

SKRIPSI

**PENGARUH HYBRID ENGINEERING TERHADAP
REFLEKSI GELOMBANG PADA DAERAH PANTAI
(STUDI UJI LABORATORIUM)**



Oleh :

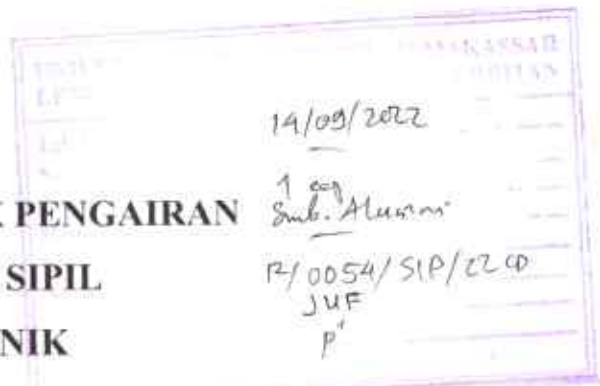
RENALDI JUFRI
105811111017

SRI RISKA MALIK
105811120717

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Posi atas nama Renaldi Jufri dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11110 17 dan Sri Riska dengan nomor induk mahasiswa 105 81 11207 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, 04 Safar 1444 H
01 September 2022 M

Panitia Ujian:

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

Penguji:

a. Ketua : Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc

b. Sekretaris : Andi Bunga Tongen, ST., MT.

Anggota: 1. Dr. Ir.Hj. Nurnawaty, ST., MT, IPM

2. Farida Gaffar, ST., MM., IPM

3. Kasmawati, ST., MT.

Mengetahui:

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Ir. Hamzah Al Imran, 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 Aiauddin No. 259 Tarp. (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

ugas 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 HYBRID ENGINEERING TERHADAP REFLEKSI GELOMBANG PADA DAERAH HANTAI (STUDI UJI LABORATORIUM)**

Nama : **RENALDI JUFRI**
SRI RISKA MALIK

No. Stambuk : **105 81 11110 17**
105 81 11207 17

Makassar, 01 September 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Ir. Hamzah Al Imran, S.T.,M.T,IPM

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan



Ir. M. Agus Alim, S.T.,M.T.
NBM : 947993

PENGARUH HYBRID ENGINEERING TERHADAP REFLEKSI GELOMBANG PADA DAERAH PANTAI (STUDI UJI LABORATORIUM)

Renaldi Jufri¹⁾, Sri Riska Malik²⁾, Nenny T Karim³⁾, Hamzah Al Imran⁴⁾

Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makasar, Indonesia

Email : Renaldikuseng@gmail.com

ABSTRAK

Struktur Hybrid Engineering merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi kerusakan pesisir pantai dari abrasi yang dibangun menggunakan bahan-bahan yang tersedia luas di lokasi kegiatan seperti kayu, bambu, ranting dan dahan pohon mangrove yang didesain khusus di wilayah pantai. Penanggulangan masalah abrasi perlu dilakukan mitigasi bencana dengan mereduksi serangan gelombang sebagai penyebab utama erosi dan abrasi. hingga saat ini penanggulangan kerusakan pantai membutuhkan biaya yang sangat besar, sehingga perlu adanya inovasi perlindungan pantai yang ramah lingkungan dan biaya murah supaya garis pantai di Indonesia bisa tetap terjaga. Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui pengaruh kedalaman dan periode gelombang terhadap panjang gelombang pada model Hybrid Engineering, kemudian Untuk mengetahui pengaruh jarak kerapatan dan tinggi gelombang refleksi terhadap nilai koefisien refleksi pada model Hybrid Engineering. Metode yang digunakan berbasis eksperimental. Karakteristik gelombang yang dihasilkan terdiri dua variasi periode dan dua variasi kedalaman air serta dua variasi stroke. Pembacaan tinggi gelombang maksimal dan tinggi gelombang minimum dilakukan secara otomatis melalui wave monitor. Dari hasil pengujian dan pengolahan data menunjukkan bahwa semakin besar nilai kedalaman (d) dan periode gelombang (T) maka semakin besar pula nilai panjang gelombang (L), nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin besar dengan semakin kecilnya nilai gelombang datang (H_i) dan nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin besar dengan semakin menurunnya nilai gelombang refleksi (H_r).

Kata kunci: hybrid engineering, refleksi

ABSTRACT

Hybrid Engineering structure is one of the alternatives in overcoming coastal damage from abrasion which is built using materials that are widely available at activity sites such as wood, bamboo, branches and branches of mangrove trees specially designed in coastal areas. overcoming abrasion problems needs to be carried out disaster mitigation by reducing wave attacks as the main cause of erosion and abrasion. the cost is very large, so there is a need for innovative beach protection that is environmentally friendly and low cost so that the coastline in Indonesia can be maintained. This study aims to determine the influence of wave depth and period on wavelengths in Hybrid Engineering models, then to determine the influence of density distances and reflection wave height on the value of reflection coefficients in Hybrid Engineering models. The methods used are experimentally based. The resulting wave characteristics consist of two periode variations and two water depth variations and two stroke variations. The reading of the maximum wave height and the minimum wave height is carried out automatically through the wave monitor. From the results of testing and data processing shows that the greater the depth value (d) and wave period (T), the greater the wavelength value (L), the value of the reflection coefficient (K_r) will be greater with the smaller the coming wave value (H_i) and the value of the reflection coefficient (K_r) will be greater with the decreasing value of the reflection wave (H_r).

Keywords: hybrid engineering, reflection.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Hybrid Engineering Terhadap Refleksi Gelombang Pada Daerah Pantai (Studi Uji Laboratorium)”**.

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

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

1. Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak M. Agussalim, S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Dr. Ir. Nenny T Karim, S.T., M.T. selaku Pembimbing I dan bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T, IPM. Selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan bimbingan serta arahan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayah dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar - besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a serta pengorbanannya terutama dalam hal materi untuk menyelesaikan studi kami.
7. Rekan – rekan Mahasiswa Teknik khususnya Akurasi 2017 yang selama ini menjadi rekan seperjuangan untuk mencapai gelar akademik.
8. Tak lupa pula ucapan terimakasih pada teman teman tim Hybrid Engineering dan teman teman di Minasa Upa blok B2 no.1A yang turut membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapatkan pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan - rekan, masyarakat serta bagi Nusa dan Bangsa. Aamiin.

"Billahi Fii Sabilill Haq Fastabiqul Khaerat"

Makassar, 01 Agustus 2022



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR PERSAMAAN.....	xv
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. Sistematik penulisan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Pantai.....	7
B. Karakteristik Gelombang.....	14
C. Klasifikasi gelombang.....	18

D. Teori Peredam Gelombang	20
E. Deformasi Gelombang	22
F. Erosi Dan Abrasi	26
G. Struktur Hybrid Engineering	27
H. Hukum Dasar Model	32
BAB III METODE PENELITIAN	37
A. Tempat Dan Waktu Penelitian	37
B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data	37
C. Variabel Penelitian	38
D. Defenisi Oprasional	38
E. Alat Dan Bahan	39
F. Pelaksanaan Penelitian	41
G. Metode Pengambilan Data	48
H. Metode Analisis Data	49
I. Prosedur Penelitian	49
J. Flow Chart Prosedur Percobaan Penelitian	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
A. Hasil Penelitian	53
B. Analisis Data	58
C. Pembahasan	63
BAB V PENUTUP	70

A. Kesimpulan.....	70
B. Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	75



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1. Batasan pantai.....	8
Gambar 2. Pantai berpasir.....	9
Gambar 3. Pantai berlumpur.....	10
Gambar 4. Pantai berawa.....	11
Gambar 5. Pantai berbatu.....	11
Gambar 6. Pergerakan partikel air saat penjalaran gelombang menuju pantai.....	13
Gambar 7. Karakteristik gelombang.....	17
Gambar 8. Gerak partikel air dalam gelombang.....	20
Gambar 9. Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan.....	23
Gambar 10. Profil Gelombang Berdiri Persial.....	25
Gambar 11. Proses pengisian ranting di struktur HE.....	28
Gambar 12. Proses Struktur HE yang sudah selesai dan siap digunakan....	29
Gambar 13. Penampang melintang (cross-section) struktur HE yang menggunakan struktur bambu penguat dan perangkat.....	30
Gambar 14. Tampak atas (bird view) dari struktur Hybrid Engineering (HE) yang menggunakan struktur bambu penguat dan perangkat.....	31
Gambar 15. Tangki pembangkit gelombang (Wave Flume).....	39
Gambar 16. Unit pembangkit gelombang tipe flap.....	40

Gambar 17. Wave minitor dan probe	40
Gambar 18. Tampak depan model Hybrid Engineering (HE1).....	42
Gambar 19. Tampak samping model Hybrid Engineering (HE1).....	43
Gambar 20. perspektif model Hybrid Engineering (HE1).....	43
Gambar 21. Tampak depan model Hybrid Engineering (HE2).....	44
Gambar 22. Tampak samping model Hybrid Engineering (HE2).....	44
Gambar 23. perspektif model Hybrid Engineering (HE2).....	45
Gambar 24. Tampak depan model Hybrid Engineering (HE3).....	45
Gambar 25. Tampak samping model Hybrid Engineering (HE3).....	46
Gambar 26. perspektif model Hybrid Engineering (HE3).....	46
Gambar 27. tampak atas model Hybrid Engineering (HE).....	47
Gambar 28. flow chart penelitian.....	52
Gambar 29. Hasil Kalibrasi Probe 1 Kedalaman 0,15 m.....	54
Gambar 30. Hasil Kalibrasi Probe 2 Kedalaman 0,15 m.....	54
Gambar 31. Hasil Kalibrasi Probe 1 Kedalaman 0,20 m.....	55
Gambar 32. Hasil Kalibrasi Probe 2 Kedalaman 0,20 m.....	56
Gambar 33. Hubungan Periode gelombang (T) Terhadap Panjang Gelombang (L).....	63
Gambar 34. Hubungan kedalaman (d) Terhadap Panjang Gelombang (L).....	64
Gambar 35. Hubungan gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	65

Gambar 36. Hubungan gelombang refleksi (H_r) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	67
Gambar 37. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	68



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi kedalaman relatif.....	19
Tabel 2. Skala model Hybrid Engineering (HE1).....	47
Tabel 3 Skala model Hybrid Engineering (HE2).....	48
Tabel 4 Skala model Hybrid Engineering (HE3).....	48
Tabel 5. Kalibrasi probe pada kedalaman 0,15 m.....	53
Tabel 6. Kalibrasi probe pada kedalaman 0,20 m.....	55
Tabel 7. Data hasil pengamatan untuk kerapatan 0,005 m, 0,008 m dan 0,010 m.....	57
Tabel 8. Hasil perhitungan panjang gelombang (L).....	59
Tabel 9. Hasil Rekapitulasi Perhitungan pada jarak kerapatan 0,005 m, 0,008 m dan 0,010 m.....	62
Tabel 10. Hubungan gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	65
Tabel 11. Hubungan gelombang refleksi (H_r) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	66
Tabel 11. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap koefisien refleksi (K_r).....	68

DAFTAR PERSAMAAN

Nomor	Halaman
persamaan 1. Panjang gelombang	15
persamaan 2. Panjang gelombang awal	15
persamaan 3. Tinggi gelombang datang	25
persamaan 4. Tinggi gelombang refleksi	25
persamaan 5. Koefisien refleksi	26
persamaan 6. Skala panjang	33
persamaan 7. Skala tinggi	33
persamaan 8. Skala notasi	34
persamaan 9. Skala percepatan	34
persamaan 10. Skala waktu (sebangun kinematik)	34
persamaan 11. Kesebangunan froude	35
persamaan 12. Skala kesebangunan froude	35
persamaan 13. Skala waktu (sebangun dinamik)	35

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kedua dengan garis pantai terpanjang di dunia mencapai 99.083 kilometer (*Badan Informasi Geospasial*). Dengan panjang garis pantai yang ada, menjadikan Negara ini kaya akan sumber daya alam pesisir pantainya, yang mana kualitas alam tersebut tentu berbeda-beda dari suatu wilayah satu ke wilayah yang lain. Disamping potensi sumber daya alam, panjangnya garis pantai ini menimbulkan persoalan karena wilayah pesisir pantai merupakan daerah peralihan laut dan daratan. Hal tersebut menyebabkan wilayah pesisir mendapatkan tekanan dari berbagai aktivitas dan fenomena yang terjadi di darat maupun di laut (*Yati Mulia, 2020*).

Perubahan garis pantai merupakan peristiwa alam yang terjadi secara terus menerus. Besar kecilnya abrasi pantai ditentukan oleh besar kecilnya arus sejajar pantai. Arus yang besar dapat berupa aliran yang mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang besar. Akibatnya air yang kembali berputar dan mempunyai waktu yang lebih sedikit untuk meresap ke dalam pasir, ketika gelombang berikutnya datang akan sebanyak air yang mengumpul lalu membawa material pasir ke arah laut. Gelombang laut dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus atau transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta

menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada pelindung pantai, gelombang tersebut akan di pantulkan (refleksi) dan diteruskan (transmisi). Pembagian besarnya energi gelombang yang di pantulkan (refleksi) tergantung karakteristik gelombang datang (periode dan tinggi gelombang) (Hendra Achiari Dkk, 2020).

Untuk menanggulangi masalah tersebut perlu dilakukan mitigasi bencana dengan mereduksi serangan gelombang sebagai penyebab utama erosi dan abrasi. hingga saat ini penanggulangan kerusakan pantai membutuhkan biaya yang sangat besar, sehingga perlu adanya inovasi perlindungan pantai yang ramah lingkungan dan biaya murah supaya garis pantai di Indonesia bisa tetap terjaga.

Hal tersebut dapat menggunakan rekayasa ekonomis yang dinamakan *Hybrid Engineering* (HE) dengan membangun struktur lolos air (permeable structure) dari bahan bambu atau kayu. Prinsip utama dalam struktur HE adalah membuat tampungan sedimen di kawasan pesisir yang terabrasi (Hendra Y Siry, 2018).

Maka dari permasalahan-permasalahan tersebut maka kami menuangkan dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan judul :
“PENGARUH HYBRID ENGINEERING TERHADAP REFLEKSI GELOMBANG PADA DAERAH PANTAI (STUDI UJI LABORATORIUM)”.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh kedalaman (d) dan periode gelombang (T) terhadap panjang gelombang (L) pada model Hybrid Engineering ?
2. Bagaimana pengaruh jarak kerapatan (λ) dan tinggi gelombang refleksi (H_r) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) pada model Hybrid Engineering ?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman (d) dan periode gelombang (T) terhadap panjang gelombang (L) pada model Hybrid Engineering
2. Untuk mengetahui pengaruh jarak kerapatan (λ) dan tinggi gelombang refleksi (H_r) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) pada model Hybrid Engineering.

D. Manfaat Penelitian

1. Diharapkan dengan selesainya penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam perencanaan model struktur dengan rekayasa *model Hybrid*

Engineering yang efektif dan efisien dan menjadi alternatif peredam gelombang untuk daerah berpasir yang ramah lingkungan.

2. Sebagai salah satu bahan informasi dalam menganalisa refleksi gelombang pada suatu pemecah gelombang.

E. Batasan Masalah

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

1. Periode gelombang yang dibangkitkan adalah konstan dengan beberapa variasi kedalaman.
2. Arus yang dibangkitkan adalah periode gelombang yang teratur.
3. Fluida yang digunakan adalah air tawar (salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan).
4. Perbedaan karakteristik tidak di kaji lebih dalam.
5. Gaya gelombang terhadap stabilitas model uji tidak dikaji.
6. Dasar saluran rata.
7. Model yang digunakan model hybrid engineering menggunakan rangkaian kayu yang disusun.

F. Sistematik penulisan Penelitian

Penulisan ini berupa susunan yang serasi dan teratur, oleh karena itu di buat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok uraian sehingga

mencakup pengertian tentang apa, dan bagaimana. Sistematika penulisan skripsi ini dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan diuraikan mengenai hal-hal yang melatar belakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, maniaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang pengertian dasar serta teori yang digunakan dalam perhitungan yang meliputi karakteristik gelombang, klasifikasi teori gelombang dan parameter model Hybrid Engineering.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan tentang analisa hasil penelitian yang meliputi data tinggi gelombang, koefisien refleksi gelombang, pengaruh model hybrid engineering terhadap tinggi refleksi gelombang, pengaruh

perubahan periode gelombang terhadap tinggi refleksi gelombang, dan pengaruh kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien refleksi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian ini, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang dialami selama penelitian berlangsung, yang tentu diharapkan agar penelitian ini berguna untuk pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang teknik pantai.

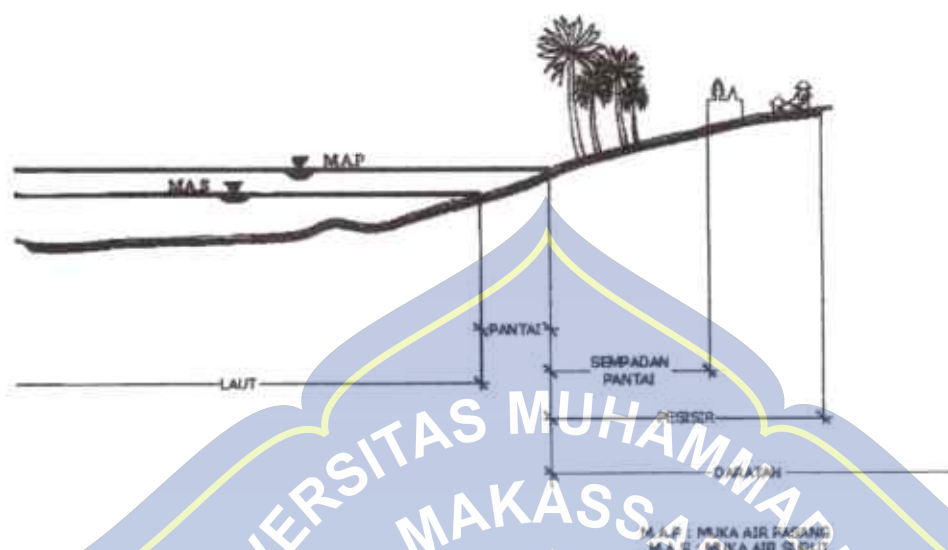


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai

Ada dua istilah tentang kepantaian dalam bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (coast) dan pantai (shore). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih dapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai adalah daerah 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 laut dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bawah di bawahnya. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tepat dan berpindah dan sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 m dari titik pasang tertinggi ke arah daratan. (*teknik pantai, Triadmodjo, 1999*). Untuk lebih jelasnya tentang definisi di atas, dapat dilihat dalam gambar 1. Berikut ini :



Gambar 1. Batasan pantai (teknik pantai, Triadmodjo, 1999)

1. Jenis pantai

Jenis pantai di Indonesia secara sederhana dapat dikelompokkan atas pantai berpasir, pantai berlumpur, pantai berawa, dan pantai berbatu.

a. Pantai berpasir

Menurut *Yati Muliati (2020)*, Pantai berpasir merupakan pantai yang didominasi oleh hamparan atau dataran pasir, baik yang berupa pasir hitam, abu-abu atau putih. Selain itu terdapat lembah-lembah di antara beting pasir. Tumbuh-tumbuhan yang dominan di hutan pantai berpasir antara lain adalah kelapa dan cemara laut. Pantai berpasir (Gambar 2.) umumnya dijadikan kawasan pariwisata pantai, karena alamnya yang indah dan menarik. Kawasan pantai berpasir yang sudah berkembang, misalnya pantai Pangandaran, Carita, dan Pelabuhan Ratu (Jawa Barat), Parang Tritis (Yogyakarta), pantai Sanur dan Kuta (Bali), pantai Ancol dan Kepulauan Seribu (Jakarta).



Gambar 2. Pantai berpasir (Yati Muliati, 2020).

b. Pantai berlumpur

Pantai berlumpur merupakan hamparan lumpur sepanjang pantai yang dihasilkan dari proses sedimentasi atau pengendapan, umumnya terletak di dekat muara sungai. Tanah pantai ini berasal dari endapan lumpur yang dibawa oleh aliran sungai. Struktur dan komposisi tumbuhan di kawasan pantai berlumpur Indonesia merupakan formasi hutan mangrove yang didominasi oleh bakau hitam, bakau putih, dll. Selain menghasilkan kayu, hutan mangrove juga menghasilkan bahan penyamak atau bahan pewarna. Tunas-tunas baru selalu tumbuh dalam hutan mangrove, sehingga kawasan hutan menjadi luas. Akibatnya, lambat laun daratan pun makin meluas ke arah laut. Hutan mangrove memberikan perlindungan terhadap daratan dan ancaman erosi. Hutan mangrove juga berfungsi sebagai tempat pelestarian populasi ikan, kepiting, udang dan kerang-kerangan. Di dalam perairan hutan mangrove banyak terdapat jenis alga dan plankton yang menjadi sumber

makanan bagi biota-biota tersebut. Daun, dahan, dan pohon-pohon mangrove yang telah tua akan tumbang dan didekomposisi oleh fungi dan bakteri menjadi bahan organik. Selanjutnya bahan organik ini akan menjadi penyubur tanah, dan menjadi bahan makanan bagi biota lainnya (Yati Muliati, 2020).



Gambar 3. Pantai berlumpur (Yati Muliati, 2020).

c. Pantai berawa

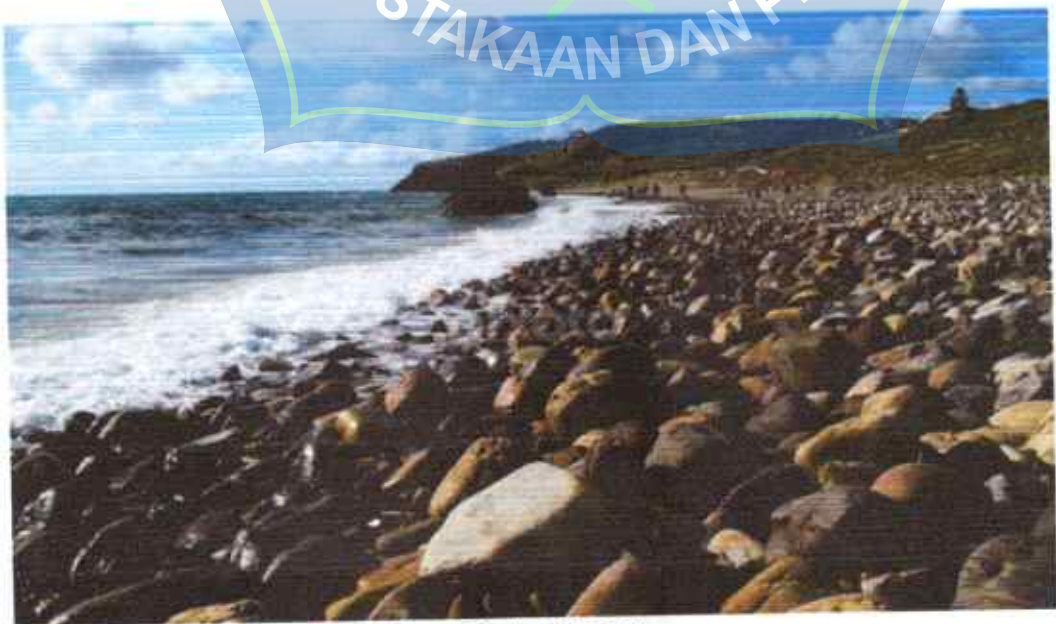
Pantai berawa merupakan daerah yang tergenang air, baik secara permanen ataupun temporer. Tanah dan air pantai ini memiliki tingkat keasaman yang tinggi. Hutan pantai berawa umumnya ditumbuhi oleh jenis tumbuhan seperti nipah, sagu, meranti, terentang (Yati Muliati, 2020).



Gambar 4. Pantai berawa (Yati Muliati, 2020).

d. Pantai berbatu

Menurut Yati Muliati (2020), Pantai berbatu umumnya terdiri dari bongkahan-bongkahan batuan granit. Pantai seperti ini terdapat di kepulauan Natuna, Pulau Buton, dan Pantai selatan Jawa (Pelabuhan Ratu dan Ujung Kulon).



Gambar 5. Pantai berbatu (Yati Muliati, 2020).

2. Proses pantai

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

Ada dua tipe tanggapan dinamis pantai terhadap gerak gelombang, yaitu tanggapan terhadap kondisi gelombang normal dan tanggapan terhadap kondisi gelombang badai. Pada saat badai terjadi, pertahanan alami pantai tidak mampu menahan serangan energi gelombang yang besar, sehingga pantai dapat tererosi. Setelah gelombang besar reda, berangsur-angsur pantai akan kembali ke bentuk semula oleh pengaruh gelombang normal. Tetapi ada kalanya pantai yang tererosi tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula karena material pembentuk pantai terbawa arus dan tidak dapat kembali ke lokasi semula. Proses dinamis pantai dipengaruhi oleh littoral transport, yang di definisikan sebagai gerak sedimen di daerah dekat pantai (*nearshore zone*)

oleh gelombang dan arus. Littoral transport dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu transport sepanjang pantai (longshore-transport) dan transport tegak lurus pantai (onshore-offshore Transport). Material (pasir) yang di transport disebut dengan littoral drift (*Triadmodjo,1999*).

Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Laju transport sedimen sepanjang pantai tergantung pada sudut datang gelombang, durasi, dan besarnya energi gelombang. Apabila gelombang yang terjadi membentuk sudut terhadap garis pantai, maka akan terjadi dua proses angkutan sedimen yang bekerja secara bersamaan, yaitu komponen tegak lurus dan sejajar garis pantai. Suatu pantai mengalami erosi atau akresi (sedimentasi) atau tetap stabil tergantung pada sedimen yang masuk (suplai) dan yang meninggalkan pantai tersebut.



Gambar 6. Pergerakan partikel air saat penjalaran gelombang menuju pantai (*Triadmodjo,1999*).

Bentuk profil pantai sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus, serta bathimetri pantai. Pantai dapat terbentuk dari material dasar yang berupa lumpur, pasir atau kerikil (gravel). Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur mempunyai kemiringan sangat kecil sampai mencapai 1:5000. Kemiringan pantai berpasir lebih besar berkisar antara 1:20 – 1:50. Sedangkan li-7 kemiringan pantai berkerikil bisa mencapai 1:4 (Triandmodjo, 1999).

B. Karakteristik Gelombang

Gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membuat pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Triandmodjo, 2012). Sifat gelombang yang datang menuju pantai sangat dipengaruhi oleh kedalaman air dan bentuk profil pantainya (beach profile), selain tentunya parameter dan karakter gelombang itu sendiri.

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

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

$$L = \frac{gt^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L_0} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan menggunakan cara iterasi maka persamaan (1) dapat diselesaikan untuk menentukan panjang gelombang (L). Pada persamaan (1) diperlukan panjang gelombang awal (L_0) dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana :

L = panjang gelombang

T = periode gelombang

- 3) Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut. Ketiga parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti :

a) Kemiringan gelombang (*wave steepness*) = H/L .

b) Ketinggian relatif (*relative height*) = H/d .

c) Kedalaman relatif (*relative depth*) = d/L .

Parameter penting lainnya seperti :

a) Amplitudo gelombang (A), biasanya diambil setengah tinggi

Gelombang ($\frac{H}{2}$)

b) Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang

c) Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per-detik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $f = \frac{1}{T}$

Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut (θ) = 2π .

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 7. berikut :



Gambar 7. Karakteristik gelombang (*teknik pantai/Triadmodjo, 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 (Suhendro B, 2014).

Pada saat gelombang bergerak menuju ke garis pantai (shoreline), gelombang mulai bergesekan dengan dasar laut dan menyebabkan pecahnya

gelombang ditepi pantai. Hal ini juga dapat terjadi pengaruh pada garis pantai dan bangunan yang ada disekitarnya. Keenam peristiwa tersebut adalah :

- a. Refraksi gelombang yakni peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.
- b. Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di pantai.
- c. difraksi gelombang yakni peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindungi.
- d. Wave shoaling yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
- e. Wave damping yakni peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.
- f. 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) (Yati Muliati, 2020).

C. Klasifikasi gelombang

Jika ditinjau dari kedalaman relatif dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang laut dangkal,

gelombang laut transisi dan gelombang laut dalam. Batasan dari ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang (d/L). Gelombang menurut kedalaman relatif diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu :

Tabel 1. Klasifikasi kedalaman relatif

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

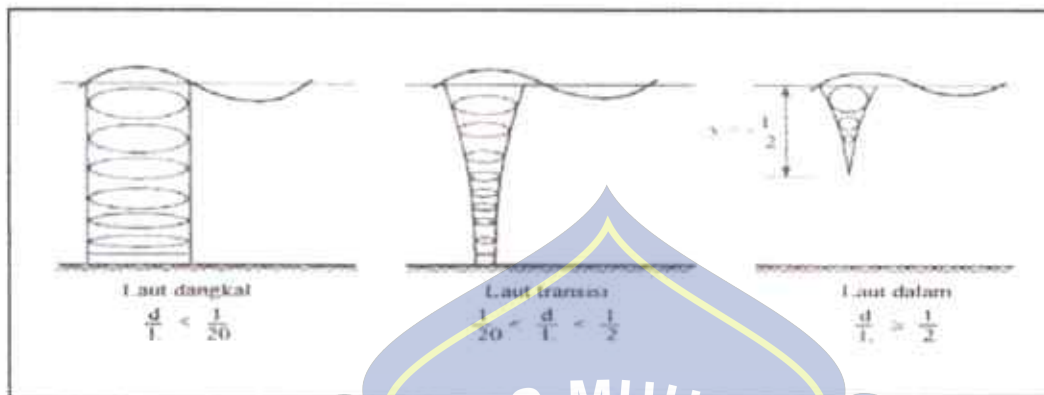
Sumber : Bambang Triatmodjo, *Teknik Pantai* 1999

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

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokan ini dikenal gelombang amplitudo kecil dan gelombang amplitudo berhingga (Stock, Cnoidal, Solitair). Gelombang amplitudo kecil dikembangkan oleh Airy sehingga dikenal dengan teori gelombang Airy. Teori gelombang Airy diturunkan berdasarkan anggapan bahwa perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjangnya atau kedalamannya sangat kecil, sedangkan teori gelombang amplitudo berhingga memperhitungkan besarnya rasio antara tinggi gelombang terhadap panjang dan kedalaman airnya (Triatmodjo, 2012).

D. 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 dari karakteristik

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

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

Bila suatu gelombang datang pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang yang berbeda, maka sebagian gelombang akan dipantulkan (refleksi) dan sebagian lain akan ditransmisikan. Berkas yang terpantul membentuk sudut dengan garis normal permukaan yang besarnya sama dengan sudut berkas datang (berlaku untuk semua gelombang). Berkas yang ditransmisikan akan dibelokkan mendekat atau menjauh dari garis normal-bergantung pada apakah laju gelombang pada medium kedua lebih kecil atau lebih besar daripada laju gelombang dalam medium datang. Pembelokan berkas yang ditransmisikan disebut refraksi (pembiasan) (berlaku untuk semua gelombang) (Pedrotti, 1993).

E. Deformasi Gelombang

1. Refraksi

Refraksi adalah Perubahan pembelokan arah suatu gelombang yang disebabkan oleh pendangkalan atau perubahan kedalaman laut serta faktor angin pada daerah laut dangkal. Ketika gelombang yang akan memasuki wilayah pantai, kecepatan menjalar puncak gelombang pada perairan yang lebih dangkal dibandingkan dengan puncak pada kedalaman lebih dalam, sehingga puncak gelombang akan mengalami pembelokan.

Refraksi dan pendangkalan gelombang (Wave Shoaling) dapat menentukan tinggi gelombang disuatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (penguncupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai (Triadmodjo,1999).

2. Difraksi

Difraksi adalah pembelokan gelombang setelah menghantam suatu halangan, biasanya berupa bangunan pemecah ombak (breakwater) maupun pulau pulau kecil yang berada disekitarnya, maka gelombang tersebut akan membelok disekitar ujung rintangan/halangan dan masuk di daerah terlindung dibelakangnya.dalam

Dalam difraksi gelombang ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang baru, meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung.

Garis puncak gelombang di belakang rintangan mempunyai bentuk busur lingkaran. Dianggap bahwa kedalaman air adalah konstan. Apabila tidak maka selain difraksi juga terjadi refraksi gelombang. Biasanya tinggi gelombang berkurang sepanjang puncak gelombang menuju daerah terlindung. Pengetahuan tentang difraksi gelombang ini penting dalam perencanaan bangunan pengaman pantai (Triatmodjo, 1999).



Gambar 9. Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan (Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999)

3. Refleksi

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

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

Apabila gelombang yang merambat melalui suatu penghalang, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali oleh penghalang tersebut. Apabila pantulannya sempurna atau gelombang datang dipantulkan seluruhnya, maka tinggi gelombang di depannya penghalang menjadi dua kali tinggi gelombang datang dan disebut gelombang berdiri (standing wave). Akan tetapi jika penghalang memiliki prioritas atau tidak dapat memantulkan secara sempurna, maka tinggi gelombang di depan penghalang akan kurang dari dua kali tinggi gelombang datang dan pada kondisi ini disebut gelombang berdiri parsial (sebagian) (Triadmodjo, 1999).



Gambar 10. Profil Gelombang Berdiri Parsial (Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999).

Sehingga diperoleh persamaan:

Tinggi gelombang datang adalah:

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

Tinggi gelombang refleksi adalah:

$$H_r = \frac{2H_{max} - 2H_{min}}{2} = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \quad (4)$$

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.

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

perlindungan pantai (permukaan halus atau kasar) dan dimensi serta geometri perlindungan (kemiringan, elevasi dan lebar halangan) serta kondisi lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai) (CERC, 1984). Parameter refleksi gelombang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (K_r) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- K_r = koefisien refleksi
- H_i = tinggi gelombang datang
- H_r = tinggi gelombang refleksi.
- H_{max} = tinggi gelombang maksimal
- H_{min} = tinggi gelombang minimal

F. Erosi Dan Abrasi

Erosi pantai adalah proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula yang disebabkan oleh tidak adanya keseimbangan antara pasokan dan kapasitas angkutan sedimen. Erosi pantai terjadi apabila pada suatu pantai yang ditinjau mengalami kehilangan/pengurangan sedimen. Artinya sedimen yang diangkut lebih besar daripada sedimen yang diendapkan. Abrasi adalah proses terkikisnya batuan atau material keras seperti dinding atau tebing batu, yang biasanya diikuti dengan longoran atau runtuhannya material (Yuwono, 2005). erosi dan abrasi (sedimentasi) secara stabil tergantung pada

keseimbangan jumlah sedimen yang masuk (suplai) dan yang meninggalkan pantai tersebut (*Triadmodjo, 1999*).

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

G. Struktur Hybrid Engineering

Program struktur hybrid engineering atau dikenal istilah (HE) adalah alternatif dalam mengatasi kerusakan pesisir pantai dari abrasi yang bahan pembuatan dari alam. Struktur hybrid engineering berfungsi sebagai pemecah gelombang sekaligus penangkap sedimen pasir dengan kayu atau bambu untuk mengembalikan tanah yang terabrasi. Pada saat pasang, gelombang datang dengan material lumpur (*suspended material*) akan terbawa ke belakang struktur dan pada saat surut material lumpur tersebut tersimpan atau terkumpul di belakan struktur HE. Dalam waktu tertentu, lumpur di belakang struktur HE tersebut akan mengisi kembali bagian pantai yang ter-abrasi. Prinsip penting yang perlu dipahami dalam implementasi struktur HE adalah struktur ini bukan hanya sebagai alat penahan ombak (APO) bisa juga sebagai penampung sedimen. Komponen bahan dipilih dari material yang tersedia luas di lokasi kegiatan. Sebagai material utama pembuatan pagar,

disepanjang pantai utara Jawa digunakan bambu. Akan tetapi di Kalimantan misalnya bambu tidak tersedia, maka bisa diganti dengan kayu ulin atau kayu lainnya. Di tempat lain seperti di pulau-pulau kecil dan terluar Indonesia dimana kayu dan bambu sama-sama sulit didapatkan, maka material utama pagar bisa diganti dengan pipa paralon yang diisi dengan semen sebagai pengganti bambu atau kayu. Pemilihan material yang tersedia di lokasi kegiatan dimaksudkan agar dalam perawatan struktur nantinya dapat secara swadaya dilakukan oleh masyarakat penerima manfaat.

Pada saat pembangunan struktur HE selesai, pemeliharaan secara terus menerus merupakan komponen kunci agar struktur HE dapat berdayaguna maksimal dalam fungsi rehabilitasi kawasan terabrasi. Untuk itu, dibutuhkan institusionalisasi penyelenggaraan pemeliharaan struktur HE yang disiapkan dari awal. Pola swadaya masyarakat dengan menggunakan alokasi dana desa merupakan opsi yang paling memungkinkan agar pemeliharaan bisa berkelanjutan.



Gambar 11. Proses pengisian ranting di struktur HE (Sumber Gambar: *Ecoshape Consortium, 2016*)



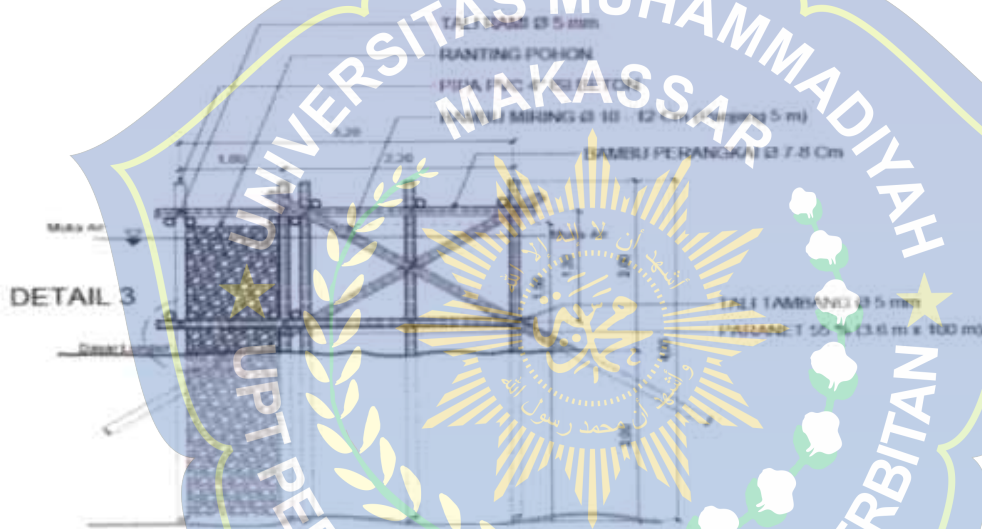
Gambar 12. Proses Struktur HE yang sudah selesai dan siap digunakan
(Sumber Gambar: *Ecoshape Consortium*, 2016)

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

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

Pemancangan bambu di tiap segmen sebaiknya dilakukan dengan menggunakan alat ukur theodolite untuk menjamin simetri dan konsistensi

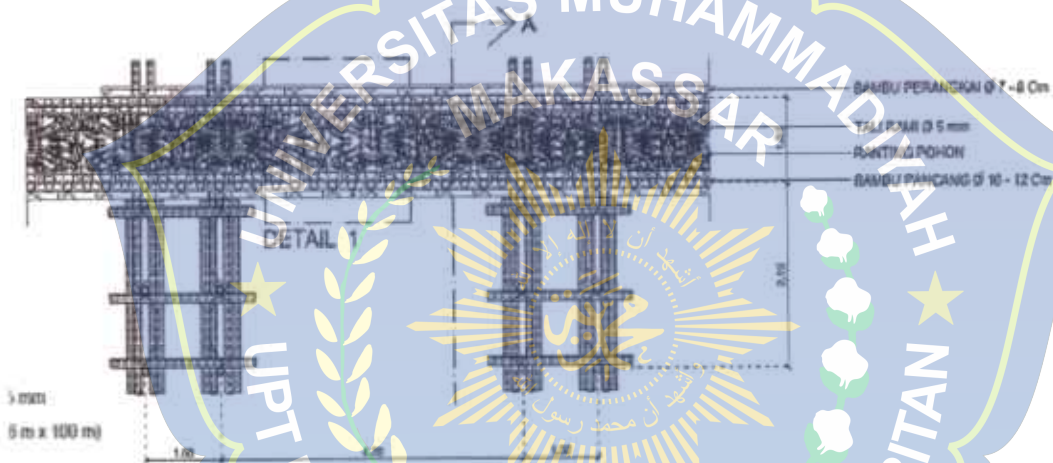
dari dimensi struktur. Untuk pemancangan bambu di lokasi bekas mangrove, biasanya ada kendala dimana bambu tidak bisa dipancang sesuai kedalaman yang diharapkan. Untuk kondisi ini, disarankan menggunakan alat pemancang menggunakan kompresor udara agar bambu dapat ditekan sampai kedalaman yang diinginkan.



Gambar 13. Penampang melintang (cross-section) struktur HE yang menggunakan struktur bambu penguat dan perangkai (kementerian kelautan dan perikanan, struktur hybrid engineering 2019).

Kedalaman ideal pengisian ranting adalah masuk sampai batas kedalaman lumpur keras, akan tetapi pelaksanaan di lapangan sangat sulit karena pengisian ranting dilakukan dengan tenaga manusia. Batas pengisian Ranting dilakukan bertahap dari dasar lumpur lunak sampai ketinggian maksimal di batas HHWS (*Highest High- Water Level*) tetapi langsung dalam satu segmen. Bertahap maksudnya 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 HE. Untuk struktur HE yang dibangun di lokasi dengan kondisi ombak besar dan kedalaman lumpur lunak yang dangkal maka diperlukan komponen struktur penguat yang cukup rapat untuk menjamin kestabilan struktur.



Gambar 14. Tampak atas (bird view) dari struktur Hybrid Engineering (HE) yang menggunakan struktur bambu penguat dan perangkai (kementerian kelautan dan perikanan, struktur hybrid engineering 2019)

Komponen penunjang lainnya adalah bambu perangkai atau bambu yang dipasang menyilang (horizontal) untuk mengikat 15 – 20 batang bambu pancang. Komponen ini dipasang juga melihat kebutuhan akan stabilitas struktur. Untuk struktur yang membutuhkan bambu perangkai, maka komponen ini dipasang dua lajur yakni pada ketinggian ~ 25 cm diatas permukaan lumpur lunak dan pada ketinggian yang sama dengan level muka air pada saat pasang tertinggi (Hendra Y Siry, 2018).

H. Hukum Dasar Model

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik (Nur Yuwono, 1996).

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

1. Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototipe tetapi ukuran bisa berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototipe adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa distorsi) dan sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*). Pada sebangun geometrik sempurna skala panjang arah horisontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted* model skala panjang dan skala tinggi tidak sama. Jika memungkinkan sebaiknya skala dibuat tanpa distorsi, namun

jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (6)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \quad (7)$$

Dengan :

n_L = skala panjang

n_h = skala tinggi

L_p = ukuran panjang prototipe

L_m = ukuran panjang model

h_p = ukuran tinggi pada prototipe

h_m = ukuran tinggi pada model

2. Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horisontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan distorted model. Skala kecepatan

diberi notasi (n_v), skala percepatan (n_a), dan skala waktu (n_T) didefinisikan sebagai berikut :

$$n_v = \frac{v_p}{v_m} = \frac{n_L}{n_T} \quad (8)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \quad (9)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad (10)$$

3. Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan.

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

Untuk penelitian refleksi dan transmisi gelombang terhadap gelombang yang merambat banyak dipengaruhi gaya gravitasi sehingga digunakan kesebangunan Froude. Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini, akan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (*undistorted models*) dan menggunakan kesebangunan Froude.

$$F_r = \frac{(\rho L^3) \left(\frac{v^2}{L}\right)}{\rho g L^3} = \frac{v^2}{gL} \quad (11)$$

Dengan demikian bila gaya gravitasi memegang peranan penting dalam permasalahan, maka perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi pada model dan prototipe harus sama.

$$n_{Fr} = \frac{Fr_p}{Fr_m} = 1 \quad (12)$$

Oleh karena digunakan model tanpa distorsi, maka skala panjang gelombang (n_L), skala panjang struktur (n_B), skala kedalaman (n_d) dan skala sarat (n_s) adalah sama.

Sedangkan skala waktu (n_T) dan skala gravitasi ditulis seperti berikut:

$$n_T = n_L^{1/2} \text{ atau } n_T = \sqrt{n_L} \quad (13)$$

Semua gaya-gaya tersebut diatas merupakan fungsi variabel tetap. Variabel yang mempengaruhi gaya-gaya tersebut di klasifikasikan dalam tiga tipe ;

- a. *Linear dimensions* didefinisikan sebagai kondisi batas geometrik seperti panjang (L), lebar (B), tinggi (d), dan kedalaman air (H).
- b. *Fluida Properties* disebut sebagai kerapatan fluida (ρ), viskositas (μ), tegangan permukaan (λ), dan elastisitas (E).
- c. *Kinematic and dynamic characteristics of flow* disebut sebagai kecepatan aliran (v), intensitas tekanan (p), percepatan gravitasi (g).



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium riset Teknik pantai Fakultas Teknik universitas Hasanuddin, dengan waktu penelitian selama 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, dengan tujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

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 terdahulu sudah ada baik yang telah dilakukan di Laboratorium maupun dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian refleksi gelombang.

C. Variabel Penelitian

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

- a. Variabel Bebas dalam penelitian ini adalah kedalaman air (d), periode gelombang (T), dan jarak kerapatan (x).
- b. Variabel Terikat pada penelitian ini adalah tinggi gelombang datang (H_i), tinggi gelombang refleksi (H_r), tinggi gelombang maksimal (H_{max}), tinggi gelombang minimal (H_{min}), panjang gelombang (L), dan koefisien refleksi (K_r).

D. Defenisi Oprasional

1. Kedalaman air (d) adalah tinggi kedalaman air yang digunakan dalam penelitian yang di sudah ditentukan.
2. Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan gelombang untuk menempuh satu panjang gelombangnya.
3. Jarak kerapatan (x) adalah jarak antar susunan kayu yang berada pada model.
4. Tinggi gelombang datang (H_i) merupakan gelombang yang datang kemudian mengenai model.
5. Tinggi gelombang refleksi (H_r) adalah gelombang dipantulkan setelah mengenai model.

6. Koefisien refleksi (K_r) adalah perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i).
7. Tinggi gelombang maksimal (H_{max}) adalah nilai tertinggi pada suatu gelombang.
8. Tinggi gelombang minimal (H_{min}) adalah nilai terendah pada suatu gelombang.

E. Alat Dan Bahan

1. Alat – alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

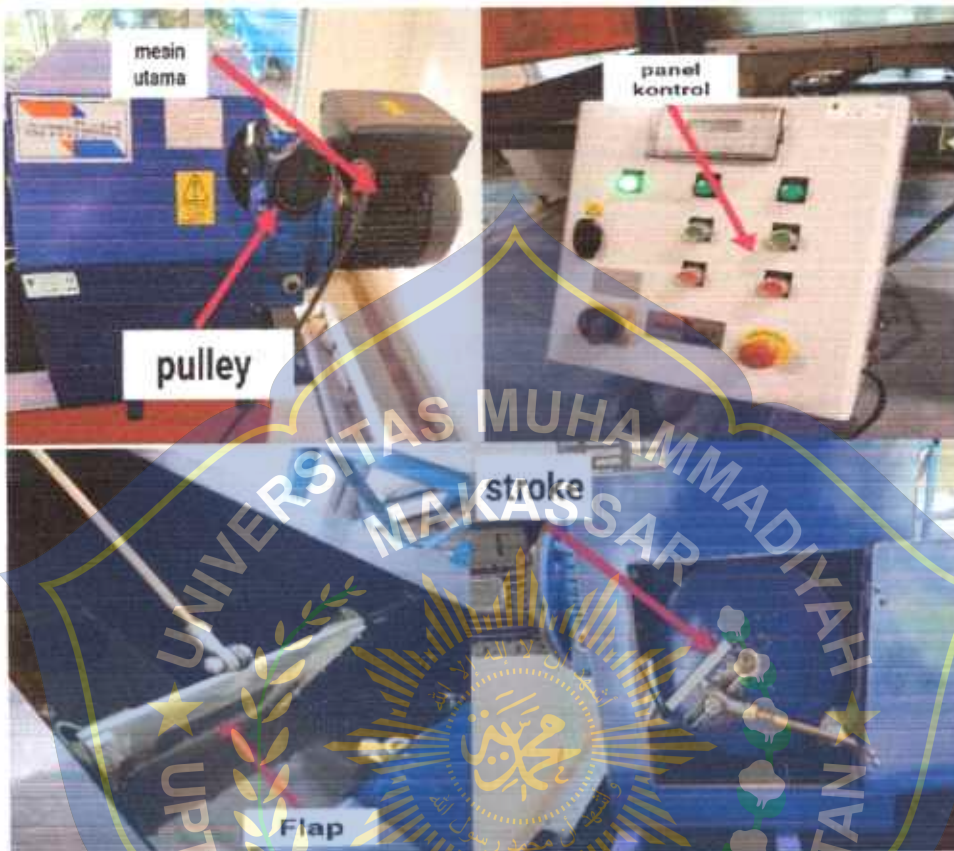
- a. Tangki pembangkit gelombang (wave flume)

Tangki pembangkit gelombang multiguna ini berukuran panjang 15 m, lebar 30 cm. Kedalaman efektif saluran 46 cm.



Gambar 15. Tangki pembangkit gelombang (Wave Flume)

- b. 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 16. Unit pembangkit gelombang tipe flap

c. Wave minitor dan probe



Gambar 17. Wave minitor dan probe

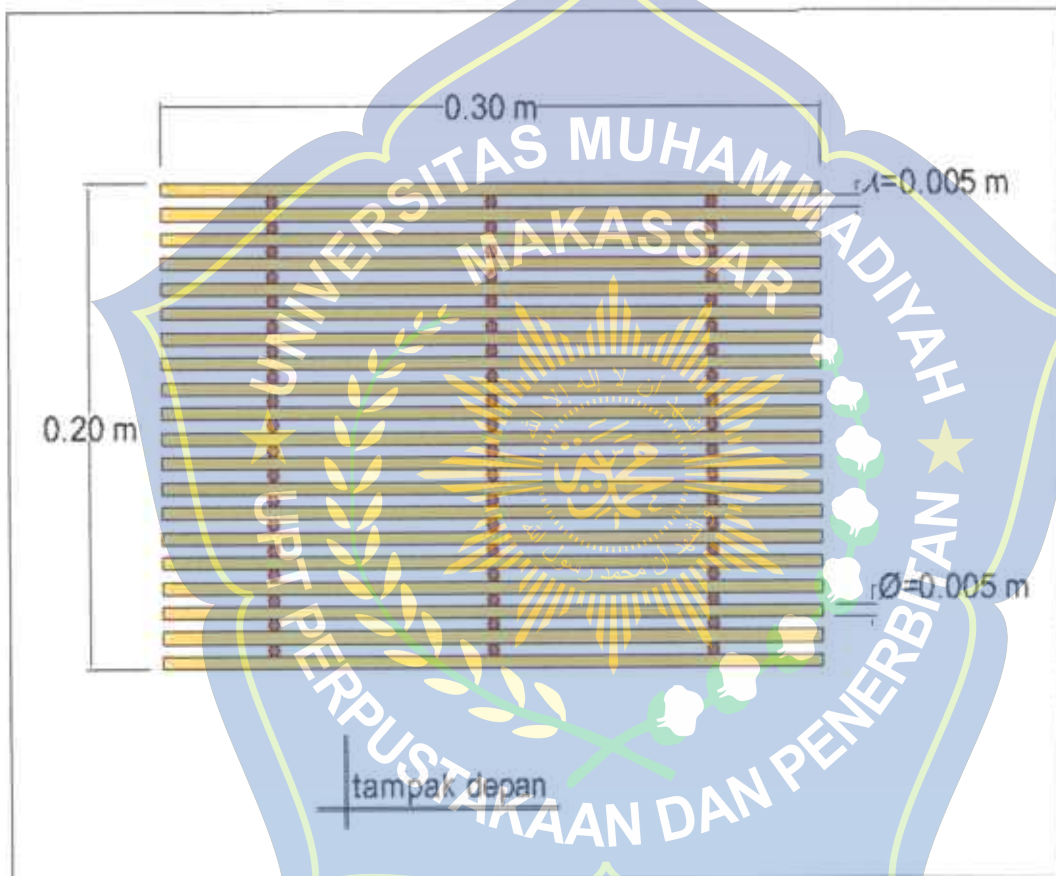
d. Komputer, printer dan scanner digunakan untuk membantu dalam menganalisa data.

- e. Kamera digital digunakan untuk merekam (dalam bentuk foto) momen-momen yang penting dalam keseluruhan kegiatan penelitian khususnya tahap-tahap dalam proses penelitian.
 - f. Spidol
 - g. Alat tembak lem
 - h. Mistar
 - i. Cutter (pisau potong)
 - j. Mistar taraf untuk mengukur ketinggian air
 - k. Kain lap.
 - l. Plat besi.
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :
- a. Kayu dengan diameter 0,005 m, 0,008 m dan 0,010 m sebagai model Hybrid engineering
 - b. Air tawar
 - c. Lem silikon
 - d. Lem korea
 - e. Lem lilin.

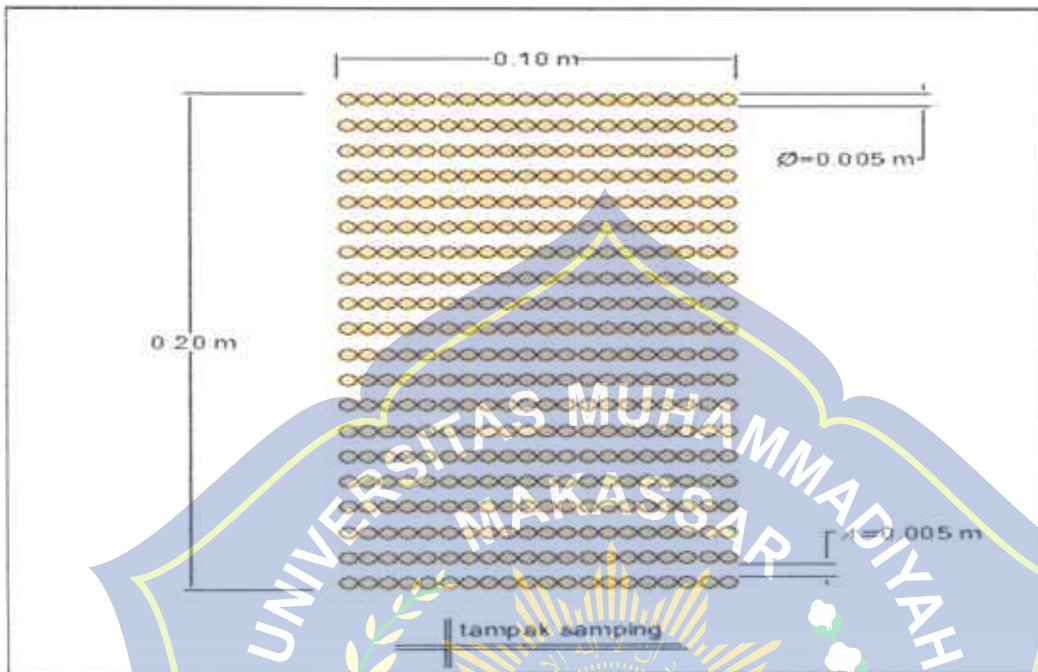
F. Pelaksanaan Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan desain/perancangan model berdasarkan variabel yang akan diteliti. Desain/perancangan model pemecah gelombang didasarkan pada beberapa spesifikasi yaitu pertimbangan fasilitas di laboratorium, model Hybrid

engineering terbuat dari kayu berdiameter (ϕ) = 0,005 m yang disusun tinggi 0,20 m dengan variasi jarak kerapatan (λ) pada model HE1 = 0,005 m, HE2 = 0,008 m dan HE3 = 0,010 m, lebar yaitu 0,30 m dan yaitu 0,10 m.



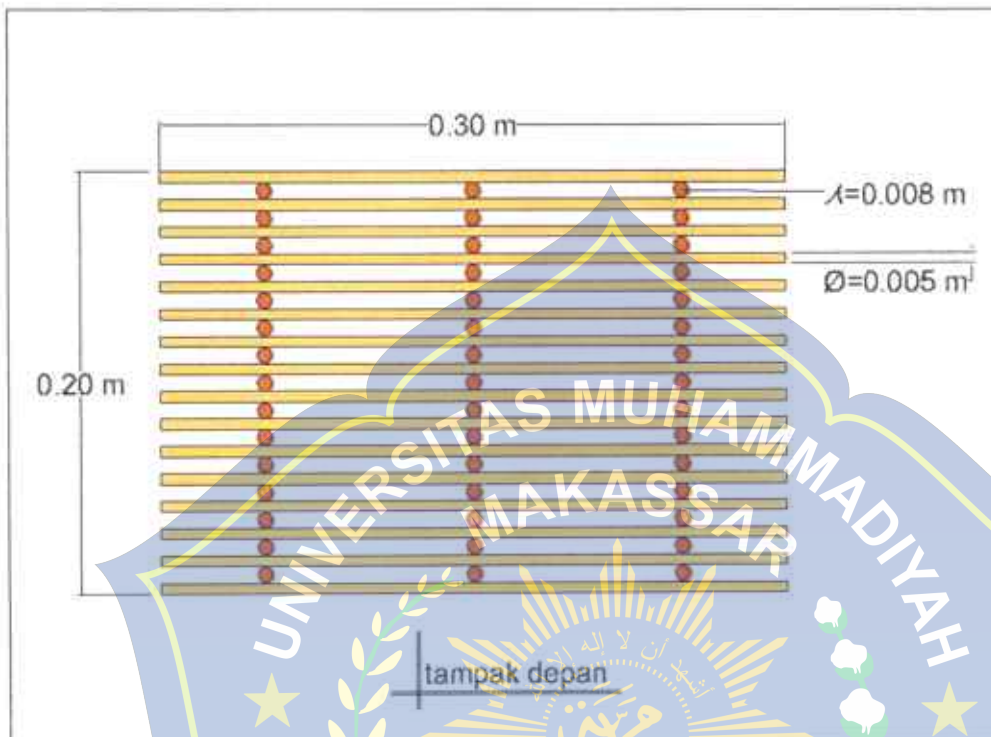
Gambar 18. Tampak depan model Hybrid Engineering (HE1)



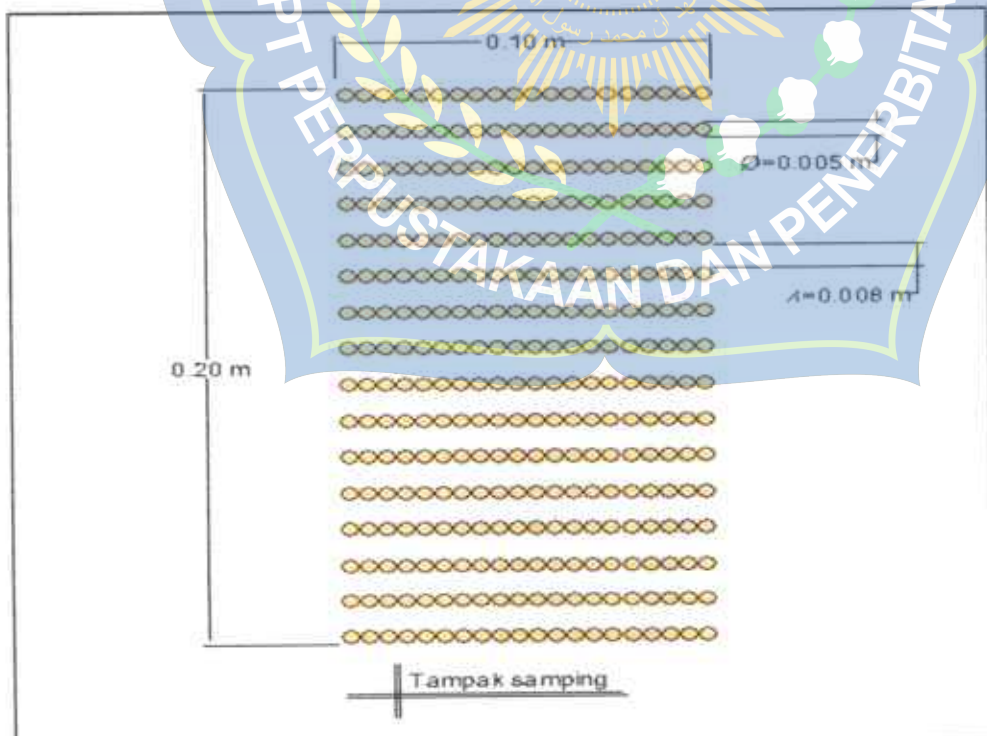
Gambar 19. Tampak samping model Hybrid Engineering (HE1).



Gambar 20. perspektif model Hybrid Engineering (HE1).



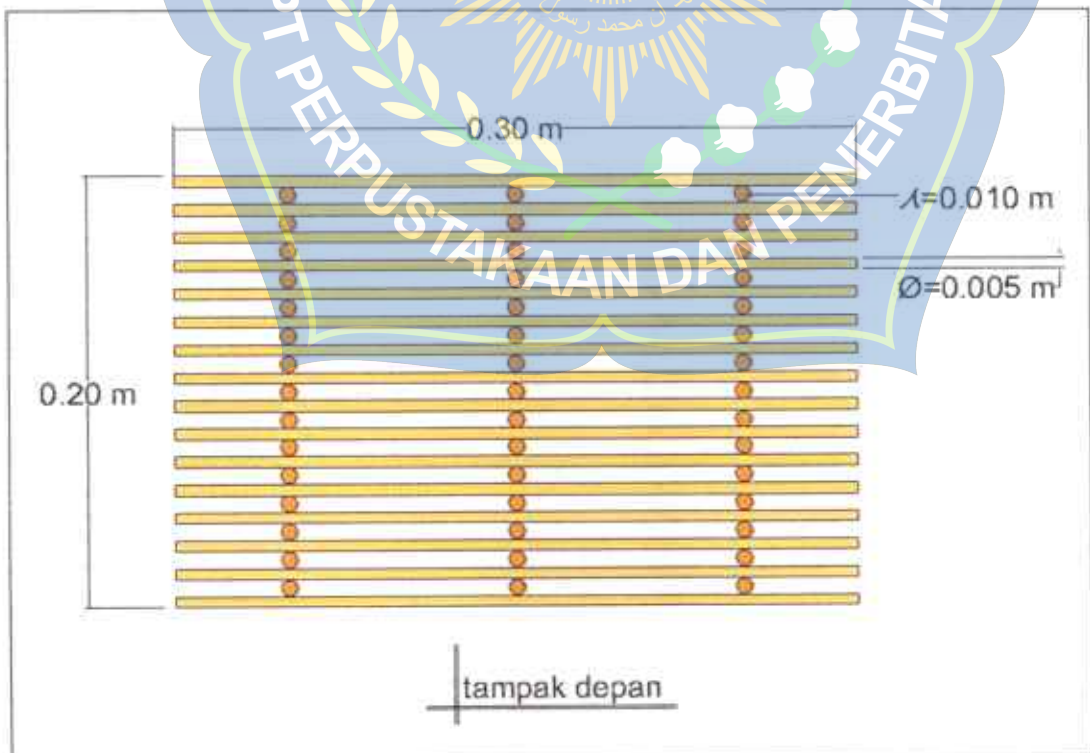
Gambar 21. Tampak depan model Hybrid Engineering (HE2).



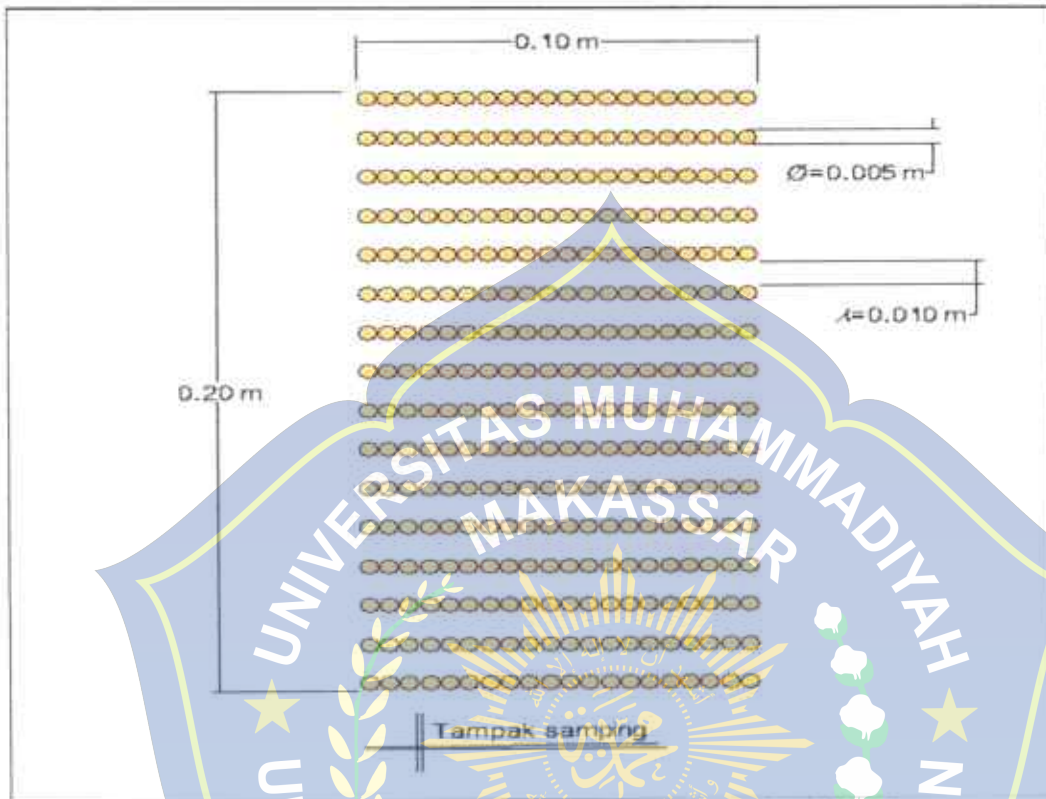
Gambar 22. Tampak samping model Hybrid Engineering (HE2).



Gambar 23. perspektif model Hybrid Engineering (HE2).



Gambar 24. Tampak depan model Hybrid Engineering (HE3).



Gambar 25. Tampak samping model Hybrid Engineering (HE3).



Gambar 26. perspektif model Hybrid Engineering (HE3).



Gambar 27. tampak atas model Hybrid Engineering (HE).

Berdasarkan pertimbangan fasilitas di Laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan Sebangun Geometrik dalam menentukan nilai skala model selengkapnya Tabel

Tabel 2. Skala model Hybrid Engineering (HE1)

Variabel	Skala	Model	Prototype
Skala jarak	1:5	0,005 m	0,025 m
Skala panjang	1:10	0,1 m	1 m
Lebar	1:10	0,3 m	3 m
Kedalaman	1:10	0,15 m 0,20 m	1,5 m 2 m

Tabel 3 Skala model Hybrid Engineering (HE2)

Variabel	Skala	Model	Prototype
Skala jarak	1:5	0,008 m	0,04 m
Skala panjang	1:10	0,1 m	1 m
Lebar	1:10	0,3 m	3 m
Kedalaman	1:10	0,15 m 0,20 m	1,5 m 2 m

Tabel 4 Skala model Hybrid Engineering (HE3)

Variabel	Skala	model	Prototype
Skala jarak	1:5	0,010 m	0,05 m
Skala panjang	1:10	0,1 m	1 m
Lebar	1:10	0,3 m	3 m
Kedalaman	1:10	0,15 m 0,20 m	1,5 m 2 m

Material yang dapat di gunakan model untuk prototype dapat komponen bambu pancang dan ranting pengisi si antara kedua pagar bambu, panjang bambu pancang dapat di sesuaikan dengan hasil pengamatan ketebalan lapisan sedimen dan ketinggian pasang surut khususnya ketinggian maksimal pada saat pasang tertinggi sebagai batas pegisian ranting.

G. 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 0,15 m dan 0,20 m.

untuk setiap periode dibagi 2 stroke yaitu stroke 5 dan stroke 6 gelombang yang dihasilkan oleh wave generator terdiri dari 2 variabel periode dan 2 tinggi gelombang. 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 (d_1) 0,15 m dan (d_2) 0,20 m. data karakteristik diperoleh sebelum diletakan model.

H. 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

I. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian analisis refleksi gelombang pada pemecah gelombang Hybrid Engineering adalah sebagai berikut :

- a. Sebelum melaksanakan penelitian, terlebih dahulu mempelajari literatur (buku & jurnal penelitian) yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan sehingga dapat diketahui parameter atau variabel penelitian.
- b. Selanjutnya menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan model Hybrid Engineering.

- c. Setelah model selesai di buat, kemudian membawa model ke laboratorium riset Teknik pantai Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- d. Masukkan model Hybrid Engineering untuk jarak kerapatan (λ) 0,005 m ke dalam wave flume.
- e. Atur kedalaman yang direncanakan ($d_1 = 0,15$ m) dengan menggunakan mesin pompa pada flume hingga tercapai kedalaman yang ditentukan dan atur jarak pukulan pada flat menjadi beberapa stroke yang telah ditentukan yaitu (stroke 5 dan 6) serta mengatur variasi periode gelombang ($T_1 = 1,3$ detik, dan $T_2 = 1,5$ detik) dengan memutar pulley pada mesin utama.
- f. Nyalakan PC, wave monitor, dan eagle daq kemudian pasang masing-masing probe pada posisi yang telah ditentukan.
- g. Letakkan model diantara probe 1 dan probe 3.
- h. Kalibrasi masing-masing probe dengan kedalaman air yang sudah ditentukan.
- i. Setelah semua komponen siap, running dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang.
- j. Pembacaan tinggi gelombang di depan dan di belakang model diperoleh dari hasil pembacaan masing – masing probe, yang kemudian mengirim hasil rekamannya ke PC.
- k. Setelah selesai, periode kemudian diubah menjadi $T_2 = 1,5$.

- l. Prosedur (d) sampai (k) dilakukan kembali untuk diameter jarak kerapatan 0,008 m dan 0,010 m.
- m. Prosedur (e) sampai (l) dilakukan kembali untuk kedalaman $d_2 = 0,20$ m.
- n. Mengkonversi data yang tercatat di dalam PC dalam bentuk Microsoft excel yang selanjutnya akan diolah.
- o. 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 membersihkan probe dengan menggunakan lap yang bersih.
- p. 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.

J. Flow Chart Prosedur Percobaan Penelitian

Secara garis besar penelitian ini digambarkan pada flowchart berikut:



Gambar 28. flow chart penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

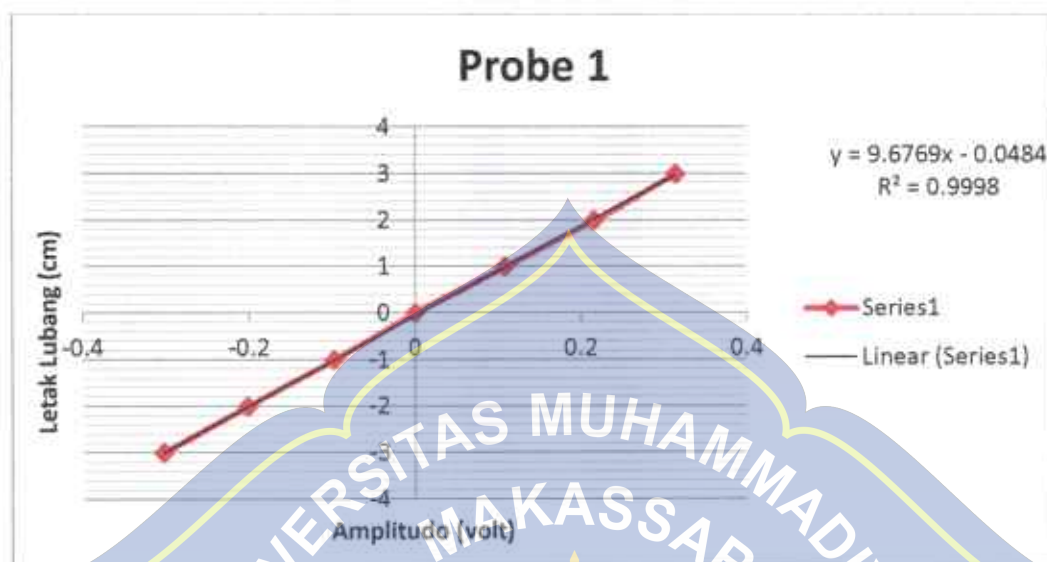
1. Kalibrasi alat

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 $d_2 = 0.20$ m.

a. Kalibrasi Probe Pada Kedalaman (d_1) 0.15 m

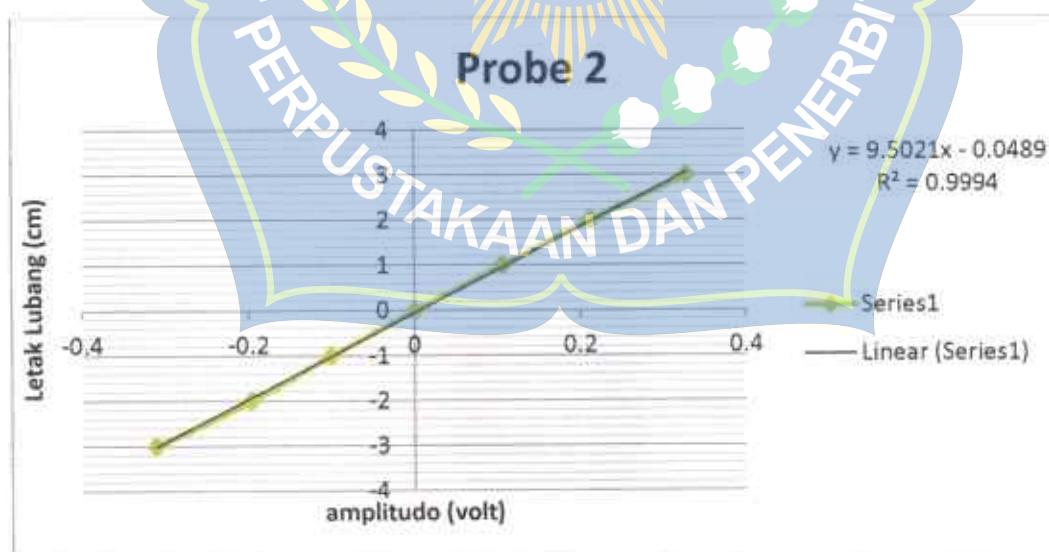
Tabel 5. Kalibrasi probe pada kedalaman (d_1) 0,15 m

(d)	Probe 1		Probe 2	
	Amplitudo (volt)	Letak lubang (cm)	Amplitudo (volt)	Letak lubang (cm)
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 29. Hasil Kalibrasi Probe 1 Kedalaman (d) = 0.15 m.

Dari gambar grafik di atas menjelaskan besaran amplitudo terdistribusi secara linear seiring dengan semakin meningginya letak lubang yang ada pada batang probe.



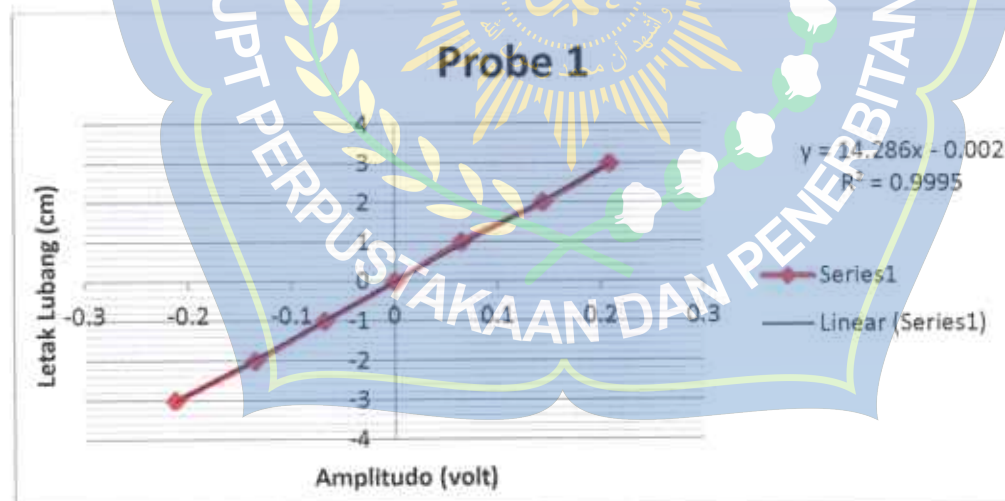
Gambar 30. Hasil Kalibrasi Probe 2 Kedalaman (d) 0,15 m

Dari gambar 27. grafik di atas menjelaskan besaran amplitudo terdistribusi secara linear seiring dengan semakin meningginya letak lubang yang ada pada batang probe.

b. Kalibrasi Probe Pada Kedalaman (d) 0,20 m

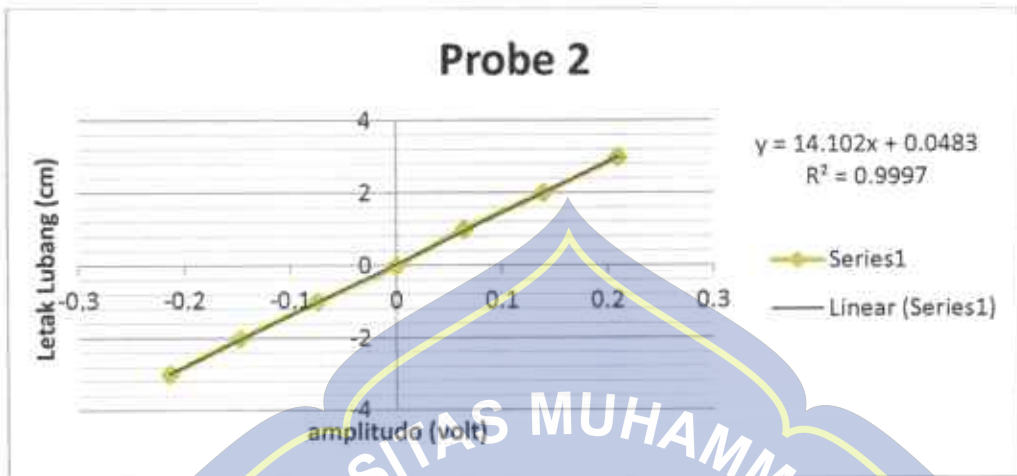
Tabel 6. Kalibrasi probe pada kedalaman (d) 0,20 m

(d)	Probe 1		Probe 2	
	Amplitudo (volt)	Letak lubang (cm)	Amplitudo (volt)	Letak lubang (cm)
0,20 m	0.209	3	0.210	3
	0.144	2	0.139	2
	0.065	1	0.064	1
	0	0	0	0
	-0.068	-1	-0.075	-1
	-0.136	-2	-0.148	-2
	-0.213	-3	-0.214	-3



Gambar 31. Hasil Kalibrasi Probe 1 Kedalaman (d) = 0,20 m

Dari gambar di atas menjelaskan besaran amplitudo terdistribusi secara linear seiring dengan semakin meningkatnya letak lubang yang ada pada batang probe.



Gambar 32. Hasil Kalibrasi Probe 2 Kedalaman (d) = 0,20 m

Dari gambar 28, grafik di atas menjelaskan besaran amplitudo terdistribusi secara linear seiring dengan semakin meningginya letak lubang yang ada pada batang probe.

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) = 0,20 m. Setiap kedalaman (d) masing – masing terdiri dari 2 variasi periode (T) yaitu periode (T_1) = 1,3 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) = 0,005 m dan jarak kerapatan (λ_2) = 0,008 m sebagai berikut.

Tabel 7. Data hasil pengamatan untuk kerapatan 0.005 m, 0.008 m dan 0.010 m

Jarak kerapatan (λ)	(d)	(T)	Stroke	Probe 1			Probe 2			
				Pembacaan		Hmax	pembacaan		Hmin	
				atas	bawah		Atas	bawah		
0,005	0,15	1,3	5	0,0378	0,0382	0,0760	0,0240	0,0109	0,0349	
			6	0,0387	0,0381	0,0768	0,0215	0,0137	0,0352	
	0,20	1,5	5	0,0357	0,0381	0,0738	0,0212	0,0120	0,0332	
			6	0,0368	0,0380	0,0748	0,0183	0,0157	0,0340	
	0,008	0,15	1,3	5	0,0398	0,0398	0,0796	0,0268	0,0102	0,0370
				6	0,0394	0,0410	0,0804	0,0275	0,0104	0,0379
0,20		1,5	5	0,0387	0,0387	0,0774	0,0254	0,0105	0,0359	
			6	0,0392	0,0388	0,0780	0,0262	0,0102	0,0364	
0,15		1,3	5	0,0393	0,0378	0,0771	0,0237	0,0130	0,0367	
			6	0,0399	0,0379	0,0778	0,0209	0,0159	0,0368	
0,010	0,15	1,3	5	0,0387	0,0369	0,0756	0,0218	0,0133	0,0351	
			6	0,0390	0,0376	0,0766	0,0222	0,0135	0,0357	
	0,20	1,5	5	0,0425	0,0378	0,0803	0,0250	0,0134	0,0384	
			6	0,0439	0,0371	0,0810	0,0264	0,0128	0,0392	
	0,15	1,3	5	0,0399	0,0387	0,0786	0,0239	0,0131	0,0370	
			6	0,0404	0,0386	0,0790	0,0237	0,0140	0,0377	
0,010	0,15	1,3	5	0,0416	0,0401	0,0794	0,0268	0,0130	0,0398	
			6	0,0422	0,0379	0,0801	0,0240	0,0159	0,0399	
	0,20	1,5	5	0,0410	0,0369	0,0779	0,0249	0,0133	0,0382	
			6	0,0413	0,0376	0,0789	0,0253	0,0135	0,0388	
	0,15	1,3	5	0,0448	0,0378	0,0826	0,0281	0,0134	0,0415	
			6	0,0462	0,0371	0,0833	0,0295	0,0128	0,0423	
0,20	1,5	5	0,0422	0,0387	0,0809	0,0270	0,0131	0,0401		
		6	0,0427	0,0386	0,0813	0,0268	0,0140	0,0408		

B. Analisis Data

1. Panjang gelombang

Penentuan nilai besaran panjang gelombang dapat diketahui melalui dua cara, yaitu dengan pengukuran secara langsung dan melalui metode iterasi 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 iterasi 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) = 1,3 detik dan periode (T_2) = 1,5 dtk.

Diketahui : Kedalaman air (d) = 0.15 m

Periode (T) = 1.3 detik

$$L_0 = 1.56 T^2$$

$$L_0 = 1.56 (1.3^2)$$

$$= 1.56 (1.69)$$

$$= 2.64 \text{ m}$$

$$d/L_0 = 0.0568$$

d/L Interpolasi data tabel pantai

$$d/L = 0.10031 + \frac{0.0568 - 0.0560}{0.0570 - 0.0560} (0.10132 - 0.10031)$$

$$d/L = 0.10121$$

$$L = \frac{d}{0.10121}$$

$$L = 1.482 \text{ m}$$

d/L_0	d/L
0.0560	0.10031
0.0568	0.10121
0.0570	0.10132

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

Tabel 8. Hasil perhitungan panjang gelombang (L)

Kedalaman air (d) (m)	periode gelombang (T) (detik)	Panjang gelombang (L) (m)
0.15	1.3	1.482
	1.5	1.737
0.20	1.3	1.675
	1.5	1.974

2. Gelombang refleksi

Tinggi Gelombang datang (H_i) yang dialami oleh pemecah gelombang tergantung berapa besar tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) yang dialami oleh bagian depan pemecah gelombang tersebut, hal ini berdasarkan landasan teori yakni besarnya gelombang datang sama dengan H_{max} dijumlahkan dengan H_{min} kemudian hasil penjumlahannya dibagi 2. Hasil pembagian tersebut merupakan besar tinggi gelombang datang (H_i), dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan (3). Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang datang (H_i)

pada kedalaman (d) 0,15 m di periode (T) 1,3 detik model pemecah gelombang adalah sebagai berikut :

Diketahui : $H_{max} = 0,0760$ m

$H_{min} = 0,0349$ m

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

$$H_i = \frac{0,0760 + 0,0349}{2}$$

$H_i = 0,0555$ m

Gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya, fenomena gelombang ini disebut gelombang refleksi. Tinggi gelombang refleksi (H_r) dapat diselesaikan dengan persamaan (4). Salah satu contoh perhitungan gelombang refleksi di depan model pada kedalaman (d) 0,15 m di periode (T) 1,3 detik yakni sebagai berikut :

Diketahui : $H_{max} = 0,0760$ m

$H_{min} = 0,0349$ m

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

$$H_r = \frac{0,0760 - 0,0349}{2}$$

$H_r = 0,0206$ cm

Sehingga besarnya Koefisien Refleksi (K_r) berdasarkan landasan teori pada bab 2, dihitung dengan menggunakan persamaan (5). Salah satu contoh

perhitungan koefisien refleksi gelombang pada kedalaman (d) 0,15 m di periode (T) 1,3 detik yakni sebagai berikut :

Diketahui : $H_i = 0.0555$ m

$H_r = 0.0206$ m

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

$$K_r = \frac{0.0555}{0.0206}$$

$$K_r = 0.3706$$

3. Kecuraman gelombang

Untuk menyajikan hubungan kecuraman gelombang dengan nilai koefisien refleksi (K_r) digunakan parameter tak berdimensi (H_i/L). Berikut adalah contoh perhitungan nilai kecuraman gelombang sebagai berikut.

Diketahui : Tinggi gelombang datang (H_i) = 0,0555 m

Panjang gelombang (L) = 1,482 m

$$\frac{H_i}{L} = \frac{0.0555}{1.482}$$

$$= 0.0374$$

Tabel 9. Hasil Rekapitulasi Perhitungan pada jarak kerapatan 0,005 m, 0,008 m dan 0,010 m.

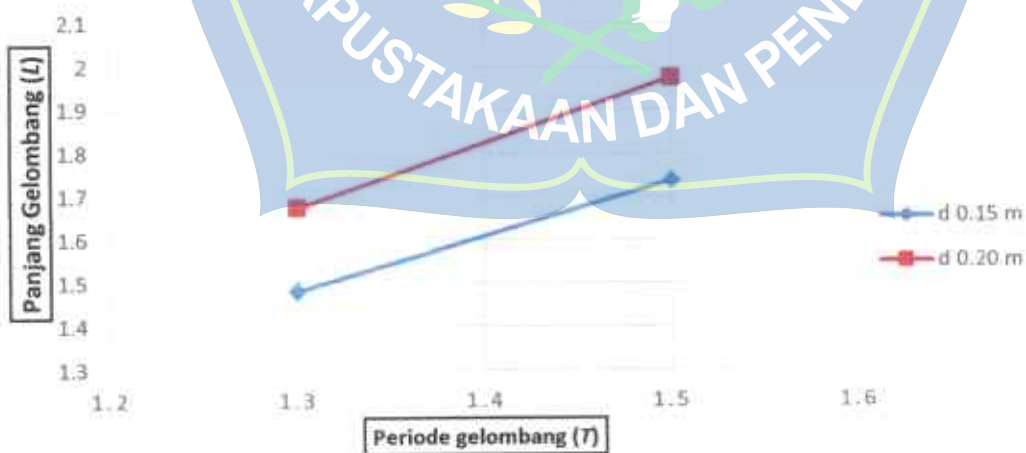
Jarak kerapatan (λ)	(d)	(T)	L		Stroke	Probe 1			Probe 2			Hi	Hr	Hi/L	Kr	
			M	M		pembacaan		Hmax	pembacaan		Hmin					
						Atas	bawah		atas	bawah						
0,005	0.15	1.3	1.482	1.482	5	0.0378	0.0382	0.0760	0.0240	0.0109	0.0349	0.0555	0.0206	0.0374	0.3706	
			1.482	1.482	6	0.0387	0.0381	0.0768	0.0215	0.0137	0.0352	0.0560	0.0208	0.0378	0.3714	
	0.20	1.5	1.737	1.737	5	0.0357	0.0381	0.0758	0.0212	0.0120	0.0332	0.0535	0.0203	0.0308	0.3794	
			1.737	1.737	6	0.0368	0.0386	0.0748	0.0183	0.0157	0.0340	0.0544	0.0204	0.0313	0.3750	
	0,008	0.15	1.3	1.674	1.674	5	0.0398	0.0398	0.0796	0.0268	0.0102	0.0370	0.0583	0.0213	0.0348	0.3654
				1.674	1.674	6	0.0394	0.0410	0.0804	0.0275	0.0104	0.0379	0.0592	0.0213	0.0353	0.3593
0.20		1.5	1.974	1.974	5	0.0387	0.0387	0.0774	0.0254	0.0105	0.0359	0.0567	0.0208	0.0287	0.3663	
			1.974	1.974	6	0.0392	0.0388	0.0780	0.0262	0.0102	0.0364	0.0572	0.0208	0.0290	0.3636	
0,010		0.15	1.3	1.482	1.482	5	0.0393	0.0378	0.0771	0.0237	0.0130	0.0367	0.0569	0.0202	0.0384	0.3550
				1.482	1.482	6	0.0399	0.0379	0.0778	0.0209	0.0159	0.0368	0.0573	0.0205	0.0387	0.3578
	0.20	1.5	1.737	1.737	5	0.0387	0.0369	0.0756	0.0218	0.0133	0.0351	0.0554	0.0203	0.0319	0.3659	
			1.737	1.737	6	0.0390	0.0376	0.0766	0.0222	0.0135	0.0357	0.0562	0.0205	0.0323	0.3642	
	0,010	0.15	1.3	1.674	1.674	5	0.0425	0.0378	0.0803	0.0250	0.0134	0.0384	0.0594	0.0210	0.0355	0.3530
				1.674	1.674	6	0.0439	0.0371	0.0810	0.0264	0.0128	0.0392	0.0601	0.0209	0.0359	0.3478
0.20		1.5	1.974	1.974	5	0.0399	0.0387	0.0786	0.0239	0.0131	0.0370	0.0578	0.0208	0.0293	0.3599	
			1.974	1.974	6	0.0404	0.0386	0.0790	0.0237	0.0140	0.0377	0.0584	0.0207	0.0296	0.3539	
0,010		0.15	1.3	1.482	1.482	5	0.0416	0.0401	0.0794	0.0268	0.0130	0.0398	0.0596	0.0198	0.0402	0.3322
				1.482	1.482	6	0.0422	0.0379	0.0801	0.0240	0.0159	0.0399	0.0600	0.0201	0.0405	0.3350
	0.20	1.5	1.737	1.737	5	0.0410	0.0369	0.0779	0.0249	0.0133	0.0382	0.0581	0.0199	0.0334	0.3419	
			1.737	1.737	6	0.0413	0.0376	0.0789	0.0253	0.0135	0.0388	0.0589	0.0201	0.0339	0.3407	
	0,010	0.15	1.3	1.674	1.674	5	0.0448	0.0378	0.0826	0.0281	0.0134	0.0415	0.0621	0.0206	0.0371	0.3312
				1.674	1.674	6	0.0462	0.0371	0.0833	0.0295	0.0128	0.0423	0.0628	0.0205	0.0375	0.3264
0.20		1.5	1.974	1.974	5	0.0422	0.0387	0.0809	0.0270	0.0131	0.0401	0.0605	0.0204	0.0306	0.3372	
			1.974	1.974	6	0.0427	0.0386	0.0813	0.0268	0.0140	0.0408	0.0611	0.0203	0.0309	0.3317	

C. Pembahasan

Pada penelitian ini, terdapat 2 variasi jarak kerapatan model Hybrid Engineering yaitu 0,005 m dan 0,008 m. Adapun variasi kedalaman (d) pada penelitian ini yaitu kedalaman (d_1) = 0,15 m dan (d_2) = 0,20 m, dan terdapat juga variasi periode (T) yakni (T_1) = 1,3 detik dan (T_2) 1,5 detik. Pembahasan untuk hasil penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Hubungan Periode (T) Terhadap Panjang Gelombang (L).

Berdasarkan hasil pengolahan data pada subbab sebelumnya diperoleh panjang gelombang (L). Jika mengambil periode gelombang (T) sebagai variabel sumbu X dan panjang gelombang (L) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 33 sebagai berikut :

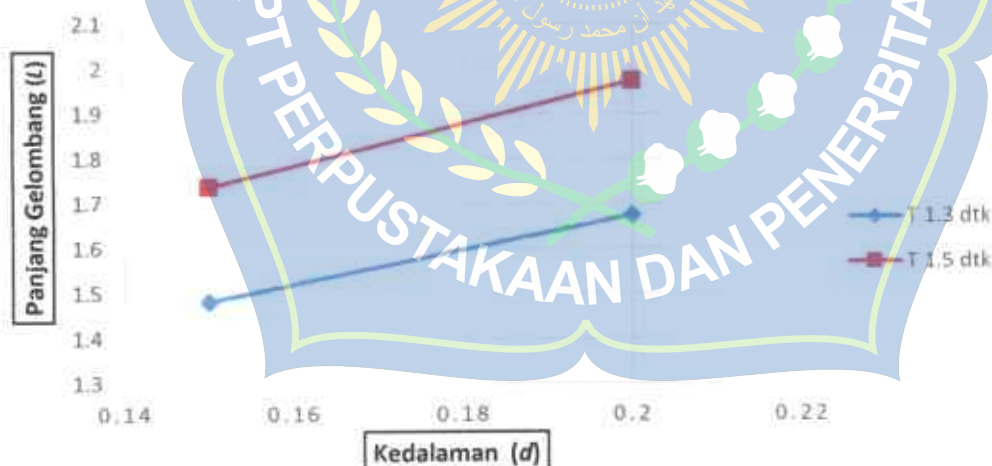


Gambar 33. Hubungan Periode gelombang (T) Terhadap Panjang Gelombang (L).

Dari gambar grafik di atas menjelaskan besaran panjang gelombang (L) terdistribusi secara linear seiring dengan semakin besar nilai periode gelombang (T) yang ditentukan berdasarkan penelitian, dalam artian semakin besar nilai periode gelombang (T) maka semakin besar pula nilai panjang gelombang (L).

2. Hubungan kedalaman (d) Terhadap Panjang Gelombang (L).

Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh panjang gelombang (L). Jika mengambil kedalaman (d) sebagai variabel sumbu X dan panjang gelombang (L) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 34 sebagai berikut ..



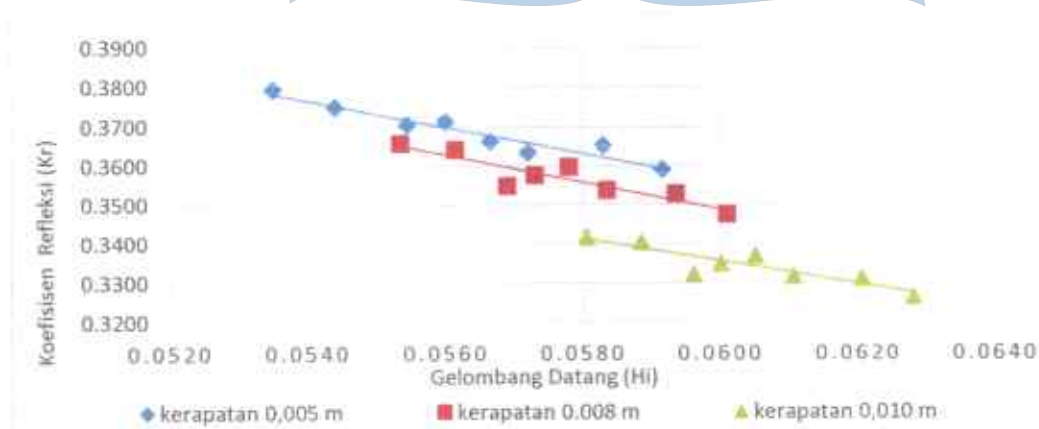
Gambar 34. Hubungan kedalaman (d) Terhadap Panjang Gelombang (L).

Dari gambar grafik di atas menjelaskan besaran panjang gelombang (L) terdistribusi secara linear seiring dengan semakin besar nilai kedalaman (d) yang ditentukan berdasarkan penelitian, dalam artian semakin besar nilai kedalaman (d) maka semakin besar pula nilai panjang gelombang (L).

3. Hubungan gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r) pada model Hybrid Engineering

Tabel 10. Hubungan gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r)

Jarak kerapatan (λ)	(d)	(T)	H_i	K_r
M	m	Dtk	m	M
0,005	0.15	1.3	0.0555	0.3706
			0.0560	0.3714
		1.5	0.0535	0.3794
			0.0544	0.3750
		1.3	0.0583	0.3654
			0.0592	0.3593
0,008	0.20	1.5	0.0567	0.3663
			0.0572	0.3636
		1.3	0.0569	0.3550
			0.0573	0.3578
		1.5	0.0554	0.3659
			0.0562	0.3642
0,010	0.20	1.3	0.0594	0.3530
			0.0601	0.3478
		1.5	0.0578	0.3599
			0.0584	0.3539
		1.3	0.0596	0.3322
			0.0600	0.3350
0,010	0.15	1.5	0.0581	0.3419
			0.0589	0.3407
		1.3	0.0621	0.3312
			0.0628	0.3264
1.5	0.0605	0.3372		
	0.0611	0.3317		



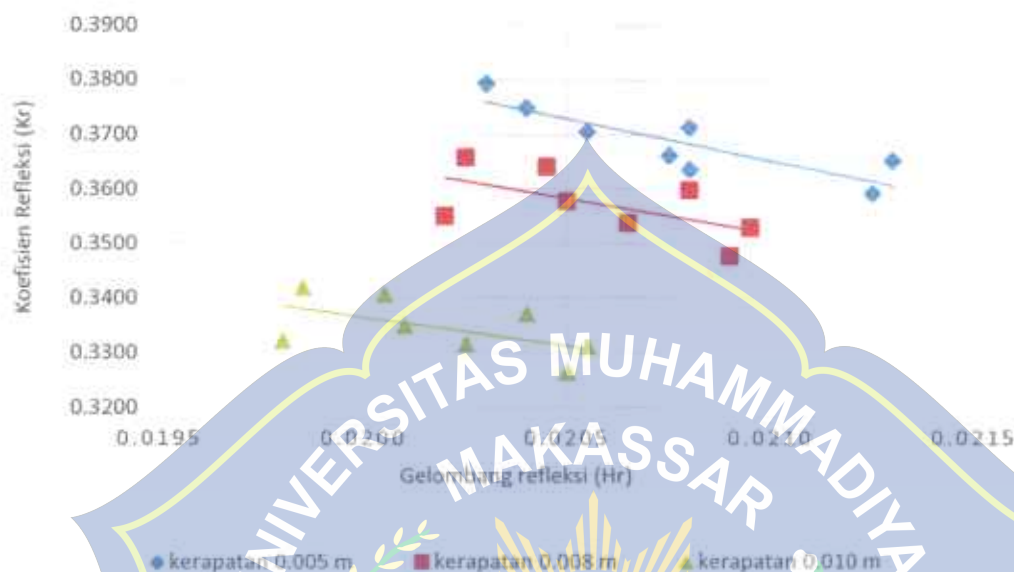
Gambar 35. Hubungan gelombang datang (H_i) terhadap koefisien refleksi (K_r).

Dari gambar 35. diatas menjelaskan kecenderungan nilai koefisien refleksi (Kr) akan semakin besar dengan semakin kecilnya nilai gelombang datang (Hr). Semakin kecil jarak kerapatan diameter Hybrid Engineering maka koefisien refleksi (Kr) semakin besar misalnya pada jarak kerapatan (λ) = 0.005 m sebesar 0.3706 m, pada jarak kerapatan (λ) = 0.008 m sebesar 0.3550 m dan pada jarak kerapatan (λ) = 0.010 m sebesar 0.3322 m . Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai koefisien refleksi (Kr) akan semakin tinggi dengan semakin kecilnya nilai kedalaman air (d)

4. Hubungan gelombang refleksi (Hr) terhadap koefisien refleksi (Kr) pada model Hybrid Engineering

Tabel 11. Hubungan gelombang refleksi (Hr) terhadap koefisien refleksi (Kr)

Jarak kerapatan (λ)	(d)	(T)	Hr	Kr
M	m	Dtk	m	m
0,005	0.15	1.3	0.0206	0.3706
		1.5	0.0208	0.3714
	0.20	1.5	0.0203	0.3794
		1.3	0.0204	0.3750
		1.3	0.0213	0.3654
		1.5	0.0213	0.3593
0,008	0.15	1.3	0.0208	0.3663
		1.5	0.0208	0.3636
	0.20	1.3	0.0202	0.3550
		1.5	0.0205	0.3578
		1.3	0.0203	0.3659
		1.5	0.0205	0.3642
0,010	0.15	1.3	0.0210	0.3530
		1.5	0.0209	0.3478
	0.20	1.3	0.0208	0.3599
		1.5	0.0207	0.3539
		1.3	0.0198	0.3322
		1.5	0.0201	0.3350
0,010	0.15	1.3	0.0199	0.3419
		1.5	0.0201	0.3407
	0.20	1.3	0.0206	0.3312
		1.5	0.0205	0.3264
		1.3	0.0204	0.3372
		1.5	0.0203	0.3317



Gambar 36. Hubungan gelombang refleksi (H_r) terhadap koefisien refleksi (K_r).

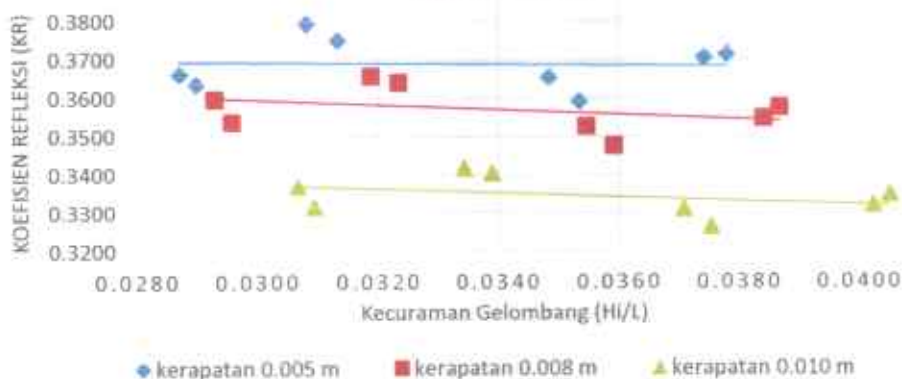
Dari garis kecenderungan gambar 36, diatas menjelaskan nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin besar dengan semakin menurunnya nilai gelombang refleksi (H_r). Semakin kecil jarak kerapatan diameter Hybrid Engineering maka koefisien refleksi (K_r) semakin besar misalnya pada jarak kerapatan (λ) = 0.005 m sebesar 0.3706 m sedangkan pada jarak kerapatan (λ) = 0.008 m sebesar 0.3550 m dan pada jarak kerapatan (λ) = 0.010 m sebesar 0.3322 m. Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, apabila nilai kedalaman (d) semakin rendah maka nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin besar.

5. Hubungan Kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap koefisien refleksi (K_r) pada model hybrid engineering

Tabel 12. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap koefisien refleksi (K_r)

Jarak kerapatan (λ) m	H_i/L M	K_r M
0,005	0.0374	0.3706
	0.0378	0.3714
	0.0308	0.3794
	0.0313	0.3750
	0.0348	0.3654
	0.0353	0.3593
	0.0287	0.3663
	0.0290	0.3636
	0.0384	0.3550
	0.0387	0.3578
0,008	0.0319	0.3659
	0.0323	0.3642
	0.0355	0.3530
	0.0359	0.3478
	0.0293	0.3599
	0.0296	0.3539
	0.0402	0.3322
	0.0405	0.3350
	0.0334	0.3419
	0.0339	0.3407
0,010	0.0371	0.3312
	0.0375	0.3264
	0.0306	0.3372
	0.0309	0.3317

HUBUNGAN KECURAMAN GELOMBANG (H_i/L)
TERHADAP KOEFISIEN REFLEKSI (K_r) PADA HYBRID
ENGINEERING



Gambar 37. Hubungan kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap koefisien refleksi (K_r).

Dari garis kecenderungan gambar 37. diatas menjelaskan apabila nilai keceruman gelombang (H_i/L) semakin besar maka koefisien refleksi (K_r) akan semakin kecil. Semakin besar jarak kerapatan diameter hybrid engineering maka kecuraman gelombang (H_i/L) semakin besar misalnya pada jarak kerapatan (λ) = 0.005 m sebesar 0.0374 m sedangkan pada jarak kerapatan (λ) = 0.008 m sebesar 0.0384 m. Dan nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin tinggi dengan semakin kecilnya nilai kedalaman air (d)



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Pada nilai kedalaman (d) 0,15 m dengan menggunakan periode gelombang (T) 1,3 detik menghasilkan nilai besaran panjang gelombang (L) 1,482 m dan dengan menggunakan periode gelombang (T) 1,5 detik pada kedalaman yang sama menghasilkan nilai besaran panjang gelombang (L) 1,737 m, sedangkan pada kedalaman (d) 0,20 m dengan menggunakan periode gelombang (T) 1,3 detik menghasilkan nilai besaran panjang gelombang (L) 1,674 m dan ketika menggunakan periode gelombang (T) 1,5 detik pada kedalaman yang sama menghasilkan nilai besaran panjang gelombang (L) 1,937 m, dan dapat simpulkan semakin besar nilai kedalaman (d) dan periode (T) maka semakin besar pula nilai panjang gelombang (L).
2. Pada jarak kerapatan (λ) 0,005 m atau HE1 di kedalaman (d) 0,15 m dengan hasil tinggi gelombang refleksi (Hr) 0,0206 m menghasilkan koefisien refleksi (Kr) 0,3706 m dan pada kedalaman (d) 0,20 m dengan hasil tinggi gelombang refleksi (Hr) 0,0213 m menghasilkan koefisien refleksi (Kr) 0,3654 m. Dan Pada jarak kerapatan (λ) 0,008

m atau HE2 di kedalaman (d) 0,15 m dengan hasil tinggi gelombang refleksi (Hr) 0,0202 m menghasilkan koefisien refleksi (Kr) 0,3550 m dan pada kedalaman (d) 0,20 m dengan hasil tinggi gelombang refleksi (Hr) 0,0210 m menghasilkan koefisien refleksi (Kr) 0,3530 m sedangkan Pada jarak kerapatan (λ) 0,010 m atau HE3 di kedalaman (d) 0,15 m dengan hasil tinggi gelombang refleksi (Hr) 0,0198 m menghasilkan koefisien refleksi (Kr) 0,3322 m dan pada kedalaman (d) 0,20 m dengan hasil tinggi gelombang refleksi (Hr) 0,0201 m menghasilkan koefisien refleksi (Kr) 0,3312 m. bisa di simpulkan bahwa apabila nilai jarak kerapatan (λ) semakin rendah dan nilai tinggi gelombang refleksi (Hr) semakin besar akan mendapat nilai koefisien refleksi (Kr) yang tinggi. Dan untuk pengaruh model hybrid engineering terhadap refleksi gelombang dapat dipastikan apabila semakin kecil jarak kerapatan (λ) yang digunakan maka refleksi gelombang (Hr) 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. Peneliti selanjutnya diharapkan mengkaji lebih lanjut Faktor stabilitasi model terhadap tinggi gelombang datang (H_i), variasi kedalaman air, dan model hybrid engineering.
2. Faktor stabilitas kedalaman air (d) dan Periode (T) perlu dikaji lebih lanjut dan diperiksa sebaik-baiknya sehingga hasil data yang diperoleh dapat akurat.
3. alat pembacaan tinggi gelombang (probe) sebaiknya diperhatikan dan diperiksa dengan sebaik-baiknya sehingga hasil pembacaan tinggi gelombang dapat akurat.
4. Model yang digunakan pada penelitian ini hanya bisa digunakan di laboratorium karena hanya menggunakan bahan dari kayu yang berukuran kecil, dan untuk penerapan dilapangan harus sesuai standar material yang berlaku dengan skala yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Achiari DKK, H. (2020, Desember). Analisis Refleksi Dan Transmisi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Tiang Pancang. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(3), 273-237.
- Alriskidkk, A. (2020). Transisi Dan Refleksi Gelombang Air Yang Merambat Melalui Balok Tenggelam. *Prisma Fisika*, Vol.8, 62-66.
- Baskorodkk, H. (2016). Studi Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan Bangunan Pantai Hybrid Engineering Di Desa Timbulsloko, Demak. *Jurnal Oseanografi*, Vol.5, 340-348.
- Geospasial, B. I. (2019, April 17).
- Ginting, J. W. (2018). Efisiensi Model Fisik Teredam Energi Gelombang Dengan Permeable Breakwater. *Jurnal Trknik Hidraulik Vol.9 No.1, Juni 2018: 1-16*.
- Imbar, S. E. (2020). Analisis Deformasi Gelombang Pada Pantai Minahasa Barat. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.8 No.10, 65-70.
- Karim, N. T. & Syamsuri, A. M (2018). Pengaruh Kedalaman Pemecah Gelombang Terapung Pipa Anyaman Eceng Gondok Terhadap Tinggi Gelombang Refleksi Dan Transmisi. *Teknik Hidro*, 11.1:61-71.
- Muliati, Y. (2020). *Rekayasa Pantai*. Bandung: Penerbit Itenas.
- Pamukas, Y. P. (2018). *Analisis Refleksi Gelombang Pada Model Fisik Hexagonal Floating Breakwater*. Tugas Akhir.
- Pratikto, W. A. (2014). *Struktur Pelindung Pantai*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Puspitasaridkk, V. C. (2014). Penjalaran Gelombang Di Lokasi Pembangunan Permeable Dams Hybrid Engineering, Timbul Sloko, Demak. *Jurnal Oseanografi*, Vol.3, 566-573.
- Ramli, I. (2020). Unjuk Kerja Peredam Gelombang Tipe Pelat Berotasi. *Tugas Akhir*.

- Retno Hartati, R. P. (2016, November). Kajian Pengamanan Dan Pelindung Pantai Di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu Dan Genuk, Kota Semarang. *Jurnal Kelautan Propis*, 19(2), 95-100.
- Setiawan, K. D. (2018). Refleksi Gelombang Pada Pada Pemecah Gelombang Tenggelam Blok Beton Berkait. *Jurnal Teknik Hidraulik Vol.9 2018: 33-42*, 9, 33-42.
- Siry, H. Y. (2018). *Struktur Hybrid Engineering-Solusi Rekyasa Berbasis Ekosistem Untuk Restorasi Kawasan Pesisir*. Jakarta: Kementerian Kelautan Dan Perikanan.
- Suhendro, B. (2014, Desember). Transmisi Dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda Tumpukan Batu. *Jurnal Ilmu Dan Terapan Bidang Teknik Sipil*, 20, 179-187.
- Syamsuri, A. M., Suriamiharja, D. A., Thaha, M. A., & Rachman, T. (2019). Pengaruh Periode Dan Kedalaman Air Terhadap Kecuraman Gelombang Pada Flume Persiapan Percobaan Peredam Gelombang. *Seminar Nasional Teknik Sipil IX 2019*.
- Syamsuri, A. M. (2021). Pengaruh Kekasaran Dinding Pipa Pada Struktur Pemecah Gelombang Berpori Pada Deformasi Gelombang. *Diss.Universitas Hasanuddin*.
- Teriatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Yuwono, N. (1994). *Perencanaan Model Hiraulik*. Yogyakarta: Pusat Antara Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.



LAMPIRAN 1

Lampiran data hasil pengamatan running kosong

(d)	(T)	Stroke	Probe 1			Probe 2		
			pembacaan		Hmax	pembacaan		Hmin
			Atas	bawah		Atas	bawah	
0,15	1.3	5	0.0417	0.0392	0.0809	0.0230	0.0166	0.0396
		6	0.0428	0.0390	0.0818	0.0239	0.0164	0.0403
	1.5	5	0.0400	0.0389	0.0789	0.0225	0.0150	0.0375
		6	0.0409	0.0392	0.0801	0.0229	0.0160	0.0389
0,20	1.3	5	0.0456	0.0395	0.0851	0.0283	0.0157	0.0440
		6	0.0469	0.0391	0.0860	0.0291	0.0160	0.0451
	1.5	5	0.0439	0.0387	0.0826	0.0262	0.0158	0.0420
		6	0.0441	0.0392	0.0833	0.0277	0.0155	0.0432

LAMPIRAN 2
FUNGSI d/L UNTUK PERTAMBAHAN NILAI d/LO

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2rd}{L}$	$\tanh \frac{2rd}{L}$	$\sinh \frac{2rd}{L}$	$\cosh \frac{2rd}{L}$	K_1	K	$\frac{4rd}{L}$	$\sinh \frac{4rd}{L}$	$\cosh \frac{4rd}{L}$	n
0.0300	0.07135	0.4483	0.4205	0.4635	1.1022	1.125	0.9073	0.8966	1.0217	1.430	0.9388
0.0310	0.07261	0.4562	0.4270	0.4722	1.1059	1.118	0.9043	0.9124	1.0444	1.446	0.9368
0.0320	0.07385	0.4640	0.4334	0.4808	1.1096	1.111	0.9012	0.9200	1.0671	1.462	0.9348
0.0330	0.07508	0.4717	0.4396	0.4894	1.1133	1.104	0.8982	0.9435	1.0898	1.479	0.9329
0.0340	0.07629	0.4793	0.4457	0.4979	1.1171	1.096	0.8952	0.9587	1.1124	1.496	0.9309
0.0350	0.07749	0.4869	0.4517	0.5063	1.1209	1.092	0.8922	0.9737	1.1351	1.513	0.9289
0.0360	0.07867	0.4943	0.4576	0.5147	1.1247	1.086	0.8891	0.9886	1.1577	1.530	0.9270
0.0370	0.07984	0.5017	0.4634	0.5230	1.1285	1.080	0.8861	1.0033	1.1803	1.547	0.9250
0.0380	0.08100	0.5090	0.4691	0.5312	1.1323	1.075	0.8831	1.0179	1.2030	1.564	0.9231
0.0390	0.08215	0.5162	0.4747	0.5394	1.1362	1.069	0.8801	1.0323	1.2257	1.582	0.9211
0.0400	0.08329	0.5233	0.4803	0.5475	1.1401	1.064	0.8771	1.0466	1.2485	1.600	0.9192
0.0410	0.08442	0.5304	0.4857	0.5556	1.1440	1.059	0.8741	1.0608	1.2713	1.617	0.9172
0.0420	0.08553	0.5374	0.4910	0.5637	1.1479	1.055	0.8711	1.0749	1.2941	1.635	0.9153
0.0430	0.08664	0.5444	0.4963	0.5717	1.1519	1.050	0.8682	1.0888	1.3170	1.654	0.9134
0.0440	0.08774	0.5513	0.5015	0.5796	1.1558	1.046	0.8652	1.1026	1.3400	1.672	0.9114
0.0450	0.08883	0.5581	0.5066	0.5876	1.1598	1.042	0.8622	1.1163	1.3630	1.690	0.9095
0.0460	0.08991	0.5649	0.5116	0.5955	1.1639	1.038	0.8592	1.1299	1.3861	1.709	0.9076
0.0470	0.09098	0.5717	0.5166	0.6033	1.1679	1.034	0.8562	1.1433	1.4092	1.728	0.9057
0.0480	0.09205	0.5784	0.5215	0.6111	1.1720	1.030	0.8533	1.1567	1.4325	1.747	0.9037
0.0490	0.09311	0.5850	0.5263	0.6189	1.1760	1.026	0.8503	1.1700	1.4558	1.766	0.9018
0.0500	0.09416	0.5916	0.5310	0.6267	1.1802	1.023	0.8473	1.1832	1.4792	1.786	0.8999
0.0510	0.09520	0.5981	0.5357	0.6345	1.1843	1.019	0.8444	1.1963	1.5028	1.805	0.8980
0.0520	0.09623	0.6047	0.5404	0.6422	1.1884	1.016	0.8414	1.2093	1.5264	1.825	0.8961
0.0530	0.09726	0.6111	0.5449	0.6499	1.1926	1.013	0.8385	1.2223	1.5501	1.845	0.8942
0.0540	0.09829	0.6176	0.5494	0.6576	1.1968	1.010	0.8355	1.2351	1.5740	1.865	0.8924
0.0550	0.09930	0.6239	0.5539	0.6652	1.2010	1.007	0.8326	1.2479	1.5979	1.885	0.8905
0.0560	0.10031	0.6303	0.5583	0.6729	1.2053	1.004	0.8297	1.2606	1.6220	1.905	0.8886
0.0570	0.10132	0.6366	0.5626	0.6805	1.2096	1.001	0.8267	1.2732	1.6462	1.926	0.8867
0.0580	0.10232	0.6429	0.5669	0.6881	1.2139	0.998	0.8238	1.2858	1.6705	1.947	0.8848
0.0590	0.10331	0.6491	0.5711	0.6957	1.2182	0.996	0.8209	1.2983	1.6950	1.968	0.8830

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{\cdot d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_2	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.0600	0.10430	0.6554	0.5753	0.7033	1.2225	0.993	0.8180	1.3107	1.7196	1.989	0.8811
0.0610	0.10529	0.6615	0.5794	0.7109	1.2269	0.991	0.8151	1.3231	1.7443	2.011	0.8793
0.0620	0.10627	0.6677	0.5835	0.7184	1.2313	0.988	0.8121	1.3354	1.7692	2.032	0.8774
0.0630	0.10724	0.6738	0.5875	0.7260	1.2357	0.986	0.8092	1.3476	1.7942	2.054	0.8755
0.0640	0.10821	0.6799	0.5915	0.7335	1.2400	0.984	0.8063	1.3598	1.8194	2.076	0.8737
0.0650	0.10918	0.6860	0.5954	0.7410	1.2446	0.981	0.8034	1.3719	1.8447	2.098	0.8719
0.0660	0.11014	0.6920	0.5993	0.7486	1.2491	0.979	0.8005	1.3840	1.8702	2.121	0.8700
0.0670	0.11109	0.6980	0.6031	0.7561	1.2537	0.977	0.7977	1.3960	1.8958	2.143	0.8682
0.0680	0.11205	0.7040	0.6069	0.7636	1.2582	0.975	0.7948	1.4080	1.9215	2.166	0.8664
0.0690	0.11300	0.7100	0.6107	0.7711	1.2628	0.973	0.7919	1.4199	1.9476	2.189	0.8645
0.0700	0.11394	0.7159	0.6144	0.7787	1.2674	0.971	0.7890	1.4318	1.9737	2.213	0.8627
0.0710	0.11488	0.7218	0.6180	0.7862	1.2720	0.969	0.7861	1.4437	2.0000	2.236	0.8609
0.0720	0.11582	0.7277	0.6217	0.7937	1.2767	0.968	0.7833	1.4554	2.0265	2.260	0.8591
0.0730	0.11675	0.7336	0.6253	0.8012	1.2814	0.966	0.7804	1.4672	2.0532	2.284	0.8573
0.0740	0.11769	0.7394	0.6288	0.8087	1.2861	0.964	0.7776	1.4789	2.0801	2.308	0.8555
0.0750	0.11861	0.7453	0.6323	0.8162	1.2908	0.962	0.7747	1.4905	2.1071	2.332	0.8537
0.0760	0.11954	0.7511	0.6358	0.8237	1.2956	0.961	0.7719	1.5022	2.1344	2.357	0.8519
0.0770	0.12046	0.7569	0.6392	0.8312	1.3004	0.959	0.7690	1.5138	2.1618	2.382	0.8501
0.0780	0.12138	0.7626	0.6426	0.8388	1.3052	0.958	0.7662	1.5253	2.1895	2.407	0.8483
0.0790	0.12229	0.7684	0.6460	0.8463	1.3100	0.956	0.7633	1.5368	2.2173	2.432	0.8465
0.0800	0.12321	0.7741	0.6493	0.8538	1.3149	0.955	0.7605	1.5483	2.2454	2.458	0.8448
0.0810	0.12412	0.7799	0.6526	0.8613	1.3198	0.953	0.7577	1.5597	2.2736	2.484	0.8430
0.0820	0.12503	0.7856	0.6559	0.8689	1.3247	0.952	0.7549	1.5711	2.3021	2.510	0.8412
0.0830	0.12593	0.7912	0.6591	0.8764	1.3297	0.951	0.7520	1.5825	2.3308	2.536	0.8395
0.0840	0.12683	0.7969	0.6623	0.8840	1.3347	0.949	0.7492	1.5938	2.3597	2.563	0.8377
0.0850	0.12773	0.8026	0.6655	0.8915	1.3397	0.948	0.7464	1.6051	2.3889	2.590	0.8360
0.0860	0.12863	0.8082	0.6686	0.8991	1.3448	0.947	0.7436	1.6164	2.4182	2.617	0.8342
0.0870	0.12953	0.8138	0.6717	0.9067	1.3499	0.946	0.7408	1.6277	2.4478	2.644	0.8325
0.0880	0.13042	0.8194	0.6748	0.9143	1.3550	0.944	0.7380	1.6389	2.4777	2.672	0.8307
0.0890	0.13131	0.8250	0.6778	0.9219	1.3601	0.943	0.7352	1.6501	2.5077	2.700	0.8290

LAMPIRAN 3 Sampel data

Salah satu sampel data pada pengolahan data wave view osciloscope kerapatan 0,005 m

Penolahan Data Wave View Osciloscope

Sample No.	Probe 1	Probe 2
1	-0.163574	-0.084618
2	-0.139516	-0.084839
3	0.109253	-0.08667
4	-0.055542	-0.088501
5	-0.046387	-0.088501
6	-0.025024	-0.088501
7	0.026245	-0.081177
8	0.08958	-0.084501
9	0.108643	0.08728
10	0.147705	-0.092163
11	0.17334	-0.091994
12	0.200806	0.093384
13	0.241699	-0.093994
14	0.263672	-0.097656
15	0.273433	-0.102529
16	0.285034	-0.093994
17	0.286865	-0.10498
18	0.27832	-0.089111
19	0.267334	-0.073242
20	0.234985	-0.054932
21	0.206909	-0.031128
22	0.175171	-0.004883
23	0.130615	0.018971
24	0.099487	0.042114
25	0.053711	0.057983
26	0.021973	0.060425
27	-0.028687	0.073632
28	-0.072021	0.087891
29	-0.105591	0.083618
30	-0.137939	0.083618
31	-0.180054	0.084829
32	-0.202617	0.084229
33	-0.229492	0.081787
34	-0.238037	0.076294
35	-0.26001	0.059814
36	-0.280151	0.05188
37	-0.278931	0.037231
38	-0.276489	0.016479
39	-0.2771	0.009766
40	-0.264282	-0.020142
41	-0.247803	-0.016479
42	-0.222778	-0.026245
43	-0.200195	-0.033560
44	-0.168457	-0.037231
45	-0.147095	-0.029907
46	-0.122681	-0.042114

Rumus Regresi :

$$y = ax + b$$

Probe 1

Probe 2

$y = 9.502x - 0.489$

Probe 1

Probe 2

Patas = 2.420

P.bawah = -1.095

Sample No.	H Probe 1	H Probe 2
1	-1.631289	-0.305547
2	-1.195037	-0.117149
3	-1.105630	-0.334547
4	0.585674	-0.351945
5	-0.497282	-0.351945
6	-0.290555	-0.351945
7	0.205570	-0.282352
8	0.624919	-0.351945
9	1.002927	-0.340343
10	1.380927	-0.386742
11	1.728994	-0.404140
12	1.994790	0.398344
13	2.290977	-0.404140
14	2.501120	-0.438937
15	2.597612	-0.485336
16	2.709816	-0.404140
17	2.727561	-0.508530
18	2.644875	-0.357742
19	2.538561	-0.206953
20	2.225526	-0.032999
21	1.953838	0.193219
22	1.646737	0.442601
23	1.215348	0.668789
24	0.914325	0.899171
25	0.471256	1.029960
26	0.164733	1.068164
27	-0.189407	1.179157
28	-0.745340	1.324149
29	-1.063194	1.283547
30	-1.383222	1.283547
31	-1.790765	1.295149
32	-2.009298	1.289352
33	-2.269171	1.266148
34	-2.351860	1.213993
35	-2.564471	1.057359
36	-2.759393	0.981969
37	-2.747587	0.842771
38	-2.723956	0.645585
39	-2.729869	0.581798
40	-2.605830	0.297609
41	-2.446365	0.324149
42	-2.204200	0.139617
43	-1.985667	0.170024
44	-1.678542	0.135227
45	-1.471824	0.204821
46	-1.235572	0.088829

Salah satu sampel data pada pengolahan data wave view oscilloscope kerapatan 0,8 cm

Pengolahan Data Wave View Oscilloscope

Sample No.	Probe 1	Probe 2
1	0.073242	-0.089111
2	0.08728	-0.094604
3	0.117388	-0.093994
4	0.135488	-0.092273
5	0.15668	-0.099487
6	0.166016	-0.081177
7	0.178833	-0.079956
8	0.192261	-0.067139
9	0.189819	-0.068359
10	0.189819	-0.053711
11	0.175781	-0.053301
12	0.178223	-0.029907
13	0.162354	-0.012817
14	0.13855	0.005493
15	0.115356	0.02583
16	0.085449	0.037843
17	0.05188	0.046997
18	0.027465	0.053101
19	-0.001221	0.055542
20	-0.023804	0.067749
21	-0.044556	0.07019
22	-0.065308	0.067135
23	-0.093994	0.065912
24	-0.088877	0.061035
25	-0.12146	0.065308
26	-0.144653	0.05188
27	-0.133809	0.053711
28	-0.154795	0.049438
29	-0.180564	0.047725
30	-0.177612	0.040211
31	-0.158457	0.030516
32	-0.175171	0.0177
33	-0.167236	0.020752
34	-0.158081	0
35	-0.13916	-0.010981
36	-0.113525	-0.023804
37	-0.100708	-0.037843
38	-0.090942	-0.050049
39	-0.061035	-0.054932
40	-0.043945	-0.054321
41	-0.015259	-0.053101
42	-0.01709	-0.055542
43	0.019531	-0.075073
44	0.05249	-0.067139
45	0.072021	-0.070801
46	0.099487	-0.087891

Rumus Regresi :

$$y = ax + b$$

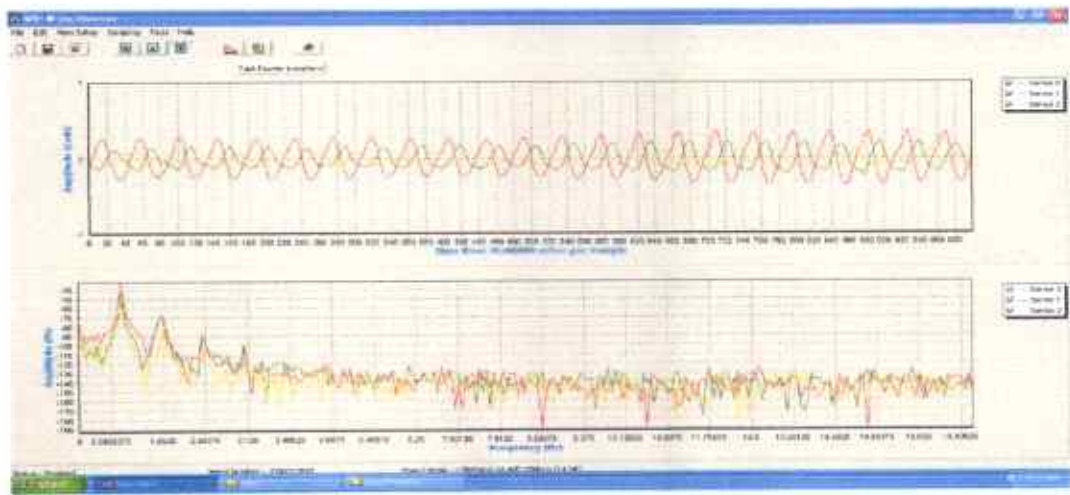
Probe 1
 $x = 18.25$
 $y = 0.009$

Probe 2
 $y = 18.102 x - 0.0483$

Probe 1
 y = 0.009 x + 0.001

Probe 2
 y = 18.102 x - 0.0483

Sample No.	Probe 1	Probe 2
1	1.046135	-1.208343
2	1.246682	-1.285806
3	1.673948	-1.277203
4	1.935524	-1.259985
5	2.240702	-1.354666
6	2.171505	-1.096458
7	2.554608	-1.078240
8	2.745441	-0.898494
9	2.711554	-0.915699
10	2.711554	-0.709133
11	2.511007	-0.700530
12	2.545894	-0.373449
13	2.119189	-0.132445
14	1.879125	0.125762
15	1.647776	0.366765
16	1.220574	0.581948
17	0.740958	0.711052
18	0.392179	0.891130
19	0.011243	0.831553
20	-0.340264	1.003696
21	-0.636727	1.038119
22	-0.933140	0.995094
23	-1.342548	0.977876
24	-1.412237	0.909016
25	-1.735378	0.969277
26	-2.066713	0.779912
27	-1.97515	0.805733
28	-2.354461	0.745475
29	-2.581160	0.650808
30	-2.537555	0.618371
31	-2.406777	0.470665
32	-2.502078	0.297905
33	-2.385333	0.340945
34	-2.250545	0.048300
35	-1.988247	-0.106625
36	-1.605070	-0.287384
37	-1.488914	-0.485348
38	-1.299397	-0.657481
39	-0.872146	-0.726351
40	-0.627998	-0.717735
41	-0.218190	-0.700530
42	-0.244340	-0.734953
43	0.278870	-1.010279
44	0.749672	-0.898494
45	1.028692	-0.950136
46	1.421071	-1.191139



LAMPIRAN 4 Dokumentasi penelitian

Persiapan Bahan Model Hybrid Engineering



Proses pembuatan model Hybrid Engineering



Proses pemasangan model Hybrid Engineering pada Saluran

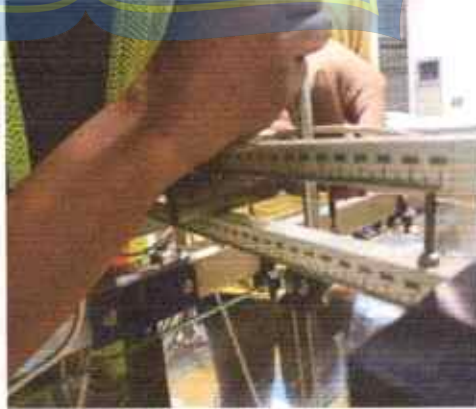


Proses pengisian air di saluran





Proses pemasangan probe 1 dan probe 2



Proses running pada model Hybrid Engineering



Proses pengambilan data model Hybrid Engineering

