

**REDUKSI GELOMBANG DENGAN MANGROVE *Rhizophora sp*
SEBAGAI ALTERNATIF PELINDUNG PANTAI
(STUDI KASUS PANTAI TANJUNG PUTUS, PESAWARAN)**

(SKRIPSI)

**Oleh
MUHAMMAD FATIH NABAN
NPM 2015011030**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

REDUKSI GELOMBANG DENGAN MANGROVE *Rhizophora sp* SEBAGAI ALTERNATIF PELINDUNG PANTAI (STUDI KASUS PANTAI TANJUNG PUTUS, PESAWARAN)

Oleh
MUHAMMAD FATIH NABAN

Gelombang laut menyebabkan abrasi garis pantai di Pantai Tanjung Putus, Indonesia. Salah satu solusi untuk mengatasinya adalah menggunakan mangrove sebagai peredam gelombang. Tujuan penelitian adalah menganalisis peredaman gelombang oleh mangrove *Rhizophora sp* dengan variabel ketebalan hutan dan kelentingan akar tunjang. Penelitian menggunakan metode transek kuadrat dan uji laboratorium menggunakan alat *Tensile Testing Machine*. Dengan 30 meter ketebalan mangrove yang diamati terjadi perubahan nilai peredaman energi (ΔE), persentase peredaman energi ($\Delta E\%$), dan nilai kelentingan akar. Nilai ΔE menurun signifikan seiring dengan bertambahnya ketebalan hutan mangrove, menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara kedua variabel tersebut. Nilai $\Delta E\%$ meningkat signifikan seiring dengan bertambahnya ketebalan hutan mangrove, menandakan hubungan berbanding lurus antara kedua variabel. Nilai kelentingan menurun seiring dengan bertambahnya ketebalan hutan mangrove, menandakan hubungan berbanding terbalik antara kedua variabel tersebut. Kesimpulannya adalah pohon mangrove dan akar tunjangnya berperan sebagai peredam gelombang alami untuk melindungi pemukiman pesisir pantai. Hal ini ditunjukkan dengan grafik peredaman hutan mangrove *Rhizophora sp* di lokasi penelitian.

Kata Kunci : Abrasi, Kelentingan, Peredaman Energi, *Tensile Testing Machine*.

ABSTRACT

WAVE ATTENUATION BY *Rhizophora sp.* MANGROVE AS A COASTAL PROTECTION ALTERNATIVE (CASE STUDY OF TANJUNG PUTUS BEACH, PESAWARAN)

By
MUHAMMAD FATIH NABAN

Shoreline abrasion from wave action is a major concern at Tanjung Putus Beach, Indonesia. Mangrove forests, with their dense vegetation and intricate root systems, offer a natural solution to mitigate wave-induced erosion. This study investigates the wave attenuation capacity of *Rhizophora sp.* mangroves, considering forest thickness and root resilience. Employing the quadrat transect method, data on mangrove density was collected. Tensile Testing Machine was utilized for laboratory testing to determine supporting root resilience. The study observed a 30-meter variation in mangrove forest thickness, resulting in significant changes in wave energy attenuation (ΔE), wave energy attenuation percentage ($\Delta E\%$), and supporting root resilience values. ΔE values exhibited a significant inverse relationship with increasing mangrove forest thickness, indicating a negative correlation between the two variables. $\Delta E\%$ values demonstrated a significant positive relationship with increasing mangrove forest thickness, highlighting a positive correlation between these two variables. Supporting root resilience values decreased with increasing mangrove forest thickness, indicating a negative correlation between these two variables. The findings substantiate the crucial role of mangrove trees and their supporting roots as natural wave attenuators in safeguarding coastal settlements. This is further supported by the wave attenuation graphs generated by the *Rhizophora sp.* mangrove forests at the study site.

Keywords : Abbrasion, Resilience, Wave Attenuation, Tensile Testing Machine.

**REDUKSI GELOMBANG DENGAN MANGROVE *Rhizophora sp*
SEBAGAI ALTERNATIF PELINDUNG PANTAI
(STUDI KASUS PANTAI TANJUNG PUTUS, PESAWARAN)**

**Oleh :
MUHAMMAD FATIH NABAN**

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

**Pada
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

: **REDUKSI GELOMBANG DENGAN
MANGROVE *Rhizophora sp*
SEBAGAI ALTERNATIF PELINDUNG
PANTAI (STUDI KASUS PANTAI
TANJUNG PUTUS, PESAWARAN)**

Nama Mahasiswa

: **Muhammad Fatih Naban**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015011030

Program Studi

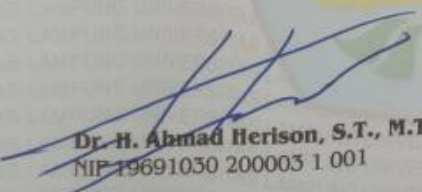
: Teknik Sipil


Fakultas

: Teknik

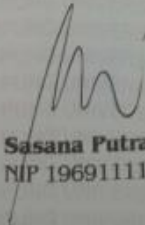
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

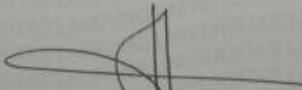

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP 19691030 200003 1 001


Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.
NIP 19670514 199303 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 19691111 200003 1 002

3. Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Suyadi, S.T., M.T.
NIP 19741225 200501 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

Sekretaris

: Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Hj. Yuda Romdania, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 31 Mei 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi yang berjudul Reduksi Gelombang Dengan Mangrove *Rhizophora sp* Sebagai Alternatif Pelindung Pantai (Studi Kasus Pantai Tanjung Putus, Pesawaran) adalah bagian dari penelitian lanjutan Mahasiswa Angkatan 2014 Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung yaitu M. Rizki Al Safar 1415011091 berjudul Pengaruh Daya Hambar Akar Nafas Mangrove *Avicennia marina* Dalam Meredam Gelombang Untuk Perencanaan Bangunan Tepi Pantai. Akan tetapi dalam hal ini saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut dengan plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah tersebut diserahkan sepenuhnya kepada para dosen peneliti tersebut dan Universitas Lampung.

Atas pernyataan di atas, jika di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Juni 2024

Pembuat Pernyataan



Muhammad Ratu Naoan

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung pada tanggal 20 September 2001. Penulis merupakan anak pertama dari Bapak Ahmad Damsir dan Ibu Herawati. Penulis merupakan 4 bersaudara dengan memiliki 3 (tiga) orang adik bernama Annisa Athaya Nahar, M. Faiz, dan Ali Mustofa Yaqub.

Penulis memulai pendidikan di sekolah dasar di SDN 2 Sumur Batu Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2014. Pada tahun 2017, penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTsN 1 Bandar Lampung dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas di MAN 1 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2020. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan di antaranya pernah menjadi anggota pada departemen media informasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) pada periode 2021-2022, Sekretasi Dinas Advokasi dan Kesejahteraan Mahasiswa BEM Fakultas Teknik (2022). Pada Juli 2023, penulis mengikuti Kerja Praktik pada Proyek Penggantian Jembatan Way Sekampung Lama Pesawaran. Sedangkan pada Januari – Februari 2023, penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata di Desa Batu Keramat, Kota Agung Timus, Kabupaten Tanggamus. Penulis telah menyelesaikan tugas akhir penelitian dengan judul Reduksi Gelombang Dengan Mangrove *Rhizophora sp* Sebagai Alternatif Pelindung Pantai (Studi Kasus Pantai Tanjung Putus, Pesawaran).

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahhirabbilalamin, Kuucapkan Syukur atas Karunia-Mu. Akhirnya saya dapat menyelesaikan karya yang semoga menjadikanku insan yang berguna, bermanfaat, dan bermartabat.

Aku Persembahkan karya sederhana ini Untuk Kedua orang tuaku yang sangat aku cintai. Untuk bapak dan ibuku yang telah merawat dan memberikan dukungan materi serta moril dan spiritual. Terimakasih untuk kesabarannya dalam membimbing dan memberikan arahan serta nasihat yang berguna.

Untuk adik-adikku yang selalu mensupport dan bersabar selama masa kuliah aku. Untuk sahabat-sahabatku yang telah mendukungku dan telah menjadi tempat untuk berbagi cerita dan tempat berkeluh kesah. Terima kasih untuk abang, mbak, dan adik-adik lingkungan Teknik Sipil Unila yang selalu ada di tiap harinya menemani waktu kuliah. Untuk para dosen yang tak hentinya memberikan ilmu pengetahuan, arahan serta bimbingannya. Terima kasih untuk teman-teman keluarga besar serta sahabatku angkatan 2020 atas dukungannya dalam proses yang sangat panjang ini. Menemani perjalanan kuliah dari awal hingga akhir studi. Banyak kenangan yang telah kita lalui bersama. Dan untuk mahasiswa lainnya khususnya Jurusan Teknik Sipil yang sedang mengalami proses ini untuk tetap optimis dan semangat dalam mengerjakan skripsi agar dapat membangun nusa bangsa dan menjadi generasi muda yang berpendidikan.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S. Al – Insyirah:5)

“Jangan bilang tidak mungkin, sebelum kamu mati mencobanya.”

(Muhammad Al Fatih)

“Jangan menjelaskan tentang dirimu kepada siapapun karena yang menyukaimu tidak butuh itu dan yang membencimu tidak percaya itu.”

(Ali bin Abi Thalib)

“Berhenti merasa kamu begitu kecil. Kamu adalah alam semesta yang bergembira.”

(Jalaludin Rumi)

SANWACANA

Atas berkat rahmat hidayat Allah S.W.T. dengan mengucapkan puja – puji syukur Alhamdulillah, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Reduksi Gelombang Dengan Mangrove *Rhizophora sp* Sebagai Alternatif Pelindung Pantai (Studi Kasus Pantai Tanjung Putus, Pesawaran)” sebagai salah satu syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Lampung. Diharapkan dengan terselesainya skripsi ini, penulis mampu memberikan hasil mengenai peredaman gelombang mangrove *Rhizophora sp* sebagai referensi dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang hidroteknik. Pada penyusunan laporan, penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M, selaku Rektor Universitas Lampung sekaligus Dosen Teknik Sipil.
2. Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang sudah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan pengarahan dalam proses penyelesaian skripsi.
5. Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang sudah meluangkan waktunya dalam memberikan arahan, bimbingan, dan dukungannya dalam proses penyelesaian skripsi.
6. Dr. Hj. Yuda Romdania, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil sekaligus Dosen Penguji atas kesediaan waktunya dalam memberikan kritik, saran, dan masukan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.

7. Riki Chandra Wijaya, S.Pd., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik atas bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan.
8. Seluruh tim pengambilan data mangrove *Rhizophora sp* yang telah membantu dalam proses penelitian.
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang sudah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat dalam proses pembelajaran agar lebih baik kedepannya.
10. Kedua orang tuaku tercinta, Ahmad Damsir dan Herawati, serta keluarga besar dan adik-adikku yang sudah memberikan dorongan materil dan spiritual dalam menyelesaikan skripsi.
11. KTW-4, Ketawa, dan 4 Serangkai yang selalu ada di lingkunganku dalam memberikan semangat dan motivasi dalam proses menyelesaikan skripsi.
12. Dimas Prayuda, Ade Jiwa Pratama, Anisa Meidasari, Fidia Wati selaku teman kuliah yang siap membantu jika ada kesusahan, M. Fariq Khadafi dan M. Iqbal Yuliansyah selaku teman seperjuangan penelitian skripsi dan jurnal. Terima kasih atas bantuan dan kerja samanya selama menjalankan perkuliahan.
13. Keluarga besar angkatan 2020 yang menemani, memberikan semangat, dan dukungan yang luar biasa dalam proses penyelesaian skripsi.
14. Abang, mbak, dan adik di lingkungan Teknik Sipil Universitas Lampung yang sudah membantu dalam proses penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa laporan masih jauh dari kata sempurna, sehingga saran dan masukan membangun diperlukan oleh penulis agar laporan sempurna di kemudian hari. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna.

Bandar Lampung, 14 Juni 2024

Penulis



Muhammad Fatih Naban

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Kerangka Pikir	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Pohon Mangrove	8
2.3. Mangrove <i>Rhizophora sp</i>	9
2.4. Akar Tunjang	10
2.5. Kelentingan (<i>Resilience</i>)	11
2.6. Gelombang Laut	13
2.7. Energi Gelombang	16
2.8. Struktur Alami (<i>Natural Structure</i>)	17
III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1. Lokasi Penelitian	18
3.2. Tahapan Persiapan	19
3.3. Tahapan Pengumpulan Data	19
3.3.1. Data Penelitian	19
3.3.2. Peralatan dalam proses pengambilan data gelombang	20
3.3.3. Proses pengambilan data gelombang	21
3.3.4. Peralatan dalam proses pengambilan data akar	23
3.3.5. Proses pengambilan data akar	24
3.4. Tahapan Pengolahan Data	25
3.5. Tahapan Analisis	26
3.5.1. Hubungan ΔH rata-rata dengan ketebalan mangrove	26
3.5.2. Hubungan ΔH rata-rata % dengan ketebalan mangrove	26

3.5.3. Hubungan ΔE rata-rata dengan ketebalan mangrove	27
3.5.4. Hubungan ΔE rata-rata % dengan ketebalan mangrove	27
3.5.5. Hubungan kelentingan akar tunjang terhadap ΔE	27
3.5.6. Hubungan mangrove <i>Rhizophora sp</i> dengan <i>Natural Structure</i>	27
3.6. Tahapan Simpulan	28
3.7. Diagram Alir Penelitian	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Data Gelombang	30
4.2. Data Kerapatan	36
4.3. Hasil Pengolahan Data	37
4.4.1. Hasil pengolahan data peredaman gelombang rata-rata	37
4.4.2. Hasil pengolahan data akar	39
4.4. Tahapan Analisis	40
4.5.1. Hubungan ΔH dengan Ketebalan Mangrove	40
4.5.2. Hubungan ΔH (%) dengan Ketebalan Mangrove	41
4.5.3. Hubungan ΔE dengan Ketebalan Mangrove	42
4.5.4. Hubungan ΔE (%) dengan Ketebalan Mangrove	43
4.5.5. Hubungan Kelentingan Akar Tunjang terhadap ΔE	44
4.5.6. Mangrove <i>Rhizophora sp</i> sebagai <i>Natural Structure</i>	45
V. SIMPULAN DAN SARAN	46
5.1. Simpulan	46
5.2. Saran	47
Daftar Pustaka	48
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema kerangka berpikir	4
2. Pohon mangrove <i>Rhizophora sp</i>	10
3. Akar Tunjang	11
4. Profil muka air akibat gelombang	15
5. Foto alat ukur gelombang SBE 26 (<i>Sea Bird Electronics</i>)	15
6. Simulasi proses pengambilan data gelombang pada mangrove	16
7. Lokasi Penelitian	18
8. SBE 26 (<i>Sea Bird Electronics</i>)	21
9. Ilustrasi pengambilan data gelombang	22
10. Plot lokasi STA 1-6	23
11. <i>Universal Testing Machine</i>	24
12. Diagram alir penelitian	29
13. Hubungan ΔH rata-rata dengan ketebalan mangrove	40
14. Hubungan persentase peredaman tinggi gelombang ΔH dengan ketebalan mangrove	41
15. Hubungan ΔE rata-rata dengan ketebalan mangrove	42
16. Hubungan persentase peredaman energi ΔE dengan ketebalan mangrove ..	43
17. Grafik hubungan kelentingan akar terhadap Σ energi peredaman	44
18. Model 3D pelabuhan menggunakan mangrove <i>Rhizophora sp</i>	45
19. Hutan mangrove eksisting di lokasi penelitian	52
20. Proses pengambilan data di lapangan	53
21. Pengujian sampel akar di laboratorium	54
22. Tim pengambilan data mangrove Tanjung Putus	55

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Data Gelombang pada Ketebalan 5 m	30
2. Hasil Data Gelombang pada Ketebalan 10 m	31
3. Hasil Data Gelombang pada Ketebalan 15 m	32
4. Hasil Data Gelombang pada Ketebalan 20 m	33
5. Hasil Data Gelombang pada Ketebalan 25 m	33
6. Hasil Data Gelombang pada Ketebalan 30 m	34
7. Rekap Data Gelombang	35
8. Data Kerapatan	36
9. Hasil Pengolahan Data Tinggi Gelombang Rata-rata dan Energi Gelombang.	37
10. Hasil pengujian dan pengolahan data akar tunjang	39

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Masyarakat Indonesia yang bermukim di daerah pesisir merasakan dampak dari gelombang laut dalam kehidupan sehari-hari. Peristiwa gelombang air laut ini merupakan hasil dari pergerakan periodik permukaan air laut, yang dipengaruhi oleh kombinasi gaya gravitasi serta interaksi tarik-menarik yang timbul dari benda-benda astronomis, terutama matahari, bumi, dan bulan. Umumnya gelombang yang terjadi di laut karena pengaruh dari energi angin (Liu et al., 2016; Nabila et al., 2020; Vu & Kieu, 2023). Dinamika gelombang laut di wilayah pesisir pantai berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan bagi masyarakat pesisir. Oleh karena itu, keberadaan hutan mangrove sebagai peredam gelombang menjadi esensial dalam mitigasi dampak negatif tersebut.

Rhizophora sp. adalah salah satu spesies mangrove yang umum dijumpai di pesisir pantai, mangrove ini dikenal memiliki kemampuan meredam gelombang laut. Kemampuan ini dimungkinkan oleh keberadaan akar tunjang yang kokoh, yang berperan sebagai peredam dan pemecah gelombang. Mangrove tersebut memiliki daya adaptasi serta perlindungan tinggi terhadap abrasi dan juga meredam gelombang (K G & Bhaskaran, 2017; Marois & Mitsch, 2015; Suryawan, 2017). Faktor yang mempengaruhi peredaman gelombang mangrove yaitu pohon mangrove, sarasah, sedimen dan lainnya. Pohon mangrove memiliki akar dan cabang yang rapat, berperan sebagai perlindungan fisik terhadap gelombang. Sementara itu, bagian serasahnya berfungsi menyaring air dan menyerap sebagian energi gelombang. Energi gelombang yang diredam juga dapat menggerakkan

sedimen pantai dalam angka yang besar hal ini menyebabkan kerusakan garis pantai dan kehidupan pesisir pantai (Nguyen & Takewaka, 2020; Senevirathna et al., 2018; Williams et al., 2018). Kekuatan gelombang dan arus laut salah satunya dapat dilemahkan oleh sistem akar mangrove di pesisir pantai (Herison et al., 2017). Penelitian ini mengamati pengaruh akar dan pohon mangrove *Rhizophora sp* sebagai peredam gelombang.

Gelombang laut menyebabkan abrasi garis pantai di Pantai Tanjung Putus, Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran. Abrasi mencapai halaman belakang rumah warga sehingga membahayakan bagi kehidupan masyarakat dan merusak rumah warga di daerah tersebut. Salah satu solusi dalam menanggulangi masalah ini adalah menggunakan pohon mangrove *Rhizophora sp* sebagai peredam gelombang laut. Namun tebal dan daya redam gelombang oleh mangrove belum diketahui. Oleh sebab itu, dilakukan pengukuran peredaman gelombangnya. Mungkin penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya. Tetapi penelitian ini dilakukan di lokasi dan jenis mangrove yang berbeda, sehingga akan didapatkan faktor peredaman gelombang oleh mangrove dengan melihat morfologi pantai dan gelombang.

Tujuan Penelitian adalah untuk menganalisa tingkat peredaman gelombang dengan mangrove *Rhizophora sp* di Pantai Tanjung Putus, Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran. Sebagai objek studi akan diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan mangrove dalam meredam gelombang seperti semai, pohon, batang, dan akar tunjang.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian dapat sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan peredaman gelombang mangrove *Rhizophora sp* pada bentang 0-30 m?
2. Bagaimana pengaruh daya lenting akar tunjang mangrove *Rhizophora sp* terhadap peredaman gelombang?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun berbagai tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan peredaman gelombang mangrove *Rhizophora sp* pada bentang 0-30 m.
2. Mengetahui daya lenting akar tunjang mangrove *Rhizophora sp*.

1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah ini merupakan langkah penting untuk meningkatkan kualitas penelitian dan memastikan bahwa hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Pesisir Pantai Tanjung Putus, Kecamatan Sukarame, Kabupaten Pesawaran.
2. Jenis mangrove yang ditinjau adalah mangrove *Rhizophora sp*.
3. Sampel mangrove diambil pada rentang 0-30 m.

1.5. Manfaat Penelitian

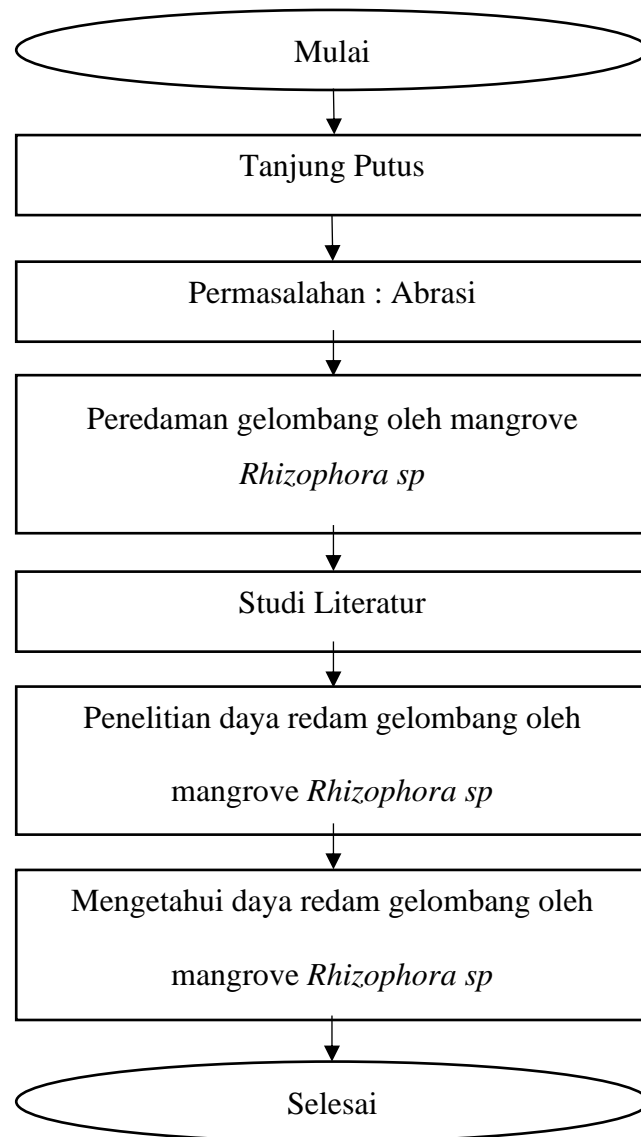
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan untuk melakukan peredaman gelombang sebagai alternatif bangunan pelindung pantai alami.
2. Menjadi referensi untuk penelitian yang sejenis sehingga dapat memahami besarnya peredaman gelombang dengan pohon mangrove *Rhizophora sp*.

1.6. Kerangka Pikir

Mangrove *Rhizophora sp*. memiliki daya adaptasi serta perlindungan tinggi terhadap abrasi dan juga meredam gelombang. Mangrove tersebut menjadi solusi untuk meredam gelombang laut yang menyebabkan abrasi pada Pantai

Tanjung Putus, Kabupaten Pesawaran. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk menetapkan dasar teori penelitian. Pengambilan data primer dilakukan di lapangan dan dianalisis serta diolah menggunakan program komputer untuk mengetahui pengaruh pohon mangrove dalam meredam energi gelombang. Diagram kerangka pikir, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema kerangka berpikir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Data yang diperoleh dari penelitian terdahulu melengkapi informasi yang tersedia dan memperkaya analisis dalam penelitian ini. Sehingga dalam kajian pustaka ini, dicantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu sebagai berikut:

1. Hasil Penelitian Herison (2023)

Penelitian Herison (2023), berjudul “Konsep Pembangunan Bekelanjutan dengan Mangrove *Avicennia marina* sebagai Reduktor Energi Gelombang.” Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas pneumatofor, sampah, dan faktor lain yang berkaitan dengan *Avicennia marina* untuk mengurangi gelombang. pneumatophore dan serasah *Avicennia marina* dalam meredam gelombang laut. Metode penelitian yang digunakan adalah metode Transect-squared, Spot-check, dan Sondani. Pengukuran data gelombang menggunakan SBE 26Plus dan RBRDuo TD. Pengukuran dilakukan pada 5 stasiun dengan ketebalan masing-masing 3 m, 5 m, 10 m, 20 m, dan 50 m. Data mentah yang diperoleh kemudian diolah dan nilai pneumatophore terbesar dihasilkan pada STA 1. Mangrove mampu meredam energi sebanyak 50% pada STA 1 dan naik hingga 92 % pada STA 5. Dapat disimpulkan bahwa penekanan energi gelombang oleh pneumatofor dan serasah di pantai memiliki efektivitas 6 terbesar karena pneumatofor melepaskan daya tekuk yang optimal dan serasah mempunyai nilai porositas terkecil, sementara faktor-faktor lain seperti pohon besar, pohon inti, bibit, tumpukan, sedimentasi, dan ranting mendominasi semakin dominan seiring bertambahnya ketebalan mangrove.

2. Hasil Penelitian Liang (2023)

Penelitian Liang (2023), berjudul “Prediksi dampak Gabungan Kenaikan Permukaan Laut dan Pengembangan Lahan Pola Sebaran Komunitas Mangrove.” Tujuan penelitian adalah untuk memprediksi dampak gabungan kenaikan permukaan laut dan pengembangan lahan pola sebaran komunitas mangrove. Metode yang diusulkan bisa menjadi alat yang berguna untuk konservasi dari pengelolaan mangrove adaptif dalam menghadapi perubahan iklim. Hanya sedikit penelitian yang mengungkapkan bagaimana SLR dan pengembangan lahan seperti pertanian, budidaya perairan, dan urbanisasi secara bersama-sama mempengaruhi komunitas mangrove intertidal yang berbeda. Pelajaran ini mengusulkan kerangka kerja baru yang menggabungkan model SLAMM (Model Rawa yang Mempengaruhi Permukaan Laut) dan model CLUE-S (Konversi Penggunaan Lahan dan Dampaknya pada Tingkat Regional Kecil) untuk menilai potensi dampak terhadap wilayah hulu dan hilir. Komunitas mangrove intertidal Maowehai di Guangxi, Cina, dipilih sebagai wilayah studi dan potensinya dampak dari efek pemerasan dan potensi perluasan mangrove dievaluasi. Ditetapkan tiga skenario yang menggabungkan SLR dan pola penggunaan lahan untuk memprediksi proyeksi tutupan mangrove pada tahun 2070.

3. Hasil Penelitian Al Safar (2019)

Penelitian Al Safar (2019), berjudul “Pengaruh Daya Hambat Akar nafas Mangrove *Avicennia marina* dalam Meredam Gelombang untuk Perencanaan Bangunan Tepi Pantai”. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh daya hambat akar nafas mangrove *Avicennia marina* dalam meredam gelombang untuk perencanaan bangunan tepi pantai di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur. Metode penelitian yang digunakan adalah spot-check, transek-kuadrat, sondasi dan uji laboratorium. Pengukuran data gelombang menggunakan alat SBE 26 dan RBRDuo T.D. Pengukuran dilakukan pada 5 stasiun dengan jarak 3,

5, 10, 20, dan 50 m. Rawdata diolah menggunakan microsoft excel menghasilkan persentase peredaman tinggi gelombang jarak 50 m sebesar 97,5 % dengan formula $\Delta H = -0,0359x^2 + 2,4263x + 64,332$ dan persentase peredaman energi gelombang jarak 50 m sebesar 94,5 % dengan formula $\Delta E = -0,0592x^2 + 4,0142x + 39,267$. Sehingga dapat disimpulkan peredaman akar nafas di pinggir pantai memiliki efektifitas redaman terbesar karena akar nafas mengalami daya lenting optimal dengan kepadatan yang terbesar.

4. Hasil Penelitian Luthfiyani (2019)

Penelitian Luthfiyani (2019), berjudul “Analisis Efektivitas Serasah Mangrove *Avicennia marina* dalam Mengurangi Energi Gelombang sebagai Pendukung Perencanaan Bangunan Tepi Pantai Ramah Lingkungan (Studi Kasus di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur)”. Tujuan penelitian adalah menganalisis efektivitas serasah mangrove *Avicennia marina* dalam mengurangi energi gelombang sebagai pendukung perencanaan bangunan tepi pantai ramah lingkungan di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur. Metode penelitian yang digunakan adalah Transek-kuadrat. Pengukuran data gelombang menggunakan alat SBE 26 dan RBRDuo T.D. Pengukuran dilakukan pada 5 stasiun dengan jarak 3 m, 5 m, 10 m, 20 m, dan 50 m. Data lapangan diolah menggunakan microsoft excel menghasilkan persentase peredaman tinggi gelombang jarak 50 m sebesar 97,5 % dengan formula $\Delta H = -0,0359x^2 + 2,4263x + 64,332$ dan persentase peredaman energi gelombang jarak 50 m sebesar 94,5 % dengan formula $\Delta E = -0,0592x^2 + 4,0142x + 39,267$. Serasah ditinjau dari volume dalam menentukan nilai porositas memegang peranan sebagai elemen peredaman gelombang. Berdasarkan analisis, disimpulkan bahwa serasah di pesisir pantai memiliki efektivitas redaman gelombang terbesar dibandingkan dengan material lain. Hal ini disebabkan oleh nilai porositas serasah yang paling kecil, sehingga mampu menyerap energi gelombang dengan lebih optimal.

5. Hasil Penelitian (Sanjaya, 2021)

Penelitian Sanjaya (2021), berjudul “Pengaruh Sedimentasi Mangrove *Avicennia marina* dalam Menahan Laju Gelombang untuk Pembangunan Pesisir Berkelanjutan (Studi Kasus di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur)”. Tujuan penelitian yang pertama adalah untuk mengetahui besaran gelombang yang mampu diredam oleh mangrove *Avicennia marina* dan yang kedua mengetahui pengaruh sedimentasinya di pesisir pantai desa Purworejo, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur. Metode penelitian yang digunakan adalah spot-check, transek-kuadrat dan uji laboratorium. Pengukuran data gelombang menggunakan alat SBE 26 dan RBRDuo T.D. Pengukuran dilakukan pada 5 stasiun dengan jarak 3 m, 5 m, 10 m, 20 m, dan 50 m. Rawdata diolah menggunakan Microsoft Excel menghasilkan persentase peredaman tinggi gelombang jarak berturut-turut sebesar 70,3%, 73,3%, 91,0%, 95,6%, 96,1% dan berdasarkan energi gelombang sebesar 49,5%, 53,8%, 82,9%, 91,4%, 92,3% dengan persentase diameter partikel sebesar 19,36%, 19,75%, 19,87%, 21,27%. Kesimpulan penelitian adalah tingkat ketebalan mangrove dan diameter partikel lumpur berhubungan dengan persentase peredaman gelombang, semakin tebal mangrove *Avicennia marina*, maka akan semakin besar kemampuan meredam gelombang. Semakin besar tingkat peredaman gelombang maka persentase butirannya semakin kecil dan semakin kebelakang persentase butirannya semakin besar dan peningkatan peredamannya relatif kecil.

2.2. Pohon Mangrove

Pohon mangrove terkhususnya jenis *Rhizophora* sp., merupakan pohon yang memiliki adaptasi khusus untuk hidup di daerah pesisir yang dipengaruhi oleh air laut. Dengan ciri fisik bentuk batang, daun, akar. Pohon mangrove memiliki akar yang kuat dan cabangnya yang rapat untuk memberikan perlindungan fisik terhadap gelombang.

Terlebih lagi, pohon mangrove memberikan nutrisi berupa kesuburan tanah yang ada disekitarnya, karena tempat tumbuhnya tanaman mangrove berada diantara daratan dan lautan. Pada saat air laut pasang, tanaman ini akan terlihat sedang berada di laut. Sedangkan pada saat surut, tanaman antara daratan dan lautan. Akar tanaman mangrove berperan tidak hanya sebagai alat bernafas tanaman saja. Namun, fungsi akar tersebut juga menangkap endapan dan membersihkan kandungan zat kimia dalam air yang berasal dari daratan menuju laut.

2.3. Mangrove *Rhizophora sp.*

Hutan mangrove bagaikan benteng alam yang melindungi garis pantai dari abrasi, amukan angin topan, dan tsunami. Akarnya yang rapat menahan gelombang dan arus laut, meminimalisir kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh fenomena alam tersebut. Selain fungsi ekologis dan pelindung pesisir, hutan mangrove juga memiliki manfaat lain, seperti penyerap limbah, pencegah intrusi air laut, dan sumber bahan baku obat-obatan serta bahan bangunan.

Mangrove *Rhizophora sp* merupakan pemecah gelombang dan peredaman gelombang yang datang menghantam daratan secara langsung dan dapat menyebabkan abrasi pada pantai (Herison et al.,2017). Di wilayah pantai mangrove memiliki kemampuan tumbuh pada berbagai habitat pasang surut, bahkan tempat asin sekalipun. Jika jenis ini telah tumbuh bergerombol maka dapat membentuk suatu kelompok pada habitat tertentu (Luthfiyani, 2019). Bentuk pohon mangrove tersebut dapat dilihat pada gambar 2.

Mangrove juga memiliki berbagai manfaat bagi masyarakat pesisir seperti wahana wisata dengan adanya keragaman vegetasi dan satwa serta sebagai pemecah gelombang yang berfungsi melindungi kehidupan di pesisir pantai. Mangrove dengan sistem akarnya yang rapat dapat meredam energi gelombang yang datang dari laut menuju pesisir.



Gambar 2. Pohon mangrove *Rhizophora sp.*

2.4. Akar Tunjang

Mangrove *Rhizophora sp* memiliki akar menyerupai tunjang (akar tongkat), akar ini berfungsi sebagai alat pernafasan karena memiliki lentisel pada permukannya (Syah, 2020). Akar ini tumbuh di atas permukaan tanah dan mencuat dari batang pohon dan dahan paling bawah, biasanya berbentuk ceker ayam, berwarna coklat, dan memiliki percabangan lebih dari dua lihat gambar 3. Akar tunjang mangrove yang kuat dan lebat berperan penting dalam menahan gelombang dan meminimalkan dampaknya terhadap garis pantai (Raju & Arockiasamy, 2022).

Pengambilan data akar pada penelitian ini menggunakan metode Transek-kuadrat untuk menghitung kepadatan jenis akar tunjang. Metode ini dilakukan dengan menarik garis tegak lurus pantai, kemudian pada garis tersebut diletakkan kuadran ukuran 10 m x 10 m, jarak interval antar kuadran ditetapkan berdasarkan jenis vegetasi pada lokasi. Pada setiap kuadran dilakukan perhitungan jumlah individual (pohon dewasa, remaja, dan anakan), diameter pohon, dan prediksi tinggi pohon untuk setiap jenis

(Herison et al., 2017). Setelah dilakukan pengamatan data di lapangan selanjutnya menghitung kerapatan jenis (D_i) menggunakan rumus :

$$D_i = \frac{n_i}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

D_i : kerapatan jenis ke-i
 n_i : jumlah total individu ke-i
 A : luas total area pengambilan contoh



Gambar 3. Akar Tunjang.

2.5. Kelentingan (*Resilience*)

Secara alami apabila sebuah benda dikenai gaya, maka ada kemungkinan benda tersebut akan membengkok searah dengan gaya yang menyebabkannya. Saat gaya penyebabnya hilang maka benda tersebut akan kembali ke keadaan semula, benda ini disebut benda elastis. Kemampuan untuk kembali ke posisi semula setelah dikenai gaya ini disebut dengan kelentingan (*resilience*) (Duncan et al., 2018; Southwick et al., 2014).

Kelentingan suatu benda dapat dikatakan tinggi apabila semakin besar gaya yang dapat ditahan dan semakin cepat benda tersebut pulih ke keadaan semula. Jika gaya yang diberikan diperbesar hingga suatu batas nilai tertentu, lalu saat gaya hilang ternyata benda tidak dapat kembali ke keadaan semula. Batas gaya yang dapat diberikan hingga benda hampir tidak dapat kembali ke keadaan semula ini dinamakan batas kelentingan/batas elastik (Herison & Romdania, 2020).

Untuk mengetahui kemampuan akar tunjang meredam gelombang, perlu diketahui jumlah energi gelombang yang dipantulkan dan ditransmisikan oleh hutan mangrove. Jumlah energi gelombang yang dipantulkan dan ditransmisikan tersebut dapat dihitung dengan menggunakan koefisien refleksi dan transmisi. Koefisien refleksi adalah perbandingan antara energi gelombang yang dipantulkan oleh hutan mangrove dengan energi gelombang datang. Koefisien transmisi adalah perbandingan antara energi gelombang yang ditransmisikan melewati hutan mangrove dengan energi gelombang datang. Untuk menghitung koefisien refleksi dan transmisi, perlu diketahui nilai gelombang datang dan gelombang pergi pada hutan mangrove. Memisahkan gelombang datang dan gelombang pergi dari data elevasi yang terekam merupakan langkah penting untuk menganalisis karakteristik gelombang laut secara akurat.

Spektrum gelombang datang dan gelombang pantul dibutuhkan dalam menentukan koefisien refleksi (K_R) dan koefisien transmisi (K_T) serta koefisien disipasi (K_D) (Muliddin & Sugianto, 2004).

$$K_R = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

K_R : Koefisien Refleksi / Kelentingan
 H_R : Tinggi Gelombang Refleksi (m)
 H_i : Tinggi Gelombang Datang (m)

$$K_T = \frac{H_t}{H_i} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

K_T : Koefisien Transmisi
 H_t : Tinggi Gelombang Transmisi (m)
 H_i : Tinggi Gelombang Datang (m)

Apabila dua buah gelombang dengan periode yang sama dan berlawanan arah masing-masing dengan amplitudo a_1 dan a_2 ($a_1 > a_2$), maka gabungan dari profil gelombang tersebut diberikan oleh persamaan berikut :

$$\eta = a_1 \cos(kx + \sigma t) + a_2 \cos(kx - \sigma t) \dots\dots\dots (4)$$

$$\eta = (a_1 + a_2) \cos kx \cos \sigma t - (a_1 - a_2) a_2 \sin kx \sin \sigma t \dots\dots\dots (5)$$

Persamaan di atas adalah untuk gelombang dengan refleksi tidak sempurna. Apabila a_{maks} adalah jumlah dari a_1 dan a_2 , dan a_{min} adalah selisih dari a_1 dan a_2 , maka :

$$K_R = \frac{a_1}{a_2} = \frac{a_{maks} + a_{min}}{a_{maks} - a_{min}} = \frac{H_{maks} - H_{min}}{H_{maks} + H_{min}} \dots\dots\dots (6)$$

2.6. Gelombang Laut

Gelombang laut merupakan fenomena pergerakan naik turun permukaan air laut yang berosilasi dalam arah tegak lurus, membentuk kurva sinusoidal yang dinamis. Dinamika gelombang laut dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu angin (kecepatan, jarak, dan durasi hembusan), geometri laut (topografi dasar laut dan bentuk garis pantai), dan gempa bumi (dalam konteks tsunami). Angin berperan penting dalam pembentukan gelombang laut. Kecepatan, jarak hembusan, dan durasi angin memengaruhi tinggi, panjang, dan periode gelombang. Geometri laut, termasuk topografi dasar laut dan bentuk garis pantai, memengaruhi propagasi dan transformasi gelombang laut. Gempa bumi dapat menghasilkan gelombang laut pasang surut raksasa yang dikenal sebagai tsunami, yang merupakan fenomena gelombang laut dengan energi yang sangat besar. Angin di atas lautan mentransfer energi ke

perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang lihat pada gambar 4.

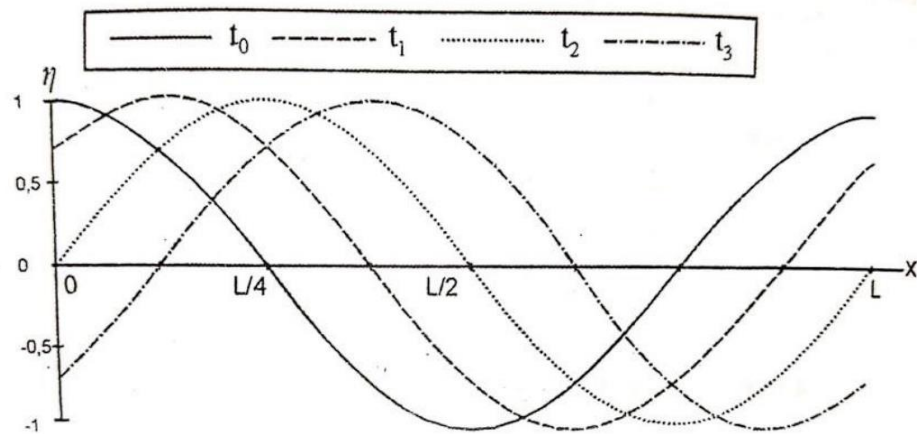
Gelombang laut bukan hanya pergerakan naik turun permukaan air laut secara keseluruhan, tetapi juga melibatkan gerakan naik turun molekul air laut pada tingkat mikroskopis, membentuk puncak (crest) dan lembah (trough) pada permukaan air. Energi gelombang laut merupakan sumber energi utama yang membentuk dan memodifikasi sistem pesisir pantai, memainkan peran penting dalam dinamika pantai dan proses geomorfologi. Gerakan gelombang laut (sea wave) dipicu oleh gesekan angin di atas permukaan air laut. Gaya tekan ke bawah yang dihasilkan oleh angin mendorong permukaan air ke bawah di satu tempat, menciptakan ketidakseimbangan yang mendorong massa air yang lebih tinggi untuk mengisi tempat yang lebih rendah..

Untuk menghitung tinggi gelombang rata rata dapat menggunakan persamaan:

$$H_{rata-rata} = \frac{\text{Jumlah data gelombang}}{\text{Banyak data gelombang}} \dots\dots\dots(7)$$

Penelitian terdahulu dengan pengambilan data gelombang untuk mengetahui seberapa besar ekosistem mangrove mampu meredam gelombang pada saat akan bertemu mangrove dan setelah meninggalkan mangrove dengan spesies yang diteliti pada mangrove *Avicennia marina* (Herison, 2014). Pada penelitian ini juga menggunakan alat yang sama yaitu SBE 26 yang dapat dilihat pada gambar 5.

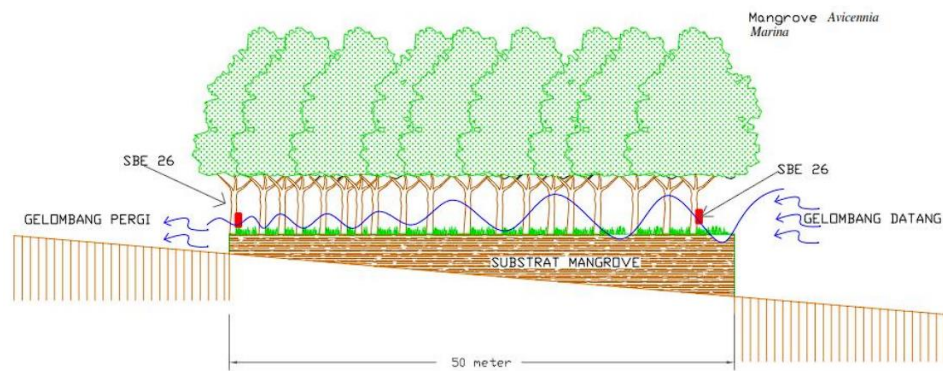
Pada gambar 6 dapat dilihat posisi peletakan alat SBE26 yang diletakan di depan dan belakang ekosistem mangrove. Ekosistem mangrove adalah spesies yang berkembang biak cukup baik di daerah peralihan laut dan darat di atas substrat lumpur (Herison, 2014).



Gambar 4. Profil muka air akibat gelombang.
(Sumber: Triatmodjo, 1999)



Gambar 5. Foto alat ukur gelombang SBE 26 (*Sea Bird Electronics*).
(Sumber: Dokumentasi, 2017)



Gambar 6. Simulasi proses pengambilan data gelombang pada mangrove.
(Sumber: Hasil Analisa, 2023)

2.7. Energi Gelombang

Energi Gelombang adalah jenis energi yang dihasilkan dengan gelombang laut. Untuk menghitung energi gelombang laut maka menggunakan rumus energi (Herison, Bengen, et al., 2023):

$$E_i = \frac{1}{8} \times \rho \times g \times h^2 \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

E_i = Energi Gelombang (Joule)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = tinggi gelombang datang (meter)

$$\Delta E = \frac{1}{8} \times \rho \times g \times h^2 \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

E = Energi Gelombang (Joule)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = tinggi gelombang ΔH (meter)

$$\Delta H = H_i - H_t \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

H_i = Gelombang datang
 H_t = Gelombang pergi

$$\Delta E (\%) = \frac{E_i}{\Delta E} \times 100 \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

E_i = Energi gelombang dari H datang
 ΔE = Energi gelombang dari ΔH

2.8. Struktur Alami (*Natural Structure*)

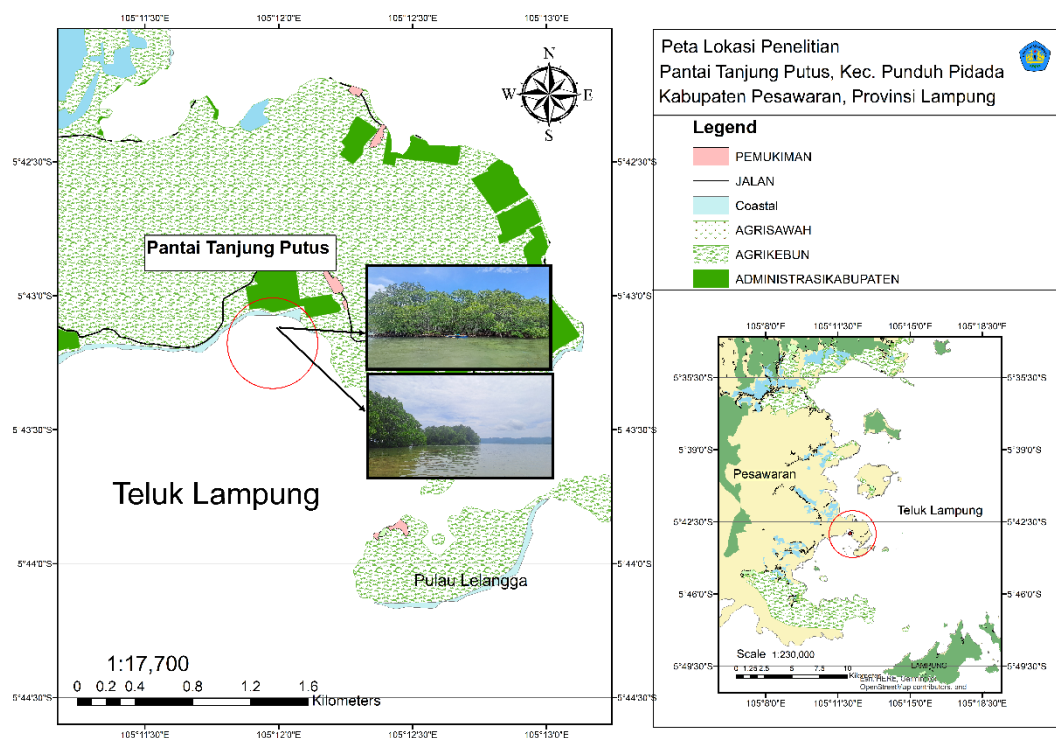
Natural structures merupakan struktur yang terbentuk alami oleh alam. Segala sesuatu di alam terbentuk karena hukum semesta (Arslan & Sorguc, 2003). Mangrove, yang berada di perbatasan antara daratan dan lautan, memberikan kontribusi penting dalam mengurangi risiko bahaya pesisir dengan cara meredam gelombang yang datang dan memerangkap serta menstabilkan sedimen (Horstman et al., 2014). Sehingga mangrove dapat melindungi bangunan tepi pantai untuk keberlangsungan hidup masyarakat.

Mangrove melindungi garis pantai dari abrasi dan gelombang laut, menciptakan habitat kaya biodiversitas, menyaring air dan menjaga kualitas air laut, serta menyerap karbon dioksida dan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca. Memahami struktur alami mangrove sangat penting untuk upaya pelestarian, rehabilitasi, dan pengelolaan hutan mangrove yang berkelanjutan, serta pemanfaatan manfaatnya untuk kesejahteraan masyarakat dan lingkungan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Sukarama, Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran, banyak ditemukan mangrove tipe *Rhizophora sp.* Mangrove *Rhizophora sp* merupakan jenis mangrove yang paling banyak terdapat di Pantai Tanjung Putus, Desa Sukarama, Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Lokasi Penelitian.

3.2. Tahapan Persiapan

Tahap persiapan penelitian merupakan langkah awal yang krusial dalam memastikan kelancaran dan efektivitas penelitian. Tahap ini meliputi empat komponen utama: identifikasi masalah, perumusan masalah, studi literatur, dan survei pendahuluan. Tahap persiapan diawali dengan proses identifikasi kebutuhan informasi terkait dengan tinggi gelombang air laut. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari tahap identifikasi kebutuhan, selanjutnya dilakukan identifikasi dan perumusan masalah penelitian. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan kasus penelitian yang jelas dan terarah, serta menentukan tujuan penelitian yang spesifik dan terukur.

Pemilihan lokasi stasiun pengamatan didasarkan pada beberapa kriteria, yaitu kondisi topografi laut yang mendukung pergerakan gelombang, kondisi gelombang datang yang sejajar dengan barisan mangrove, dan lokasi yang terbebas dari halangan seperti breakwater atau pagar pemecah gelombang. Pengamatan gelombang dilakukan di 5 titik stasiun yang terbagi dalam 5 jarak ketebalan mangrove, yaitu 5 meter, 10 meter, 15 meter, 20 meter, 25 meter, dan 30 meter. Alat ukur gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah SBE 26 (Sea Bird Electronics), yang merupakan alat ukur gelombang yang telah teruji dan terkalibrasi dengan baik.

3.3. Tahapan Pengumpulan Data

Data penelitian ini diperoleh dari dua sumber utama, yaitu pengumpulan data langsung di lapangan dan melalui instansi terkait. Pada tahap pengumpulan data, diperoleh data mentah yang perlu diolah dan dianalisis untuk mencapai tujuan penelitian.

3.3.1. Data Penelitian

Berdasarkan jenis data dapat dibagi menjadi 2 yaitu: primer dan sekunder.

1. Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan yang diambil langsung di lapangan. Data yang diambil adalah tinggi gelombang. Berikut data yang dibutuhkan untuk penelitian akar tunjang:
 - a) Data Gelombang.
 - b) Data kerapatan akar
2. Data sekunder penelitian
 Data sekunder dalam bentuk *Layout area* digunakan sebagai acuan peta untuk menentukan lokasi stasiun penelitian yang tepat.

3.3.2. Peralatan dalam proses pengambilan data gelombang

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan menggunakan satu jenis alat ukur, yaitu SBE 26. Alat ukur SBE 26 dipasang di luar mangrove, sebelum gelombang menyentuh mangrove dan setelah gelombang menyentuh mangrove. Sebelum pengambilan data, dilakukan kontrol terhadap pengukuran untuk memastikan keakuratan data. Jika terdapat kesalahan pencatatan dari alat, pengukuran ulang akan dilakukan untuk mendapatkan data yang akurat. Alat ukur SBE 26 dan RBRDuo T.D merupakan alat pengukur ketinggian gelombang yang telah memiliki lisensi resmi secara internasional. Peralatan yang digunakan dalam pengukuran data gelombang menggunakan alat-alat sebagai berikut:

1. SBE 26

SBE 26 (Sea Bird Electronics) adalah alat ukur gelombang yang diletakkan di bagian depan dari mangrove, lihat gambar 8. Alat ini berfungsi mencatat data gelombang datang yang tegak lurus dengan mangrove pada siang hari. Sebelum proses pencatatan akan dilakukan pemasangan pelampung yang berfungsi menahan alat agar tidak tenggelam.



Gambar 8. SBE 26 (*Sea Bird Electronics*).

3.3.3. Proses pengambilan data gelombang

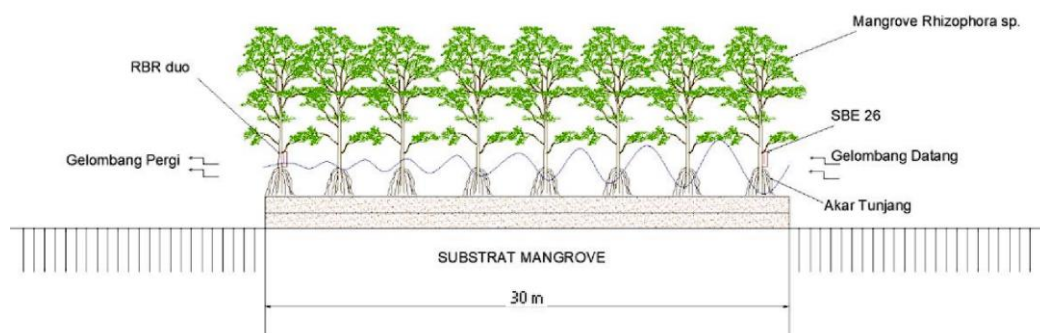
Pengukuran tinggi gelombang dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi pasang surut gelombang. Pengambilan data dilakukan pada saat waktu gelombang pasang tertinggi. Pengambilan data dimulai pada saat mulainya kondisi gelombang pasang sampai selesainya keadaan gelombang pasang.

Pengambilan data gelombang difokuskan pada dua momen, yaitu saat gelombang akan bertemu dengan mangrove dan setelah gelombang meninggalkan mangrove. Lokasi penelitian untuk pengambilan data gelombang adalah Pantai Tanjung Putus, Pesawaran. Variabel utama yang diukur dalam penelitian ini adalah energi gelombang yang terjadi pada mangrove *Rhizophora sp.* Analisis data gelombang akan dilakukan dengan membandingkan besarnya rambatan gelombang sebelum dan sesudah melewati akar tunjang mangrove *Rhizophora sp.*

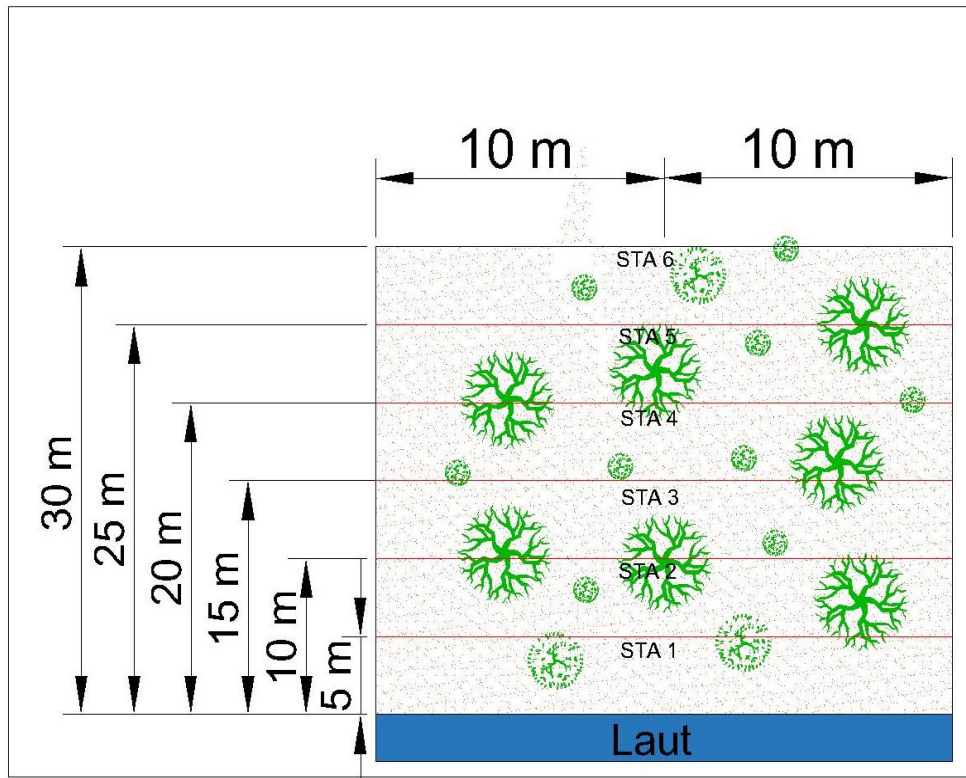
Dalam proses pengambilan dan pengolahan data gelombang akan dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut (Herison dkk, 2017):

1. Melakukan pra-survei untuk mengevaluasi kondisi lokasi, memastikan keamanan dan kemudahan akses, serta kesesuaian lokasi dengan kebutuhan penelitian.

2. Melakukan persiapan, meliputi ordinat stasiun, pengaturan transportasi, penyediaan peralatan cadangan, dan kelengkapan P3K.
3. Proses pencatatan data tinggi gelombang pada tiap stasiun minimal 1 jam pada saat pasang tertinggi.
4. Melaksanakan pengukuran. Masing masing alat dipasangkan oleh 2 orang tenaga lapangan. Berikut tahapan dalam proses pengukuran:
 - a) Melakukan setting alat ukur SBE26 .
 - b) Mencoba alat untuk memastikan alat dapat berfungsi.
 - c) Memasang peralatan tambahan pada alat ukur untuk mempermudah proses pemasangan di lapangan.
 - d) Memasangkan alat ukur SB26 pada bagian depan dan belakang mangrove.
 - e) Melakukan pengukuran oleh SBE26 .
 - f) Mengambil kembari alat ukur dan melakukan upload data hasil yang disimpan oleh alat ukur.
 - g) Data hasil yang diperoleh dari alat ukur merupakan data mentah (*Rawdata*) untuk dilakukan pengolahan dan analisis data.
 - h) Melakukan pengolahan dan analisis data gelombang pada masing masing stasiun. Ilustrasi pengambilan gelombang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Ilustrasi pengambilan data gelombang.



Gambar 10. Plot lokasi STA 1-6.

3.3.4. Peralatan dalam proses pengambilan data akar

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Meteran Roll 50 m, digunakan untuk mengukur keliling plot lokasi penelitian.
2. Tali plastik, digunakan untuk menandai stasiun penelitian.
3. Kertas hasil, digunakan untuk mencatat data di lapangan.
4. Gergaji, digunakan untuk mengambil sampel akar.
5. Kardus, digunakan sebagai wadah alat-alat penelitian.
6. Alat tulis, digunakan untuk menulis data hasil.
7. Alat P3K, berfungsi sebagai pertolongan pertama di lokasi.
8. Kontainer plastik, digunakan sebagai wadah untuk barang yang rentan terhadap air.
9. *Life jacket*, digunakan sebagai alat keselamatan di lokasi penelitian, dikarenakan lokasi berada di laut.

10. *Universal Testing Machine* digunakan untuk mengetahui kekuatan akar tunjang dalam menahan beban lihat gambar 11.



Gambar 11. *Universal Testing Machine*.

3.3.5. Proses pengambilan data akar

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Transek-kuadrat Wantasen tahun 2002 untuk menghitung kerapatan jenis, dan metode laboratorium untuk mengetahui kekuatan akar tunjang Mangrove *Rhizophora sp.* sebagai data penelitian untuk mengetahui pengaruh akar tunjang mangrove dalam peredaman gelombang.

Pengumpulan data akar tunjang mangrove *Rhizophora sp.* dilakukan di Pesisir Pantai Tanjung Putus, Pesawaran. Pengambilan sampel akar dengan panjang 45 cm dan diameter 2 cm serta data keliling batang pohon mangrove. Dalam melakukan pengambilan dan pengolahan data akar tunjang mangrove di lokasi penelitian, tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut (Herison dkk, 2017):

1. Melakukan persiapan, meliputi ordinat stasiun, pengaturan transportasi, penyediaan peralatan cadangan, dan kelengkapan P3K.
2. Menggunakan alat keselamatan berupa *life jacket*.
3. Mencari titik acuan yang telah ditentukan berdasarkan hasil GPS *mapping* dan ditandai dengan tali plastik sebagai titik Stasiun 1. Ketebalan mangrove diukur dengan meteran untuk menentukan jarak 5 meter dari Stasiun 1, sebagai acuan penentuan titik Stasiun berikutnya
4. Mengulang tahapan no.3 untuk ketebalan mangrove 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, dan 30 m sebagai titik stasiun selanjutnya.
5. Pengumpulan data akar tunjang berupa keliling dan tinggi akar tunjang mangrove dengan mengukur dan mencatat data yang didapat pada ketebalan mangrove 5 m.
6. Mengulang tahapan no. 5 untuk ketebalan mangrove 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, dan 30 m.
7. Melakukan pengolahan dan analisa data akar tunjang mangrove.

3.4. Tahapan Pengolahan Data

Setelah mengumpulkan data primer dan sekunder, langkah berikutnya adalah melakukan proses pengolahan data. Dalam konteks peredaman mangrove, data tersebut diproses menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, lalu memasukan data gelombang yang didapatkan dari instrumen SBE 26 dan RBRDuo T.D. serta menggunakan metode-metode numerik yang dapat menganggulangi anomali data. Tahapan pengolahan data sebagai berikut.

1. Menentukan nilai tinggi rata-rata gelombang.
Dalam menentukan tinggi rata-rata gelombang diolah menggunakan persamaan 4.
2. Menentukan nilai ΔH gelombang
Nilai ΔH gelombang diolah dengan mengurangi gelombang datang dan gelombang pergi untuk mencari nilai energi gelombang.

3. Menentukan nilai E_i gelombang

Nilai E_i gelombang diolah menggunakan persamaan 5.

4. Menentukan nilai ΔE gelombang

Nilai ΔE gelombang diolah menggunakan persamaan 6.

5. Menentukan nilai persentase peredaman gelombang.

Nilai persentase peredaman gelombang adalah nilai dari persentase energi gelombang (ΔE) yang digunakan untuk mengetahui nilai redaman gelombang pada mangrove menggunakan persamaan 8.

6. Mengelaborasi fungsi peredaman mangrove *Rhizophora sp* dengan konsep *Natural Structure*.

Menjelaskan berdasarkan fungsi peredaman mangrove di alam terhadap kelestarian alam itu sendiri.

3.5. Tahapan Analisis

Proses analisis data penelitian ini melibatkan penguraian terhadap kajian dan data yang telah diolah. Seluruh data penelitian diolah menggunakan Microsoft Excel dan disajikan dalam format tabel dan grafik untuk diketahui hubungan antar variabel yang diteliti. Dalam analisa data meliputi perbandingan antar variabel peredaman gelombang sebagai berikut:

3.5.1. Hubungan ΔH rata-rata dengan ketebalan mangrove

Penguraian dan kajian hasil pengolahan data peredaman tinggi gelombang rata-rata terhadap ketebalan mangrove untuk melihat bagaimana hubungan antar variabel terkait. Ditunjukkan menggunakan grafik pada excel yang menunjukkan hubungan tersebut.

3.5.2. Hubungan ΔH rata-rata % dengan ketebalan mangrove

Penguraian dan kajian hasil pengolahan data persentase peredaman tinggi gelombang rata-rata terhadap ketebalan mangrove untuk

melihat bagaimana hubungan antar variabel terkait. Ditunjukkan menggunakan grafik pada excel yang menunjukkan hubungan tersebut.

3.5.3. Hubungan ΔE rata-rata dengan ketebalan mangrove

Penguraian dan kajian hasil pengolahan data peredaman energi gelombang rata-rata terhadap ketebalan mangrove untuk melihat bagaimana hubungan antar variabel terkait. Ditunjukkan menggunakan grafik pada excel yang menunjukkan hubungan tersebut.

3.5.4. Hubungan ΔE rata-rata % dengan ketebalan mangrove

Penguraian dan kajian hasil pengolahan data persentase peredaman energi gelombang rata-rata terhadap ketebalan mangrove untuk melihat bagaimana hubungan antar variabel terkait. Ditunjukkan menggunakan grafik pada excel yang menunjukkan hubungan tersebut.

3.5.5. Hubungan kelentingan akar tunjang terhadap ΔE .

Penguraian dan kajian hasil pengolahan data kelentingan terhadap peredaman energi gelombang untuk melihat bagaimana hubungan antar variabel terkait. Ditunjukkan menggunakan grafik pada excel yang menunjukkan hubungan tersebut.

3.5.6. Hubungan mangrove *Rhizophora sp* dengan *Natural Structure*.

Penjelasan mengenai bagaimana hubungan antara fungsi peredaman energi mangrove *Rhizophora sp* terhadap *Natural Structure*. Hal ini menggambarkan bagaimana peranan mangrove sebagai *Natural*

Structure yang dibentuk oleh alam untuk keberlangsungan kelestarian alam itu sendiri

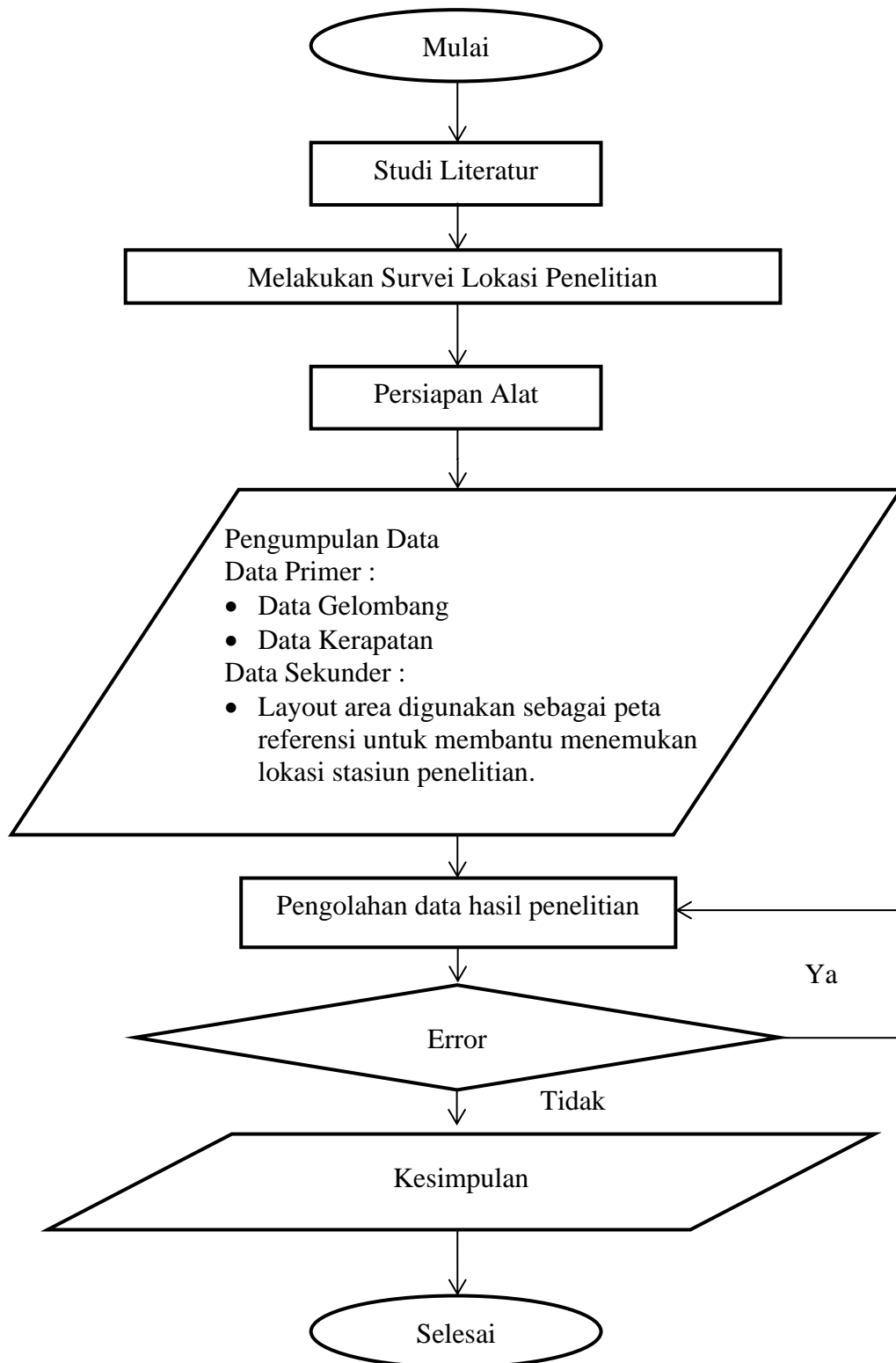
Tahap analisis dalam penelitian ini berfokus pada pengolahan dan interpretasi data yang telah dikumpulkan. Seluruh data hasil penelitian akan diolah menggunakan Microsoft Excel untuk menghasilkan tabel dan grafik hubungan. Grafik hubungan dan penjelasan yang dihasilkan dari pengolahan data akan digunakan untuk menganalisis pola perambatan gelombang di setiap stasiun penelitian. Pengolahan data akan diubah menjadi bentuk grafik hubungan untuk memudahkan visualisasi dan interpretasi pola perambatan gelombang.

3.6. Tahapan Simpulan

Bagian ini berisi kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada tahap ini dilakukan penyimpulan dari seluruh proses penelitian yang berujung pada jawaban dan saran dari rumusan masalah yang ada. Pembuatan simpulan dicari untuk mengetahui bagaimana kemampuan peredaman gelombang mangrove *Rhizophora sp* pada bentang 0 – 30 meter dan berapa daya lenting akar mangrove *Rhizophora sp* dalam meredam gelombang.

3.7. Diagram Alir Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, digunakan pendekatan dengan mengikuti bagan alir seperti terlihat pada gambar 12.



Gambar 12. Diagram alir penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Mangrove *Rhizophora sp* dinilai efektif sebagai struktur pelindung pantai alami (*Natural Structure*) dilihat dari persentase nilai peredamannya. Nilai persentase peredaman energi gelombang ΔE (%) mangrove *Rhizophora sp* meningkat seiring dengan bertambahnya ketebalan hutan mangrove. Nilai persentase peredaman gelombang meningkat dari 70 % - 90 % pada ketebalan 0 - 30 meter. Hal ini pun berlaku kepada nilai persentase peredaman tinggi gelombang ΔH (%), meningkat dari 40 % - 90 % pada 0 – 30 meter.
2. Akar tunjang mangrove *Rhizophora sp* memiliki daya lenting yang baik dalam meredam gelombang, daya lenting akar mangrove akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah akar mangrove pada suatu area sehingga peredaman energi pun meningkat. Pada lokasi ditemui kerapatan pohon yang tergolong rapat, sehingga daya lenting akar mangrove memiliki peran yang signifikan pada peredaman gelombang di lokasi penelitian.

5.2. Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya disarankan untuk memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Memperluas jangkauan penelitian mangrove dengan mengeksplorasi lokasi baru agar semakin banyak manfaat mangrove yang ditemui sebagai struktur alami pelindung pantai
2. Mencari objek penelitian baru berupa jenis mangrove yang berbeda
3. Memfokuskan penelitian pada salah satu faktor peredaman gelombang oleh mangrove.

Daftar Pustaka

- Al Safar, R. (2019). *Pengaruh Daya Hambat Akar Nafas Mangrove Avicennia Marina dalam Meredam Gelombang untuk Perencanaan Bangunan Tepi Pantai*.
- Arslan, S., & Sorguc, A. G. (2003). Similarities between “structures in nature” and “man-made structures”: Biomimesis in architecture. *Institute of Physics Conference Series*, 180, 45–54.
- Duncan, C., Owen, H. J. F., Thompson, J. R., Koldewey, H. J., Primavera, J. H., & Pettorelli, N. (2018). Satellite remote sensing to monitor mangrove forest resilience and resistance to sea level rise. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(8), 1837–1852. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12923>
- Herison, A., Bengenb, D. G., Romdaniaa, Y., Luthfiyana, H. N., Safara, M. R. Al, Ariefa, F. D., Sipil, T., Teknik, F., Perikanan, F., Kelautan, I., Pertanian, I., & Ipb, B. (2023). Konsep Pembangunan Berkelanjutan Dengan Mangrove Avicennia Marina Sebagai Reduktor Energi gelombang. *Teknik ASEAN Jurnal*, 2, 165–174.
- Herison, A., & Romdania, Y. (2020). *Mangrove for Civil Engineering*.
- Herison, A., Romdania, Y., Geoffrey Bengen, D., & Rizki Safar, M. AL. (2017). Contribution of Avicennia Marina Mangrove To Wave Reduction for the Importance of Abrasion As an Alternative To Coastal Buildings. *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering*, 6, 2394–2827. <http://iraj.in>
- Horstman, E. M., Dohmen-Janssen, C. M., Narra, P. M. F., van den Berg, N. J. F., Siemerink, M., & Hulscher, S. J. M. H. (2014). Wave attenuation in mangroves: A quantitative approach to field observations. *Coastal Engineering*, 94, 47–62. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.08.005>
- K G, P., & Bhaskaran, P. K. (2017). Wave attenuation in presence of mangroves: A sensitivity study for varying bottom slopes. *The International Journal of Ocean and Climate Systems*, 8(3), 126–134. <https://doi.org/10.1177/1759313117702919>

- Liang, S., Hu, W., Wu, P., Wang, J., Su, S., Chen, G., Du, J., Liu, W., & Chen, B. (2023). Prediction of the joint impacts of sea level rise and land development on distribution patterns of mangrove communities. *Forest Ecosystems*, 10(December 2022), 100100. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2023.100100>
- Liu, K., Chen, Q., & Kaihatu, J. M. (2016). Modeling Wind Effects on Shallow Water Waves. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 142(1), 1–8. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ww.1943-5460.0000314](https://doi.org/10.1061/(asce)ww.1943-5460.0000314)
- Luthfiyani, H. (2019). *Analisis Efektivitas Serasah Mangrove Avicennia marina Dalam Mengurangi Energi Gelombang Sebagai Pendukung Perencanaan Bangunan Tepi Pantai Ramah Lingkungan (Studi Kasus di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur)*.
- Marois, D. E., & Mitsch, W. J. (2015). Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands - A review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 11(1), 71–83. <https://doi.org/10.1080/21513732.2014.997292>
- Muliddin, & Sugianto, D. N. (2004). Prediksi Peredaman Gelombang Permukaan yang Menjalar Melewati Hutan Mangrove. *Ilmu Kelautan*, 9(3), 141–152.
- Nabila, N. M., Sasmito, B., & Sukmono, A. (2020). Studi karakteristik gelombang perairan Laut Jawa menggunakan satelit altimetri tahun 2016-2018 (studi kasus : perairan Laut Utara Jawa). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 67–76. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2020.26072>
- Nguyen, Q. H., & Takewaka, S. (2020). Land subsidence and its effects on coastal erosion in the Nam Dinh Coast (Vietnam). *Continental Shelf Research*, 207(August), 104227. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104227>
- Raju, R. D., & Arockiasamy, M. (2022). Coastal Protection Using Integration of Mangroves with Floating Barges: An Innovative Concept. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/jmse10050612>
- Sanjaya, A. (2021). *Pengaruh Sedimentasi Mangrove Avicennia marina Dalam Menahan Laju Gelombang Untuk Pembangunan Pesisir Berkelanjutan (Studi Kasus di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur)*.
- Senevirathna, E. M. T. K., Edirisooriya, K. V.D., Uluwaduge, S. P., & Wijerathna, K. B. C. A. (2018). Analysis of Causes and Effects of Coastal Erosion and Environmental Degradation in Southern Coastal Belt of Sri

- Lanka Special Reference to Unawatuna Coastal Area. *Procedia Engineering*, 212, 1010–1017. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.130>
- Southwick, S. M., Bonanno, G. A., Masten, A. S., Panter-Brick, C., & Yehuda, R. (2014). Resilience definitions, theory, and challenges: Interdisciplinary perspectives. *European Journal of Psychotraumatology*, 5. <https://doi.org/10.3402/ejpt.v5.25338>
- Suryawan, A. (2017). Rehabilitasi Mangrove di Pantai Alo (Pulai Karakelang, Talaud) Menggunakan Propagaul *Rhizophora mucronata* Lamk. *WASIAN*, 4(8=2), 69–78. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Syah, A. F. (2020). Penanaman Mangrove sebagai Upaya Pencegahan Abrasi di Desa Socah. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 6(1), 13–16. <https://doi.org/10.21107/pangabdhi.v6i1.6909>
- Vu, T., & Kieu, C. (2023). Roles of Tropical Waves in the Formation of Global Tropical Cyclone Clusters. *Atmospheric Chemistry & Physics Discussions*, 2023, P1, June. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-974>
- Williams, A. T., Rangel-Buitrago, N., Pranzini, E., & Anfuso, G. (2018). The management of coastal erosion. *Ocean and Coastal Management*, 156, 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.022>