

SKRIPSI

**PENGARUH STRUKTUR HYBRID ENGINEERING TERHADAP
GELOMBANG TRANSMISI BANGUNAN PANTAI
(STUDI LABORATORIUM)**



AHMAD SURYADI
105811100917

MUHAMMAD NURFADLY
105811117817

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

2022

14/09/2022

1 sep
Sub. Alumni

R/0053/SLP/22ep
SUR
P



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 **Ahmad Suryadi** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11009 17 dan **Muhammad Nurfadly** dengan nomor induk mahasiswa 105 81 11178 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/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 Selasa tanggal 30 Agustus 2022.

Makassar, 03 Safar 1444 H
30 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 : Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc

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

3. Anggota: 1. Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

2. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

3. Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM

Mengetahui:

Pembimbing I

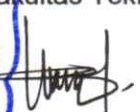
Pembimbing II


Dr. Ir. H. Riswal K, ST., MT., IPM


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



Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

NBM 795 108



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

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 : **PENGARUH STRUKTUR HYBRID ENGINEERING TERHADAP GELOMBANG TRANSMISI BANGUNAN PANTAI (STUDI LABORATORIUM)**

Nama : AHMAD SURYADI

MUHAMMAD NURFADLY

No. Stambuk : 105 81 11009 17

105 81 11178 17

Makassar, 31 Agustus 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. H. Riswal K, ST., MT., IPM


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

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan


Ir. M. Agus alim, S.T., M.T
NBM :947 993



PENGARUH STRUKTUR HYBRID ENGINEERING TERHADAP GELOMBANG TRANSMISI BANGUNAN PANTAI (STUDI LABORATORIUM)

Ahmad Suryadi¹ | Muhammad Nurfadly² | Riswal Karamma³ | Nenny Karim⁴

Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

Email : adidindong11@gmail.com

ABSTRAK

Engineering merupakan sedimen trapping atau jebakan sedimen sebagai replika akar mangrove dalam kondisi ideal, yang dibuat menggunakan bahan-bahan yang tersedia di sekitar pantai seperti kayu, bambu, ranting, atau pohon mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan dimensi model dengan man air (d) serta periode gelombang (T) terhadap tinggi gelombang transmisi (H_t), kemudian menganalisis pengaruh kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap nilai dan koefisien transmisi (K_t). Penelitian ini dilakukan di laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang berlokasi di jalan poros Malino, Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa. Metode yang digunakan berbasis eksperimental dengan menggunakan 2 model dengan jarak kerapatan 0,8 cm dan 1,5 cm. Karakteristik gelombang yang dihasilkan terdiri dari dua periode yaitu (T) 1,1 detik dan (T) 1,5 detik. Kemudian kedalaman air yang digunakan yaitu (d) 15 cm dan (d) 25 cm, dan 2 variasi stroke untuk mengatur gerakan flap sebagai pembangkit gelombang yaitu stroke 5 dan stroke 6. Pembacaan puncak dan lembah gelombang dilakukan secara otomatis melalui wave monitor dan disimpan di dalam komputer dan diolah menggunakan rumus-rumus yang telah disiapkan.

Kata Kunci : hybrid engineering, transmisi.

ABSTRACT

Engineering is a sediment trapping or sediment trap as a replica of mangrove roots in ideal conditions, which is made using materials available around the beach such as wood, bamboo, twigs, or mangrove tree branches. This study aims to determine the effect of changes in model dimensions with water depth (d) and wave period (T) on transmission wave height (H_t), then analyze the effect of wave steepness (H_i / L) on the value and transmission coefficient (K_t). This research was conducted at the Civil Engineering Hydraulics Laboratory, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, located on Malino axis road, Bontomarannu Village, Gowa Regency. The method used is experimental based using 2 variations of models with density distances of 0.8 cm and 1.5 cm. The resulting wave characteristics consist of two period variations, namely (T) 1.1 seconds and (T) 1.5 seconds. Then the water depth used is (d) 15 cm and (d) 25 cm, and 2 stroke variations to regulate the movement of the flap as a wave generator, namely stroke 5 and stroke 6. The reading of peaks and wave valleys is carried out automatically through a wave monitor and stored in a PC in the form of Microsoft Excel which will then be processed using prepared formulas.

Keywords : hybrid engineering, 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 **“PENGARUH STRUKTUR HYBRID ENGINEERING TERHADAP GELOMBANG TRANSMISI BANGUNAN PANTAI (STUDI 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. Hj. Nurnawaty, ST., MT.**, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak **M. Agusalim, ST., MT.**, sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **Dr. Ir. H. Riswal K, ST., MT., IPM** selaku pembimbing I dan Ibu **Dr. Ir. Nenny T Karim ST., MT., IPM** 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 penegetahuan kami dalam menulis laporan selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 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 DAN SINGKATAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	i
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Pantai dan Pesisir.....	7
1. Definisi Pantai.....	7
2. Definisi Pesisir.....	8
B. Klasifikasi Pantai.....	9
1. Pantai Berbatu.....	10
2. Pantai Berpasir.....	10
3. Pantai Berlumpur.....	11
C. Karakteristik dan Ekosistem Pesisir.....	12
1. Karakteristik Pesisir.....	12
2. Ekosistem Pesisir.....	13

D. Karakteristik Abrasi	14
E. Karakteristik Gelombang	14
F. Klasifikasi Gelombang	19
1. Gelombang Berdiri progresif	21
2. Gelombang Berdiri Parsial	21
G. Parameter Bangunan Peredam Energi	21
H. Hybrid Engineering	23
1. Konsep Rekayasa Struktur Hybrid Engineering	23
2. Komponen Dalam Perencanaan dan Pembangunan Struktur	24
3. Desain Umum Struktur Hybrid Engineering	27
BAB III METODE PENELITIAN	30
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	30
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	30
C. Alat dan Bahan	31
D. Variabel Penelitian	33
E. Desain Alat Pemecah Gelombang Tenggelam	33
F. Metode Analisa Data	35
G. Prosedur Penelitian Laboratorium	36
H. Diagram Proses Penelitian Laboratorium	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Hasil Penelitian	40
1. Kalibrasi Alat	40
2. Data Hasil Penelitian	42
B. Analisa Data	45
1. Panjang Gelombang	45
2. Gelombang Transmisi	46
3. Kecuraman Gelombang	47
C. Pembahasan	49

1. Hubungan Periode Gelombang Terhadap Panjang Gelombang Dengan Variasi Kedalaman.....	49
2. Hubungan Periode Gelombang Terhadap Gelombang Datang Dengan Variasi Kedalaman.....	51
3. Hubungan Gelombang Datang Terhadap Koefisien Transmisi Pada Model Hybrid Engineering	53
4. Hubungan Panjang Gelombang Terhadap Koefisien Transmisi Pada Model Hybrid Engineering	55
5. Hubungan Kecuraman Gelombang Terhadap Koefisien Transmisi Pada Model Hybrid Engineering	57
BAB V PENUTUP	59
A. Kesimpulan	59
B. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Pantai berbatu.....	10
2. Pantai berpasir.....	11
3. Pantai berlumpur.....	11
4. Karakteristik gelombang.....	16
5. Refraksi gelombang.....	17
6. Difraksi gelombang.....	17
7. Gerak partikel air dalam gelombang.....	20
8. Dasar struktur hybrid engineering.....	24
9. Skema perencanaan dan pelaksanaan pembangunan struktur hybrid engineering.....	25
10. Penampang melintang struktur hybrid engineering.....	28
11. Tampak atas struktur hybrid engineering.....	29
12. Flume.....	31
13. Wave monitor.....	31
14. Unit pembangkit gelombang tiap flap.....	32
15. Potongan desain model tampak depan.....	33
16. Bentuk jadi model tampak atas.....	34
17. Bentuk model tampak kiri depan.....	34
18. Denah perletakan model.....	36
19. Sketsa penempatan model pada wave flume kedalaman 0,15 m.....	38
20. Sketsa penempatan model pada wave flume kedalaman 0,25 m.....	38
21. Flow chart.....	39
22. Hasil kalibrasi probe 1 kedalaman 0,15 m.....	41
23. Hasil kalibrasi probe 2 kedalaman 0,15 m.....	41
24. Hasil kalibrasi probe 1 kedalaman 0,25 m.....	42
25. Hasil kalibrasi probe 2 kedalaman 0,25 m.....	42
26. Hubungan periode gelombang terhadap panjang gelombang.....	50
27. Hubungan kedalaman terhadap panjang gelombang.....	52

28. Hubungan gelombang datang terhadap koefisien transmisi	54
29. Hubungan panjang gelombang terhadap koefisien transmisi	56
30. Hubungan kecuraman gelombang terhadap koefisien transmisi	58



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Tabel klasifikasi kedalaman relatif.....	19
2. Tabel rancangan simulasi model.....	35
3. Tabel kalibrasi probe pada kedalaman 0,15 m.....	40
4. Tabel kalibrasi probe pada kedalaman 0,25 m.....	41
5. Tabel data hasil pengamatan kerapatan 0,008 m dan 0,015 m	44
6. Tabel hasil perhitungan panjang gelombang	46
7. Tabel rekapitulasi perhitungan pada jarak kerapatan 0,008 m dan 0,015 m	48
8. Tabel hubungan periode gelombang terhadap panjang gelombang dengan variasi kedalaman	49
9. Tabel hubungan periode gelombang terhadap gelombang datang dengan variasi kedalaman	51
10. Tabel hubungan gelombang datang terhadap koefisien transmisi pada model hybrid engineering.....	53
11. Tabel hubungan panjang gelombang terhadap koefisien transmisi pada model hybrid engineering.....	55
12. Tabel hubungan kecuraman gelombang terhadap koefisien transmisi pada model hybrid engineering.....	57

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

H_r	=	Tinggi gelombang refleksi
H_t	=	Tinggi gelombang transmisi
H_i	=	Tinggi gelombang datang
L	=	Panjang gelombang
T	=	Periode gelombang
d	=	Kedalaman air
A	=	Amplitudo
C	=	Kecepatan rambat gelombang
K_r	=	Koefisien refleksi
K_t	=	Koefisien transmisi
K_d	=	Koefisien disipasi
HWL	=	High Water Level
LWL	=	Low Water Level
SWL	=	Silent Water Level
H_{max}	=	Tinggi gelombang maksimum
H_{min}	=	Tinggi gelombang minimum
E_r	=	Energi gelombang refleksi
E_t	=	Energi gelombang transmisi
E_i	=	Energi gelombang datang
H_i/L	=	Kecuraman gelombang
ρ	=	Rapat massa zat cair

g	=	Percepatan gravitasi
S	=	Stroke
s	=	sekon (detik)
MHE.D 0.8	=	Model Hybrid Engineering Diameter 0,8 cm
MHE.D 1.5	=	Model Hybrid Engineering Diameter 1,5 cm



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pantai merupakan suatu daerah yang meluas dari titik terendah air laut pada saat surut hingga ke arah daratan sampai mencapai batas efektif dari gelombang. Sedangkan garis pantai adalah garis pertemuan antara air laut dengan daratan yang kedudukannya berubah-ubah sesuai dengan kedudukan pada saat pasang-surut, pengaruh gelombang dan arus laut. (Sutikno, 1993)

Pesisir merupakan daerah tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Daerah pesisir merupakan salah satu wilayah pantai yang sering terjadi pengikisan sedimen akibat gelombang atau sering juga disebut abrasi.

Kerusakan garis pantai akibat abrasi dipicu oleh terganggunya keseimbangan alam di daerah pantai. Proses terjadinya abrasi karena faktor alam disebabkan oleh faktor angin yang bertiup di atas lautan yang menimbulkan gelombang dan arus laut, sehingga mempunyai kekuatan untuk mengikis daerah pantai. Dampaknya adalah gelombang yang tiba di pantai terkumpul lalu membawa material pasir ke arah laut. Apabila abrasi dibiarkan, maka akan menyebabkan berkurangnya daerah pantai. Hal ini dapat mengakibatkan daerah pesisir terkena banjir.

Ada 2 cara untuk melindungi pantai dari abrasi. Yang pertama secara alami, misalnya pelestarian terumbu karang dan hutan bakau yang dapat berfungsi

mengurangi kekuatan gelombang yang sampai ke pantai secara alami. Yang kedua yaitu secara buatan, dengan membuat bangunan pelindung pantai, misalnya groin yang berfungsi sebagai peredam energi gelombang pada lokasi-lokasi tertentu.

Pemasangan groin menginterupsi aliran arus pantai sehingga pasir terperangkap pada upcurrent side, sedangkan pada downcurrent side terjadi erosi, karena pergerakan arus pantai yang berlanjut. Penggunaan groin dengan menggunakan satu buah groin tidak efektif. Biasanya perlindungan pantai dilakukan dengan membuat suatu seri bangunan yang terdiri dari beberapa groin yang di tempatkan dengan jarak tertentu. Hal ini dimaksudkan agar perubahan garis pantai tidak terlalu signifikan. Selain type I, juga ada groin tipe L dan tipe T, yang semuanya dibangun berdasarkan kebutuhan konstruksi groin yang selama ini menggunakan struktur yang keras (hard struktur) seperti dengan bronjong atau beton yang dimana dalam pembuatannya cukup mahal. Selain itu, penanganan erosi dengan menggunakan hard structure tidak dapat mengembalikan sabuk mangrove yang hilang.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Daltres (Daltres, 2012) tingkat keberhasilan jangka panjang dari pengembalian sabuk mangrove sangat rendah, berkisar antara 5-10%.

Pemilihan cara penanganan serta struktur pengaman pantai harus sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di daerah kawasan pantai tersebut. Hal yang harus dilakukan untuk melindungi garis pantai dari erosi yaitu dengan menciptakan zona penyangga mangrove. Pertama yang harus dilakukan adalah menghentikan proses erosi dengan cara mengembalikan sedimen yang hilang untuk mendapatkan

garis pantai yang stabil. Pendekatan ini dikenal dengan nama rekayasa hybrid engineering.

Dalam hal ini teknik rekayasa digabungkan dengan proses yang ada di alam dan sumber daya yang tersedia sehingga menghasilkan solusi dinamis yang mampu beradaptasi dengan keadaan yang berubah. Jadi rekayasa hybrid engineering ini dapat di terapkan dan mampu beradaptasi sesuai dengan keadaan dipesisir pantai, baik itu pantai berpasir ataupun berlumpur. Penerapan rekayasa hybrid yang di terapkan merupakan Permeable breakwater dengan memanfaatkan material yang ada di sekitar pantai berupa ranting atau dahan mangrove yang dipotong dan disusun membentuk suatu breakwater.

Breakwater adalah bangunan struktur pantai yang digunakan untuk mengendalikan gelombang. Bangunan ini mempunyai fungsi sebagai alternatif untuk menjaga garis pantai dari gempuran ombak dengan mereduksi energi gelombang agar tidak sampai ke daerah pantai. Gelombang yang menjalar dan mengenai suatu bangunan pemecah gelombang sebagian energinya akan direfleksikan, sebagian ditransmisikan dan sebagian akan mengalami disipasi.

Selain ranting dan dahan mangrove, dapat juga menggunakan material seperti bambu yang mudah ditemukan dan jumlahnya cukup banyak sehingga mudah diterapkan untuk rekayasa hybrid di pesisir pantai.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut diatas dan melihat adanya perubahan garis pantai akibat terjadinya erosi, maka penulis termotivasi untuk mengangkat tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Struktur Hybrid Engineering Terhadap Gelombang Transmisi Bangunan Pantai (Studi Laboratorium)”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh model struktur *hybrid engineering* dengan variasi kedalaman air (d) dan periode gelombang (T) terhadap tinggi gelombang transmisi (H_t).
2. Bagaimana pengaruh kecuraman gelombang (H/L) terhadap nilai dan koefisien transmisi (K_t).

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk menganalisis pengaruh perubahan dimensi model dengan kedalaman air (d) serta periode gelombang (T) terhadap tinggi gelombang transmisi (H_t)
2. Untuk menganalisis pengaruh kecuraman gelombang (H/L) terhadap nilai dan koefisien transmisi (K_t).

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, maka manfaat penelitian ini yaitu :

1. Sebagai referensi untuk memanfaatkan bahan lokal kayu sebagai salah satu alat untuk mengurangi tinggi gelombang untuk berbagai keperluan.
2. Dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam perencanaan model struktur dengan rekayasa *hybrid engineering* yang efektif dan efisien sebagai alternative pengaman pantai untuk daerah berpasir yang biayanya terjangkau.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran maka

penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang teratur (*regular wave*) yang belum pecah.
2. Gaya gelombang terhadap stabilitas model uji tidak dikaji.
3. Fluida yang digunakan adalah air tawar, salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan.
4. Model yang digunakan adalah kayu sebagai bahan dasar pendukung yang disusun bertingkat dengan variasi diameter yang berbeda beda.
5. Dasar saluran model berupa rata.
6. Tidak mengkaji perubahan pasir akibat gelombang.
7. Periode gelombang yang dibangkitkan adalah konstan dengan beberapa variasi kedalaman.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran mengenai penulisan ini maka kami menguraikan secara sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan : Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan Sistematika Penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka : Dalam bab ini menjelaskan tentang definisi pantai dan pesisir, klasifikasi pantai, karakteristik dan ekosistem pesisir, perubahan garis pantai, karakteristik gelombang, klasifikasi gelombang, parameter bangunan peredam energi, dan struktur hybrid engineering.

Bab III Metode Penelitian : Dalam bab ini menjelaskan tentang lokasi dan waktu penelitian, jenis penelitian dan sumber data, alat dan bahan, desain alat

pemecah gelombang tenggelam, variabel yang diteliti, dan prosedur penelitian laboratorium.

Bab IV Hasil dan Pembahasan : Dalam bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian rekayasa hybrid engineering terhadap gelombang transmisi sebagai pelindung daerah pantai berpasir, sehingga dapat mengetahui bagaimana perubahan yang terjadi pada gelombang setelah menggunakan model hybrid engineering.

Bab V Penutup : Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran terhadap permasalahan dan tujuan penelitian yang telah di bahas pada bab sebelumnya, sehingga untuk penelitian selanjutnya terdapat pengembangan untuk pengembangan model yang digunakan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai dan Pesisir

1. Definisi Pantai

Pantai adalah bagian muka bumi yang merupakan garis khayal tempat bertemunya daratan dan perairan, dari muka air laut rata-rata terendah sampai muka air laut rata-rata tertinggi. Secara fisiologis pantai didefinisikan sebagai wilayah antara garis pantai hingga ke arah yang masih dipengaruhi pasang surut air laut, dengan lebar yang ditentukan oleh kelandaian pantai dan dasar laut, serta dibentuk oleh endapan lempung hingga pasir yang bersifat lepas yang kadang materinya berupa kerikil.

Menurut Bambang Triadmojo (1999), definisi pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Pantai bisa terbentuk dari material dasar berupa lumpur, pasir atau kerikil (grabel). Bird mendefinisikan pantai sebagai pertemuan antara daratan, lautan dan udara dimana ketiga unsur tersebut saling mempengaruhi yang meluas ke arah daratan hingga batas pengaruh laut masih dirasakan. Bird membagi pantai menjadi tiga yaitu:

- a. Pantai bagian depan (foreshore), yaitu daerah antara pasang tersurut sampai daerah pasang.
- b. Pantai bagian belakang (backshore), yaitu daerah antara pasang tertinggi sampai daerah tertinggi terkena ombak.

- c. Pantai lepas (offshore), yaitu daerah yang meluas dari titik pasang surut terendah ke arah laut.

Dari pengertian yang dikemukakan oleh para ahli dapat disimpulkan bahwa pantai merupakan daerah tempat bertemunya daratan dan lautan yang dihubungkan dengan garis khayal yang bersifat dinamis. Dikatakan dinamis karena posisinya tidak tetap dan berpindah pindah sesuai pasang surut air laut.

2. Definisi Pesisir

Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Wilayah pesisir adalah suatu wilayah peralihan antara daratan dan laut dari dua segi yang berlawanan:

- a. Dari segi daratan, Pesisir adalah wilayah daratan sampai wilayah laut yang masih dipengaruhi sifat-sifat darat (seperti misalnya, angin darat, drainase air tawar dari sungai, sedimentasi).
- b. Dari segi laut, Pesisir adalah wilayah laut sampai wilayah darat yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut (seperti misalnya, pasang surut, salinitas, intrusi air laut ke wilayah daratan, angin laut).

Menurut Soegiarto (2004) dalam buku *Interaksi Daratan dan Lautan*, definisi wilayah pesisir yang digunakan di Indonesia adalah daerah pertemuan antara darat dan laut, ke arah darat wilayah pesisir bagian darat baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air asin. Sedangkan ke arah laut wilayah pesisir mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami

yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran. Sifat-sifat laut tersebut meliputi angin laut, pasang surut, dan perembesan air laut. Wilayah pesisir ke arah laut mencakup bagian atau batas terluar pada daerah paparan benua. Namun, wilayah ini masih dipengaruhi oleh proses - proses yang terjadi di darat. Proses-proses tersebut antara lain sedimentasi dan aliran air tawar, serta kegiatan penggundulan hutan dan pencemaran. Menurut kesepakatan Internasional, wilayah sebagai wilayah peralihan antara laut dan daratan, ke arah darat pesisir didefinisikan sebagai wilayah peralihan antara laut dan daratan, ke arah darat mencakup daerah terkena pengaruh percikan air laut atau pasang surut, ke arah laut meliputi daerah paparan benua.

Sementara itu, menurut Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 wilayah pesisir disebutkan sebagai daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Dari pengertian yang dikemukakan oleh para ahli dapat disimpulkan bahwa wilayah pesisir merupakan wilayah daratan yang berbatasan dengan lautan, baik yang dipengaruhi oleh sifat laut maupun sifat darat. Wilayah pesisir yang dipengaruhi oleh sifat laut erat kaitannya dengan angin laut, pasang surut air laut maupun salinitas atau kandungan garam. Adapun wilayah pesisir yang dipengaruhi oleh sifat darat berkaitan dengan angin darat, sedimentasi atau pengendapan dan lain sebagainya.

B. Klasifikasi Pantai

Menurut Bambang Triatmodjo (1999), pantai diklasifikasikan berdasarkan materi penyusun pantai sebagai berikut:

1. Pantai Berbatu

Pantai berbatu dinding pantainya terjal, dan langsung berhubungan laut dan sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang. Biasanya tidak mudah tererosi akibat adanya arus atau gempuran gelombang. Kalaupun ada lebih banyak disebabkan oleh pelakukan batuan atau proses geologi lain dalam waktu yang relatif lama.



Gambar 1. Pantai Berbatu (<https://www.pixoto.com/ronald.wahyudi>)

2. Pantai Berpasir

Perlindungan alami pada pantai pasir adalah berupa hamparan pasir yang dapat berfungsi sebagai penghancur energi gelombang. Hamparan pasir ini sangat efektif sebagai penghancur gelombang apabila jumlahnya cukup banyak. Biasanya di tepi pantai terdapat bukit pasir atau *sand dunes* yang dapat berfungsi sebagai cadangan pasir pada saat terjadi badai atau gelombang pasir. Pembentukan *sand dunes* terutama terjadi pada musim kemarau dimana butir-butir pasir kering lebih mudah digerakkan oleh tiupan angin. Pada saat air pasang dan

gelombang normal (bukan gelombang besar) *uprush* gelombang akan membawa pasir ke bagian atas dari pantai.



Gambar 2. Pantai Berpasir (<https://www.instagram.com/faaddedly>)

3. Pantai Berlumpur

Pantai berlumpur yang banyak dijumpai di muara sungai yang ditumbuhi oleh hutan mangrove dan lumpur. Pantai tipe ini relative mudah berubah, mengalami deformasi, dan tererosi.



Gambar 3. Pantai Berlumpur
(<http://staff.unila.ac.id/ekoefendi/files/2011/11/mudbeach.jpg>)

C. Karakteristik dan Ekosistem Pesisir

1. Karakteristik Pesisir

Istilah daratan, pesisir, dan laut (samudera) secara umum telah dikenal luas oleh masyarakat. Secara fisik, batas-batas antara ketiganya bisa berbeda-beda, tergantung dari sudut pandang dan pemakaiannya. Namun demikian, terdapat suatu kesepakatan umum di dunia bahwa wilayah pesisir adalah suatu wilayah peralihan antara daratan dan laut. Wilayah pesisir pada dasarnya merupakan suatu zona penting dimana tersusun dari berbagai macam ekosistem seperti mangrove, terumbu karang, pantai berpasir dan sebagainya. Wilayah pesisir di daratan sebagai wilayah dimana daratan berbatasan dengan laut, yang masih dipengaruhi oleh proses-proses laut seperti pasang surut, angin laut, dan intrusi garam. Sedangkan batasan wilayah pesisir di laut adalah daerah yang dipengaruhi oleh proses-proses alami di daratan seperti sedimentasi dan mengalirnya air tawar ke laut, serta daerah laut yang dipengaruhi oleh kegiatan-kegiatan manusia di daratan.

Perairan Indonesia, yang merupakan batas atau pertemuan antara dua samudera, yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, merupakan sistem perairan yang cukup kompleks. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh kedua samudera tersebut. Selain itu, musim yang berkembang di antara kedua benua, Asia dan Australia yang mengapit perairan Indonesia, juga mempengaruhi keadaan dan sifat-sifat oseanografi perairan di Indonesia. Sedangkan perairan pedalaman dibatasi oleh pulau-pulau, terutama perairan pantainya, banyak

mendapatkan pengaruh dari daratan, topografi dasar laut dan garis pantai serta iklim setempat yang menonjol.

2. Ekosistem Pesisir

Hutan mangrove yang sering disebut juga sebagai hutan payau atau hutan pasang surut, merupakan suatu ekosistem peralihan antara darat dan laut. Terdapat di daerah tropis atau sub tropis di sepanjang pantai yang terlindung dan di muara sungai. Hutan mangrove merupakan ciri khas ekosistem daerah tropis dan sub tropis dan merupakan ekosistem utama pendukung kehidupan yang penting di wilayah perairan pesisir.

Menurut M.S Wibisono (2010), hutan mangrove merupakan salah satu tipe hutan hujan tropis yang terdapat di sepanjang garis pantai perairan tropis dan mempunyai ciri-ciri tersendiri yang sangat unik. Hutan ini merupakan peralihan habitat lingkungan darat dan lingkungan laut, maka sifat-sifat yang dimiliki tidak persis seperti sifat-sifat yang dimiliki hutan hujan tropis di daratan.

Hutan mangrove dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan tetapi harus dilakukan dengan asas pelestarian. Pemanfaatan hutan mangrove yang berasaskan pelestarian fungsi hutan mangrove, yaitu dengan tetap mempertahankan sebagai hutan mangrove sabuk atau jalur hijau sepanjang garis pantai. Dengan adanya sabuk hijau dari mangrove maka kerusakan pantai, usaha tambak udang, atau kegiatan lainnya yang terancam abrasi gelombang laut dapat dicegah. Disamping itu, fungsi hutan mangrove juga dapat berlangsung dengan baik dan lestasi.

D. Karakteristik Abrasi

Secara umum, pengertian abrasi adalah suatu proses alam berupa pengikisan tanah pada daerah pesisir pantai yang diakibatkan oleh ombak dan arus laut yang sifatnya merusak terkadang juga disebut dengan erosi pantai. Salah satu kerusakan garis pantai ini dapat dipicu karena terganggunya keseimbangan alam di daerah pantai tersebut. Akan tetapi meskipun pada umumnya abrasi diakibatkan oleh gejala alam, namun cukup banyak perilaku manusia yang juga ikut menjadi penyebab abrasi pantai. Sederhananya abrasi adalah pengikisan di daerah pantai akibat gelombang dan arus laut yang sifatnya destruktif atau merusak. Karena adanya pengikisan tersebut sehingga menyebabkan berkurangnya daerah pantai di mana wilayah yang paling dekat dengan air laut menjadi sasaran pengikisan. Oleh karenanya apabila dibiarkan abrasi akan terus mengikis bagian pantai dan air laut bisa membanjiri daerah di sekitar pantai tersebut.

Masalah abrasi pantai yang terjadi di beberapa wilayah di pesisir pantai Indonesia, penanggulangan yang tepat sangat dibutuhkan oleh masyarakat dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang terjadi akibat abrasi pantai. Tingkat pengetahuan masyarakat sangat mempengaruhi seberapa besar partisipasi masyarakat dalam menanggulangi masalah abrasi pantai yang terjadi. Pencegahan abrasi juga dapat dilakukan dengan pemeliharaan terumbu karang, penanaman pohon bakau, dan melarang penambangan pasir di daerah-daerah tertentu.

E. Karakteristik Gelombang

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjanggelombang, 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 :

- a. Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik tertinggi yang berurutan. Cara penentuan panjang gelombang yaitu pengamatan langsung gelombang yang berurutan, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang. Ada dua cara untuk mengukur panjang gelombang, yaitu mengukur langsung panjang gelombang yang terjadi antara 1 lembah dan 1 puncak atau pada 2 puncak berturut-turut, cara kedua dengan cara perhitungan menggunakan rumus

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

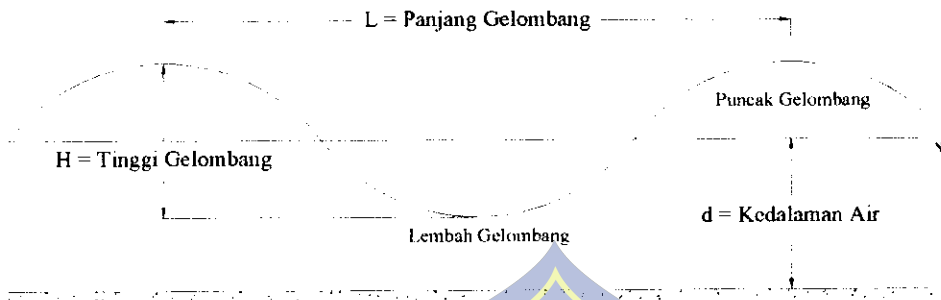
Dimana :

L = panjang gelombang

T = periode gelombang

- b. Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melewati suatu titik tertentu.
- c. Amplitudo (A) adalah jarak vertikal antara puncak/titik tertinggi gelombang atau lembah/titik terendah gelombang, dengan muka air tenang ($H/2$).
- 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 berikut :

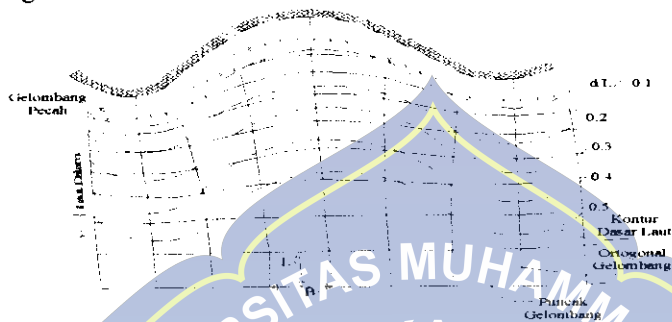


Gambar 4. Karakteristik gelombang (Bambang Triatmodjo, Teknik pantai 1999)

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. Transmisi gelombang merupakan sisa energi gelombang setelah melewati/menembus suatu struktur penahan gelombang. Gelombang transmisi sangat dipengaruhi pada karakteristik gelombang.
- b. Refraksi gelombang yakni peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.



Gambar 5. Refraksi gelombang (Bambang Triatmodjo, Teknik pantai 1999)

- c. Difraksi gelombang yakni peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindung.



Gambar 6. Difraksi Gelombang (Bambang Triatmodjo, Teknik pantai 1999)

- d. Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di pantai.
- e. Disipasi adalah suatu peristiwa hilangnya energi mekanik akibat adanya gesekan yang terjadi.

- f. *Wave shoaling* yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
- g. *Wave damping* yakni peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.
- h. *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*).

Sebagian besar gelombang datang dengan membentuk sudut tertentu terhadap garis pantai dan menimbulkan arus sejajar pantai (*longshore current*), yang menggerakkan '*littoral drift*' atau sedimen sekitar garis pantai dalam bentuk zigzag sebagai akibat datang dan surutnya gelombang ke laut.

Kemampuan air memindahkan material pantai tergantung pada kecepatannya. Gelombang besar atau gelombang dengan arus kuat atau cepat mampu mengangkut sedimen yang cukup besar dan dalam jumlah yang cukup banyak. Material sedimen ini diendapkan ketika kecepatan air mulai menurun dan kemudian akan diambil kembali ketika kecepatan air meningkat.

Elevasi muka air juga mempengaruhi proses terjadinya erosi pantai. Perubahan tinggi gelombang ini disebabkan misalnya karena pasang surut, musim, atau badai. Pantai dengan kemiringan relatif datar memiliki sistem perlindungan alami terhadap erosi. Keberadaan terumbu karang dan kemiringan pantai yang relatif datar akan memudahkan tereduksinya energi gelombang yang

mendekat pesisir pantai. Sempadan pantai mencegah muka air laut yang tinggi mencapai daratan. Bukit pasir dan hutan bakau melindungi pantai dari serangan gelombang badai dan berfungsi sabagai tampungan sedimen.

Ekosistem hutan bakau (*mangrove*) merupakan kawasan yang paling produktif dari total sistem wilayah pesisir. Terutama disebabkan oleh kemampuannya sebagai penyaring (*filter*) nutrien. Dengan keunikan sistem perakarannya yang mampu mengikat sedimen dan kemampuannya mengikat substrat. Kawasan ini berperan dalam menjaga keseimbangan dan keberlangsungan ekosistem pesisir dan lautan.

F. Klasifikasi Gelombang

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

Tabel 1. Klasifikasi kedalaman relatif

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

Sumber : Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999

Keterangan :

d : Kedalaman air (m)

L : Panjang gelombang (m)

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



Gambar 7. Gerak partikel air dalam gelombang (Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999)

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokkan ini dikenal gelombang amplitudo kecil dan gelombang amplitudo berhingga.

Gelombang amplitudo kecil dikembangkan oleh Airy sehingga dikenal dengan teori gelombang Airy. Teori gelombang Airy (1845) 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. 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).

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.

G. Parameter Bangunan Peredam Energi

Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian diteruskan (transmisi) dan sebagian dihancurkan (disipasi) melalui pecahnya gelombang,

kekentalan fluida, gesekan dasar dan lain-lainnya. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan, dihancurkan dan diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang (periode, tinggi, kedalaman air), tipe bangunan peredam gelombang (permukaan halus dan kasar, lurus air dan tidak lurus air).

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

Jika gelombang datang menghantam penghalang sebagian ditransmisikan, maka gelombang yang lewatpun akan mengalami hal yang sama seperti ketika membentur penghalang. Apabila gelombang yang ditransmisikan terhalang oleh suatu penghalang, maka tinggi gelombang transmisi H_t dapat dihitung dengan rumus :

$$H_t = \frac{(H_{\max})_t + (H_{\min})_t}{2} \quad (3)$$

Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (2) sampai (4) tinggi gelombang datang (H_i), tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang transmisi (H_t) dapat dihitung. Transmisi gelombang (H_t) adalah tinggi gelombang yang diteruskan melalui rintangan dan diukur dengan koefisien transmisi (K_t) dihitung dengan persamaan berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \quad (4)$$

Dimana energi gelombang transmisi adalah $E_t = \frac{1}{8} \rho g H_t^2$.

Tinggi gelombang datang (H_i) dan tinggi gelombang transmisi (H_t) adalah tinggi gelombang rerata dari nilai maksimum dan minimum tinggi

gelombang terukur masing-masing sebelum dan sesudah melewati rintangan. Sedangkan tinggi gelombang refleksi (H_r) adalah setengah dari selisih tinggi gelombang maksimum dan minimum terukur sebelum melalui rintangan.

H. Hybrid Engineering

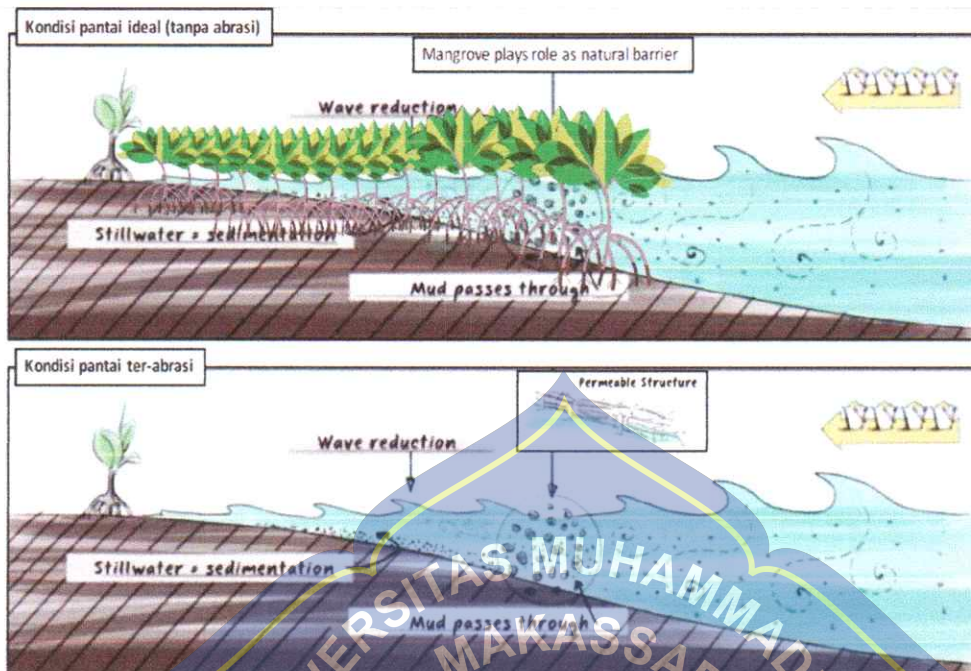
1. Konsep Rekayasa Struktur Hybrid Engineering

Program struktur hybrid atau dikenal dengan istilah HE (hybrid engineering) merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi kerusakan pesisir dari abrasi. Struktur ini dirancang permeable dengan kayu atau bambu secara perlahan tetapi pasti mengembalikan tanah yang terabrasi.

Rekayasa hybrid menggabungkan struktur permeable (pemecah gelombang sekaligus penangkap sedimen pasir) dan penanaman mangrove. Setelah proses erosi berhenti dan pantai mulai pulih, dilanjutkan dengan restorasi mangrove.

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 mengurangi atau meredam energi gelombang sehingga bisa membuat dampak hempasannya tidak signifikan dalam mempengaruhi dinamika angkutan sedimen di kawasan pesisir.

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.

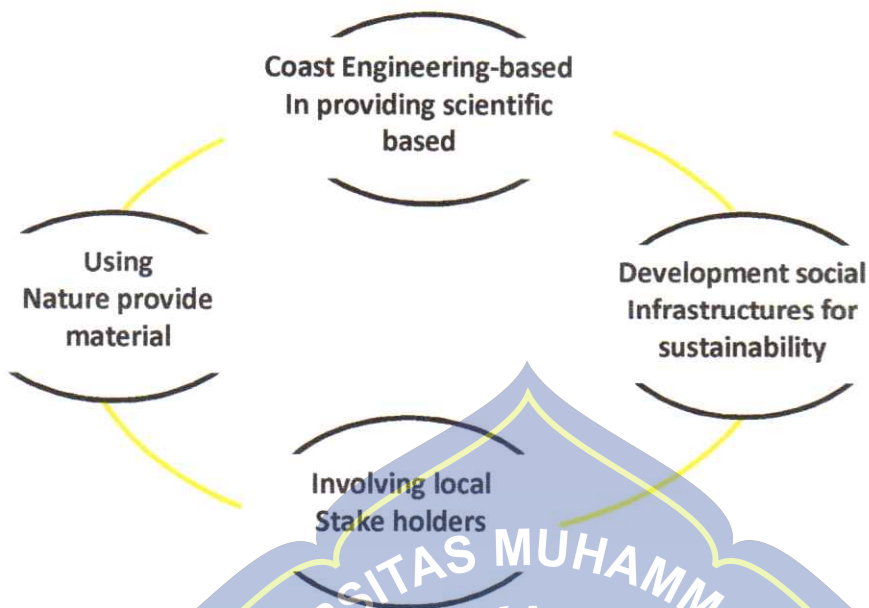


Gambar 8. Dasar struktur Hybrid Engineering (Sumber Ecoshape Consortium, 2016)

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.



Gambar 9. Skema Perencanaan dan Pelaksanaan Pembangunan Struktur Hybrid Engineering

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 stuktur 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 bambu 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 aparat 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, dibuthkan institusionalisasi 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.

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 perangcai (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 segmen sebaiknya dilakukan dengan menggunakan alat ukur theodolite untuk dapat menjamin simetri 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.

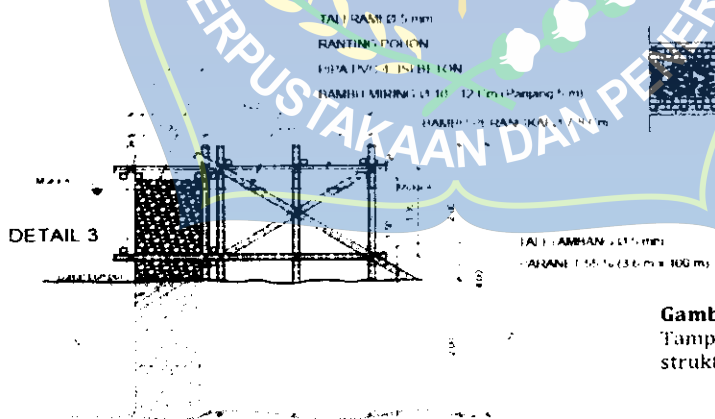
Kedalaman ideal untuk pengisian ranting adalah masuk hingga batas kedalaman lumpur keras, akan tetapi pelaksanaan di lapangan sangat sulit karena pengisian ranting dilakukan dengan tenaga manusia. Batas pengisian ranting di bawah lumpur minimal 0,5 meter dibawah batas permukaan lumpur lunak.

Pengisian ranting dilakukan secara bertahap dari dasar kumpur lunak

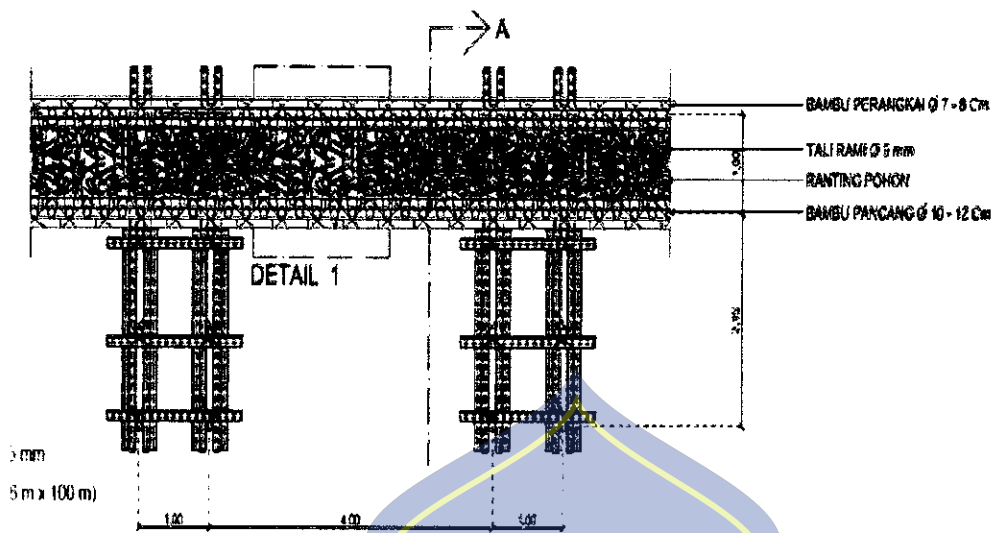
sampai ketinggian maksimal di batas HHWS (Highest High-Water Level) tetapi langsung dalam satu segmen. Maksud dari bertahap yaitu pemasangan ranting dilakukan sedikit demi sedikit agar pemadatan ranting sempurna.

Komponen pendukung seperti struktur penguat dapat dibuat atau tidak tergantung kebutuhan dan panjang segmen 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 25cm diatas permukaan lumpur lunak dan pada ketinggian yang sama dengan level muka air pada saat pasang tertinggi (HHWS | Highest High-Water Level).



Gambar 10. Penampang melintang (cross-section) struktur Hybrid Engineering yang menggunakan struktur bambu dan penguat dan perangkai. (Kementerian kelautan dan perikanan, struktur hybrid engineering 2019)



Gambar 11. Tampak atas (bird view) dari struktur Hybrid Engineering yang menggunakan struktur bambu penguat dan perangkat. (Kementerian kelautan dan perikanan, struktur hybrid engineering 2019)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, yang bertempat di jalan poros malino Km 6, Kelurahan Borongloe, Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa, dengan waktu penelitian selama tiga bulan.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah Eksperimental, dimana kondisi dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dengan tujuan untuk menyelidiki ada-tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental.

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 Hybrid Engineering.

C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan model pemecah gelombang tenggelam ini sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu :
 - a. *Flume* dengan panjang 15 m , lebar 0.30 m, dan kedalaman efektif saluran 45 cm yang dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang.



Gambar 12. Flume pembangkit gelombang

- b. Wave monitor dan menggunakan 3 *probe* yang dipasang di depan model (2 pcs) dan dibelakang model (1 pcs) dengan ketentuan sebagai berikut, Probe 1 untuk mengetahui tinggi gelombang (H_{min}), Probe 2 untuk mengetahui tinggi gelombang (H_{max}) dan Probe 3 untuk mengetahui tinggi gelombang Transmisi (H_t) dari pengukuran.



Gambar 13. Wave monitor

- c. 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 14. Unit pembangkit gelombang tipe flap

- d. Mistar ukur / meteran digunakan untuk mengukur tinggi gelombang
 e. *Stopwatch* untuk mengukur periode gelombang
 f. Kamera untuk dokumentasi saat penelitian
 g. Komputer atau laptop, printer dan scanner digunakan untuk pengolahan data Plat besi dan baut
 h. Tabel dan alat tulis

2. Bahan pembuatan model yaitu :

- a. Bahan dasar Kayu berbentuk tabung dengan diameter bervariasi yaitu 0,8 cm dan 1,5 cm, lebar 30 cm dan panjang 10 cm sebagai model Hybrid engineering.
 b. Lem tembak.

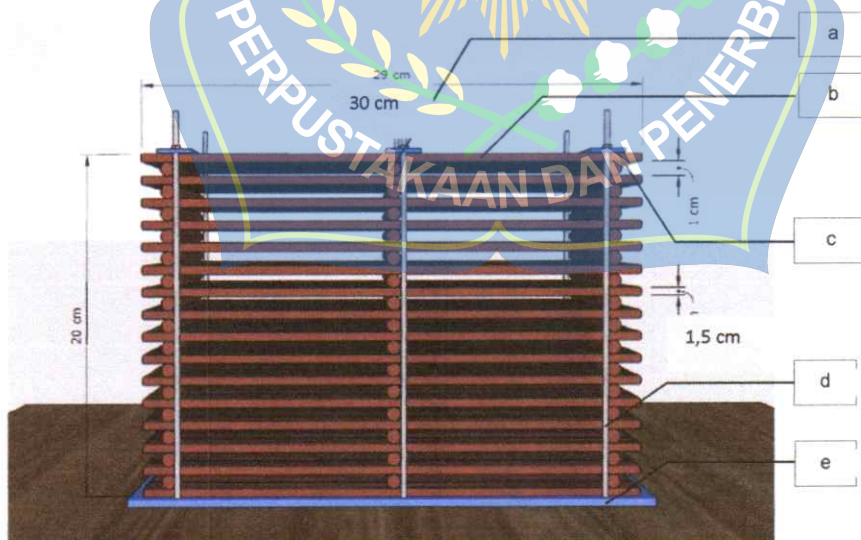
D. Variabel Penelitian

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

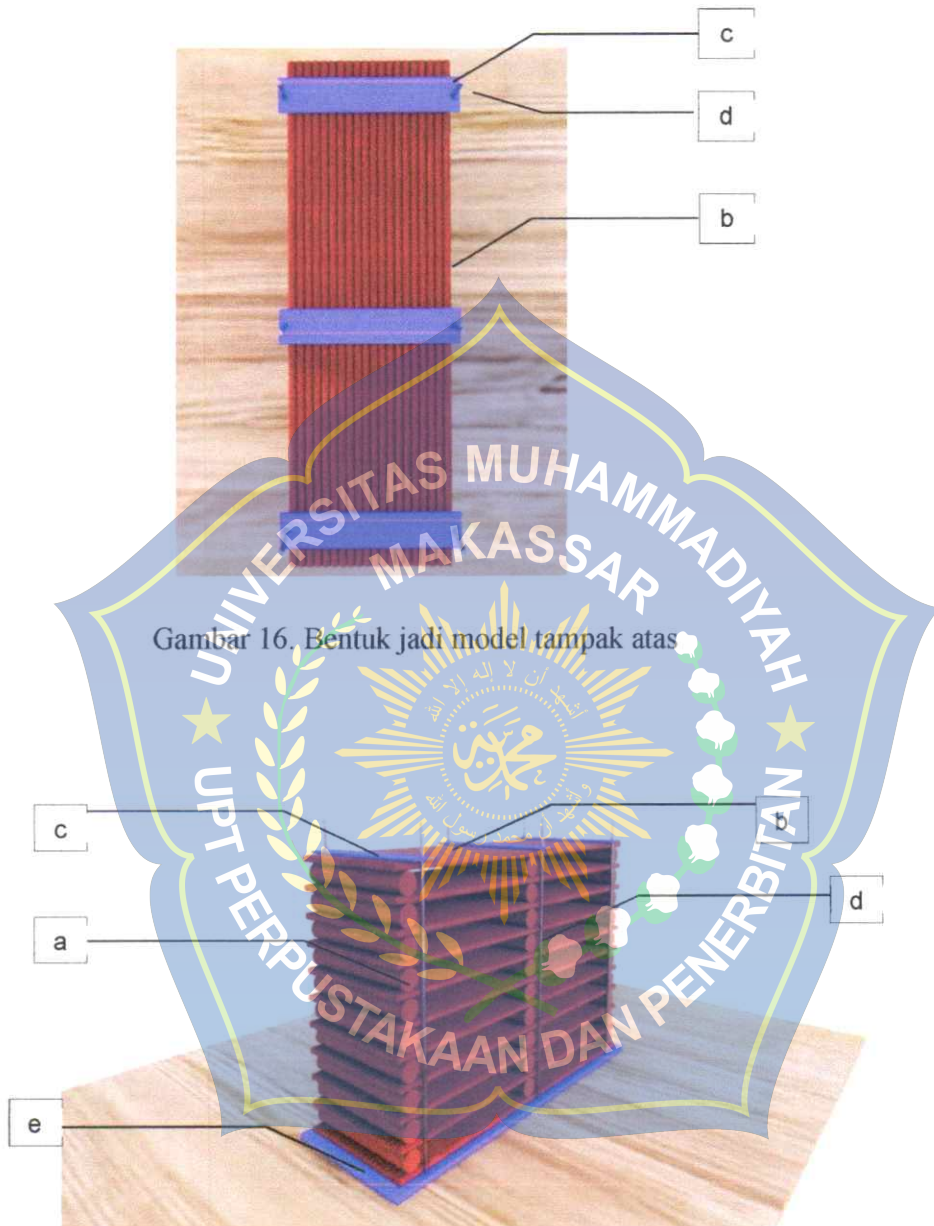
- a. Variabel Bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain diantaranya kedalaman air (d), periode (T), jarak kerapatan (X), tinggi gelombang maksimal (H_{max}) dan tinggi gelombang minimal (H_{min}).
- b. Variabel Terikat adalah variabel yang dipengaruhi variabel lain diantaranya adalah panjang 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 (H_i/L).

E. Desain Alat Pemecah Gelombang Tenggelam

1. Gambar Desain Model



Gambar 15. Potongan desain model tampak depan



Gambar 16. Bentuk jadi model tampak atas

Gambar 17. Bentuk jadi model tampak kiri depan

Keterangan gambar :

- a. Kayu memanjang diameter Model bervariasi 0,8 cm dan 1,5 cm

- b. Kayu melintang diameter 1,0 m
- c. Plat besi 3 pcs yang diletakkan diatas model sebagai pengikat dengan panjang10 cm dan lebar 2 cm
- d. Baut pengikat yang di sambungkan dari plat atas ke plat bawah (6 pcs)
- e. Plat besi yang diletakkan dibagian bawah model sebagai pengikat dan pemberat dengan panjang 10 cm dan lebar 30 cm.

Tabel 2. rancangan simulasi model

Model		d	T	Tinggi gelombang (H)		
Hybrid engineering	Jarak (x) (cm)	Cm	Dtk	Probe 1	Probe 2	Probe 3
HE1	0,8	15	1,1	H1	H2	H3
			1,5	H1	H2	H3
		20	1,1	H1	H2	H3
			1,5	H1	H2	H3
HE2	1,5	15	1,1	H1	H2	H3
			1,5	H1	H2	H3
		20	1,1	H1	H2	H3
			1,5	H1	H2	H3

Tinggi gelombang diukur pada 3 titik yaitu probe satu dan dua berada di depan model sedangkan probe 3 berada dibelakang model.

F. Metode Analisis Data

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

G. Prosedur Penelitian Laboratorium

Adapun prosedur penelitian Rekayasa Hybrid Engineering Sebagai Alternatif Pengaman Pantai Untuk Daerah Berpasir adalah sebagai berikut :

1. Pelaksanaan simulasi model dilakukan dengan memasang probe di tiga titik yaitu 2 didepan model untuk H min dan H max dan satu dibelakang model untuk mengukur tinggi gelombang transmisi. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan pada saat gelombang yang dibangkitkan pada kondisi stabil, yaitu beberapa saat setelah gelombang dibangkitkan.

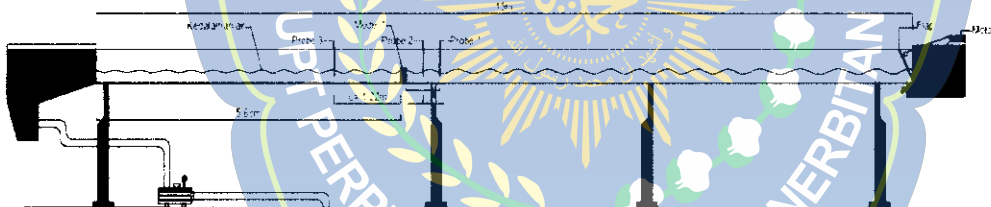


Gambar 18. Denah perletakan model

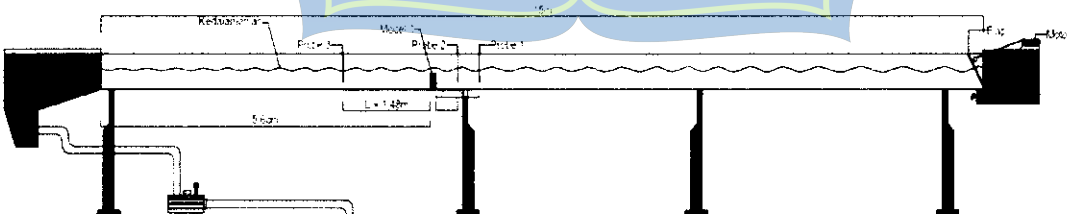
2. Kemudian sebelum melaksanakan penelitian, terlebih dahulu mempelajari literatur (buku & jurnal penelitian) yang akan dilaksanakan di laboratorium sehingga dapat diketahui parameter atau variabel penelitian.
3. Langkah selanjutnya yaitu menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan model struktur hybrid engineering. Model yang digunakan menggunakan kayu berdiamteter 0,8 cm dan 1,5 cm yang disusun hingga mencapai ketinggian 20 cm.
4. Setelah model yang akan digunakan selesai dibuat, kemudian membawa model ke Laboratorium.

5. Masukkan model hybrid engineering ke dalam wave flume pada tempat yang sudah ditentukan untuk jarak kerapatan 0,8 cm.
6. Atur kedalaman yang direncanakan ($d_1 = 15$ cm) dengan menggunakan mesin pompa pada flume hingga tercapai kedalaman yang ditentukan.
7. Kemudian atur jarak pukulan pada flat menjadi beberapa stroke yang telah ditentukan yaitu (stroke 5 dan 6) serta mengatur variasi periode gelombang ($T_1 = 1,1$ detik, dan $T_2 = 1,5$ detik) dengan memutar pulley pada mesin utama.
8. Nyalakan PC, wave monitor, dan eagle daq kemudian pasang masing-masing probe pada posisi yang telah ditentukan.
9. Letakkan model yang digunakan diantara probe 1, 2 dan probe 3. Setelah itu Lakukan kalibrasi pada masing-masing probe dengan kedalaman air yang sudah ditentukan.
10. Setelah semua komponen siap, maka dimulai proses running dengan membangkitkan gelombang dan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang.
11. Pembacaan tinggi gelombang di depan dan di belakang model diperoleh dari hasil pembacaan masing-masing probe, yang kemudian hasil rekamannya terkirim ke dalam PC.
12. Selanjutnya jika grafik gelombang telah terekam pada PC langkah selanjutnya mengkonversi data yang tercatat di dalam PC dalam bentuk Microsoft Excell yang kemudian akan diolah.
13. Setelah selesai running dan data telah dikonversi periode kemudian diubah menjadi $T_2 = 1,5$ dan dilakukan kembali proses running.

14. Masih menggunakan kerapatan model yang sama, kedalaman diubah menjadi ($d_2 = 25 \text{ cm}$) dan diulangi prosedur (e) sampai (m).
15. Prosedur (d) sampai (n) dilakukan kembali untuk model selanjutnya yaitu diameter jarak kerapatan 1,5 cm.
16. Ketika hasil pengamatan tinggi gelombang belum selesai maka penempatan probe di perbaiki secara manual dengan memindahkan pada titik yang di anggap bagus dan penyetelan probe diperbaiki secara manual membersihkan probe dengan menggunakan lap yang bersih.
17. 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.

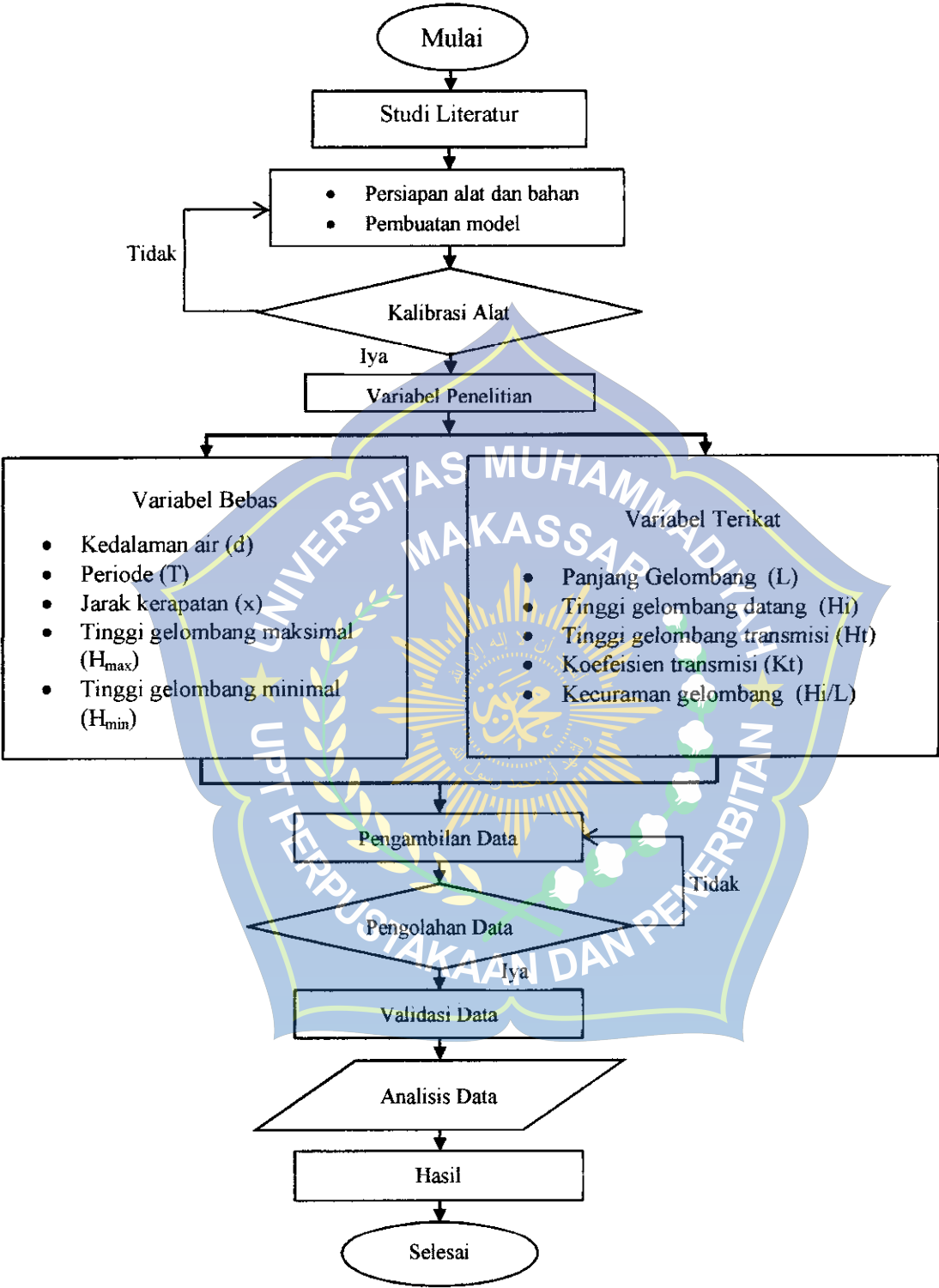


Gambar 19. Sketsa penempatan model pada *wave flume* kedalaman (d) 0,15 m.



Gambar 20. Sketsa penempatan model pada *wave flume* kedalaman (d) 0,25 m.

H. Diagram Proses Penelitian Laboratorium



Gambar 22. Flowchart

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Kalibrasi alat

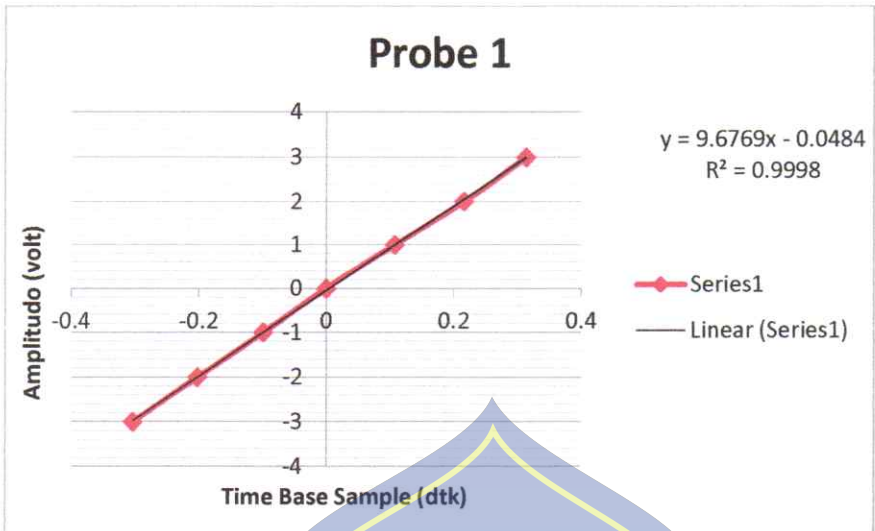
Kalibrasi alat adalah pengecekan dan pengaturan akurasi dari alat ukur.

Kalibrasi alat atau probe dilakukan agar data pengamatan tinggi gelombang yang dihasilkan dapat akurat dan sesuai. Kalibrasi alat dilakukan pada masing – masing kedalaman (d) yaitu kedalaman $d_1 = 0.15$ m dan kedalaman $d_2 = 0.25$ m.

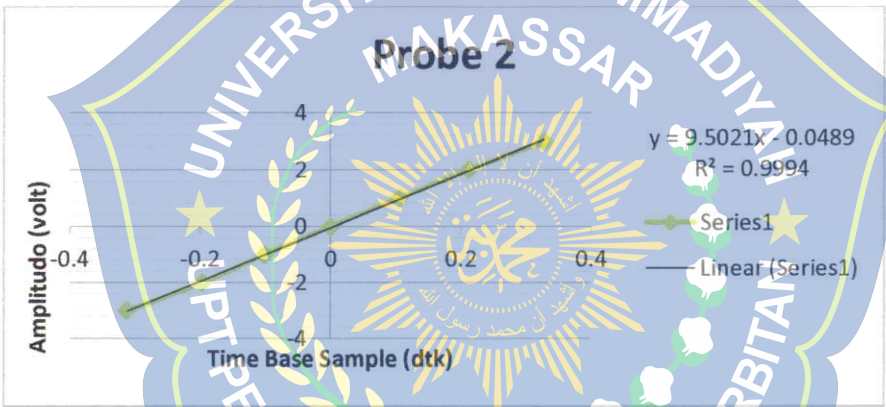
a. Kalibrasi Probe Pada Kedalaman (d_1) 0.15 m

Tabel 3. Kalibrasi probe pada kedalaman (d_1) 0.15 m

(d)	Probe 1		Probe 2	
	x	y	x	y
0,15 m	0.314	3	0.328	3
	0.216	2	0.212	2
	0.108	1	0.106	1
	0	0	0	0
	-0.098	-1	-0.101	-1
	-0.202	-2	-0.197	-2
	-0.303	-3	-0.312	-3



Gambar 22. Hasil Kalibrasi Probe 1 Kedalaman (d) = 0.15 m

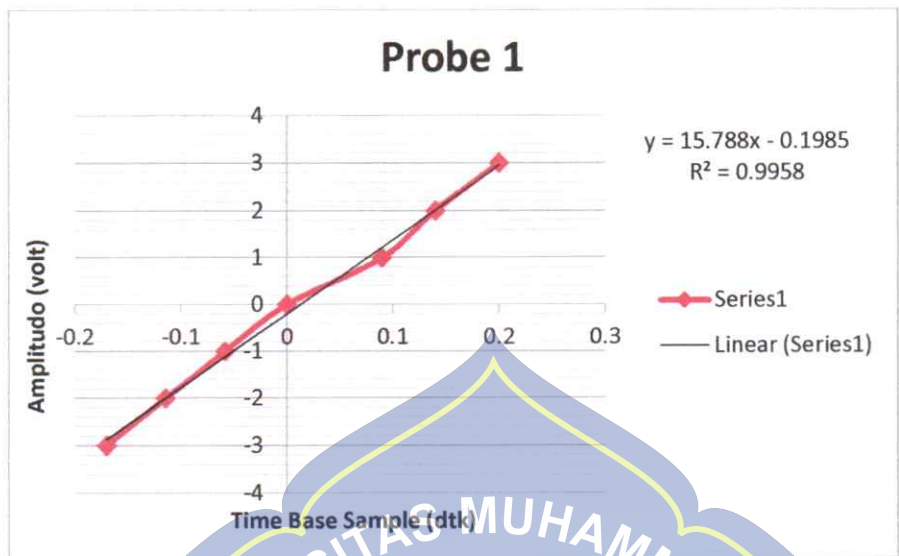


Gambar 23. Hasil Kalibrasi Probe 2 Kedalaman (d) 0,15 m

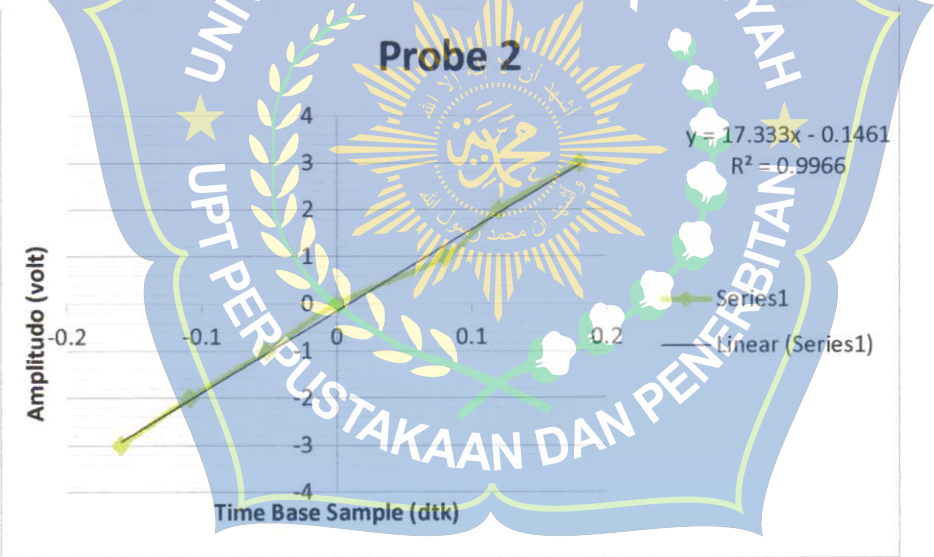
b. Kalibrasi Probe Pada Kedalaman (d) 0,25 m

Tabel 4. Kalibrasi probe pada kedalaman (d) 0,25 m

(d)	Probe 1		Probe 2	
	x	y	x	Y
0,25 m	0.200	3	0.180	3
	0.140	2	0.120	2
	0.090	1	0.080	1
	0	0	0	0
	-0.058	-1	-0.052	-1
	-0.114	-2	-0.109	-2
	-0.170	-3	-0.160	-3



Gambar 24. Hasil Kalibrasi Probe 1 Kedalaman (d) = 0,25 m



Gambar 25. Hasil Kalibrasi Probe 2 Kedalaman (d) = 0,25 m

2. Data hasil penelitian

Data hasil penelitian yang diperoleh dari pengamatan yang dilakukan dari masing – masing variasi jarak kerapatan, berupa tinggi gelombang maksimum

(H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) dari masing – masing probe. 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 5 dan stroke 6. Adapun data hasil pengamatan untuk jarak kerapatan (λ_1) = 0,008 m dan jarak kerapatan (λ_2) = 0,015 m sebagai berikut.



B. Analisis Data

1. Panjang gelombang

Penentuan nilai besaran panjang gelombang dapat diketahui melalui dua cara, yaitu dengan pengukuran secara langsung dan melalui metode literasi dari persamaan (1) panjang gelombang yang ada. Untuk 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 literasi kita menggunakan data periode yang ditentukan pada saat pra-penelitian. Untuk penelitian kali ini digunakan panjang gelombang yang dihitung dengan metode iterasi dengan persamaan dengan data dua periode, yakni periode (T_1) = 1,1 detik dan periode (T_2) = 1,5 dtk.

Diketahui : Kedalaman air (d) = 0.15 m

Periode (T) = 1.1 detik

$$L_0 = 1.56 T^2$$

$$L_0 = 1.56 (1.1^2)$$

$$= 1.56 (1.21)$$

$$= 1.88 \text{ m}$$

$$d/L_0 = 0.0794$$

d/L Interpolasi data tabel pantai

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

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

$$d/L = 0.12272 \text{ m}$$

$$L = \frac{d}{0.12272}$$

$$L = 1.222 \text{ m}$$

Untuk hasil perhitungan panjang gelombang selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut.

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	1.482
	1.5	2.172

2. Gelombang Transmisi

Tinggi gelombang transmisi (H_t) dapat diselesaikan dengan persamaan (3). Salah satu contoh perhitungan gelombang transmisi di belakang model pada kedalaman (d) 0,15 m di periode (T) 1.1 detik model pemecah gelombang adalah sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } H_{\max} = 0,0745 \text{ m}$$

$$H_{\min} = 0,0469 \text{ m}$$

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

$$H_t = \frac{0,0745 + 0,0469}{2}$$

$$H_t = 0,0244 \text{ m}$$

Sehingga besarnya Koefisien transmisi (K_t) berdasarkan landaasan teori bab2, dihitung dengan menggunakan persamaan (4). Salah satu contoh perhitungan koefisien gelombang transmisi pada kedalaman (d) 0,15 m di periode

(T) 1,1 detik yakni sebagai berikut :

Diketahui : $Ht = 0.0244$ m

$$Hi = 0.0607 \text{ m}$$

$$Kt = \frac{Ht}{Hi}$$

$$Kt = \frac{0.0244}{0.0607}$$

$$Kt = 0.4013 \text{ m}$$

3. Kecuraman gelombang

Untuk menyajikan hubungan kecuraman gelombang dengan nilai koefisien transmisi (Kt) digunakan parameter tak berdimensi (Hi/L). Berikut adalah contoh perhitungan nilai kecuraman gelombang sebagai berikut.

Diketahui : Tinggi gelombang datang (Hi) = 0.0607 m

Panjang gelombang (L) = 1.222 m

$$\frac{Hi}{L} = \frac{0.0607}{1.222}$$

$$= 0.049 \text{ m}$$

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Perhitungan pada jarak kerapatan 0,008 m dan 0,015 m.

Jarak	(d)	(T)	L	Stroke												Hi		Ht		Ht/L		Kt			
(x)	m	Dtk	m	Probe 1						Probe 2						Probe 3						m	m	m	m
0,008	0,15	1,1	1.2223	5	0,0338	0,0406	0,0745	0,0241	0,0229	0,0469	0,0265	0,0222	0,0487	0,0607	0,0244	0,0497	0,4013								
			1.2223	6	0,0409	0,0342	0,0752	0,0242	0,0243	0,0485	0,0249	0,0230	0,0479	0,0618	0,0239	0,0506	0,3872								
			1.7372	5	0,0371	0,0326	0,0697	0,0225	0,0215	0,0440	0,0273	0,0244	0,0518	0,0568	0,0259	0,0327	0,4553								
		1,5	1.7372	6	0,0427	0,0296	0,0722	0,0245	0,0218	0,0463	0,0382	0,0126	0,0508	0,0592	0,0254	0,0341	0,4290								
			1.4826	5	0,0364	0,0406	0,0770	0,0271	0,0290	0,0561	0,0221	0,0226	0,0446	0,0665	0,0223	0,0449	0,3353								
			1.4826	6	0,0442	0,0378	0,0821	0,0362	0,0254	0,0616	0,0198	0,0243	0,0441	0,0719	0,0221	0,0485	0,3069								
	0,25	1,1	2.1722	5	0,0450	0,0305	0,0755	0,0242	0,0287	0,0529	0,0332	0,0129	0,0461	0,0642	0,0231	0,0296	0,3594								
			2.1722	6	0,0451	0,0317	0,0769	0,0279	0,0267	0,0546	0,0276	0,0177	0,0453	0,0658	0,0227	0,0303	0,3447								
			1.2223	5	0,0372	0,0404	0,0776	0,0291	0,0286	0,0577	0,0385	0,0121	0,0507	0,0677	0,0253	0,0554	0,3742								
		1,5	1.2223	6	0,0458	0,0363	0,0821	0,0383	0,0262	0,0645	0,0266	0,0230	0,0497	0,0733	0,0248	0,0600	0,3388								
			1.7372	5	0,0426	0,0331	0,0757	0,0253	0,0289	0,0542	0,0318	0,0209	0,0527	0,0650	0,0264	0,0374	0,4060								
			1.7372	6	0,0385	0,0377	0,0762	0,0276	0,0275	0,0551	0,0400	0,0122	0,0522	0,0656	0,0261	0,0378	0,3973								
0,015	0,25	1,1	1.4826	5	0,0559	0,0305	0,0864	0,0449	0,0239	0,0688	0,0236	0,0204	0,0440	0,0776	0,0220	0,0523	0,2835								
			1.4826	6	0,0559	0,0305	0,0864	0,0000	0,0449	0,0449	0,0239	0,0236	0,0475	0,0657	0,0237	0,0443	0,3616								
			2.1722	5	0,0439	0,0400	0,0839	0,0386	0,0282	0,0668	0,0218	0,0277	0,0494	0,0753	0,0247	0,0347	0,3280								
		1,5	2.1722	6	0,0459	0,0385	0,0844	0,0367	0,0315	0,0682	0,0256	0,0235	0,0491	0,0763	0,0245	0,0351	0,3219								
			2.1722	6	0,0459	0,0385	0,0844	0,0367	0,0315	0,0682	0,0256	0,0235	0,0491	0,0763	0,0245	0,0351	0,3219								
			2.1722	6	0,0459	0,0385	0,0844	0,0367	0,0315	0,0682	0,0256	0,0235	0,0491	0,0763	0,0245	0,0351	0,3219								

C. Pembahasan

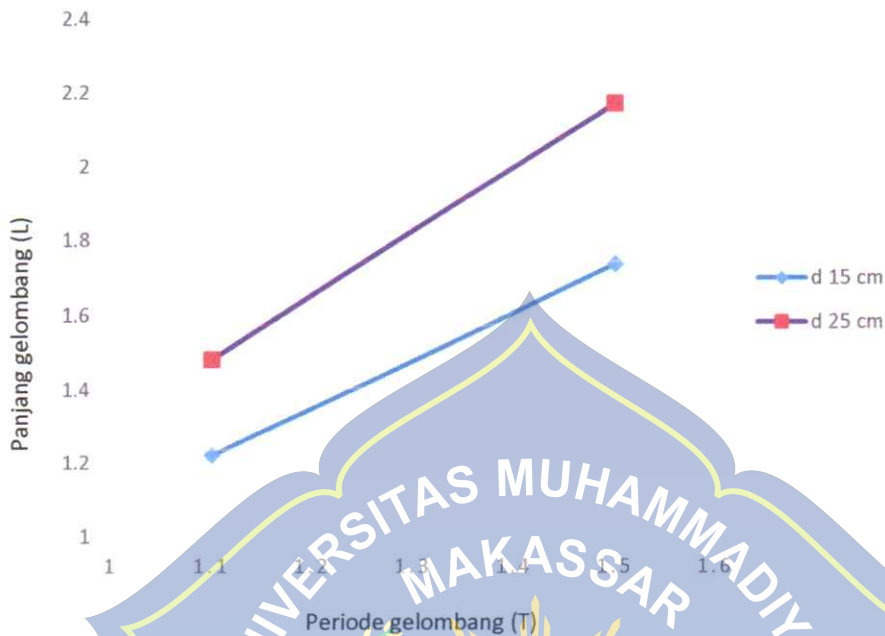
Pada penelitian ini, terdapat 2 variasi jarak kerapatan model Hybrid Engineering yaitu 0,008 m dan 0,015 m. Adapun variasi kedalaman (d) pada penelitian ini yaitu kedalaman (d_1) = 0,15 m dan (d_2) = 0,25 m, dan terdapat juga variasi periode (T) yakni (T_1) = 1,1 detik dan (T_2) 1,5 detik. Pembahasan untuk hasil penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Hubungan Periode Gelombang (T) Terhadap Panjang Gelombang (L) Dengan Variasi Kedalaman (d)

Tabel 8. Hubungan periode gelombang (T) terhadap panjang gelombang (L) dengan variasi kedalaman (d) .

Kedalaman Air (d)	Periode Gelombang	Panjang Gelombang
	(T) (detik)	(L) (m)
0.15	1.1	1.22230751
	1.5	1.73719892
0.25	1.1	1.48260269
	1.5	2.17218348

Berdasarkan hasil pengolahan data pada subbab sebelumnya diperoleh panjang gelombang (L). Jika mengambil periode (T) sebagai variabel sumbu X dan panjang gelombang (L) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 26 sebagai berikut :



Gambar 26. Hubungan Periode Gelombang (T) Terhadap Panjang Gelombang (L) Dengan Variasi Kedalaman (d)

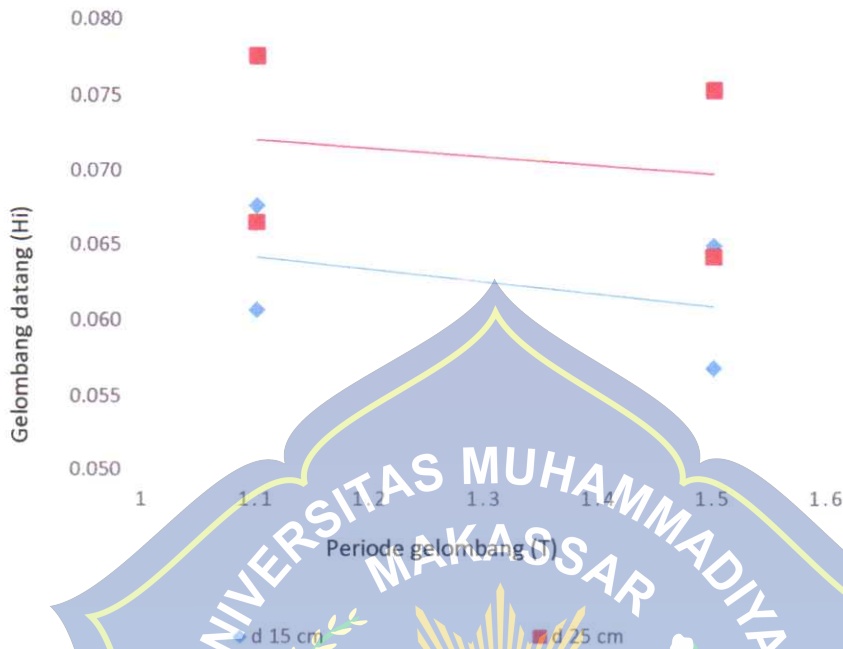
Dari gambar 26. diatas menjelaskan kecenderungan nilai panjang gelombang (L) akan semakin besar dengan semakin besarnya nilai periode (T). Pada periode gelombang (T) 1.1 nilai panjang gelombang (L) = 1.22230751 m, sedangkan pada periode gelombang (T) 1.5 nilai panjang gelombang (L) = 1.73719892 m. Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri (d), nilai panjang gelombang (L) akan semakin tinggi dengan semakin besarnya nilai kedalaman air (d). Pada kedalaman (d) 0.15 periode gelombang (T) 1.1 nilai panjang gelombang (L) = 1,22230751 m, sedangkan pada kedalaman (d) 0.25 periode gelombang (T) 1.1 nilai panjang gelombang (L) = 1.48260269 m.

2. Hubungan Periode Gelombang (T) Terhadap Gelombang Datang (Hi)
Dengan Variasi Kedalaman (d)

Tabel 9. Hubungan periode gelombang (T) terhadap gelombang datang (Hi) dengan variasi kedalaman (d) .

Kedalaman	Kerapatan	Periode Gelombang (T)	Stroke	Gelombang Datang (Hi)
m	m	Dtk		m
0,15	0,008	1.1	5	0.061
			6	0.062
		1.5	5	0.057
			6	0.059
	0,015	1.1	5	0.068
			6	0.073
		1.5	5	0.065
			6	0.066
0,25	0,008	1.1	5	0.067
			6	0.072
		1.5	5	0.064
			6	0.066
	0,015	1.1	5	0.078
			6	0.066
		1.5	5	0.075
			6	0.076

Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh gelombang datang (Hi). Jika mengambil periode gelombang (T) sebagai variabel sumbu X dan gelombang datang (Hi) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 27 sebagai berikut :



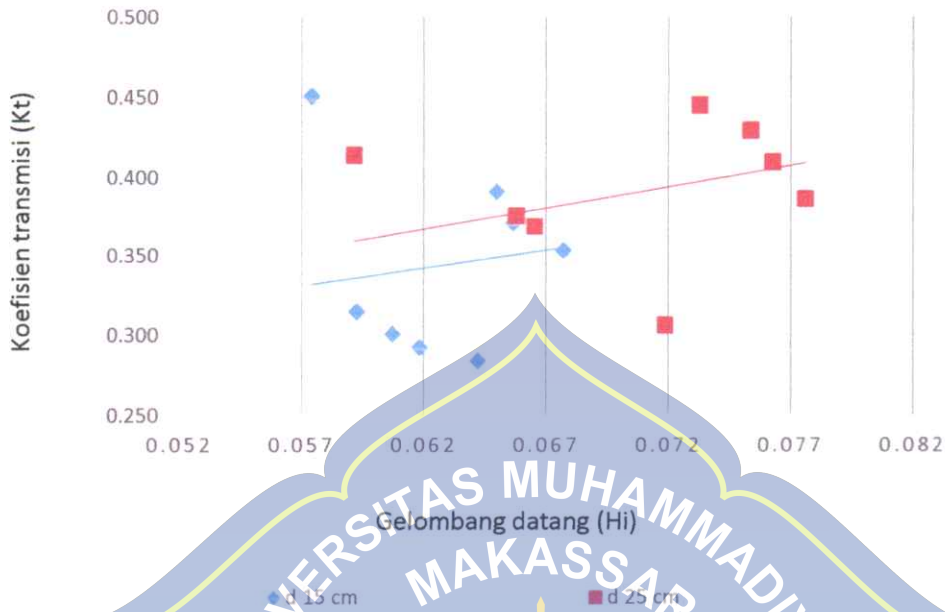
Gambar 27. Hubungan Periode Gelombang (T) Terhadap Gelombang Datang (H_i) Dengan Variasi Kedalaman (d)

Dari gambar 27. diatas menjelaskan kecenderungan nilai gelombang datang (H_i) akan semakin besar dengan semakin kecilnya nilai periode (T). Pada kedalaman (d) 0.15 periode gelombang (T) 1.1 stroke 5, nilai gelombang datang (H_i) = 0.061 m, sedangkan pada kedalaman (d) 0.15 periode gelombang (T) 1.5 stroke 5 nilai gelombang datang (H_i) = 0.057 m. Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri (d), nilai gelombang datang (H_i) akan semakin tinggi dengan semakin besarnya nilai kedalaman air (d). Pada kedalaman (d) 0.15 kerapatan 0,008 periode gelombang (T) 1,1 stroke 5, nilai gelombang datang (H_i) = 0,061m, sedangkan untuk kedalaman (d) 0,25 kerapatan 0,008 periode gelombang (T) 1,1 stroke 5, nilai gelombang datang (H_i) = 0,067 m.

3. Hubungan Gelombang Datang (*Hi*) Terhadap Koefisien Transmisi (*Kt*)
Pada Model Hybrid Engineering

Tabel 10. Hubungan gelombang datang (*Hi*) terhadap koefisien transmisi (*Kt*)

Kerapatan (λ)	Kedalaman (d)	Periode Gelombang (d)	Stroke	Gelombang Datang (Hi)	Koefisien Transmisi (Kt)
m	m	Dtk		m	m
0.008	0.15	1.1	5	0.066	0.371
			6	0.068	0.354
		1.5	5	0.057	0.451
			6	0.065	0.391
		1.1	5	0.062	0.293
			6	0.064	0.284
	0.25	1.5	5	0.059	0.315
			6	0.061	0.301
0.015	0.15	1.1	5	0.076	0.410
			6	0.078	0.387
		1.5	5	0.073	0.445
			6	0.075	0.430
		0.25	1.1	5	0.072
	6			0.059	0.414
	1.5		5	0.066	0.376
		6	0.067	0.369	



Gambar 28. Hubungan gelombang datang (H_i) terhadap koefisien transmisi (K_t).

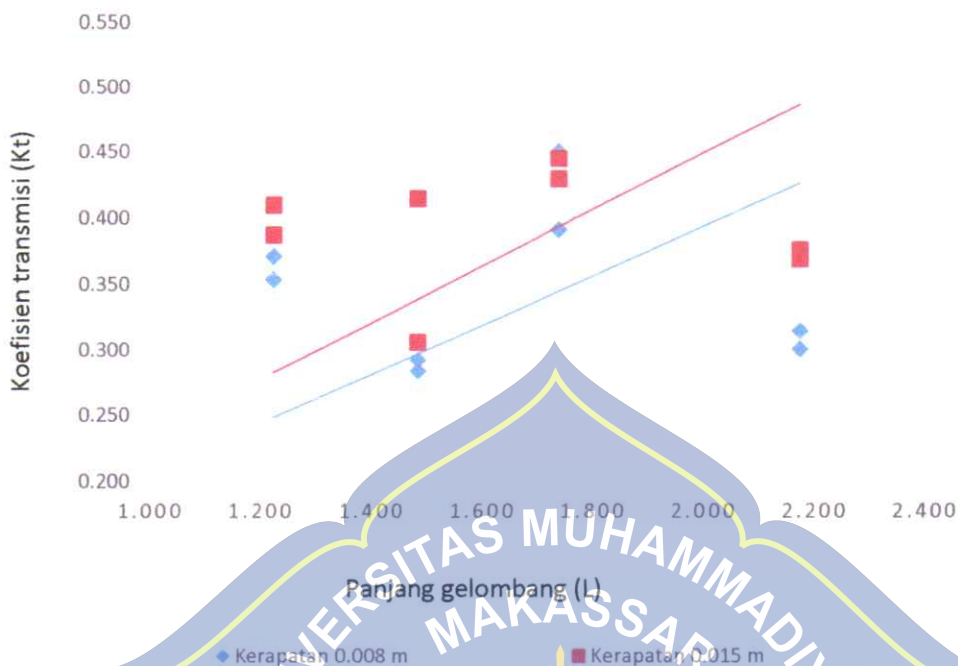
Dari gambar 28. diatas menjelaskan kecenderungan nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin besar dengan semakin besarnya nilai gelombang datang (H_i). Semakin kecil kerapatan model Hybrid Engineering maka koefisien transmisi (K_t) semakin kecil. Pada jarak kerapatan 0.008 m nilai koefisien transmisi (K_t) = 0.371 m, sedangkan pada jarak kerapatan 0.015 m nilai koefisien transmisi (K_t) = 0.401 m. Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri (d), nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin tinggi dengan semakin kecilnya nilai kedalaman air (d). Pada kedalaman 0,15 nilai koefisien transmisi (K_t) = 0,371 m, sedangkan pada kedalaman 0,25 nilai koefisien transmisi (K_t) = 0,293 m.

4. Hubungan Panjang Gelombang (*L*) Terhadap Koefisien Transmisi (*Kt*)

Pada Model Hybrid Engineering

Tabel 11. Hubungan panjang gelombang (*L*) terhadap koefisien transmisi (*Kt*).

Kerapatan (λ)	Kedalaman (d)	Periode Gelombang (T)	Panjang Gelombang (L)	Koefisien Transmisi (Kt)
m	m	Dtk	m	m
0.008	0.15	1.1	1.222	0.371
			1.222	0.354
		1.5	1.737	0.451
			1.737	0.391
		1.1	1.483	0.293
			1.483	0.284
		1.5	2.172	0.315
			2.172	0.301
	0.015	0.15	1.222	0.410
			1.222	0.387
1.737			0.445	
1.737			0.430	
0.015	0.25	1.1	1.483	0.306
			1.483	0.414
		1.5	2.172	0.376
			2.172	0.369



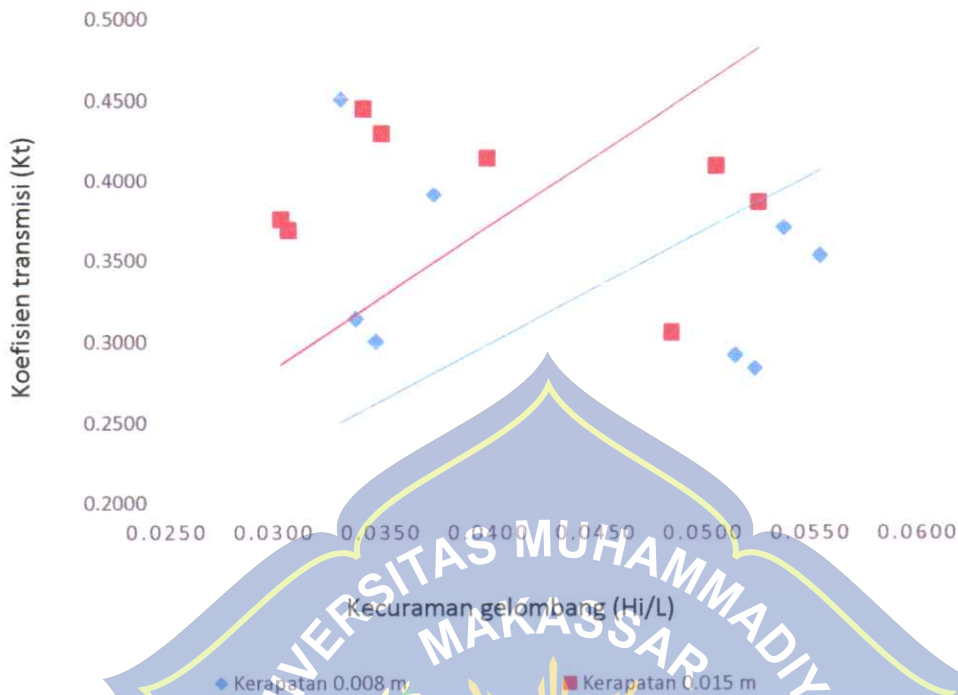
Gambar 29. Hubungan panjang gelombang (L) terhadap koefisien transmisi (K_t).

Dari garis kecenderungan gambar 29, diatas menjelaskan nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin besar dengan semakin besarnya nilai panjang gelombang (L). Semakin kecil kerapatan model Hybrid Engineering maka koefisien transmisi (K_t) semakin kecil. Pada jarak kerapatan 0.008 m nilai koefisien transmisi (K_t) = 0.371 m, sedangkan pada jarak kerapatan 0.015 m nilai koefisien transmisi (K_t) = 0.401 m. Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri (d), apabila nilai kedalaman (d) semakin rendah maka nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin besar. Pada kedalaman 0,15 nilai koefisien transmisi (K_t) = 0,371 m, sedangkan pada kedalaman (d) 0,25 nilai koefisien transmisi (K_t) = 0,293 m.

5. Hubungan Kecuraman Gelombang (H/L) Terhadap Koefisien Transmisi (K_t) Pada Model Hybrid Engineering

Tabel 12. Hubungan kecuraman gelombang (H/L) terhadap koefisien transmisi (K_t)

Kerapatan (λ)	Kedalaman (d)	Periode Gelombang (T)	Kecuraman Gelombang (H/L)	Koefisien Transmisi (K_t)
			m	m
0,008	0.15	1.1	0.0537	0.3711
		1.5	0.0554	0.3537
		1.1	0.0330	0.4510
		1.5	0.0374	0.3913
		1.1	0.0514	0.2926
	0.25	1.1	0.0523	0.2841
		1.5	0.0337	0.3148
		1.1	0.0347	0.3009
		1.5	0.0506	0.4097
		1.1	0.0525	0.3867
0,015	0.15	1.5	0.0341	0.4451
		1.1	0.0349	0.4296
		1.5	0.0485	0.3062
		1.1	0.0399	0.4144
	0.25	1.5	0.0303	0.3758
		1.1	0.0306	0.3690
		1.5		
		1.1		



Gambar 30. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap koefisien transmisi (K_t).

Dari garis kecenderungan gambar 30, di atas menjelaskan apabila nilai kecuraman gelombang (H_i/L) semakin besar, maka koefisien transmisi (K_t) akan semakin besar, Pada periode gelombang (T) 1,1 stroke 5 kecuraman gelombang (H_i/L) = 0,0537 m dengan koefisien transmisi (K_t) = 0,3711 m, sedangkan pada periode gelombang (T) 1,1 stroke 6 kecuraman gelombang (H_i/L) = 0,0554 m dengan koefisien transmisi (K_t) = 0,3537 m. Dan nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin besar dengan semakin kecilnya nilai kedalaman air (d). Pada kedalaman 0,15 m nilai koefisien transmisi (K_t) = 0,3711 m, sedangkan pada kedalaman 0,25 m, nilai koefisien transmisi (K_t) = 0,2926 m.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Pengaruh kerapatan model, kedalaman air (d) dan periode gelombang (T) berbanding lurus terhadap tinggi gelombang transmisi (H_t). Yang berarti semakin besar kerapatan model, kedalaman air (d) dan periode gelombang (T) maka semakin besar pula tinggi gelombang transmisi (H_t).
2. Gelombang datang (H_i) dan gelombang transmisi (H_t) mempengaruhi besaran koefisien transmisi (K_t) pada model hybrid engineering. Di mana semakin besar gelombang datang (H_i) dan gelombang transmisi (H_t) maka koefisien transmisi (K_t) akan semakin besar. Dan begitu pula pada kecuraman gelombang (H_i/L), dimana semakin besar nilai kecuraman gelombang (H_i/L), maka koefisien transmisinya (K_t) akan semakin besar.

B. Saran

Penulis sadar dalam penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis menyarankan penelitian ini masih perlu pengkajian untuk kondisi berikut:

1. Faktor stabilitasi model terhadap tinggi gelombang datang (H_i), variasi kedalaman air, dan model hybrid engineering diharap ada peneliti lainya yang mengkaji lebih lanjut.

2. Alat pembacaan tinggi gelombang (probe) sebaiknya diperhatikan dan diperiksa dengan sebaik-baiknya sehingga hasil pembacaan tinggi gelombang dapat akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Achiari, H , dkk. (2020, Desember). *Analisis Refleksi Dan Transmisi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Tiang Pancang*. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 12(3), 273-237.
- Baskoro, H, Dkk. (2016). *Studi Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan Bangunan Pantai Hybrid Engineering Di Desa Timbulsloko, Demak*. Jurnal Oseanografi, Vol.5, 340-348.
- Ginting, J. W, Dkk. (2018). *Efisiensi Model Fisik Tereadam Energi Gelombang Dengan Permeable Breakwater*. Jurnal Teknik Hidraulik Vol.9 No.1, Juni 2018: 1-16.
- LIPI, *Interaksi Daratan dan Lautan Pengaruhnya Terhadap Sumber Daya dan Lingkungan*, (Jakarta: LIPI Press, 2004) hal. 32
- Luqman Hadiyan, Yessi Nirwana, *Desain Bangunan Pelindung Pantai Sebagai Penanggulangan Abrasi di Kawasan Pantai Ujung Jabung Provinsi Jambi*, (Jurnal Teknik Sipil Itenas Vol 2 No 2, 2016) hal. 72
- M.S Wibisono, 2010. *Pengantar Ilmu Kelautan Edisi 2*, Jakarta: UI Press
- Muh Aris, Esti Rahayu, dan Annisa Triyanti, 2015. *Peran Kearifan Lokal Dan Modal Sosial Dalam Pengurangan Risiko Bencana dan Pembangunan Pesisir*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Nizam, 1987, *Refleksi dan Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Bawah Air*, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- NT Karim, AM Syamsuri – Teknik Hydro, 2018. *Pengaruh Kedalaman Pemecah Gelombang Terapung Pipa Anyaman Eceng Gondok Terhadap Tinggi Gelombang Refleksi Dan Transmisi*.
- Puspitasari, V. C, Dkk. (2014). *Penjalaran Gelombang Di Lokasi Pembangunan Permeable Dams Hybrid Engineering, Timbul Sloko, Demak*. Jurnal Oseanografi, Vol.3, 566-573.
- Riswal Karamma, Ashury, Nenny Karim, dan Andi Asrif Almunawir, 2019. *Studi Laboratorium Disipasi dan Refleksi Gelombang Pada Susunan Pipa Sebagai Pemecah Gelombang*, Vol.2, 30-35

- Shirlal, K.G., dan Manu, S. R. (2007), "Ocean Wave Transmission By Submerged Reef-A Physical Model Study", *Ocean Engineering* 34 (2007).
- Siry, H. Y. (2018). *Struktur Hybrid Engineering-Solusi Rekyasa Berbasis Ekosistem Untuk Restorasi Kawasan Pesisir*. Jakarta: Kementerian Kelautan Dan Perikanan.
- Syamsuri, A. M. (2021). *PENGARUH KEKASARAN DINDING PIPA PADA STRUKTUR PEMECAH GELOMBANG BERPORI TERHADAP DEFORMASI GELOMBANG* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- 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.
- 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.
- Triatmadja R, Yuwono N, Nirzam, 2001, *Seminar Nasional Teknik Pantai*, Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999, *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.