dengan tanah yang tidak ditanami rumput vetiver.</p>	
5.	Nenny T. Karim, A. M. Syamsuri, 2017.	<p>Pengaruh Kedalaman Pemecah Gelombang Terapung Pipa Anyaman Eceng Gondok Terhadap Tinggi Gelombang Refleksi dan Transmisi</p>	<p>Mengetahui pengaruh kedalaman dan pengaruh periode pada floating breakwater dengan melakukan pemodelan dalam skala laboratorium dengan menggunakan bahan eceng gondok kering yang dirakit.</p>	<p>Pada penelitian ini didapatkan hasil besarnya tinggi gelombang refleksi (H_r) berbanding lurus dengan kedalaman tenggelam model. Sedangkan untuk gelombang transmisi (H_t) memiliki hasil yang berbanding terbalik dengan kedalaman tenggelam model.</p>	

6.	A. M. Syamsuri, Dadang A. Suriamiharja, Muhammad Arsyad Thaha, Taufiqur Rachman, 2018	Analisis Pengaruh Dimensi Rangkaian Pipa Horisontal Terhadap Transmisi dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang	Menemukan hubungan pengaruh dimensi dinding gesek dimana diameter, panjang dan luas pori/tubang dinding pada pipa terhadap pengurangan tinggi gelombang dalam bentuk parameter tak berdimensi.	Hubungan parameter tak berdimensi antara parameter gesek terhadap koefisien transmisi (K_T) dan koefisien refleksi (K_R) menghasilkan hubungan dimana semakin tinggi nilai parameter gesek maka semakin menurun nilai koefisien transmisi (K_T) dan semakin meningkat nilai koefisien refleksi (K_R).	
7.	A. M. Syamsuri, Dadang A. Suriamiharja, Muhammad Arsyad Thaha, Taufiqur Rachman, 2021	<i>Effect of Pipe Diameter Variation on Transmission of Porous Breakwater</i>	Untuk Mengetahui pengaruh diameter dan kedalaman pipa variasi transmisi gelombang pada pemecah gelombang berpori dan untuk menganalisis parameter yang mempengaruhi koefisien transmisi pada peredam gelombang	Parameter yang mempengaruhi transmisi gelombang yaitu variasi diameter pipa (\emptyset), tinggi gelombang destruktif (H_i), panjang gelombang (L), dan air kedalaman (d). Pengaruh variasi diameter pipa pada transmisi gelombang berpori pemecah gelombang sangat signifikan. Semakin kecil diameter pipa, semakin kecil gelombang transmisi dihasilkan, lebih berguna untuk mereduksi gelombang.	

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan fisik di laboratorium Riset Teknik Pantai Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar dengan waktu penelitian 2 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 yang bertujuan untuk menyelidiki ada atau tidaknya hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

Pada penelitian ini akan digunakan sumber data yang berasal dari **data primer** yaitu data yang diperoleh secara langsung dari simulasi model fisik di laboratorium.

C. Alat dan Bahan

1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian, yaitu :

a. Tangki Pembangkit Gelombang (*wave flume*)

Wave flume terbuat dari struktur baja dengan dinding acrylic bening untuk pengamatan. Dimensi dari tangki pembangkit gelombang ini adalah :

- Panjang 15 m

- b. Air tawar
- c. Lem silicon
- d. Lem korea
- e. Lem lilin.

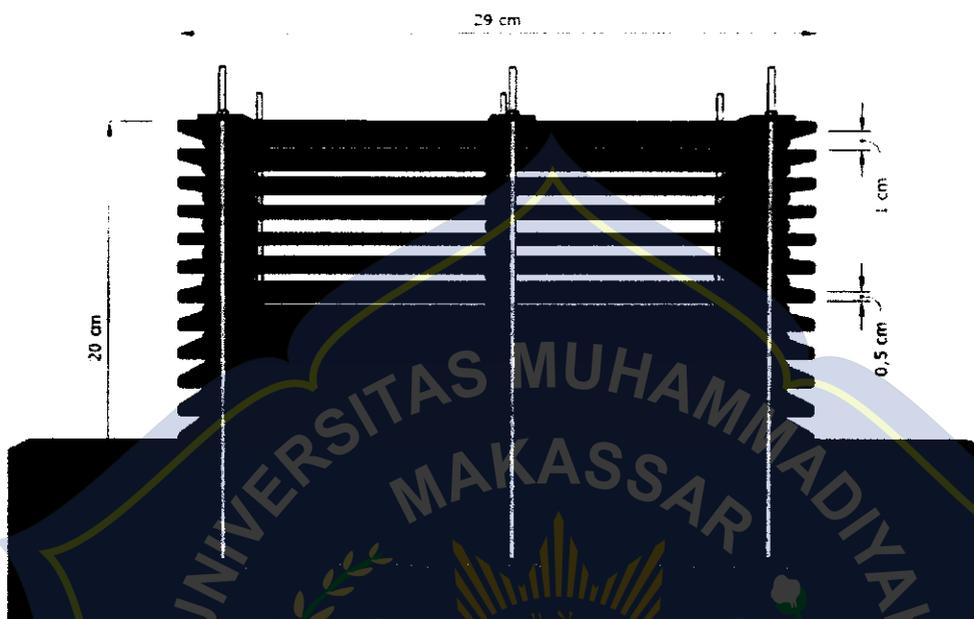
D. Variabel Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

- b. Variabel Bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain diantaranya kedalaman air (d), periode (T), jarak kerapatan (X), tinggi gelombang maksimal (H_{max}) dan tinggi gelombang minimal (H_{min}).
- c. Variabel Terikat adalah variabel yang dipengaruhi variabel lain diantaranya adalah panjang gelombang (L), tinggi gelombang datang (H_i), tinggi gelombang refleksi (H_r), tinggi gelombang transmisi (H_t), koefisien refleksi (K_r), dan koefisien transmisi (K_t), dan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2).

E. Pelaksanaan Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian, dilakukan desain atau perancangan model terlebih dahulu berdasarkan variabel yang akan diteliti. Desain atau perancangan model pemecah gelombang didasarkan pada beberapa spesifikasi yaitu berdasarkan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium. Model *Hybrid engineering* terbuat dari bahan kayu berdiameter 0,5 cm yang disusun setinggi 20 cm dengan variasi jarak kerapatan (1,0 cm dan 1,5 cm), lebar 29 cm dan panjang 10 cm.



Gambar 13. Model *Hybrid Engineering* tampak depan (Jarak model 1,0 cm)



Gambar 14. Model *Hybrid Engineering* tampak atas (Jarak model 1,0 cm)



Gambar 15. Perspektif Model *Hybrid Engineering* (Jarak model 1,0 cm)



Gambar 16. Model *Hybrid Engineering* tampak depan (Jarak model 1,5 cm)



Gambar 17. Model *Hybrid Engineering* tampak atas (Jarak model 1,5 cm)



Gambar 18. Perspektif Model *Hybrid Engineering* (Jarak 1,5 cm)

Tabel 3. Rancangan simulasi model

Model		d	T	Tinggi gelombang (H)		
Hybrid Engineering	Jarak kerapatan (x) (cm)	cm	dtk	Probe	Probe	Probe
				1	2	3
HE1	1,0	15	1,1	H1	H2	H3
			1,5	H1	H2	H3
		25	1,1	H1	H2	H3
			1,5	H1	H2	H3
HE2	1,5	15	1,1	H1	H2	H3
			1,5	H1	H2	H3
		25	1,1	H1	H2	H3
			1,5	H1	H2	H3

Tinggi gelombang diukur pada 3 titik yaitu probe 1 dan 2 berada di depan model sedangkan probe 3 berada di belakang model.

F. Metode Pengambilan Data

Dalam metode pengambilan data, pengukuran tinggi gelombang dilakukan pada saat gelombang yang dibangkitkan pada kondisi stabil, yaitu beberapa saat setelah gelombang dibangkitkan. Dalam pengambilan data, dilakukan di setiap jarak kerapatan pada kedalaman 15 cm dan 25 cm. Untuk setiap periode dibagi dalam 2 stroke yaitu stroke 4 dan stroke 5. Tabel pengamatan data dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Pengambilan Data

Hybrid Engineering	Jarak Kecepatan (x) (cm)	Kedalaman (d) (cm)	Periode (T) (dtk)	Stroke	Probe 1		Probe 2		Probe 3	
					H max	H min	H Max	H min	H max	H min
HE1	1,0	15	1,1	4						
				5						
				4						
				5						
				4						
				5						
HE2	1,5	25	1,1	4						
				5						
				4						
				5						
				4						
				5						
HE1	1,0	15	1,5	4						
				5						
				4						
				5						
				4						
				5						
HE2	1,5	25	1,1	4						
				5						
				4						
				5						
				4						
				5						
HE1	1,0	15	1,5	4						
				5						
				4						
				5						
				4						
				5						

Gelombang yang dihasilkan oleh *wave generator* terdiri dari 2 variabel periode dan 2 tinggi. Periode gelombang diatur oleh putaran *pulley*. Tinggi gelombang dikontrol oleh posisi stroke yang mengatur gerakan flap. Sedangkan kedalaman air dibagi menjadi dua jenis kedalaman yaitu kedalaman 15 cm dan 25 cm. Data karakteristik diperoleh sebelum diletakkan model.

G. Metode Analisis Data

Data tinggi gelombang yang dihasilkan dalam pengamatan selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan persamaan yang telah dibahas sebelumnya pada bab 2 sesuai dengan tujuan penelitian.

H. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian Model *Hybrid Engineering* Sebagai Alternatif Pengaman Pantai adalah sebagai berikut :

1. Sebelum melaksanakan penelitian, terlebih dahulu mempelajari literatur (buku & jurnal penelitian) yang akan dilaksanakan di laboratorium sehingga dapat diketahui parameter atau variabel penelitian.
2. Langkah selanjutnya yaitu menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan model struktur *hybrid engineering*. Model yang digunakan menggunakan kayu berdiameter 1,0 cm, & 1,5 cm yang disusun hingga mencapai ketinggian 20 cm.
3. Setelah model yang akan digunakan selesai dibuat, kemudian membawa model ke Laboratorium Riset Teknik Pantai Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Masukkan model *hybrid engineering* ke dalam *wave flume* pada tempat yang sudah ditentukan untuk jarak kerapatan 1,0 cm. perletakan posisi model pada saluran gelombang harus berada pada penempatan yang tepat sehingga efektif apabila gelombang datang maupun gelombang refleksi di depan model dan gelombang transmisi di belakang model.
5. Mengatur tinggi muka air yaitu pada kedalaman air ($d = 15$ cm dan 25 cm) dengan menggunakan mesin pompa air dari bawah penampungan air yang kemudian dialirkan masuk ke dalam *flume* hingga mencapai kedalaman yang diinginkan atau yang telah ditentukan.
6. Kemudian mengatur jarak pukulan pada *flap* menjadi 2 variasi stroke yaitu 4 & 5, serta mengatur variasi periode gelombang yaitu $T_1 = 1,1$ dan $T_2 = 1,5$.
7. Menyalakan PC, *wave monitor* dan aplikasi *eagle daq* kemudian mengkalibrasi masing-masing probe disetiap perubahan kedalaman air.
8. Perletakan posisi probe 1 dan probe 2 di depan model arah datangnya gelombang sedangkan probe 3 berada pada belakang model seperti pada gambar 19. Jarak antara probe 1 dan 2 disesuaikan dengan $\frac{1}{2} L$. suatu teknik menyelesaikan insiden pemantulan gelombang dari pencatatan gelombang, percobaan, pembangkitan gelombang telah menunjukkan asumsi (Goda, Y. Zusuki, 1976) :
 - a. Resolusi gelombang tidak dimungkinkan sekitar kondisi $\frac{\Delta \ell}{L} = \frac{n}{2}$ dimana $n ; 0, 1, 2, \dots$ sebagai pedoman resolusi gelombang dapat dilakukan dalam kisaran $0,05 < \frac{\Delta \ell}{L} < 0,45$.

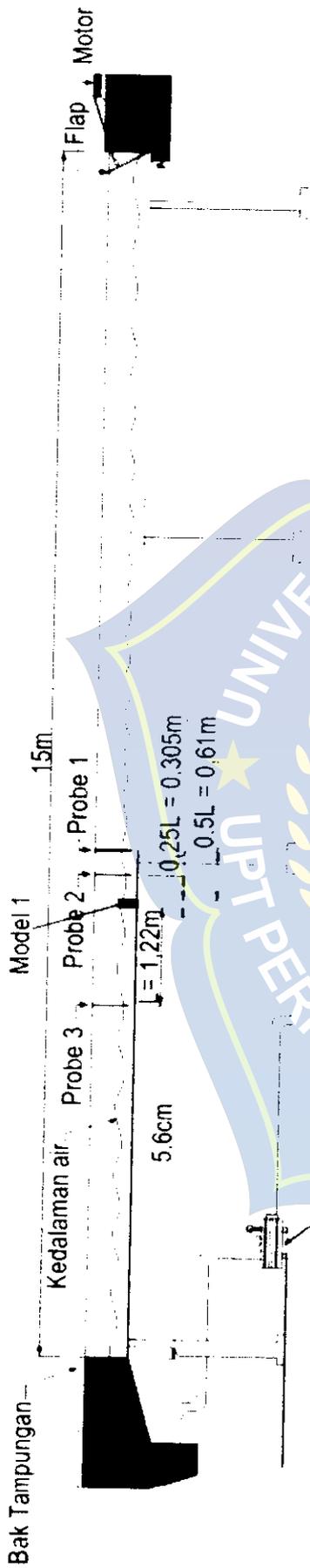
- b. Pengukur gelombang disusun kembali untuk ditempatkan pada jarak lebih dari satu panjang gelombang dari struktur uji dan pembangkitan gelombang dalam uji gelombang tidak teratur.
- c. Dalam uji gelombang regular, pengukur gelombang (probe) dapat diatur sedekat mungkin dengan struktur pada jarak $0,2 L$.
- d. Interaksi gelombang nonlinier yang dapat mempengaruhi keakuratan teknik resolusi gelombang.
- e. Teknik ini efektif dalam mendeteksi peningkatan harmonik acak dalam refleksi gelombang.



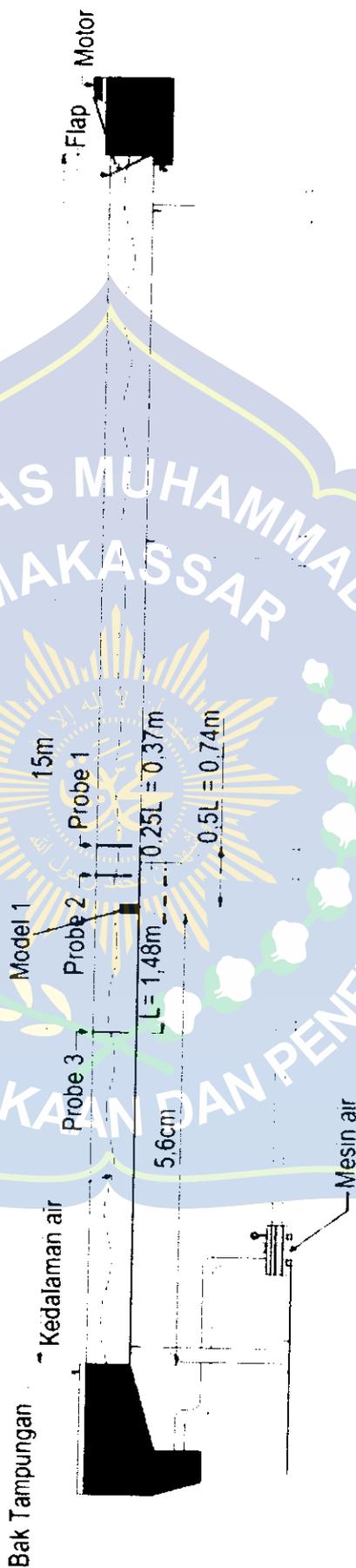
Gambar 19. Penempatan posisi probe 1, probe 2 dan probe 3.

9. Setelah semua komponen siap, maka dimulai proses running dengan membangkitkan gelombang dan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang. Pembacaan tinggi gelombang diperoleh dari pembacaan masing-masing probe 1, probe 2, probe 3 yang kemudian hasil rekamannya terkirim kedalam PC.

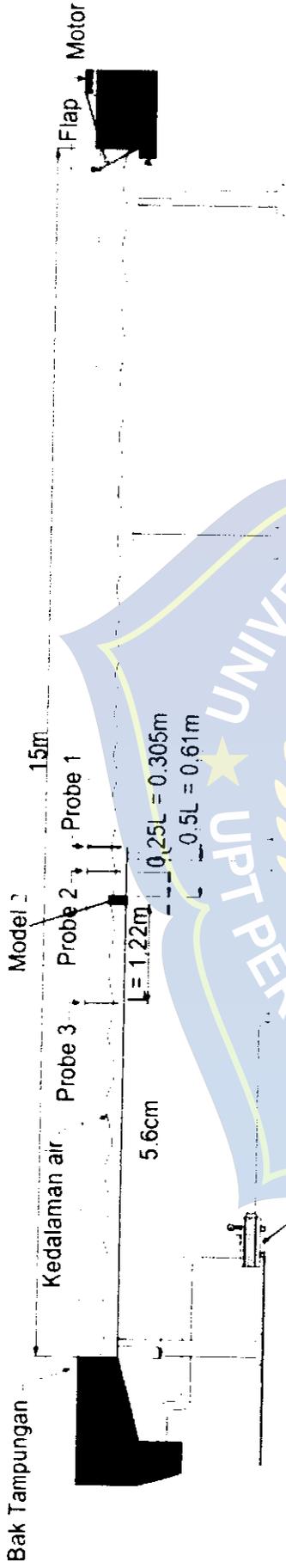
10. Selanjutnya jika grafik gelombang telah terekam pada PC langkah selanjutnya mengkonversi data yang tercatat di dalam PC dalam bentuk Microsoft Excel yang kemudian akan diolah. Prosedur dilakukan berulang-ulang setiap perubahan variasi.
11. Setelah proses running pada model kerapatan 1,0 cm telah selesai maka model dalam *flume* diganti ke model kerapatan selanjutnya yaitu kerapatan 1,5 cm dan ulangi langkah kerjanya seperti diawal.
12. Ketika hasil pengamatan tinggi gelombang belum sesuai maka penempatan probe diperbaiki secara manual dengan memindahkan pada titik yang dianggap bagus dan penyetelan probe diperbaiki secara manual.
13. Setelah data yang dihasilkan sudah bagus, mengkonversi data yang tercatat di dalam PC dalam bentuk *Microsoft Excel* yang selanjutnya akan diolah. Pengolahan data mengacu pada rumus-rumus yang telah dicantumkan pada bab 2 mengenai landasan teori.



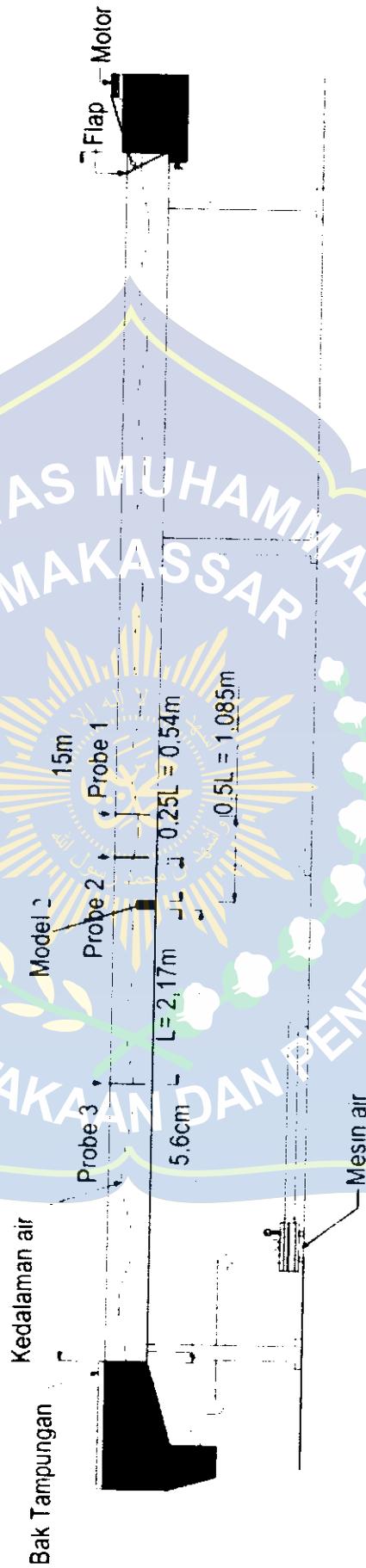
Gambar 20. Sketsa penempatan model pada *wave flume* pada jarak model 1,0 cm kedalaman (d) 0,15 m.



Gambar 21. Sketsa penempatan model pada *wave flume* pada jarak model 1,0 cm kedalaman (d) 0,25 m.



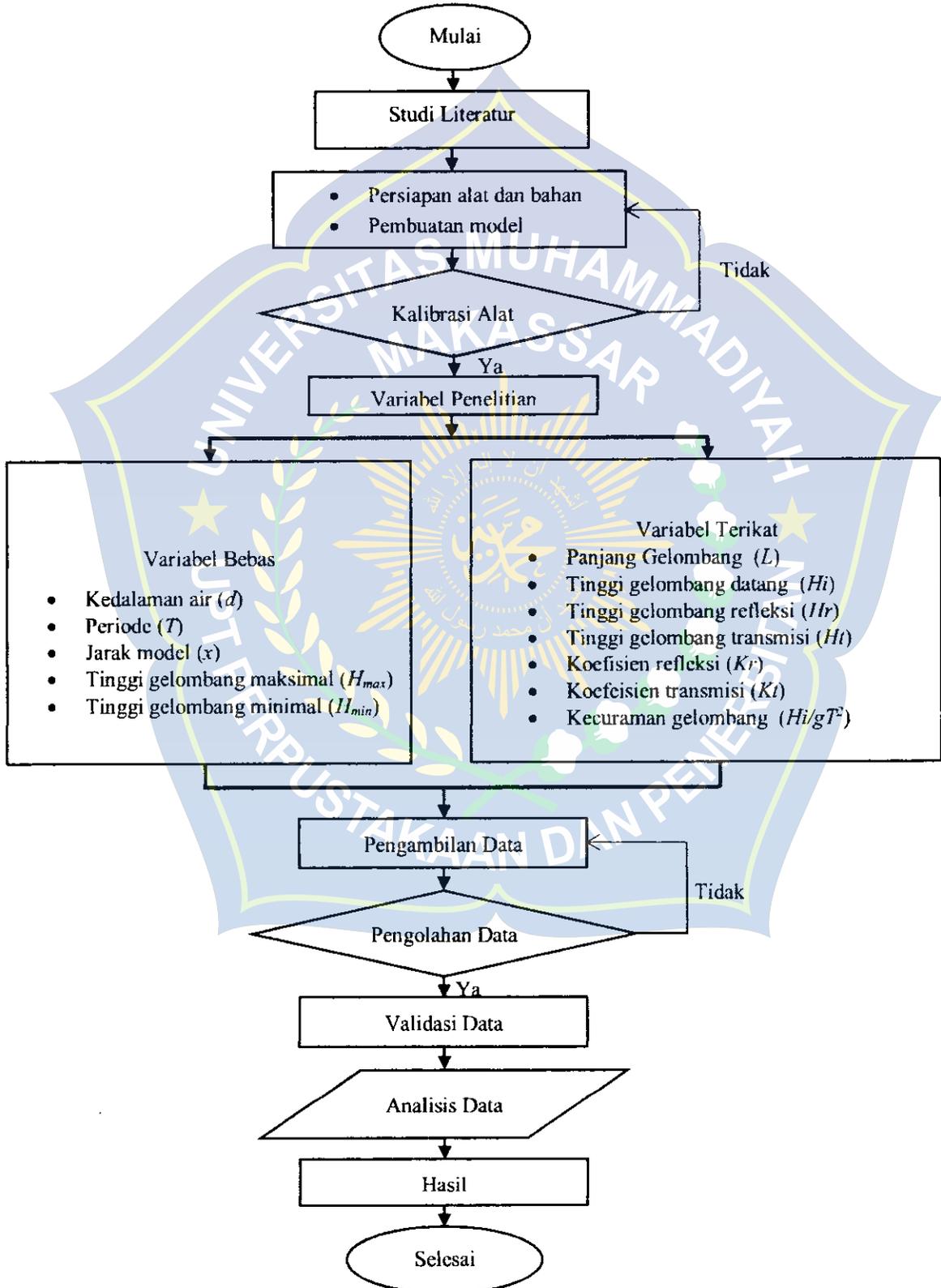
Gambar 22. Sketsa penempatan model pada *wave flume* pada jarak model 1,5 cm kedalaman (d) 0,15 m.



Gambar 23. Sketsa penempatan model pada *wave flume* pada jarak model 1,5 cm kedalaman (d) 0,25 m.

I. Flow Chart Prosedur Percobaan Penelitian

Secara garis besar penelitian ini digambarkan pada flowchart berikut :



Gambar 24. Flowchart

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

Pada bab ini akan dibahas data hasil penelitian yang diperoleh dari pengamatan yang telah dilakukan dari masing-masing variasi jarak kerapatan yang berupa tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) dari masing-masing probe 1, probe 2 dan probe 3. Pengukur tinggi gelombang (Probe) ditempatkan pada depan dan belakang model, yaitu probe 1 dan probe 2 yang ditempatkan pada depan model dan menghasilkan nilai tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) pada probe 1 dan probe 2 (di depan model). Sedangkan probe 3 ditempatkan pada belakang model yang menghasilkan nilai tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi nilai gelombang minimum (H_{min}) pada probe 3 (di belakang model). Kedalaman (d) yang digunakan ada 2 jenis kedalaman yaitu kedalaman (d_1) = 0,15 m dan kedalaman (d_2) = 0,25 m. Setiap kedalaman (d) masing-masing terdiri dari 2 variasi periode (T) yaitu periode (T_1) = 1,1 detik dan (T_2) = 1,5 detik. Setiap periode (T) di uji dalam 2 stroke yaitu stroke 4 dan stroke 5. Adapun data hasil pengamatan untuk jarak kerapatan (X_1) = 0,010 m dan jarak kerapatan (X_2) = 0,015 m sebagai berikut.

Tabel 5. Data hasil pengamatan untuk kerapatan 0,010 m (1,0 cm) dan 0,015 m (1,5 cm).

Jarak kerapatan (x)	(d)	(T)	L	Stroke	Probe 1				Probe 2				Probe 3		
					pembacaan atas	pembacaan bawah	H _{max}	pembacaan atas	pembacaan bawah	H _{min}	pembacaan atas	pembacaan bawah	H		
0,010	0,15	1,1	1,222	4	0,0477	0,0459	0,0936	0,0217	0,0233	0,0450	0,0228	0,0252	0,0481		
			1,222	5	0,0440	0,0431	0,0871	0,0215	0,0240	0,0455	0,0215	0,0249	0,0464		
	0,25	1,5	1,737	4	0,0380	0,0353	0,0732	0,0173	0,0215	0,0388	0,0206	0,0207	0,0413		
			1,737	5	0,0422	0,0405	0,0827	0,0255	0,0212	0,0468	0,0219	0,0201	0,0420		
	0,015	0,15	1,1	1,483	4	0,0548	0,0424	0,0972	0,0312	0,0219	0,0531	0,0237	0,0216	0,0453	
				1,483	5	0,0537	0,0432	0,0969	0,0269	0,0282	0,0552	0,0229	0,0212	0,0441	
0,25		1,5	2,172	4	0,0434	0,0414	0,0848	0,0254	0,0220	0,0474	0,0201	0,0239	0,0440		
			2,172	5	0,0467	0,0465	0,0932	0,0318	0,0211	0,0528	0,0203	0,0214	0,0417		
0,15		1,1	1,222	4	0,0459	0,0507	0,0966	0,0249	0,0249	0,0498	0,0241	0,0233	0,0473		
			1,222	5	0,0479	0,0384	0,0864	0,0224	0,0250	0,0475	0,0215	0,0236	0,0452		
0,015	0,15	1,5	1,737	4	0,0429	0,0335	0,0764	0,0212	0,0219	0,0431	0,0202	0,0207	0,0410		
			1,737	5	0,0590	0,0394	0,0984	0,0210	0,0340	0,0550	0,0203	0,0217	0,0420		
	0,25	1,1	1,483	4	0,0466	0,0496	0,0961	0,0267	0,0280	0,0547	0,0228	0,0217	0,0444		
			1,483	5	0,0496	0,0346	0,0842	0,0237	0,0234	0,0471	0,0206	0,0210	0,0417		
	0,15	1,5	2,172	4	0,0559	0,0410	0,0969	0,0340	0,0233	0,0573	0,0205	0,0201	0,0407		
			2,172	5	0,0468	0,0503	0,0971	0,0266	0,0302	0,0568	0,0206	0,0235	0,0441		

B. Analisis Data

1. Panjang Gelombang

Untuk menentukan nilai besaran Panjang gelombang dapat menggunakan dua metode, yaitu metode pertama perhitungan iterasi dari persamaan Panjang gelombang dan metode kedua dengan melakukan pengukuran secara langsung. Pengukuran langsung di laboratorium dapat diketahui dengan mengukur Panjang gelombang secara langsung yang terdiri dari 2 bukit dan 1 lembah menggunakan alat ukur meteran. Sedangkan untuk metode iterasi menggunakan data periode yang ditentukan pada saat pra-penelitian. Untuk penelitian kali ini digunakan Panjang gelombang yang dihitung dengan metode iterasi dengan persamaan dengan dua periode, yakni periode (T_1) = 1,1 detik dan periode (T_2) = 1,5 detik.

Diketahui :

- a) Panjang gelombang untuk $d_1 = 0,15$ m dan $T_1 = 1,1$ detik

$$\text{Kedalaman air } (d) = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Periode } (T) = 1,1 \text{ detik}$$

$$L_0 = 1,56 T^2$$

$$L_0 = 1,56 (1,1^2)$$

$$= 1,56 (1,21)$$

$$L_0 = 1,88 \text{ m}$$

$$d/L_0 = \frac{0,15}{1,88}$$

$$d/L_0 = 0,0794$$

d/L Interpolasi data tabel pantai

$$d/L = 0.12229 + \frac{0.0794 - 0.0790}{0.0800 - 0.0790} (0.12321 - 0.12229)$$

$$d/L = 0,12272$$

$$L = \frac{d}{0.12272} = \frac{0,15}{0.12272}$$

$$L = 1,222 \text{ m}$$

d/L_0	d/L
0.0790	0.12229
0.0794	0.12272
0.0800	0.12321

b) Panjang gelombang untuk $d_1 = 0,15 \text{ m}$ dan $T_2 = 1,5 \text{ detik}$

Kedalaman air (d) = 0,15 m

Periode (T) = 1,5 detik

$$L_0 = 1,56 T^2$$

$$L_0 = 1,56 (1,5^2)$$

$$= 1,56 (2,25)$$

$$L_0 = 3,51 \text{ m}$$

$$d/L_0 = \frac{0,15}{3,51}$$

$$d/L_0 = 0,0427$$

d/L Interpolasi data tabel pantai

$$d/L = 0.08553 + \frac{0.0427 - 0.0420}{0.0430 - 0.0420} (0.08664 - 0.08553)$$

$$d/L = 0,08635$$

$$L = \frac{d}{0.08635} = \frac{0,15}{0.08635}$$

$$L = 1,737 \text{ m}$$

d/L_0	d/L
0.0420	0.08553
0.0427	0.08635
0.0430	0.08664

c) Panjang gelombang untuk $d_2 = 0,25$ m dan $T_1 = 1,1$ detik

$$\text{Kedalaman air } (d) = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Periode } (T) = 1,1 \text{ detik}$$

$$L_0 = 1,56 T^2$$

$$L_0 = 1,56 (1,1^2)$$

$$= 1,56 (1,21)$$

$$L_0 = 1,88 \text{ m}$$

$$d/L_0 = \frac{0,25}{1,88}$$

$$d/L_0 = 0,1324$$

d/L Interpolasi data tabel pantai

$$d/L = 0,16825 + \frac{0,1324 - 0,1320}{0,1330 - 0,1320} (0,16909 - 0,16825)$$

$$d/L = 0,16862$$

$$L = \frac{d}{0,16862} = \frac{0,25}{0,16862}$$

$$L = 1,483 \text{ m}$$

d/L_0	d/L
0,1320	0,16825
0,1324	0,16862
0,1330	0,16909

d) Panjang gelombang untuk $d_2 = 0,25$ m dan $T_2 = 1,5$ detik

$$\text{Kedalaman air } (d) = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Periode } (T) = 1,5 \text{ detik}$$

$$L_0 = 1,56 T^2$$

$$L_0 = 1,56 (1,5^2)$$

$$= 1,56 (2,25)$$

$$L_0 = 3,51 \text{ m}$$

$$d/L_0 = \frac{0,25}{3,51}$$

$$d/L_0 = 0,0712$$

d/L Interpolasi data tabel pantai

$$d/L = 0,11488 + \frac{0,0712 - 0,0710}{0,0720 - 0,0710} (0,11582 - 0,11488)$$

$$d/L = 0,11509$$

$$L = \frac{d}{0,11509} = \frac{0,25}{0,11509}$$

$$L = 2,172 \text{ m.}$$

d/L_0	d/L
0,0710	0,11488
0,0712	0,11509
0,0720	0,11582

Tabel 6. Hasil perhitungan panjang gelombang (L)

Kedalaman air (d)	Periode gelombang (T)	Panjang gelombang (L)
(m)	(detik)	(m)
0,15	1,1	1,222
	1,5	1,737
0,25	1,1	1,483
	1,5	2,172

2. Data Gelombang

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan pada 2 titik di depan dan 1 titik di belakang model. Jarak antara 2 titik pengukuran didepan model ditentukan pada panjang gelombang yakni pada node dan anti node pada gelombang. Data utama yang diamati dan dicatat selama pengujian di

laboratorium adalah tinggi gelombang di depan model dan di belakang model. Dari hasil eksperimen dan pencatatan tinggi gelombang pada tiap titik lokasi pengamatan diambil nilai maksimum dan tinggi gelombang minimum, di depan dan di belakang model. Pencatatan menggunakan alat probe yang berupa sensor dan kemudian hasil selanjutnya akan ditransfer ke PC.

a. Tinggi Gelombang Datang (H_i)

Tinggi gelombang datang (H_i) yang dialami oleh pemecah gelombang tergantung seberapa besar nilai tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan nilai tinggi gelombang minimum (H_{min}) yang dialami oleh bagian depan peredam 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). Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang datang (H_i) pada kedalaman (d) 0,15 m di periode (T) 1,1 detik adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$H_{max} = 0,0936$$

$$H_{min} = 0,0450$$

$$H_i = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

$$H_i = \frac{0,0936 + 0,0450}{2}$$

$$H_i = 0,0693$$

Keterangan :

H_{max} = Tinggi gelombang maksimum

H_{min} = Tinggi gelombang minimum

H_i = Tinggi gelombang datang

b. Tinggi Gelombang Refleksi (H_r)

Gelombang datang yang mengenai atau membentur suatu rintangan akan dipantulkan Sebagian atau seluruhnya, fenomena gelombang ini disebut gelombang refleksi. Tinggi gelombang refleksi (H_r) adalah nilai H_{max} (di depan model) dikurang nilai H_{min} (depan model) kemudian dibagi dua (rerata) yang dapat diselesaikan dengan persamaan (3). Nilai tinggi gelombang refleksi didapatkan pada data di probe 1 dan probe 2. Salah satu contoh perhitungan gelombang refleksi di depan model pada kedalaman (d) 0,15 m di periode (T) 1,1 detik adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$H_{max} = 0,0936$$

$$H_{min} = 0,0450$$

$$H_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{2}$$

$$H_r = \frac{0,0936 - 0,0450}{2}$$

$$H_r = 0,0243$$

Keterangan :

H_{max} = Tinggi gelombang maksimum

H_{min} = Tinggi gelombang minimum

H_r = Tinggi gelombang refleksi

c. Tinggi Gelombang Transmisi (H_t)

Gelombang yang bergerak terus menerus melewati suatu struktur akan ditransmisikan, sehingga terdapat sisa-sisa energi gelombang yang terjadi setelah melewati struktur tersebut. Tinggi gelombang transmisi (H_t) adalah nilai H_{max} (di belakang model) ditambah nilai H_{min} (dibelakang model) kemudian dibagi dua (rerata) yang dapat diselesaikan dengan persamaan (4). Nilai tinggi gelombang refleksi didapatkan pada data probe 3. Salah satu perhitungan gelombang transmisi dibelakang model pada kedalaman (d) 0,15 m di periode (T) 1,1 detik pada probe 3 adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$H_{max} = 0,0228$$

$$H_{min} = 0,0252$$

$$H_t = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

$$H_t = \frac{0,0228 + 0,0252}{2}$$

$$H_t = 0,0240$$

Keterangan :

H_{max} = Tinggi gelombang maksimum

H_{min} = Tinggi gelombang minimum

H_t = Tinggi gelombang transmisi

d. Kecuraman Gelombang Datang (H_i/gT^2)

Untuk menyajikan hubungan kecuraman gelombang datang dengan nilai koefisien refleksi (K_r) dan koefisien transmisi (K_t) digunakan parameter tak berdimensi (H_i/gT^2). Contoh perhitungan nilai kecuraman gelombang adalah sebagai berikut :

Diketahui :

Tinggi gelombang datang (H_i) = 0,0693 m

Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/detik

Periode (T) = 1,1 detik

$$\frac{H_i}{gT^2} = \frac{0,0693}{9,81 \cdot 1,1^2}$$

$$= 0,0085$$

e. Nilai Koefisien Refleksi (K_r)

Besarnya koefisien refleksi (K_r) berdasarkan pada teori bab 2, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5). Salah satu contoh perhitungan koefisien refleksi gelombang pada kedalaman (d) 0,15 m periode (T) 1,1 detik adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$H_i = 0,0693$$

$$H_r = 0,0243$$

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

$$K_r = \frac{0,0243}{0,0693}$$

$$K_r = 0,3506$$

Keterangan :

H_i = Tinggi gelombang datang

H_r = Tinggi gelombang refleksi

f. Nilai Koefisien Transmisi (K_t)

Besarnya koefisien transmisi (K_t) berdasarkan pada teori bab 2, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6). Salah satu contoh perhitungan koefisien refleksi gelombang pada kedalaman (d) 0,15 m periode (T) 1,1 detik adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$H_i = 0,0693$$

$$H_t = 0,0240$$

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

$$K_t = \frac{0,0240}{0,0693}$$

$$K_t = 0,3467$$

Keterangan :

H_i = Tinggi gelombang datang

H_t = Tinggi gelombang transmisi.

Untuk hasil rekapitulasi perhitungan data gelombang dapat dilihat pada lampiran 1.

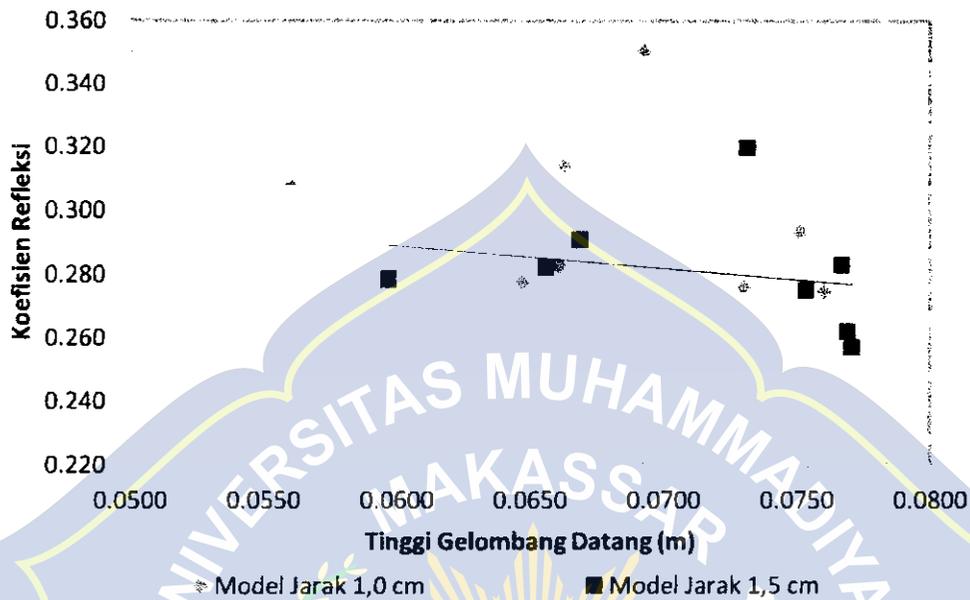
C. Pembahasan

Pada penelitian ini, terdapat 2 variasi jarak kerapatan model *Hybrid Engineering* yaitu 0,010 m (1,0 cm) dan 0,015 m (1,5 cm). Adapun variasi kedalaman (d) yang digunakan pada penelitian ini yaitu kedalaman (d_1) = 0,15 m dan (d_2) = 0,25 m, dan terdapat juga variasi periode (T) yakni (T_1) = 1,1 detik dan (T_2) 1,5 detik. Pembahasan untuk hasil penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r) pada model *Hybrid Engineering*.

Tabel 7. Hubungan gelombang datang (H_i) dengan koefisien refleksi (K_r) pada model *Hybrid Engineering*.

Jarak kerapatan (X) m	(d) m	(T) dtk	H_i m	K_r
0,010	0,15	1,1	0,0693	0,351
			0,0663	0,314
		1,5	0,0560	0,308
			0,0647	0,277
	0,25	1,1	0,0752	0,293
			0,0760	0,275
		1,5	0,0661	0,283
			0,0730	0,276
0,015	0,15	1,1	0,0732	0,319
			0,0669	0,291
		1,5	0,0597	0,278
			0,0767	0,283
	0,25	1,1	0,0754	0,275
			0,0656	0,282
		1,5	0,0771	0,257
			0,0769	0,262



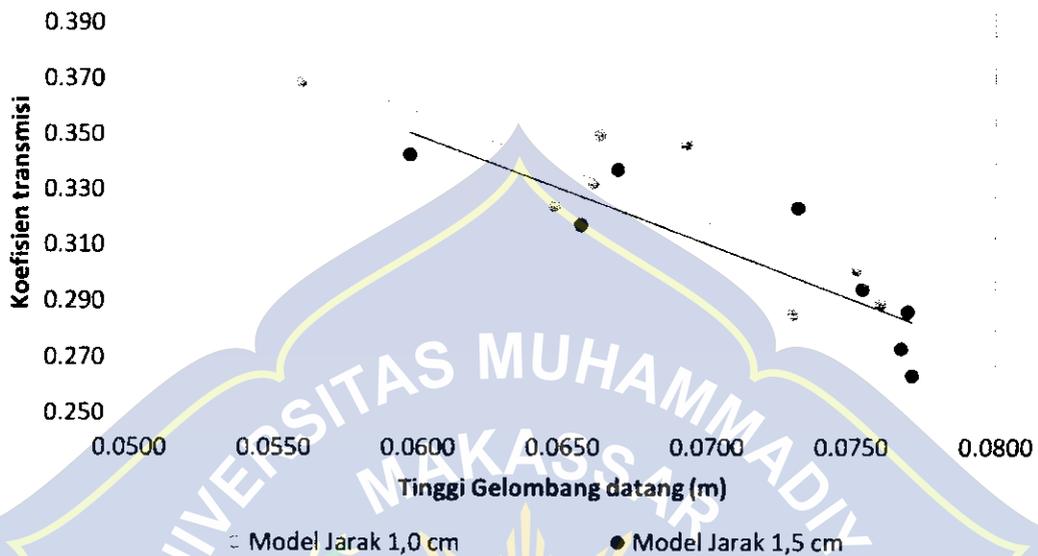
Gambar 25. Hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r).

Dari gambar 25 diatas dapat dijelaskan bahwa hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) pada model jarak kerapatan (X) 0,010 m dan 0,015 m menghasilkan bahwa semakin besar tinggi gelombang datang (H_i) maka nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin kecil. Misalnya pada model jarak = 0,010 m tinggi gelombang datang (H_i) yang terkecil yaitu 0,0560 m nilai koefisien refleksinya (K_r) adalah 0,308 dan nilai tinggi gelombang datang (H_i) yang tertinggi yaitu 0,0760 m nilai koefisien refleksinya (K_r) adalah 0,275. Selanjutnya pada jarak model = 0,015 m nilai tinggi gelombang datang (H_i) yang terkecil yaitu 0,0597 m nilai koefisien refleksinya (K_r) adalah 0,278 dan nilai tinggi gelombang datang (H_i) yang tertinggi yaitu 0,0771 m nilai koefisiennya (K_r) adalah 0,257. Jarak model 0,010 m dan jarak model 0,015 m koefisien refleksinya lebih besar pada kedalaman (d) 0,015 m periode (T) 1,1 detik.

2. Hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap koefisien transmisi (K_t) pada model *Hybrid Engineering*.

Tabel 8. Hubungan gelombang datang (H_i) dengan koefisien transmisi (K_t) pada model *Hybrid Engineering*.

Jarak kerapatan (X)	(d)	(T)	H_i	K_t
m	m	dtk	m	
0,010	0,15	1,1	0,0693	0,347
			0,0663	0,350
		1,5	0,0560	0,369
			0,0647	0,324
	0,25	1,1	0,0752	0,302
			0,0760	0,290
		1,5	0,0661	0,333
			0,0730	0,286
0,015	0,15	1,1	0,0732	0,323
			0,0669	0,338
		1,5	0,0597	0,343
			0,0767	0,274
	0,25	1,1	0,0754	0,295
			0,0656	0,317
		1,5	0,0771	0,264
			0,0769	0,287



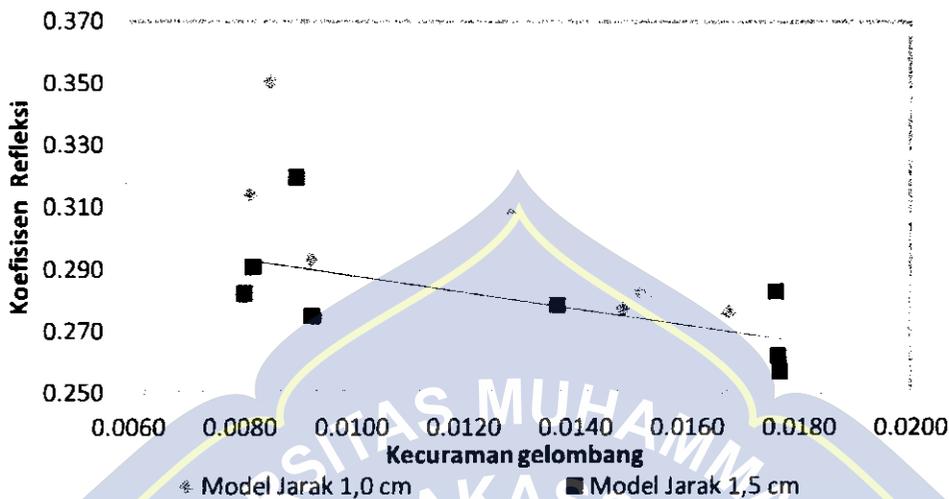
Gambar 26. Hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap koefisien transmisi (K_t).

Dari gambar 26 diatas dapat dijelaskan bahwa hubungan tinggi gelombang datang (H_i) terhadap nilai koefisien transmisi (K_t) pada model jarak kerapatan (X) 0,010 m dan 0,015 m menghasilkan bahwa semakin besar tinggi gelombang datang (H_i) maka nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin kecil. Misalnya pada model jarak = 0,010 m tinggi gelombang datang (H_i) yang terkecil yaitu 0,0560 m nilai koefisien transmisinya (K_t) adalah 0,369 dan nilai tinggi gelombang datang (H_i) yang tertinggi yaitu 0,0760 m nilai koefisien transmisinya (K_t) adalah 0,290. Selanjutnya pada jarak model = 0,015 m nilai tinggi gelombang datang (H_i) yang terkecil yaitu 0,0597 m nilai koefisien transmisinya (K_t) adalah 0,343 dan nilai tinggi gelombang datang (H_i) yang tertinggi yaitu 0,0771 m nilai transmisinya (K_t) adalah 0,264. Jarak model 0,010 m dan jarak model 0,015 m koefisien transmisinya lebih besar pada kedalaman (d) 0,015 m periode (T) 1,1 detik.

3. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien refleksi (K_r) pada model *Hybrid Engineering*.

Tabel 9. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien refleksi (K_r).

Jarak kerapatan (X)	(d)	(T)	H_i/gT^2	K_r
m	m	Dtk		
0,010	0,15	1,1	0,0085	0,351
			0,0082	0,314
		1,5	0,0128	0,308
			0,0148	0,277
	0,25	1,1	0,0093	0,293
			0,0094	0,275
		1,5	0,0152	0,283
			0,0167	0,276
0,015	0,15	1,1	0,0090	0,319
			0,0083	0,291
		1,5	0,0137	0,278
			0,0176	0,283
	0,25	1,1	0,0093	0,275
			0,0081	0,282
		1,5	0,0177	0,257
			0,0176	0,262



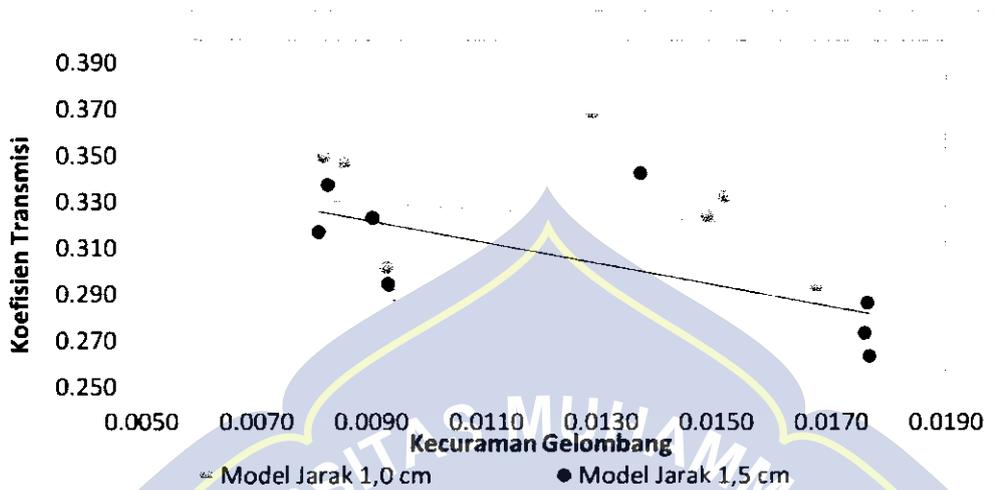
Gambar 27. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien refleksi (K_r).

Dari gambar 27 diatas dapat dijelaskan bahwa hubungan nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) pada model jarak kerapatan (X) 0,010 m dan 0,015 m menghasilkan bahwa semakin besar nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) maka nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin kecil. Misalnya pada model jarak = 0,010 m nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) yang terkecil yaitu 0,0082 m nilai koefisien refleksinya (K_r) adalah 0,314 dan nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) yang tertinggi yaitu 0,0167 nilai koefisien refleksinya (K_r) adalah 0,276. Selanjutnya pada jarak model = 0,015 m nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) yang terkecil yaitu 0,0081 m nilai koefisien refleksinya (K_r) adalah 0,282 dan nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) yang tertinggi yaitu 0,0177 m nilai koefisien refleksinya (K_r) adalah 0,257. Hubungan antara kecuraman gelombang datang dengan koefisien refleksi memiliki perbedaan yaitu kecuraman gelombang pada jarak model 0,010 m lebih besar dibandingkan jarak model 0,015 m.

4. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien transmisi (K_t) pada model *Hybrid Engineering*.

Tabel 10. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien transmisi (K_t).

Jarak kerapatan (X)	(d)	(T)	H_i/gT^2	K_t
m	m	dtk		
0,01	0,15	1,1	0,0085	0,347
			0,0082	0,350
		1,5	0,0128	0,369
			0,0148	0,324
	0,25	1,1	0,0093	0,302
			0,0094	0,290
		1,5	0,0152	0,333
			0,0167	0,293
0,015	0,15	1,1	0,0090	0,323
			0,0083	0,338
		1,5	0,0137	0,343
			0,0176	0,274
	0,25	1,1	0,0093	0,295
			0,0081	0,317
		1,5	0,0177	0,264
			0,0176	0,287



Gambar 28. Hubungan kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) terhadap koefisien transmisi (K_t).

Dari gambar 28 diatas dapat dijelaskan bahwa hubungan nilai kecuraman gelombang (H_i/gT^2) terhadap nilai koefisien transmisi (K_t) pada model jarak kerapatan (λ) 0,010 m dan 0,015 m menghasilkan bahwa semakin besar nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) maka nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin kecil. Misalnya pada model jarak = 0,010 m nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) yang terkecil yaitu 0,0082 nilai koefisien transmisinya (K_t) adalah 0,350 dan nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) yang tertinggi yaitu 0,0167 nilai koefisien transmisinya (K_t) adalah 0,293. Selanjutnya pada jarak model = 0,015 m nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) yang terkecil yaitu 0,0081 nilai koefisien transmisinya (K_t) adalah 0,317 dan nilai kecuraman gelombang datang (H_i/gT^2) yang tertinggi yaitu 0,0177 nilai koefisien transmisinya (K_t) adalah 0,264. Hubungan antara kecuraman gelombang datang dengan koefisien transmisi memiliki perbedaan yaitu kecuraman gelombang pada jarak model 0,010 m lebih besar dibandingkan jarak model 0,015 m.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang kami lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hubungan antara parameter tinggi gelombang datang terhadap nilai koefisien refleksi pada kedua model menghasilkan hubungan yaitu semakin besar tinggi gelombang datang maka nilai koefisien refleksi akan semakin kecil. Nilai koefisien refleksi pada model 1,0 cm lebih besar dibandingkan nilai koefisien refleksi 1,5 cm. Kemudian pada nilai koefisien transmisi pada kedua model juga menghasilkan hubungan yaitu semakin besar tinggi gelombang datang maka nilai koefisien transmisi juga akan semakin kecil. Nilai koefisien transmisi pada model 1,0 cm lebih besar dibandingkan nilai koefisien transmisi 1,5 cm.
2. Hubungan antara kecuraman gelombang datang terhadap koefisien refleksi pada kedua model menghasilkan hubungan yaitu semakin tinggi kecuraman gelombang datang maka nilai koefisien refleksi akan semakin kecil. Hubungan antara kecuraman gelombang datang terhadap koefisien refleksi pada jarak model 1,0 cm lebih besar dibandingkan pada jarak model 1,5 cm. Kemudian pada hubungan antara kecuraman gelombang datang terhadap koefisien transmisi pada kedua model menghasilkan hubungan yaitu semakin tinggi nilai kecuraman gelombang datang maka nilai koefisien transmisi akan semakin menurun. Hubungan antara

kecuraman gelombang datang terhadap koefisien transmisi pada jarak model 1,0 cm lebih besar dibandingkan pada jarak model 1,5 cm.

B. Saran

Kami sebagai penulis sadar bahwa dalam penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kami menyarankan penelitian ini masih perlu pengkajian untuk kondisi berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya lebih baik menggunakan model yang jaraknya lebih rapat dan dapat divariasikan juga posisi model menjadi vertikal ataupun horizontal atau menggunakan kombinasi keduanya.
2. Sebaiknya menggunakan bahan hybrid yang lebih banyak dan bervariasi yang dapat ditemukan pada sekitar daerah pesisir pantai yang akan menjadi tempat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Achiari, H., Ahmad, A. L., & Sulaiman, D. M. (2020). Analisis Refleksi Dan Transmisi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Tiang Pancang. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(3), 723-737.
- Anas, M. (2014). Studi Pemecah Gelombang Blok Beton Berpori Susun Seri. *Teknik Sipil UNHAS*.
- Baskoro, H., Atmodjo, W., & Purwanto, P. (2016). Studi Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan Bangunan Pantai Hybrid Engineering di Desa Timbulsloko, Demak. *Journal of Oceanography*, 5(3), 340-348.
- Goda, Y., & Suzuki, T. (1976). Estimation of incident and reflected waves in random wave experiments. *Coastal engineering proceedings*, (15), 47-47.
- Goda, Y. (2010). *Random seas and design of maritime structures* (Vol. 33). World Scientific Publishing Company.
- Hendra Yusran Siry, Abdul Muhari. (2018), *Struktur Hybrid Engineering – Solusi Rekayasa Berbasis Ekosistem untuk Restorasi Kawasan Pesisir*, Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Indriasari, V. Y., & Akhwady, R. (2017). Rekayasa Eco-hybrid untuk restorasi pantai Kedungu, Bali. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 21(1), 1-8.
- Karim, N. T., & Syamsuri, A. M. (2018). *PENGARUH KEDALAMAN PEMECAH GELOMBANG TERAPUNG PIPA ANYAMAN ECENG GONDOK TERHADAP TINGGI AKIBAT GELOMBANG REFLEKSI DAN TRANSMISI. TEKNIK HIDRO*, 11(1), 63-71.
- Paotonan, C., Hasan, W., & Umar, H. (2018). KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH SARAT RELATIF PADA HANGING SHEET PILE BREAKWATER AKIBAT GELOMBANG TIDAK BERATURAN (IRREGULAR WAVE). *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 66-70.
- Pasaribu, R. P., Irwan, A., Soeprijadi, L., & Pattirane, C. (2020). Studi Alternatif Bangunan Pengaman Pantai di Pesisir Kabupaten Karawang. *PELAGICUS*, 1(2), 83-95.
- Puspitasari, V. C., Purwanto, P., & Atmodjo, W. (2014). Penjalaran Gelombang Di Lokasi Pembangunan Permeable Dams Hybrid Engineering, Timbul Sloko, Demak. *Journal of Oceanography*, 3(4), 566-573.

- Syamsuri, A. M. (2021). *PENGARUH KEKASARAN DINDING PIPA PADA STRUKTUR PEMECAH GELOMBANG BERPORI TERHADAP DEFORMASI GELOMBANG* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Syamsuri, A. M., Suriamiharja, D. A., Thaha, M. A., & Rachman, T. (2018). ANALISIS PENGARUH DIMENSI RANGKAIAN PIPA HORIZONTAL TERHADAP TRANSMISI DAN REFLEKSI GELOMBANG PADA PEMECAH GELOMBANG BERPORI. *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 57-62.
- Syamsuri, A. M., Suriamihardja, D., Thaha, A., & Rachman, T. (2019). Pengaruh Periode dan Kedalaman Air terhadap Kecuraman Gelombang pada Flume Persiapan Percobaan Peredaman Gelombang. Seminar Nasional Teknik Sipil IX 2019.
- Syamsuri, A. M., Suriamihardja, D. A., Thaha, M. A., & Rachman, T. (2021). Effect of Pipe Wall Roughness On Porous Breakwater Structure On Wave Deformation.
- Syamsuri, A. M., Suriamihardja, D., Thaha, M. A., & Rachman, T. (2021, August). Effect of Pipe Diameter Variation on Transmission of Porous Breakwater. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 841, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- Syamsuri, A. M., Suriamihardja, D., Thaha, M. A., & Rachman, T. (2020). Wave reflection and transmission test with pipe wall roughness and without roughness on the perforated breakwater. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 419, No. 1, p. 012141). IOP Publishing.
- Triatmodjo, B. (1999). Buku Teknik Pantai. *Edisi Kedua*, Penerbit Beta Offset: Yogyakarta.
- Utomo, G. J., Atmodjo, W., Sugianto, D. N., Widiatih, R., & Ismanto, A. (2022). Efektifitas Struktur Kerapatan terhadap Laju Sedimentasi dan Jenis Sedimen pada Hybrid Engineering di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(1), 47-58.
- Yesiana, R., Hidayati, I. Y., & Wicaksono, G. (2016). Penguatan Ekosistem Pesisir: Monitoring dan Pembelajaran Pembangunan Alat Pemecah Ombak (APO) di Kota Semarang. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 4(3), 199-212.
- Yuwono, N. (1982). Teknik Pantai Volume I. *Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM*. Yogyakarta.