

**PENGARUH DAYA HAMBAT AKAR NAFAS  
MANGROVE *AVICENNIA MARINA*  
DALAM MEREDAM GELOMBANG  
UNTUK PERENCANAAN BANGUNAN TEPI PANTAI**

**( Skripsi )**

**Oleh**

**M. RIZKI AL SAFAR**



**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

### PENGARUH DAYA HAMBAT AKAR NAFAS MANGROVE *AVICENNIA MARINA* DALAM MEREDAM GELOMBANG UNTUK PERENCANAAN BANGUNAN TEPI PANTAI

Oleh

**M. RIZKI AL SAFAR**

Gelombang air laut memiliki manfaat dan dampak. Gelombang tsunami dan pasang adalah contoh berbahaya dari dampak gelombang. Salah satu cara efektif meredam gelombang adalah pemanfaatan ekosistem hutan mangrove. Sistem perakaran dan tegakan pohonnya merupakan penyebab terjadinya fungsi perlindungan mangrove terhadap pantai. Tujuan penelitian ini 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  $H = -0,0359x^2 + 2,4263x + 64,332$  dan persentase peredaman energi gelombang jarak 50 m sebesar 94,5 % dengan formula  $E = -0,0592x^2 + 4,0142x + 39,267$ . Akar nafas ditinjau dari kerapatan dan kelentingannya memiliki efektifitas dalam peredaman gelombang. Kesimpulannya adalah peredaman akar nafas di pinggir pantai memiliki efektifitas redaman terbesar karena akar nafas mengalami daya lenting optimal dengan kepadatan yang terbesar, sehingga akar nafas mangrove *Avicennia marina* dapat menjadi peredam alami gelombang.

Kata kunci : akar nafas, *avicennia marina*, gelombang

## ABSTRACT

### THE INFLUENCE OBSTACLE IN PNEUMATOPHORES OF *AVICENNIA MARINA* MANGROVE IN REDUCING WAVES FOR PLANNING THE COASTAL BUILDING

By

M. RIZKI AL SAFAR

Ocean waves have benefits and impacts. Tsunami and tidal waves were dangerous examples of wave impacts. One effective way to reduce waves was used mangrove forest ecosystems. Shape system of the roots and trees were the cause of the mangrove function protection in the beach. The purpose of this study was to analyze the influence of *Avicennia marina's* mangrove pneumatophore in reducing waves for beachside building planning at Pasir Sakti Beach, East Lampung. The methods used in this study were quadrat-transect, spot-check, sondani and laboratory test. SBE 26plus and RBRDuo T.D. tools were used in measuring the wave data. The measuring was administered in five stations at 3, 5, 10, 20, and 50m. The rawdata was processed using microsoft excel to generate a 50m high wavelength rate of 97,5% with a formula of  $H = -0,0359x^2 + 2,4263x + 64,332$  and the percentage of wave energy-cancelling distance of 50m of 94,5% with the formula  $E = -0,0592x^2 + 4,0142x + 39,267$ . The pneumatophore is reviewed from density and resilience have effectiveness in reducing waves. The conclusion is wave attenuation caused by pneumatophores in the seafront more effective to reduce wave because pneumatophores optimal resilience with the largest density, therefore pneumatophore of mangrove *avicennia marina* can be a natural wave absorber.

Keyword : *avicennia marina*, pneumatophore, wave

**PENGARUH DAYA HAMBAT AKAR NAFAS  
MANGROVE *AVICENNIA MARINA*  
DALAM MEREDAM GELOMBANG  
UNTUK PERENCANAAN BANGUNAN TEPI PANTAI**

Oleh  
**M. RIZKI AL SAFAR**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Fakultas Teknik  
Universitas Lampung  
Bandar Lampung  
2019**

Judul Skripsi

**: PENGARUH DAYA HAMBAT AKAR NAFAS  
MANGROVE *AVICENNIA MARINA* DALAM  
MEREDAM GELOMBANG UNTUK  
PERENCANAAN BANGUNAN TEPI PANTAI**

Nama Mahasiswa

**: M. Rizki Al Safar**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415011091

Jurusan

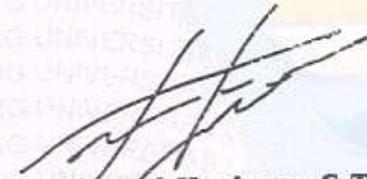
: Teknik Sipil

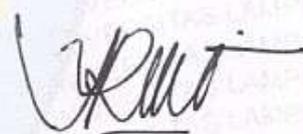
Fakultas

: Teknik

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

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

  
**Yuda Romdania, S.T., M.T.**  
NIP 19701107 200003 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

  
**Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19700915 199503 1 006

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

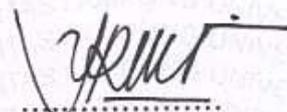
Ketua

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



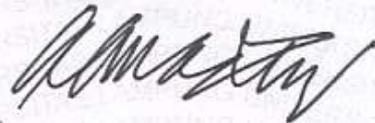
Sekretaris

: **Yuda Romdania, S.T., M.T.** .....



Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.** .....



### 2. Dekan Fakultas Teknik



**Prof. Dr. Suharno, M.Sc.**

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 September 2019**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, adalah:

Nama : M. Rizki Al Safar  
NPM : 1415011091  
Prodi/ Jurusan : S1/ Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik Universitas Lampung.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Skripsi ini merupakan bagian dari penelitian dengan judul : Pengaruh Daya Hambat Akar Nafas Mangrove *Avicennia marina* dalam Meredam Gelombang untuk Perencanaan Bangunan Tepi Pantai.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, September 2019



  
M. Rizki Al Safar

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, Lampung Utara pada tanggal 13 Juni 1996, sebagai anak keempat dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Abas Hasan dan Ibu Rohmiyati.

Penulis memulai Jenjang pendidikan dari Taman Kanak-Kanak (TK) Al Azhar 16 diselesaikan pada tahun 2002, Sekolah Dasar (SDN) 3 Kemiling Permai Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 28 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2011, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 7 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2014.

Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Lampung Program Studi S1 Teknik Sipil melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan diantaranya pernah menjadi anggota pada bidang Penelitian dan Pengembangan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) pada periode 2015-2016, Ketua Umum Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (2016-2017), Gubernur BEM Fakultas Teknik (2017), Ketua Umum HMI Komisariat Teknik Unila (2018), Wasekum Bidang HAM dan Lingkungan Hidup HMI Cabang Bandar Lampung (2019). Selama menjadi mahasiswa penulis juga pernah menjadi asisten dosen pada praktikum Teknologi Bahan tahun

2017 dan 2018. Selain itu, penulis juga sering mengikuti kegiatan sosial, diskusi publik dan lomba, diantaranya Kongres Nasional FKMTSI ke XXVII (2016), International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS) Thailand (2017), Juara 2 Lomba Debat Nasional UPCHANCE UGM Yogyakarta (2018), Delegasi Indonesia dalam kegiatan International Youth Leader Volunteering Chapter India (2019).

Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) pada Proyek Pembangunan Tol Trans Sumatera Seksi 2 Sidomulyo-Kotabaru STA 39+400 – STA 80+000 selama 3 bulan dengan PT. Waskita Karya (Persero) Tbk sebagai *subcontractor*. Setelah melakukan Kerja Praktek penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Labuhan Ratu, Kecamatan Labuhan Ratu, Kabupaten Lampung Timur selama 40 hari pada periode Januari–Maret 2018.

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, Puji syukur kepada Allah SWT atas karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Kupersembahkan skripsi ini untuk :

Semua orang yang selalu bertanya, kapan wisuda.

Kedua Bapak dan Ibu, serta Kakakku yang telah memberi dukungan moral maupun materi, serta senantiasa mendoakanku untuk meraih kesuksesan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keluarga kita, keselamatan dan kebahagiaan dunia dan akhirat.

Semua guru-guruku dan dosen-dosenku yang telah mengajarkan banyak hal, semoga Allah membalas segala kebaikan atas ilmu yang diajarkan.

Sahabat-sahabatku, yang tiada hentinya memberikan motivasi dan selalu ada di saat suka maupun duka.

Rekan seperjuangan, teman-teman Teknik Sipil angkatan 2014, yang telah memberikan bantuan dan motivasinya selama masa perkuliahan, semoga silaturahmi kita bisa selalu terjaga.

Untuk almamater tercinta Universitas Lampung.

*Jazakumullah Khairan Katsiran Wa Jazakumullah Ahsanal Jaza*

## MOTTO HIDUP

Man Jadda Wajadda!

Barangsiapa yang ingin mendapatkan padi yang bagus  
hendaklah menanam dengan benih yang bagus pula.  
(Haji Agus Salim)

Lihatlah matamu! Dia begitu kecil, namun mampu melihat  
hal-hal yang besar.  
(Jalaludin Rumi)

Satu ons tindakan sama berharganya dengan satu ton teori.  
(Friedrich Engels)

Masalah-masalah kita adalah buatan manusia, maka dari itu  
dapat diatasi oleh manusia. Tidak ada masalah dalam takdir  
manusia yang tidak dapat diselesaikan manusia.  
(John F.Kennedy)

Apapun yang terjadi di dunia ini baik ataupun buruk adalah  
skenario besar dari-Nya. Wahai mimpiku, tunggu aku  
menggapaimu!  
(M Rizki Al Safar)

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul ”Pengaruh Daya Hambat Akar Nafas Mangrove *Avicennia marina* dalam Meredam Gelombang untuk Perencanaan Bangunan Tepi Pantai” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku pembimbing utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi.
4. Ibu Yuda Romdania, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi.

5. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., selaku penguji utama pada ujian skripsi. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar proposal dan hasil penelitian terdahulu.
6. Teristimewa untuk kedua orang tuaku tercinta, Bapak Abas Hasan dan Ibu Rohmiyati terima kasih atas keikhlasan, cinta dan kasih sayang, doa, motivasi, moral serta finansial yang telah diberikan.
7. Bapak dan Ibu staf administrasi Teknik Unila.
8. Kakakku tersayang, M. Arif Syahputra, Rafika Dwi Syahputri, dan Fentri Puspita. Terima kasih atas do'a, dukungan, bantuan, dan perhatian yang diberikan.
9. Sahabat HMI Komisariat Teknik Unila, Syahri, Ridho, Kafi, Sulton, Gani, Taufik, Solihin, Aswin, Puwala, Heni, Tiwi, kanda, yunda, dinda dan pengurus lainnya. Terimakasih sudah berjuang bersama.
10. Sahabat-sahabat Alfirmart Abdi, Aida, Alfi, Bagus, Coco, Dendi, Desna, Deska, Evi, Farhan, Heni, Klara, Nanda, Nining, Novitasari, Taufik, Ulfa dan Uun yang senantiasa membantu Penulis baik dalam hal akademik dan non akademik.
11. Pengurus HIMATEKS FT UNILA 2016-2017, Ridho, Coco, Indah, Putra, Fadhel, Galih, Dewa, Taufik, Tommy, Vareza, Ciul dan semua yang terlibat di dalamnya. Terimakasih telah membangun rumah kita, Teknik Sipil Universitas Lampung.
12. Pengurus BEM FT Unila tahun 2017, wakil gubernur M. Niko Febridon, pimpinan, staff dan seluruh civitas akademika fakultas teknik yang bersinergi bersama dalam mewujudkan BEM FT yang MANTAP.

13. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil Unila angkatan 2014 dan semua pihak yang tidak mungkin Penulis sebutkan satu per satu yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian laporan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, baik dari segi isi maupun cara penyampaiannya. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, September 2019

M. Rizki Al Safar

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Kerangka Pikir .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Ekosistem Mangrove .....	7
2.2 Proses Pertumbuhan Mangrove dan Manfaat di Masyarakat .....	10
2.3 Karakteristik Hutan Mangrove .....	11
2.4 Mangrove <i>Avicennia marina</i> .....	13
2.5 Gelombang Laut .....	14
2.6 Arus Laut .....	20
2.7 Kelentingan ( <i>Resillience</i> ) .....	21
2.8 Akar Nafas .....	23
2.9 Acuan Awal Desain Konstruksi dengan Ekosistem Mangrove .....	25
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Umum .....	30
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	31
3.2.1 Tahapan Persiapan .....	32
3.2.2 Tahapan Pengumpulan Data .....	33
3.2.3 Tahapan Pengolahan Data .....	44
3.2.4 Tahapan Analisis .....	44
3.2.5 Tahapan Simpulan .....	45
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Pengumpulan Data .....	46
4.1.1 Data Gelombang .....	48

4.1.2	Data Akar Nafas Mangrove <i>Avicennia marina</i> .....	52
4.2	Hasil Pengolahan Data dan Pembahasan .....	54
4.2.1	Uji Laboratorium .....	61
4.2.2	Hubungan Kelentingan Akar Nafas terhadap E .....	64
4.2.3	Persentase Peredaman Akar Nafas .....	65
4.2.4	Faktor Penghambat Gelombang .....	68
4.2.5	Hubungan Antara Ketebalan Mangrove Dengan H .....	69
4.2.6	Hubungan Antara Ketebalan Mangrove Dengan E .....	71
4.2.7	Hubungan Antara Ketebalan Mangrove Dengan Volume Akar Nafas .....	72
4.2.8	Hubungan Persentase Peredaman Energi Akar Nafas E .....	74
4.2.9	Pembangunan Berkelanjutan Dengan Ekosistem Mangrove .	76

## V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1	Simpulan .....	82
5.2	Saran .....	84

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema kerangka berpikir .....	6
2. Zonasi ekosistem mangrove .....	13
3. Rekaman gelombang laut .....	15
4. Definisi dan karakteristik gelombang pantai .....	16
5. Vertikal profil gelombang laut ideal (monokromatik) .....	18
6. Ilustrasi kelentingan sebuah akar nafas .....	22
7. Mangrove <i>avicennia marina</i> sebagai peredam gelombang .....	32
8. Diagram alir penelitian .....	36
9. Peta lokasi penelitian .....	38
10. SBE 26 ( <i>Sea Bird Electronics</i> ) .....	40
11. RBRDuo T.D .....	41
12. Ilustrasi pengambilan data gelombang .....	44
13. Kamera <i>waterproof</i> .....	45
14. GPS <i>mapping</i> .....	46
15. Kayu persegi berukuran 1 m x 1 m .....	46
16. MTS <i>landmark</i> 100 KN .....	47
17. Plot lokasi stasiun penelitian .....	49
18. Proses pengambilan data primer .....	52
19. Klasifikasi jenis mangrove berdasarkan ukuran .....	57

20. Proses pengujian sampel akar nafas .....	58
21. Grafik hasil data gelombang pada jarak 3 m .....	59
22. Grafik hasil data gelombang pada jarak 5 m .....	60
23. Grafik hasil data gelombang pada jarak 10 m .....	60
24. Grafik hasil data gelombang pada jarak 20 m .....	60
25. Grafik hasil data gelombang pada jarak 50 m .....	61
26. Grafik hasil persentase peredaman gelombang berdasarkan $H$ .....	63
27. Grafik hasil persentase peredaman gelombang berdasarkan $E$ .....	65
28. Grafik hubungan pertambahan panjang ( ) terhadap beban (F) sampel 1	67
29. Grafik hubungan pertambahan panjang ( ) terhadap beban (F) sampel 2	67
30. Grafik hubungan pertambahan panjang ( ) terhadap beban (F) sampel 3	68
31. Grafik korelasi 3 data sampel uji .....	68
32. Grafik hubungan kelentingan akar nafas terhadap $E$ .....	69
33. Grafik hubungan persentase peredaman energi terhadap akar nafas .....	71
34. Grafik faktor penghambat gelombang tiap STA .....	73
35. Grafik hubungan antara ketebalan mangrove dengan $H$ .....	74
36. Grafik hubungan antara ketebalan mangrove dengan $E$ .....	75
37. Grafik hubungan ketebalan mangrove dengan volume akar nafas .....	77
38. Grafik hubungan persentase peredaman energi akar nafas dengan $E$ ....	78
39. Alternatif <i>layout</i> konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove sebagai peredam gelombang .....	81
40. Tampak belakang alternatif konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi .....	82
41. Tampak samping kiri alternatif konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi .....	82

42. Tampak samping kanan alternatif konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi ..... 82
43. Alternatif *layout* alternatif konstruksi pelabuhan dengan ekosistem mangrove sebagai peredam gelombang ..... 83
44. Tampak belakang alternatif konstruksi pelabuhan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi ..... 83
45. Tampak samping kiri alternatif konstruksi pelabuhan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi ..... 84
46. Tampak samping kanan alternatif konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi ..... 84

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 3 m .....	48
2. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 5 m .....	49
3. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 10 m .....	50
4. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 20 m .....	50
5. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 50 m .....	51
6. Hasil data akar nafas mangrove .....	53
7. Hasil pengolahan data gelombang .....	57
8. Hasil pengambilan data akar nafas .....	61
9. Hasil pengujian laboratorium .....	62
10. Hubungan Kelentingan Akar Nafas terhadap $E$ .....	64
11. Persentase peredaman energi oleh akar nafas (%) .....	66
12. Hubungan antara jarak ketebalan mangrove dengan $H$ .....	69
13. Hubungan antara jarak ketebalan mangrove dengan $E$ .....	71
14. Hubungan ketebalan mangrove dengan volume akar nafas .....	72
15. Hubungan persentase peredaman energi akar nafas dengan $E$ .....	74

## DAFTAR NOTASI

- $E$  = energi gelombang ( $J/m^2$ )
- $E_i$  = energi gelombang sebelum menghantam sesuatu ( $J/m^2$ )
- $E_t$  = energi gelombang setelah menghantam sesuatu ( $J/m^2$ )
- $E$  = deviasi energi gelombang ( $J/m^2$ )
- $H$  = tinggi gelombang ( $J/m^2$ )
- $H_i$  = tinggi gelombang sebelum menghantam sesuatu (m)
- $H_t$  = tinggi gelombang setelah menghantam sesuatu (m)
- $H$  = deviasi tinggi gelombang ( $J/m^2$ )
- = massa jenis air laut ( $kg/m^3$ )
- $g$  = percepatan akibat gravitasi ( $m/s^2$ )
- $K_t$  = koefisien transmisi (tanpa satuan)
- $H_r$  = tinggi gelombang refleksi (m)
- $H_t$  = tinggi gelombang transmisi (m)
- $K_r$  = koefisien refleksi (tanpa satuan)
- $D_i$  = kerapatan jenis ke-i ( $buah/m^2$ )
- $n_i$  = jumlah total individu ke-i (buah)
- $A$  = luas total pengambilan area sampel ( $m^2$ )
- $F$  = beban tarik akar nafas ( $J/m^2$ )
- $V$  = volume akar nafas mangrove *Avicennia sp* ( $m^3$ )

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari, masyarakat Indonesia khususnya yang tinggal di pinggir pantai, tidak bisa menghindar dari gelombang air laut.

Gelombang air laut yang terjadi merupakan fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut yang diakibatkan kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Selain itu, aktivitas pergeseran lempeng bumi, pergerakan kapal, letusan gunung berapi, dapat juga menimbulkan gelombang di laut. Tetapi, umumnya gelombang yang terjadi di laut terjadi karena pengaruh angin (Nining, 2002 ; Aziz, 2006 dan Adisaputra, 2010).

Pada pesisir pantai gelombang air laut memiliki manfaat dan dampak.

Misalnya manfaat bagi biota laut, kestabilan suhu, dan iklim yang terjadi di dunia. Manfaat arus bagi banyak biota adalah menyangkut penambahan makanan bagi biota tersebut dan pembuangan kotorannya (Romimohtarto, 2007 ; Octasyilva, 2008). Arus air laut juga sangat berperan dalam mempertahankan sirkulasi zat hara yang berguna untuk pertumbuhan.

Dengan luasnya daerah lautan dibanding daratan adalah 7:3 (Nur, 2010), perlu diperhatikan bahwa selain memberikan manfaat, gelombang air laut

juga dapat memberikan dampak negatif. Gelombang tsunami dan gelombang pasang adalah contoh yang berbahaya dan dapat merusak daerah di sekitar pantai. Gelombang tersebut dapat merusak pinggir pantai karena amplitudo gelombang mencapai pantai sangat besar. Tipe pasang juga berbeda karena pasang yang terjadi tergantung dari tempat dimana pasang itu terjadi (Cappenberg, 1992 ; Pratomo, 2016).

Salah satu cara efektif dalam meredam gelombang air laut adalah dengan memanfaatkan ekosistem hutan mangrove. Hutan mangrove hidup di daerah peralihan antara ekosistem darat dan ekosistem laut. Daerah peralihan antara darat dan laut inilah yang disebut dengan zonasi mangrove. Setiap ekosistem mangrove memiliki zonasi yang berbeda di setiap kawasan atau pulau yang salah satunya adalah kawasan mangrove Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur. Beberapa ahli menyatakan bahwa zonasi mangrove sebenarnya sangat berkaitan erat dengan tipe tanahnya baik itu pasir, lumpur atau gambut, keterbukaan mangrove terhadap hempasan gelombang, salinitas serta pangaruh pasang surut (Chapman, 1977 ; Bunt dkk, 1981 dan Rudianto, 2014).

Pohon mangrove pada pesisir pantai memiliki fungsi-fungsi yang fundamental. Fungsi mangrove pada umumnya di daerah pantai adalah menjadi penghubung antara daerah daratan dan lautan. Tumbuhan, hewan, dan benda lain ditransfer ke arah darat atau ke arah laut melalui mangrove. Mangrove berperan sebagai penyaring untuk mengurangi efek yang merugikan dari perubahan lingkungan, dan menjadi sumber makanan bagi biota laut dan biota darat. Bahkan pada pesisir pantai mangrove dengan

fungsi fisiknya akan menahan abrasi dan garis pantai (Bengen, 2000 ; Herison, 2014). Akan tetapi, pada wilayah pesisir yang berombak besar dan tanah yang terjal mangrove sulit tumbuh karena kondisi ini menyulitkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substrat bagi pertumbuhan (Dahuri dkk., 2001 ; Rudianto, 2014) .

Sistem perakaran yang ada pada mangrove dan tegakan pohonnya merupakan penyebab terjadinya fungsi perlindungan mangrove terhadap pantai. Keberadaan akar mangrove dan batang pohonnya dapat meredam laju gelombang dan angin yang menuju ke arah pantai. Dikatakan pada penelitian (Poedjirahajoe, 1995 ; Rego, 2018) bahwa lokasi tanah untuk tumbuh sangat memengaruhi pertumbuhan akar dan dapat menjadi indikasi sebagai kesesuaian mangrove terhadap tempat tumbuhnya. Jadi, dapat disimpulkan bahwa fungsi perlindungan hutan mangrove dihasilkan apabila vegetasi pada mangrove telah mencapai kesesuaian terhadap lingkungannya yang dapat diindikasikan melalui jumlah perakarannya. Menurut (Saparinto, 2007 ; Rego, 2018) kekuatan ombak dan arus laut dapat teredam dan menjadi lemah dengan adanya sistem perakaran mangrove baik berupa akar tunjang, akar nafas, ataupun akar lutut. Oleh sebab itu, keberadaan mangrove dan karakteristik perakarannya yang khas menjadikan ekosistem mangrove sangat dibutuhkan.

Pengalihan fungsi kawasan dan kegiatan eksploitasi yang sering dilakukan masyarakat menjadi penyebab abrasi dan kegagalan pemudaan mangrove. yang paling sering terjadi. Kebutuhan akan sumber daya dan lahan yang

kian meningkat bagi masyarakat pesisir memotivasi mereka untuk melakukan tindakan tersebut. Hal-hal seperti inilah yang mengakibatkan ancaman arus air laut menjadi semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya proses abrasi dan kegagalan peremajaan mangrove dalam suatu rehabilitasi. Arus yang optimal sesungguhnya dapat diciptakan dari keberadaan hutan mangrove itu sendiri. Kemampuan hutan mangrove dalam mengurangi kecepatan arus air laut kerap mengacu pada karakteristik perakaran yang ada pada mangrove terutama pada perakaran mangrove yang rapat.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dibutuhkan adanya analisis penunjang untuk menemukan solusi dari permasalahan yang ada. Maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh daya hambat akar nafas mangrove *Avicennia marina* dalam meredam gelombang untuk perencanaan bangunan tepi pantai khususnya di Desa Purworejo, Kecamatan Pasir Sakti, Lampung Timur.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah penelitian dapat disyaratkan sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan peredaman gelombang mangrove *Avicennia marina* pada bentang 0-50 m dan formulanya sebagai fungsi perencanaan bangunan tepi pantai?
2. Bagaimana pengaruh kekuatan akar nafas mangrove *Avicennia marina* terhadap peredaman gelombang?

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang meluas dari rumusan masalah, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian atau wilayah pengambilan data hanya di lingkup Pesisir Pantai Pasir Sakti, Desa Purworejo, Kecamatan Pasir Sakti, Lampung Timur.
2. Jenis mangrove yang ditinjau adalah mangrove *Avicennia marina*.
3. Pengambilan sampel hanya pada bentang 0-50 m.

### 1.4 Tujuan Penelitian

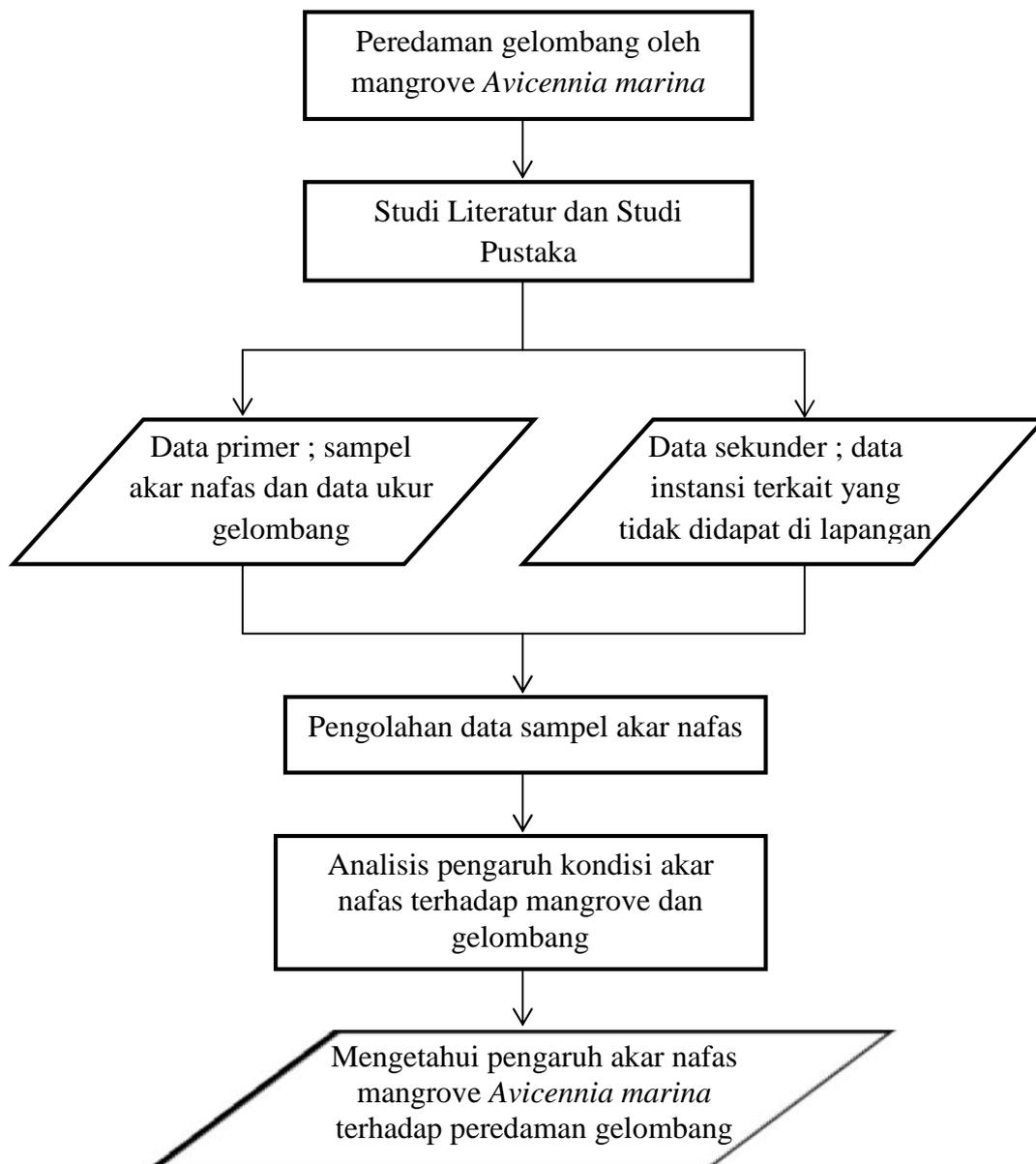
Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui besaran peredaman gelombang oleh mangrove *Avicennia marina* bentang 0-50 m.
2. Mengetahui pengaruh akar nafas terhadap peredaman gelombang.

### 1.5 Kerangka Pikir

Mangrove *Avicennia marina* merupakan salah satu jenis mangrove mayor yang banyak ditemukan di Indonesia dan memiliki sistem perakaran yang unik dan dapat meredam gelombang. *Avicennia marina* tersebar di pesisir timur khususnya di Lampung Timur. Mangrove *Avicennia marina* dapat tumbuh di lokasi tanah yang berlumpur dan dapat meredam gelombang laut. Kemampuan peredaman gelombang oleh mangrove didukung oleh bagian-bagian pada mangrove tersebut, salah satunya adalah akar nafas. Penelitian peredaman gelombang oleh mangrove *Avicennia marina* yang ditinjau dari

pengaruh akar nafas dilakukan agar kita dapat mengetahui seberapa efektif pengaruh akar nafas pada mangrove untuk meredam gelombang. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel di lapangan dan dianalisis serta diolah menggunakan Microsoft excel agar kita dapat mengetahui pengaruh akar nafas dalam meredam gelombang. Diagram kerangka pikir, lihat gambar 1.



Gambar 1. Skema kerangka berpikir.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Ekosistem Mangrove**

Ekosistem mangrove pada umumnya menyebar di seluruh lautan tropis dan subtropis (Nybakken, 1998 ; Krauss dkk, 2008). Ekosistem mangrove berada di wilayah pesisir yang merupakan daerah pertemuan antara ekosistem darat dan laut. Hutan mangrove merupakan ekosistem yang dinamis dan memiliki kemampuan pulih dengan cepat jika kondisi geomorfologi dan hidrologi serta komposisi habitat tidak diubah oleh penggunaannya (Martinuzzi dkk, 2009).

Hasil studi di beberapa daerah pantai menunjukkan bahwa keberadaan hutan mangrove sangat memberikan manfaat pada masyarakat pesisir berupa barang yang didapatkan melalui peningkatan hasil tangkapan dan perolehan kayu bakau yang mempunyai nilai ekspor tinggi. Selain itu, kawasan tersebut menyediakan jasa lingkungan yang sangat besar, yaitu perlindungan pantai dari badai dan erosi serta pendapatan langsung bagi masyarakat manusia melalui kegiatan wisata (Krauss dkk. 2008 ; Martinuzzi dkk, 2009).

Pemanfaatan sumberdaya mangrove yang tidak didasarkan kepentingan ekologis pada kenyataannya akan dapat mengancam kapasitas berkelanjutan ekosistem tersebut. Hal ini dinyatakan pula oleh (Bengen, 2004 ; Wardhani,

2011) bahwa dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi dan pesatnya kegiatan pembangunan di pesisir dengan berbagai peruntukan, tekanan ekologis terhadap ekosistem pesisir, khususnya ekosistem hutan mangrove, semakin meningkat pula. Meningkatnya tekanan ini tentunya berdampak terhadap kerusakan ekosistem hutan mangrove itu sendiri baik secara langsung maupun tidak langsung. Selain itu, (Martinuzzi dkk, 2009) menyatakan bahwa kegiatan manusia secara signifikan mengurangi luasan area ekosistem mangrove dan mengubah proporsi asli spesies mangrove. Hal ini dikarenakan jumlah dan ukuran hutan mangrove dipengaruhi oleh penggunaan lahan, oleh karena daerah perkotaan yang lebih sedikit dan lebih sempit mengakibatkan perluasan daerah perkotaan menjadi tidak terkontrol, sehingga muncul sebagai ancaman utama bagi konservasi mangrove.

Sebagai daerah peralihan antara laut dan darat, ekosistem mangrove mempunyai gradien sifat lingkungan yang tajam. Pasang surut air laut menyebabkan terjadinya fluktuasi beberapa faktor lingkungan yang besar, terutama suhu dan salinitas. Oleh karena itu, jenis-jenis tumbuhan dan binatang yang memiliki toleransi yang besar terhadap perubahan ekstrim faktor-faktor tersebutlah yang dapat bertahan dan berkembang. Kenyataan ini menyebabkan keanekaragaman jenis biota mangrove kecil, akan tetapi kepadatan populasi masing-masing umumnya besar (Kartawinata dkk, 1979 ; Anwar dan Gunawan, 2006). Karena berada di perbatasan antara darat dan laut, maka hutan mangrove merupakan ekosistem yang rumit dan mempunyai kaitan dengan ekosistem darat maupun lepas pantai.

Dinamika ekosistem mangrove juga dipengaruhi oleh kondisi hidrologi berupa keberadaan sungai. Mangrove akan tumbuh dengan lebat pada pantai yang dekat dengan muara sungai atau delta sungai yang membawa aliran air dengan kandungan lumpur dan pasir. Hal ini dikarenakan aliran sungai menyediakan pasir dan lumpur yang merupakan media utama pertumbuhannya (Elster, 2000 ; Nontji, 2002 dan Wardhani 2011).

Degradasi mangrove yang tersebar luas dipadukan dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya hutan pantai ini telah mendorong banyak usaha untuk memulihkan hutan mangrove. Pemulihan ekosistem mangrove harus menggunakan indikator fungsional yang relevan dalam menilai keberhasilan program pemulihan tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh (Bosire dkk, 2008) mengenai penilaian keanekaragaman hayati dalam ekosistem mangrove menunjukkan bahwa beberapa spesies fauna lebih responsif terhadap degradasi mangrove.

Di sisi lain, kegiatan rehabilitasi dan restorasi mangrove dapat mendorong kembalinya spesies-spesies tersebut dan dalam beberapa kasus pada tingkat yang sama (Bosire dkk, 2008). Dengan demikian diperlukan upaya pengelolaan lingkungan hidup yang dapat menjamin keberlanjutan ekosistem mangrove. Langkah awal yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan di atas adalah dengan menganalisis status kerusakan yang terjadi, sehingga dapat dilakukan tingkatan kegiatan konservasi sebagai alat untuk mengembalikan ekosistem mangrove yang hilang. Namun, berbagai jalur restorasi mangrove pada sebuah kerangka kerja fungsional tergantung

pada kondisi kawasan dan keterlibatan masyarakat serta tingkat *monitoring* ekosistem sebagai komponen yang terpadu dalam proyek restorasi.

## **2.2 Proses Pertumbuhan Mangrove dan Manfaat di Masyarakat**

Daur hidup vegetasi mangrove memiliki daur hidup yang khusus. Untuk bisa bertahan dan berkembang menyebar di kondisi alam yang keras, jenis-jenis mangrove mempunyai cara yang khas yaitu mekanisme reproduksi dengan buah yang disebut *vivipar*. Cara berbiak *vivipar* adalah dengan menyiapkan bakal pohon (*propagule*) dari buah atau bijinya sebelum lepas dari pohon induk.

Mangrove menghasilkan buah yang mengecambah, mengeluarkan akar sewaktu masih tergantung pada ranting pohon dan berada jauh di atas permukaan air laut. Bijinya mengeluarkan tunas akar tunjang sebagai kecambah sehingga pada waktu telah matang dan jatuh lepas dari tangkai nanti, telah siap untuk tumbuh (Arifin, 2017). Buah ini akan berkembang sampai tuntas, siap dijatuhkan ke laut untuk dapat tumbuh menjadi pohon baru. Bakal pohon yang jatuh dapat langsung menancap di tanah dan tumbuh atau terapung-apung terbawa arus, sampai jauh dari tempat pohon induknya, mencari tempat yang lebih dangkal. Setelah matang dan jatuh ke dalam air, bakal pohon mangrove ini terapung-apung sampai mencapai tepi yang dangkal. Pada saat menemukan tempat dangkal, posisi bakal pohon menjadi tegak vertikal, kemudian menumbuhkan akar-akar, cabang dan daun-daun pertamanya. Demikian perkembangbiakan bakau secara alamiah (Arifin, 2017).

Setidaknya ada tiga fungsi utama ekosistem hutan bakau yang dikemukakan Nontji (Ghufran dkk, 2012), yaitu:

1. Fungsi fisis: pencegah abrasi, perlindungan terhadap angin, pencegah intrusi garam, dan sebagai penghasil energi serta hara.
2. Fungsi biologis: tempat bertelur dan tempat asuhan berbagai biota.
3. Fungsi ekonomis: sumber bahan bakar (kayu bakar dan arang), bahan bangunan (balok, atap, dan sebagainya), perikanan, pertanian, makanan, minuman, bahan baku kertas, keperluan rumah tangga, tekstil, serat sintesis, penyamakan kulit, obat-obatan, dan lain-lain.

Ekosistem mangrove, selain memiliki fungsi ekologis yang dijelaskan di atas juga memiliki manfaat ekonomi yang cukup besar. Ekosistem hutan mangrove memberikan kontribusi secara nyata bagi peningkatan pendapatan masyarakat, devisa untuk daerah (desa/kelurahan, kecamatan, kabupaten/kota, provinsi), dan negara. Produksi yang didapat dari ekosistem mangrove berupa kayu bakar, bahan bangunan, pupuk, bahan baku kertas, bahan makanan, minuman, peralatan rumah tangga, lilin, madu, rekreasi, tempat pemancingan dan lain-lainnya (Ghufran dkk, 2012).

### **2.3 Karakteristik Hutan Mangrove**

Hutan mangrove umumnya tumbuh pada daerah yang jenis tanahnya berlumpur, berlempung atau berpasir (Arief, 2003 ; Wibisono, 2013).

Daerahnya tergenang air laut secara berkala, baik setiap hari maupun yang hanya tergenang pada pasang saat purnama. Frekuensi genangan menentukan komposisi vegetasi hutan mangrove, menerima pasokan air

tawar yang cukup dari darat melalui aliran air sungai, serta terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat.

#### 1. Struktur Vegetasi dan Daur Hidup Mangrove

Hutan mangrove meliputi pohon-pohon dan semak, vegetasi hutan Mangrove di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi, dengan jumlah jenis tercatat sebanyak 202 jenis yang terdiri atas 89 jenis pohon, 5 jenis palem, 19 jenis liana, 44 jenis epifit dan 1 jenis sikas. Namun hanya terdapat kurang lebih 47 jenis tumbuhan yang termasuk jenis mangrove.

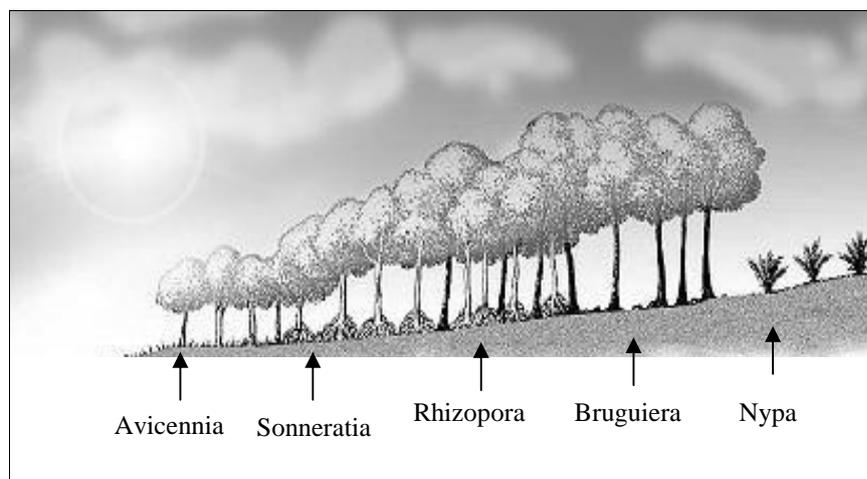
#### 2. Zonasi Ekosistem Mangrove

Ada lima faktor utama yang mempengaruhi zonasi mangrove di kawasan pantai tertentu, yaitu gelombang yang menentukan frekuensi tergenang, salinitas yang berkaitan dengan hubungan osmosis mangrove, substrat, pengaruh darat seperti aliran air masuk dan rembesan air tawar, dan keterbukaan terhadap gelombang yang menentukan jumlah substrat yang dapat dimanfaatkan (Sukardjo, 1993 ; Ghufran dkk, 2012). Sedangkan (MacNae, 1968 ; Supriharyono, 2000 dan Fitriah, 2013) membagi zona mangrove berdasarkan jenis pohon ke dalam enam zona (lihat gambar 2), yaitu:

1. Zona perbatasan dengan daratan
2. Zona semak-semak tumbuhan *Ceriops*
3. Zona Hutan *Bruguiera*
4. Zona hutan *Rhizophora*
5. Zona *Avicennia* yang menuju ke laut

## 6. Zona *Sonneratia*

Zonasi mangrove juga dilakukan berdasarkan salinitas yang terbagi kedalam dua divisi yaitu zona air payau ke laut dengan kisaran salinitas antara 10-30 ppt, dan zona air tawar ke air payau dengan salinitas antara 0-10 ppt pada waktu air pasang (Haan, 1931 ; Supriharyono, 2000 dan Yudana, 2008).



Gambar 2. Zonasi ekosistem mangrove.  
Sumber : (Welly, 2010)

### 2.4 Mangrove *Avicennia marina*

Hutan mangrove merupakan salah satu bentuk ekosistem hutan yang unik dan khas, terdapat di daerah pasang surut di wilayah pesisir, pantai, dan pulau-pulau kecil serta merupakan sumber daya alam yang sangat potensial. Hutan mangrove memiliki nilai ekonomis dan ekologis yang tinggi. Fungsi ekonomis hutan mangrove diantaranya sebagai penyedia kayu, daun-daunan sebagai bahan baku obat-obatan dan lain-lain. Mangrove memiliki fungsi ekologis yang berguna sebagai penyedia nutrisi bagi biota laut, tempat

pemijahan dan asuhan bagi berbagai macam biota, penahan abrasi, amukan angin taufan, tsunami, penyerap limbah, pencegah intrusi air laut dan lain sebagainya. (Dahuri dkk, 1996 ; Halidah, 2014).

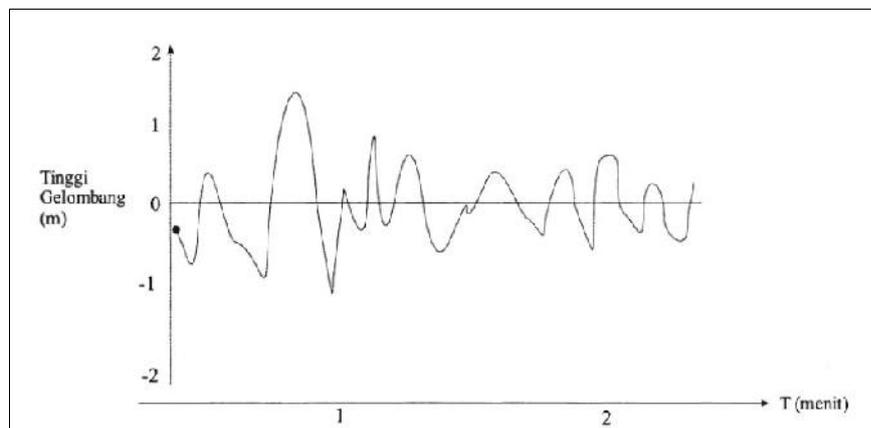
*Avicennia marina* adalah salah satu jenis mangrove yang masuk ke dalam kategori mangrove mayor. Status tersebut menyebabkan *Avicennia marina* hampir selalu ditemukan pada setiap ekosistem mangrove. Substrat berlumpur di wilayah tropis banyak tersebar di pantai dan perairan Indonesia oleh karena itu spesies mangrove *Avicennia marina* paling banyak dijumpai di Indonesia. Di lahan pantai yang terlindung *Avicennia marina* merupakan tumbuhan pionir dan memiliki kemampuan menempati atau tumbuh pada berbagai habitat pasang surut, bahkan di tempat asin sekalipun. Akar mangrove *Avicennia marina* sering dilaporkan membantu pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan tanah timbul. Jika jenis ini telah tumbuh bergerombol maka dapat membentuk suatu kelompok pada habitat tertentu. Berbuah sepanjang tahun, kadang-kadang bersifat vivipar. Buah membuka pada saat telah matang, melalui lapisan dorsal. Buah dapat juga terbuka karena terjadi penyerapan air atau dimakan oleh semut (Noor dkk, 2006 ; Anova, 2013).

## **2.5 Gelombang Laut**

Energi utama yang membentuk sistem pesisir pantai adalah gelombang. Gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik menarik

bumi-bulan-matahari (gelombang pasang surut), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal. Gelombang laut dapat didefinisikan sebagai proses gerakan naik turunnya molekul air laut, membentuk puncak dan lembah pada lapisan permukaan air laut (Nining, 2002).

Pada hakekatnya fenomena gelombang laut menggambarkan transmisi dari energi dan momentum. Gelombang laut selalu menimbulkan sebuah ayunan air yang bergerak tanpa henti-hentinya pada lapisan permukaan laut dan jarang dalam keadaan sama sekali diam. Hembusan angin sepoi-sepoi pada cuaca yang tenang sekalipun sudah cukup untuk dapat menimbulkan riak gelombang. Sebaliknya dalam keadaan dimana badai yang besar dapat menimbulkan suatu gelombang besar yang dapat mengakibatkan suatu kerusakan di daerah pantai. Rekaman gelombang laut, lihat gambar 3.



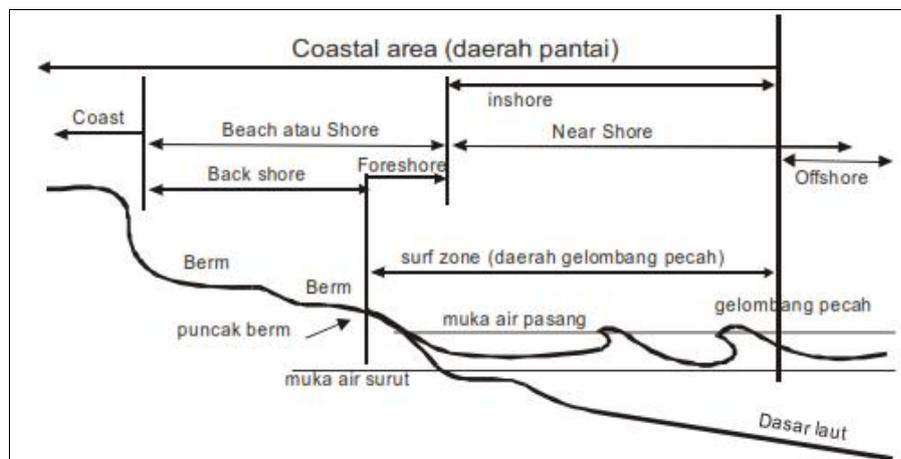
Gambar 3. Rekaman gelombang laut.

Berdasarkan kedalamannya, gelombang yang bergerak mendekati pantai dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu gelombang laut dalam dan gelombang permukaan. Gelombang laut dalam adalah gelombang yang dibentuk dan

dibangun dari bawah ke permukaan. Sedangkan gelombang permukaan adalah gelombang yang terjadi antara batas dua media seperti batas air dan udara (Ippen, 1996 ; McLellan, 1975 ; Tarigan, 1987 dan Rego, 2018)

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena pengaruh perubahan kedalaman laut.

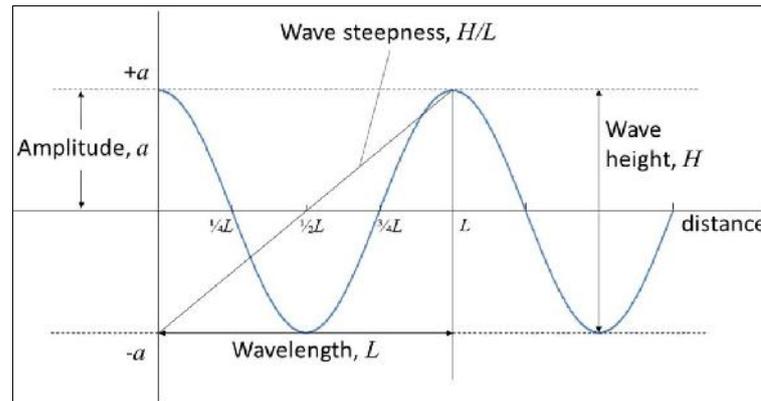
Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan semakin berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang mencapai batas maksimum, gelombang akan pecah. Gelombang yang telah pecah tersebut merambat terus ke arah pantai sampai akhirnya gelombang bergerak naik dan turun pada permukaan pantai. Gelombang akan menimbulkan riak di permukaan air dan akhirnya dapat berubah menjadi gelombang yang besar. Pada laut gelombang yang bergerak dari tengah laut menuju zona dekat pantai (nearshore beach) akan melewati beberapa zona yaitu : zona laut dalam (*deep water zone*), zona refraksi (*refraction zone*), zona pecah gelombang (*surf zone*), dan zona pangadukan gelombang (*swash zone*) (Dyer, 1978 ; Rego, 2018). Lihat gambar 4.



Gambar 4. Definisi dan karakteristik gelombang pantai.  
Sumber : CERC SPM, 1984 dalam Rego, 2018

### ➤ Energi Gelombang Laut

Secara sederhana pembagian energi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu energi terbarukan dan energi tidak terbarukan. Vertikal energi gelombang laut, lihat gambar 5, menunjukkan pergerakan gelombang laut yang dinamis. Energi terbarukan adalah energi yang memanfaatkan sumber daya yang dapat diperbaharui seperti tenaga angin, tenaga surya, pasang surut dan bahan bakar nabati. Energi yang tidak terbarukan adalah energi yang memiliki persediaan yang dibatasi waktu seperti energi yang berasal dari fosil seperti minyak bumi. Sampai saat ini, minyak bumi masih merupakan sumber energi yang utama dalam memenuhi kebutuhan di dalam negeri. Namun, ketersediaan energi yang berasal dari fosil ini menjadi isu penting karena makin menipisnya cadangan minyak bumi yang secara langsung dapat mengancam pasokan bahan bakar dan listrik bagi masyarakat. Sektor kelautan dan perikanan sangat berkepentingan terhadap isu energi tersebut karena laut menyimpan potensi besar sebagai sumber energi alternatif sehingga sangat potensial untuk dikembangkan. Energi laut merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan segala bentuk energi terbarukan yang dapat dihasilkan dari pemanfaatan sumber daya laut, meliputi energi gelombang, energi pasang surut, arus sungai, energi arus laut, angin lepas pantai, energi gradien salinitas dan energi laut gradien termal (Busaeri, 2011).



Gambar 5. Vertikal profil gelombang laut ideal (monokromatik).  
 Sumber : Park, 1999

Dengan adanya vegetasi atau substrat yang tidak rata akan menyebabkan penurunan tinggi gelombang. Proses itu biasanya disebut dengan peredaman gelombang. Adanya hasil vegetasi dan substrat dalam gaya gesek yang sangat meningkatkan redaman gelombang dibandingkan dengan alas halus. *Output* alat ukur gelombang menghasilkan ketinggian gelombang maksimum ( $H_{maks}$ ). Tinggi gelombang maksimum dapat digunakan untuk menghitung peredaman gelombang. Kemampuan peredaman gelombang (deviasi gelombang) dihitung berdasarkan tinggi gelombang maksimum didepan dikurangi tinggi gelombang maksimum dibelakang mangrove. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H = H_i - H_t$$

Dimana  $H$  adalah kehilangan tinggi gelombang yang terjadi (m),  
 $H_i$  adalah tinggi gelombang datang sebelum menghantam suatu benda (m), dan  $H_t$  adalah tinggi gelombang setelah menghantam

suatu benda (m). Gelombang menghasilkan energi yang akan menghantam serasah mangrove. Gelombang merambat secara horizontal. Energi gelombang monokromatik terkait dengan kuadrat tingginya (Dean dan Dalrymple 2002).

$$E = 1/8 \rho g H^2$$

$$E_i = 1/8 \rho g H_i^2$$

$$E_t = 1/8 \rho g H_t^2$$

$$E = 1/8 \rho g H^2$$

Dimana :

E = energi gelombang ( $J/m^2$ )

$E_i$  = energi gelombang sebelum menghantam sesuatu ( $J/m^2$ )

$E_t$  = energi gelombang setelah menghantam sesuatu ( $J/m^2$ )

$E$  = deviasi energi gelombang ( $J/m^2$ )

H = tinggi gelombang ( $J/m^2$ )

$H_i$  = tinggi gelombang sebelum menghantam sesuatu (m)

$H_t$  = tinggi gelombang setelah menghantam sesuatu (m)

$H$  = deviasi tinggi gelombang ( $J/m^2$ )

= massa jenis air laut ( $kg/m^3$ )

g = percepatan akibat gravitasi ( $m/s^2$ )

Redaman gelombang terjadi ketika gelombang kehilangan energi (Herison dkk, 2017). Redaman gelombang menghasilkan pengurangan tinggi gelombang (Park, 1999). Konsep dasar penelitian ini adalah mengkorelasikan data volume serasah dengan peredaman gelombang yang terjadi di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur, sehingga

dapat diketahui pengaruh efektivitas serasah mangrove *Avicennia marina* untuk mengurangi energi gelombang.

## 2.6 Arus laut

Arus laut adalah gerakan massa air dari suatu tempat (posisi) ke tempat yang lain. Arus laut terjadi di mana saja di laut. Arus itu juga merupakan suatu gerakan mengalir suatu massa air yang disebabkan karena tipuan angin atau juga perbedaan densitas ataupun pergerakan gelombang panjang. Cuaca dan iklim di dunia dapat berubah karena perubahan arus laut (Duxbury dkk, 2002 ; Busaeri 2011). Arus laut dapat juga terjadi akibat adanya perbedaan tekanan antara tempat yang satu dengan tempat yang lain. Terjadinya arus di lautan disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu :

1. Faktor internal, seperti perbedaan densitas air laut, gradien tekanan mendatar dan gesekan lapisan air.
2. Faktor eksternal seperti gaya tarik matahari, gaya tarik bulan, perbedaan tekanan udara, gaya gravitasi, gaya tektonik, dan angin.

Arus laut merupakan salah satu faktor penting bagi pertumbuhan dan perkembangan mangrove, terutama untuk peletakan atau penancapan semaian mangrove. Pola penyebaran pada mangrove di pesisir pantai dapat berubah akibat terkena hampasan arus laut (Tomascik 1997 ; Herison, 2014). Arus yang sangat berperan di kawasan hutan mangrove adalah arus pasang surut. Daerah-daerah yang terletak di sepanjang sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut, panjang hamparan mangrove terkadang bisa mencapai puluhan kilometer, seperti yang terdapat di Sungai Barito

(Provinsi Kalimantan Selatan). Panjang hamparan mangrove tergantung pada intrusi air laut yang sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Noor dkk, 1999 ; Rego, 2018)

## 2.7 Kelentingan (*Resillience*)

Pada dasarnya jika sebuah benda diberi gaya, ada kemungkinan benda tersebut akan membengkok searah dengan gaya penyebabnya. Jika gaya penyebabnya ini dihilangkan maka benda akan kembali ke keadaan semula, benda ini dikatakan benda elastis. Kelentingan (*resillience*) adalah kemampuan untuk kembali lagi setelah menerima gangguan (Molles, 2005 ; Suheriyanto, 2008).

Semakin cepat sebuah benda pulih, dan semakin besar gaya yang dapat ditahannya, semakin tinggi daya lenting benda tersebut. Dengan kata lain, kelentingan (*resillience*) ialah sifat yang dimiliki oleh suatu benda untuk kembali ke keadaan semula ketika gaya yang bekerja padanya dihapuskan. Jika gaya yang diberikan pada benda diperbesar hingga suatu nilai tertentu, lalu nilai tersebut dihilangkan ternyata benda tidak dapat kembali ke keadaan semula. Batas gaya yang dapat diberikan hingga benda hampir tidak dapat dikembalikan ke keadaan semula ini dinamakan batas kelentingan/batas elastik (Surya, 1997 ; Kamal, 2013).

Untuk mengetahui kelentingan akar nafas terlebih dahulu diperlukan koefisien refleksi dan koefisien transmisi. Koefisien refleksi dan koefisien transmisi sangat bermanfaat untuk memperkirakan secara cepat perambatan

energi gelombang yang melewati hutan mangrove. Koefisien-koefisien ini memberikan informasi global tentang jumlah energi yang dipantulkan oleh hutan mangrove dan jumlah energi yang ditransmisikan melewati hutan mangrove. Penentuan koefisien-koefisien ini memerlukan informasi gelombang datang dan gelombang yang meninggalkan hutan mangrove. Oleh karena itu, perlu untuk memisahkan gelombang datang dan gelombang pantul dari data elevasi yang terekam. Ilustrasi kelentingan akar nafas, lihat gambar 6.



Gambar 6. Ilustrasi kelentingan akar nafas.

Spektrum gelombang datang dan gelombang pantul digunakan untuk menentukan koefisien refleksi ( $K_R$ ) dan koefisien transmisi ( $K_T$ ) serta koefisien disipasi ( $K_D$ ) dengan menggunakan hubungan-hubungan yang dikemukakan oleh Massel (Massel, 1996 ; Muliddin dkk, 2014).

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

Keterangan :

$K_R$  : Koefisien Refleksi / Kelentingan

$H_r$  : Tinggi Gelombang Refleksi (m)

$H_i$  : Tinggi Gelombang Datang (m)

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

Keterangan :

$K_T$  : Koefisien Transmisi

$H_t$  : Tinggi Gelombang Transmisi (m)

$H_i$  : Tinggi Gelombang Datang (m)

Akan tetapi, 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 :

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

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

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 :

$$K_R = \frac{a_1}{a_2} = \frac{a_{maks} + a_{min}}{a_{maks} - a_{min}} = \frac{H_{maks} - H_{min}}{H_{maks} + H_{min}}$$

## 2.8 Akar Nafas

Hutan mangrove sebagai sumber daya alam khas daerah pantai tropis mempunyai fungsi strategis bagi ekosistem pantai, yaitu sebagai penyambung dan penyeimbang ekosistem darat dan laut. Tumbuh-tumbuhan, hewan dan berbagai nutrisi ditransfer ke arah darat atau laut melalui mangrove. Secara ekologis mangrove berperan sebagai daerah pemijahan (*spawning grounds*) dan daerah pembesaran (*nursery grounds*) berbagai jenis ikan, kerang dan spesies lainnya. Selain itu *Avicennia marina* memiliki akar berupa akar nafas (*pneumatofora*). Pada mangrove *Avicennia*

*marina* akar nafas merupakan cabang tegak dari akar horizontal yang tumbuh di bawah tanah. Pada tumbuhan ini akar nafas berbentuk seperti pensil atau pasak dan umumnya hanya tumbuh setinggi 30 cm, yang muncul dari substrat serupa paku yang panjang dan rapat dan muncul ke atas lumpur di sekeliling pangkal batangnya (Ng dan Sivasothi, 2001 ; Setyawan dkk, 2005).

Pengukuran menggunakan metode Transek-kuadrat dan metode spot-check untuk menghitung kerapatan jenis. Sedangkan metode Pola Sondani untuk menghitung luasan dan jumlah akar nafas. Metode Transrek Kuadrat dilakukan dengan cara menarik garis tegak lurus pantai, kemudian di atas garis tersebut ditempatkan kuadrat ukuran 10 m x 10 m, jarak antar kuadrat ditetapkan secara sistematis terutama berdasarkan perbedaan struktur vegetasi. Selanjutnya, pada setiap kuadrat dilakukan perhitungan jumlah individual (pohon dewasa, pohon remaja, anakan), diameter pohon, dan prediksi tinggi pohon untuk setiap jenis (Wantasen, 2002 ; Herison, 2017). Setelah dilakukan pengamatan data di lapangan maka menghitung kerapatan jenis ( $D_i$ ). Kerapatan jenis ( $D_i$ ) merupakan jumlah tegakan jenis ke-i dalam suatu unit area. Penentuan kerapatan jenis melalui rumus :

$$D_i = \frac{n_i}{A}$$

Keterangan :

$D_i$  : kerapatan jenis ke-i

$n_i$  : jumlah total individu ke-i

A : luas total area pengambilan contoh

## 2.9 Acuan Awal Desain Konstruksi dengan Ekosistem Mangrove

Hutan mangrove saat ini menjadi perbincangan, terutama setelah bencana tsunami di akhir tahun 2004 menelan ratusan ribu korban dan kehancuran sebagian besar pesisir pantai. Namun demikian, pada daerah pantai yang memiliki hutan mangrove lebat dampak tsunami sangat minim atau tidak membahayakan, seperti yang dijumpai di pantai utara Nias (Onrizal, 2005), beberapa pesisir barat pantai Aceh Selatan, dan berbagai pesisir pantai Asia dan Afrika bagian Timur (Dahdouh-Guebas, 2005). Secara fisik hutan mangrove menjaga garis pantai agar tetap stabil, melindungi pantai dan tebing sungai, mencegah terjadinya erosi laut serta sebagai perangkap zat-zat pencemar dan limbah, mempercepat perluasan lahan, melindungi daerah di belakang mangrove dari hempasan dan gelombang dan angin kencang; mencegah intrusi garam (*salt intrusion*) ke arah darat; mengolah limbah organik, dan sebagainya.

Fungsi fisik mangrove adalah meredam gelombang, sebagaimana hasil yang telah didapat dari penelitian yang dilakukan di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur bahwa mangrove mempunyai kemampuan yang besar untuk meredam gelombang. Gelombang merupakan pergerakan air secara osilasi dengan permukaan naik turun yang terbentuk karena adanya proses alih energi dari angin ke permukaan laut. Gelombang ini merambat ke segala arah membawa energi tersebut yang kemudian dilepaskan ke pantai dalam bentuk hempasan ombak. Untuk menanggulangi masalah tersebut biasanya dibangun konstruksi pelindung pantai seperti pemecah gelombang

(*breakwater*). Bangunan-bangunan tersebut memainkan peranan penting dalam mengurangi energi gelombang di pantai serta melindungi pantai dari kerusakan akibat adanya energi besar dari gelombang.

Pembangunan bangunan tersebut akan menghabiskan dana yang sangat besar, pembangunan juga menimbulkan masalah lingkungan berupa terputusnya ekosistem laut dan darat bagi hewan atau tumbuhan yang hidup di daerah pantai. Saat ini mulai direalisasikan penggunaan vegetasi sebagai penyangga yang berfungsi untuk mereduksi gelombang. Mangrove terbukti berperan penting dalam melindungi pesisir dari gempuran badai dan tsunami (Mazda, 1997; Brinkman dkk, 1997 dan Massel dkk, 1999).



Gambar 7. Mangrove *avicennia marina* sebagai peredam gelombang.

Gambar 7 merupakan mangrove jenis *avicennia marina* dengan kategori baik, bebas dari halangan dan dapat berfungsi meredam gelombang.

Peredaman energi gelombang makin besar dengan makin tebalnya mangrove tersebut. Faktor peredam gelombang oleh mangrove *avicennia*

*marina* yang utama adalah ketebalan mangrove, kepadatan batang pohon dan banyaknya akar nafas. Selain itu faktor lainnya yaitu kedalaman laut, kemiringan bathimetri dan volume serasah.

Beberapa acuan dasar profil perencanaan:

1. Kepres No. 32 Tahun 1990 Tentang Pengelolaan Kawasan Lindung ;  
Mempertahankan ekosistem mangrove yang ada.
2. Keputusan menteri kelautan dan perikanan Nomor: KEP. 10/MEN/2002  
tentang pedoman umum perencanaan pengelolaan pesisir terpadu
3. Berdasarkan tingkat kelandaian batimetri dimana  $i = 1:220$ , maka jarak maksimum ketebalan mangrove yang masih dapat tumbuh adalah sebesar 325 meter dari arah laut (Herison, 2014).
4. Berdasarkan penelitian ketebalan optimum untuk *species* mangrove *Avicennia marina* yang dapat meredam gelombang adalah sebesar 50 meter.
5. Perda Kab. Lampung Timur No 4 Tahun 2012 Tentang RT/RW 2031 :
  - Pasal 1 ayat 80 Konservasi adalah pengelolaan pemanfaatan oleh manusia terhadap biosfer sehingga dapat menghasilkan manfaat berkelanjutan yang terbesar kepada generasi sekarang sementara mempertahankan potensinya untuk memenuhi kebutuhan dan aspirasi generasi akan datang (suatu variasi definisi pembangunan berkelanjutan).
  - Pasal 6 ayat 2 huruf b Perwujudan pembangunan yang berkelanjutan serta memelihara kelestarian lingkungan hidup.

- Pasal 23 ayat 8 perlindungan terhadap abrasi pantai berupa pengembangan hutan mangrove di sepanjang pantai Kecamatan Labuhan Maringgai dan Pasir Sakti.
- Pasal 65 ayat 3 huruf a Pelestarian hutan mangrove di kawasan-kawasan yang rawan terjadi abrasi.
- Pasal 65 ayat 7 huruf a Pelestarian hutan mangrove di kawasan-kawasan yang rawan terjadi gelombang tinggi.
- Pasal 84 ayat 2 huruf e Ketentuan prasarana minimum berupa penyediaan sarana dan prasarana kegiatan pembangunan yang menunjang dengan tanpa merubah perlindungan terhadap ekosistem pesisir, seperti lahan basah, mangrove, terumbu karang, padang lamun, gumuk pasir, estuaria, dan delta.
- Pasal 109 ayat 2 huruf a nomor 1 Jenis bangunan yang diizinkan adalah restoran dan fasilitas penunjang lainnya, fasilitas rekreasi, olahraga, tempat pertunjukan, pasar dan pertokoan wisata, serta fasilitas parkir, fasilitas pertemuan, hotel, cottage, kantor pengelola dan pusat informasi serta bangunan lainnya yang dapat mendukung upaya pengembangan wisata yang ramah lingkungan, disesuaikan dengan karakter dan lokasi wisata yang akan dikembangkan.
- Pasal 72 ayat 2 huruf h Penyusunan rencana teknis tata ruang kota dengan pendekatan mitigasi bencana dan pencadangan kawasan permukiman baru dengan rencana pembangunan prasarana

permukiman yang lebih terarah, efektif, efisien, produktif, aman dan berkelanjutan.

6. Banyak aturan hukum teknik sipil, konservasi, hutan mangrove dan lainnya yang diterapkan untuk pembangunan itu dalam rangka pengelolaan terhadap kawasan tersebut namun diusulkan akan adanya aturan yang lebih ketat kembali bila kawasan itu telah berjalan agar setiap insan dapat menjaga kelestarian dan keberlanjutannya.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

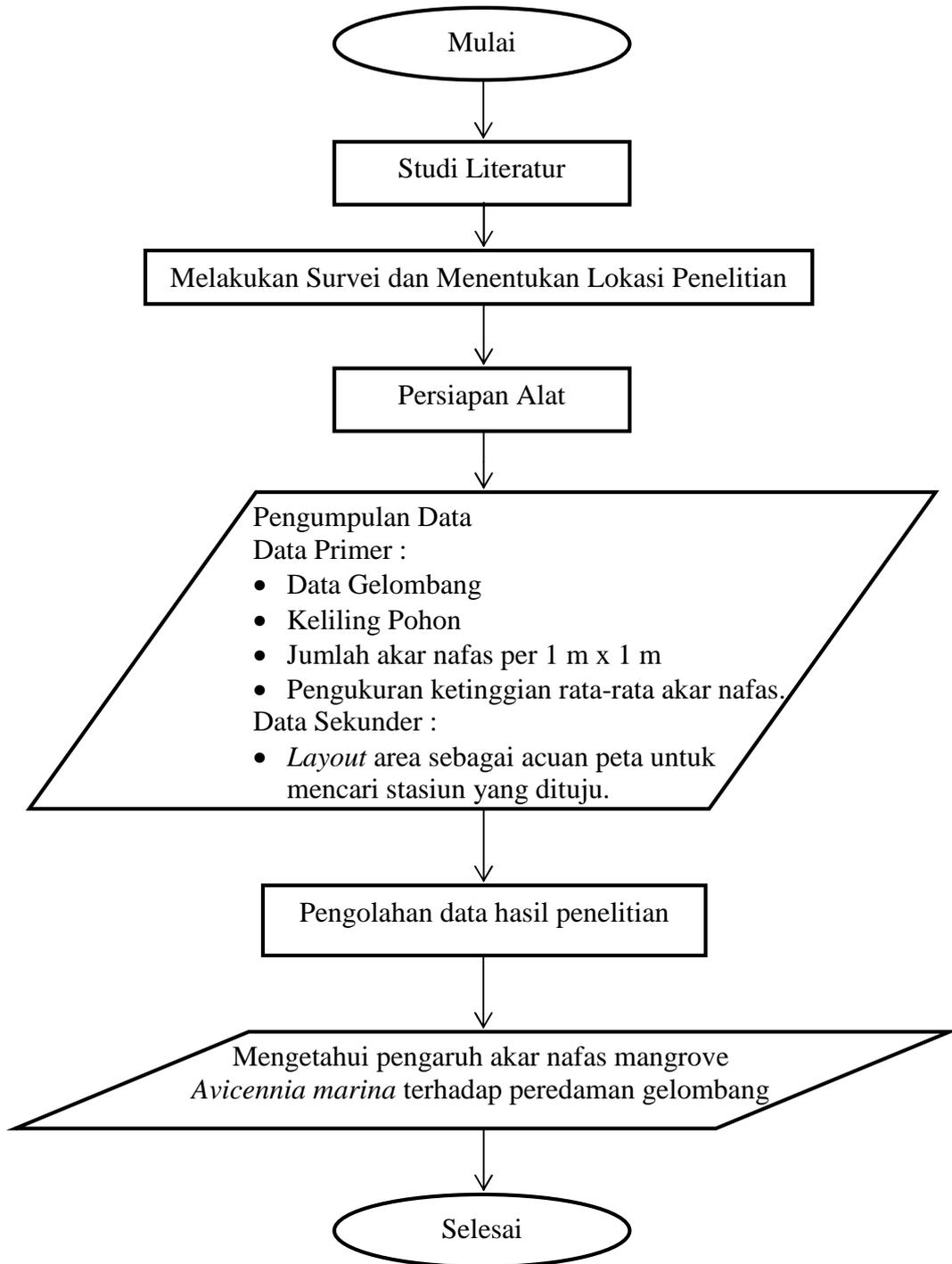
Metodologi penelitian merupakan suatu cara untuk memperoleh data yang dibutuhkan untuk penelitian serta analisis hingga mencapai hasil.

Metodologi penelitian juga mencakup mengenai tahap-tahap untuk melakukan sebuah penelitian. Selanjutnya data-data yang didapat akan dianalisis sehingga memperoleh kesimpulan yang ingin dicapai dalam penelitian. Pada penelitian ini diperlukan 2 macam data, yaitu data primer dan data sekunder. Dalam penyusunan tugas akhir, tahapan metodologi penelitian adalah sebagai berikut :

1. Persiapan
2. Pengumpulan data
3. Pengolahan data
4. Analisis
5. Kesimpulan

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, digunakan pendekatan dengan mengikuti bagan alir seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir penelitian.

### 3.2.1 Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan mencakup proses identifikasi, perumusan masalah, studi literatur, dan survei pendahuluan. Tahapan ini dimulai dengan mencari informasi mengenai kebutuhan pesisir pantai akan gelombang air laut. Dari informasi mengenai tersebut maka kemudian dilakukan tahap identifikasi dan perumusan masalah untuk mendapatkan kasus penelitian beserta tujuannya. Kemudian dilakukan studi literatur untuk mengetahui metode analisis yang bisa dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada.

- **Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur. Lokasi tersebut memiliki dinamika perubahan tutupan mangrove yang cukup panjang. Mangrove yang cukup luas dan terkenal di kalangan publik karena perkembangan ekosistem hutan mangrove sangat besar di Lampung Timur yaitu sekitar 300 ha. *Avicennia marina* merupakan jenis mangrove yang paling banyak terdapat di Pantai Pasir Sakti Lampung Timur.

Penentuan titik stasiun pengamatan didasarkan pada lokasi dengan kondisi topografi laut dan kondisi gelombang datang yang sejajar dengan barisan mangrove dan terbebas dari halangan dan rintangan dari *breakwater* atau pagar pemecah gelombang. Sehingga mangrove langsung bersentuhan dengan gelombang yang datang. Pengamatan gelombang terdiri dari 5 titik stasiun berupa plot dengan ukuran 50 m x 20 m yang dibagi dalam 5 jarak ketebalan mangrove yaitu 3 m, 5 m, 10 m, 20 m dan 50 m, dengan

alat ukur gelombang jenis SBE 26 (*Sea Bird Electronics*) dan RBRDuo TD. Lokasi penelitian, lihat gambar 9, dapat dicapai dengan menggunakan perahu dari sungai di Desa Purworejo, Kecamatan Pasir Sakti, Lampung Timur.



Gambar 9. Peta lokasi penelitian.

### 3.2.2 Tahapan Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini didapatkan langsung di lapangan dan melalui instansi terkait. Tahap pengumpulan data akan didapatkan data mentah yang akan diolah agar mendapatkan tujuan dari penelitian ini.

#### a. Data Penelitian

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

## 1. Data primer penelitian

Data primer adalah data pokok yang dibutuhkan dalam penelitian, data primer dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari pengamatan yang diambil di lapangan dan bekerjasama dengan tim.

Data yang diambil adalah akar nafas, serasah, dan sedimentasi.

Berikut data yang dibutuhkan untuk penelitian akar nafas:

- a) Data gelombang yang didapat dari hasil penelitian.
- b) Keliling pohon mangrove beserta akar nafas di setiap stasiun yang diteliti di Pantai Pasir Sakti, Desa Purworejo, Kecamatan Pasir Sakti, Lampung Timur.
- c) Jumlah akar nafas per jarak 1 m x 1 m.
- d) Pengukuran ketinggian rata-rata akar nafas dari permukaan lumpur di setiap stasiun.

## 2. Data sekunder penelitian

Data sekunder adalah *Layout* area sebagai acuan peta untuk mencari stasiun yang dituju.

### **b. Peralatan dalam Proses Pengambilan Data Gelombang**

Pengukuran tinggi gelombang menggunakan alat type SBE 26 dari DISHIDROS TNI Angkatan Laut sebanyak 1 unit dan alat type RBRDuo T.D sebanyak 1 unit. Alat SBE26 dipasang pada sebelah luar mangrove (sebelum gelombang menyentuh mangrove) dan alat RBRDuo T.D dipasang setelah gelombang menyentuh mangrove. Sebelum pengambilan data dilakukan kontrol terhadap pengukuran. Bila terdapat

kesalahan pencatatan dari alat, akan dilakukan pengukuran ulang. Universitas Lampung dan TNI AL sudah melakukan MOU terkait penelitian ini. Alat 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 10. Alat ini berfungsi mencatat data gelombang datang yang tegak lurus dengan mangrove. Sebelum proses pencatatan akan dilakukan pemasangan pelampung yang berfungsi menahan alat agar tidak tenggelam, selanjutnya karena proses pencatatan dilakukan pada saat pasang tertinggi yaitu malam hari maka alat penerangan berupa lampu kedip harus dipasang pada bagian atas dari pelampung yang berfungsi untuk memudahkan pengawasan alat dari kejauhan dan pencarian alat ketika proses pencatatan gelombang berakhir.



Gambar 10. SBE 26 (*Sea Bird Electronics*).

## 2. RBRDuo T.D

RBRDuo T.D adalah alat ukur gelombang yang diletakkan di bagian belakang mangrove, lihat gambar 11. Alat ini berfungsi mencatat gelombang pergi yang tegak lurus mangrove. RBRDuo T.D memiliki ukuran yang lebih kecil daripada SBE 26 (*Sea Bird Electronics*) sehingga akan lebih mudah untuk memindahkan alat ini dengan cepat, maka alat ini diletakkan di bagian belakang mangrove. Sebelum proses pencatatan akan dilakukan pengikatan alat ke bambu panjang yang berfungsi sebagai tiang penyangga agar alat tidak jatuh kemudian tenggelam dan memudahkan saat pemindahan alat untuk melakukan pencatatan gelombang di stasiun lainnya. Selanjutnya karena proses pencatatan dilakukan pada saat pasang tertinggi yaitu malam hari maka alat penerangan berupa lampu kedip dipasang pada bagian atas dari bambu yang berfungsi untuk memudahkan pengawasan alat dari kejauhan dan pencarian alat ketika proses pencatatan gelombang berakhir.



Gambar 11. RBRDuo T.D.

### c. Proses Pengambilan Data Gelombang

Pelaksanaan kegiatan pengukuran ketinggian gelombang mengikuti kondisi pasang surut gelombang, pengambilan data dilaksanakan pada malam hari pada saat waktu gelombang pasang tertinggi. Pengambilan data dimulai pada saat mulainya kondisi gelombang pasang sampai selesainya keadaan gelombang pasang.

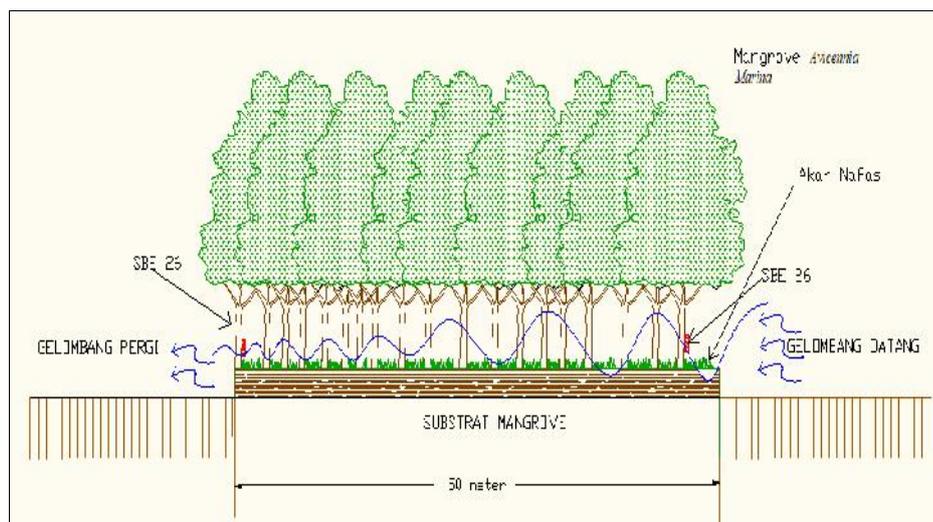
Pengambilan data gelombang dilakukan pada saat gelombang akan bertemu mangrove dan setelah gelombang meninggalkan mangrove. Energi gelombang yang terjadi pada mangrove *Avicennia marina* merupakan fokus utama dalam melakukan pengambilan data gelombang di lokasi penelitian yaitu Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur. Kemudian akan dilakukan analisis berdasarkan besarnya rambatan gelombang sebelum dan sesudah melewati akar nafas mangrove tersebut.

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

1. Melakukan pra survey dahulu bersama-sama dengan teknisi alat ukur gelombang untuk mengecek lokasi pemasangan alat saat melakukan penelitian nantinya.
2. Melakukan persiapan, hal tersebut dimulai dari ordinat stasiun, peralatan, transportasi, peralatan cadangan dan peralatan P3K.
3. Proses pencatatan data gelombang per stasiun dengan durasi minimal 2 jam saat pasang tertinggi yaitu malam hari.

4. Melaksanakan pengukuran. Masing masing alat dipasangkan oleh 2 orang tenaga lapangan dan teknisi dari TNI AL. SBE26 dan RBRDuo T.D merupakan alat ukur yang dipakai dalam penelitian. Berikut tahapan dalam proses pengukuran :
  - a. Teknisi melakukan *Setting* alat ukur dan *control* pencatatan data dari alat SBE26 dan RBRDuo T.D. DISHIDROS Angkatan Laut merupakan pemilik alat ukur gelombang yang digunakan penelitian.
  - b. Melakukan percobaan alat untuk memastikan alat dapat berfungsi dengan baik dan benar.
  - c. Melakukan pemasangan peralatan tambahan pada alat ukur agar mempercepat proses pemasangan alat saat di lokasi.
  - d. Melakukan perjalanan dengan menggunakan transportasi kapal menuju lokasi penelitian.
  - e. Memasangkan alat ukur. Pada bagian depan mangrove, alat yang akan dipasang adalah SBE26 sedangkan pada bagian belakang mangrove, RBRDuo T.D yang akan dipasang.
  - f. Melakukan pengukuran oleh SBE26 dan RBRDuo T.D. Alat tersebut akan melakukan penyimpanan data gelombang.
  - g. Mengambil alat ukur selanjutnya melakukan *upload* data hasil pengukuran gelombang.
  - h. Melakukan pengulangan tahapan no.4 untuk pengukuran gelombang ke stasiun berikutnya.

5. Alat ukur akan mengolah hasil yang didapat di lapangan. Kemudian akan memprosesnya menjadi output data berupa data mentah (RAWDATA).
6. Melakukan pengolahan dan analisis data gelombang pada masing masing stasiun. Ilustrasi pengambilan gelombang, lihat gambar 12.



Gambar 12. Ilustrasi pengambilan data gelombang.

#### d. Peralatan dalam Proses Pengumpulan Data Akar Nafas

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Kayu Ukur digunakan untuk mengukur kedalaman air.
2. Meteran *Roll* 30 m digunakan untuk mengukur keliling di titik uji dan panjang bentang dari pinggir pantai.
3. Meteran 5 m digunakan untuk mengukur ketinggian akar nafas.
4. Alat Snorkeling digunakan untuk membantu penglihatan di dalam air saat turun dari kapal dan menuju tempat pengambilan sampel.
5. Kertas Penelitian digunakan untuk mencatat data di lapangan.

6. Papan Alas Kerja digunakan untuk alas kertas dalam mencatat hasil data yang didapatkan di lapangan.
7. Kardus digunakan sebagai wadah alat-alat yang diperlukan.
8. Alat Tulis digunakan untuk mencatat data yang didapatkan di lapangan.
9. Alat P3K berfungsi sebagai pertolongan pertama saat terjadi kecelakaan kerja di lapangan.
10. *Pilox* digunakan sebagai penanda titik stasiun saat pengambilan sampel di lokasi.
11. Kontainer plastik digunakan sebagai wadah penyimpanan barang - barang penelitian yang rentan terhadap air.
12. Senter digunakan sebagai alat bantu penerangan saat pengambilan data di malam hari.
13. *Life jacket* digunakan sebagai alat keselamatan di lokasi penelitian, dikarenakan lokasi berada di laut.
14. Kamera *waterproof* digunakan untuk dokumentasi saat penelitian agar aman dari air. Lihat gambar 13.



Gambar 13. Kamera *waterproof*.

15. *GPS mapping* digunakan untuk pemetaan dan mengetahui titik pengambilan sampel pada daerah terpencil seperti hutan mangrove. Lihat gambar 14.



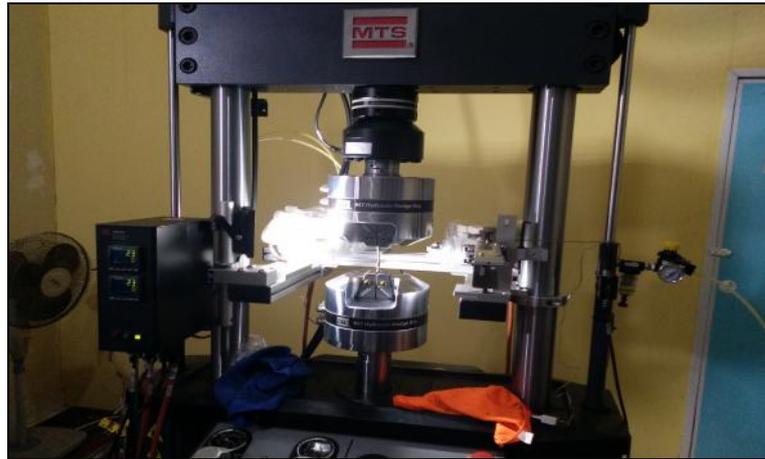
Gambar 14. *GPS mapping*.

16. Kayu Persegi Berukuran 1 m x 1 m digunakan untuk menghitung jumlah akar nafas per luasan 1 m x 1 m. Lihat gambar 15.



Gambar 15. Kayu persegi berukuran 1 m x 1 m.

17. *MTS Landmark 100 KN* digunakan untuk mengetahui kekuatan akar nafas dalam menahan beban. Lihat gambar 16.



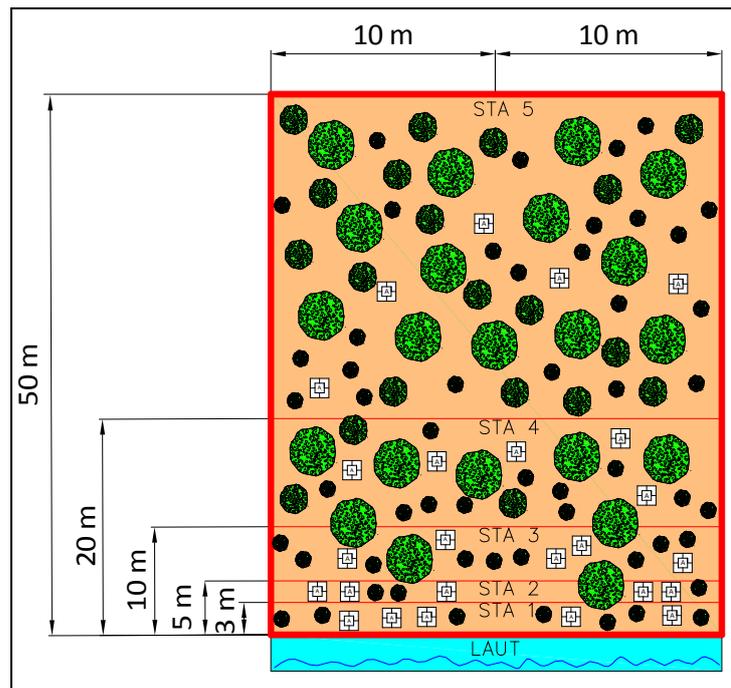
Gambar 16. MTS *landmark* 100 KN.

#### e. Metode Pengumpulan Data Akar Nafas

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Transek-kuadrat dan spot-check oleh Wantasen tahun 2002 untuk menghitung kerapatan jenis, metode sondani tahun 2017 untuk menghitung luasan dan jumlah akar nafas, dan metode laboratorium untuk mengetahui kekuatan akar nafas. Mangrove *Avicennia marina* sebagai data penelitian untuk mengetahui pengaruh akar nafas mangrove dalam peredaman gelombang.

Pengumpulan data akar nafas mangrove *Avicennia marina* dilakukan di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur. Pengambilan data gelombang dan data akar nafas berupa keliling pohon mangrove beserta akar nafas dan jumlah akar nafas per jarak 1 m x 1 m, dan ketinggian rata-rata akar nafas. Dalam melakukan pengambilan dan pengolahan data akar nafas mangrove di lokasi penelitian, tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut (Herison dkk, 2017) :

1. Melakukan persiapan, hal tersebut dimulai dari ordinat stasiun, peralatan, transportasi, peralatan cadangan dan peralatan P3K. Semua peralatan dimasukkan kedalam kontainer plastik agar aman dari air laut.
2. Menggunakan alat keselamatan berupa *life jacket*.
3. Melakukan perjalanan dengan menggunakan transportasi kapal menuju lokasi penelitian.
4. Melakukan pemetaan titik stasiun dengan menggunakan GPS *mapping*.
5. Mencari titik acuan yang telah ditentukan berdasarkan hasil dari GPS *mapping* kemudian menandainya dengan *pilox* sebagai titik stasiun 1. Untuk menentukan ketebalan mangrove 3 m dapat digunakan meteran, hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam penentuan titik stasiun berikutnya.
6. Mengulang tahapan no.5 untuk ketebalan mangrove 5 m, 10 m, 20 m, dan 50 m sebagai titik stasiun selanjutnya.
7. Pengumpulan data akar nafas berupa keliling dan tinggi akar nafas mangrove dengan mengukur dan mencatat data yang didapat pada ketebalan mangrove 3 m.
8. Mengulang tahapan no. 7 untuk ketebalan mangrove 5 m, 10 m, 20 m, dan 50 m yang telah diberikan tanda sebagai titik acuan.
9. Melakukan pengolahan dan analisa data akar nafas mangrove pada masing masing stasiun. Lihat gambar 17.



Gambar 17. Plot lokasi stasiun penelitian.

### 3.2.3 Tahapan Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan proses perhitungan data yang dikumpulkan untuk mendapatkan suatu hasil yang dibutuhkan. Proses pengolahan data yang dilakukan yaitu untuk memperoleh jawaban atas rumusan masalah yang ada berdasarkan data gelombang dan data-data akar nafas di lapangan.

### 3.2.4 Tahapan Analisis

Tahap analisis pada penelitian ini mencakup seluruh kegiatan pengelaborasi kajian dan data yang telah diolah. Semua data hasil yang didapat dari penelitian ini akan diolah dengan ms.excel dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan serta penjelasan-penjelasan yang

didapat dari hasil perambatan gelombang di setiap stasiun. Analisis ini dapat dilihat dari hasil pengolahan data yang akan diubah dalam bentuk grafik-grafik hubungan.

### **3.2.5 Tahapan Simpulan**

Bagian simpulan berisi 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 besaran peredaman gelombang oleh mangrove *Avicennia marina* dan mengetahui pengaruh daya hambat akar nafas mangrove *Avicennia marina* dalam meredam gelombang untuk perencanaan bangunan tepi pantai.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Semakin tebal mangrove *Avicennia marina*, maka semakin mampu meredam gelombang. Berikut persentase peredaman gelombang:
  - a. Persentase peredaman gelombang berdasarkan  $H$  terbesar terjadi pada jarak ketebalan mangrove 33,79 m, pada jarak ketebalan tersebut peredaman tinggi gelombang mencapai 97,5%. Formula persentase peredaman tinggi gelombang yaitu  $H = -0.0359x^2 + 2,4263x + 64,332$ .
  - b. Persentase peredaman gelombang berdasarkan  $E$  terbesar terjadi pada jarak ketebalan 33,9 m, pada jarak ketebalan tersebut peredaman tinggi gelombang mencapai 94,5%. Formula persentase peredaman energi gelombang yaitu  $E = -0.0592x^2 + 4,0142x + 39,267$ .
  - c. Berdasarkan KEPPRES, PERDA Lampung Timur dan hasil dari analisis yang dilakukan dalam penelitian, Mangrove *Avicennia marina* dapat dijadikan sebagai konstruksi alami pelindung bangunan tepi pantai yang dapat meredam gelombang dan berwawasan lingkungan. Ekosistem mangrove sebagai peredam gelombang dapat diaplikasikan

dalam perencanaan perumahan dan pelabuhan, seperti contoh aplikasi pada gambar 39-46.

2. Akar nafas memiliki efektifitas redaman terbesar karena akar nafas mengalami daya lenting optimal dengan kepadatan yang terbesar, sehingga akar nafas mangrove *Avicennia marina* dapat menjadi peredam alami gelombang. Berikut beberapa formula yang dapat digunakan untuk mendukung perencanaan bangunan tepi pantai dengan mangrove sebagai peredam gelombangnya:

a. Formula untuk menghitung hubungan antara beban dengan pertambahan panjang yaitu :

$$F = -0,0045x^2 + 0,108x - 0,4121.$$

b. Formula untuk menghitung hubungan kelentingan akar nafas terhadap peredaman energi gelombang :

$$y = -0,0001x^2 + 0,0002x + 0,0002.$$

c. Formula untuk menghitung persentase peredaman energi gelombang terhadap akar nafas yaitu :

$$y = 0,0136x^2 - 0,9126x + 15,548.$$

d. Formula untuk menghitung ketebalan mangrove terhadap volume akar nafas yaitu :

$$y = 1E-10x^2 - 9E-09x + 2E-06.$$

e. Formula untuk menghitung persentase peredaman energi akibat akar nafas dengan peredaman energi gelombang yaitu :

$$y = 0,4362x^2 - 12,184x + 134,39.$$

## 5.2 Saran

Untuk mengembangkan penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian dengan menambahkan hal-hal sebagai berikut:

1. Mencari lokasi baru sebagai objek penelitian mangrove agar semakin banyak diketahui manfaat mangrove untuk mencegah abrasi pantai dan sebagai tanaman alternatif peredam gelombang.
2. Melakukan penelitian efektifitas peredaman gelombang pada jenis mangrove yang berbeda.
3. Mencari bagian selain akar nafas dari mangrove *avicennia marina* yang memiliki pengaruh dalam peredaman gelombang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisaputra, A. 2010. *Modul Pelatihan Pembangunan Indeks Kerentanan Pantai*.
- Anova, Y. M. A. 2013. *Keanekaragaman Mangrove di Pantai Kecamatan Pangungrejo Kota Pasuruan*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Anwar C dan H Gunawan. 2006. Peranan Ekologis dan Sosial Ekonomis Hutan Mangrove dalam Mendukung Pembangunan Wilayah Pesisir. *Ekspose Hasil-hasil Penelitian: Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan*. Padang, 20 September 2006.
- Arief, A. 2003. *Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya*. Kanisius Yogyakarta.
- Arifin, Sainul. 2017. Hubungan Kerapatan Mangrove dengan Populasi Gastropoda di Kampung Gisi Kabupaten Bintan. (Skripsi). Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Aziz, M. Alfurqon. 2006. Gerak Air di Laut. *Jurnal Oseana*, Volume XXXI, Nomor 4, Tahun 2006 : 9-21.
- Bengen, D.G. 2000. *Pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB.
- Bengen, D. G. 2001. *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor; Bogor.
- Bengen, D. G, 2004. *Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut serta Prinsip Pengelolannya*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. IPB. Bogor.
- Bosire J O, F D Guebas, M Walton, B I Crona, R R Lewis III, C Field, J G Kairo dan N Koedamb. 2008. Functionality of Restored Mangroves: A Review. *Journal Aquatic Botany* 89:251–259.
- Brinkman RR, Mezei MM, Theilmann J, Almqvist E, Hayden MR. 1997. *The likelihood of being affected with Huntington disease by a particular age, for a specific CAG size*. *Am J Hum Genet* 60:1202–1210.

- Bunt, J.S. and W.T. Williams. 1981. Vegetational Relationships in The Mangroves of Tropical Australia. *Marine Ecology – Progress. Series*, 4: 349-359.
- Busaeri. 2011. *Aspek Penting dalam Pengembangan Teknologi Energi Kelautan (Ocean Energy Device)*.  
<http://oceanenergydevelopment.blogspot.com/2011/03/teknologipengembangan-energi-kelautan.html>. (diakses tanggal 12 Januari 2019).
- Cappenberg, 1992. *Von der Burg zur Kirche - Ausgrabungen im Chor der ehem. Prämonstratenserstiftskirche St.Johannes Ev.* In Selm-Cappenberg 1992-93.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Volume I*. USA: US Army Coastal Engineering Research Center. Washington.
- Chapman, V.J. 1976. *Mangrove Vegetation*. J. Cremer Publ. Leuterhausen. Germany. Hal.120.
- Dahdouh-Guebas F, Verheyden A, De Genst W, Hettiarachchi S, Koedam N. 2001. Four decade vegetation dynamics in Sri Lankan mangroves as detected from sequential aerial photography: a case study in Galle. *Bulletin of Marine Science* 67 (2): 741–759.  
<http://www.vub.ac.be/APNA/staff/pub/DahdouhGuesbasetal200BullMarsci.pdf>.
- Dahuri R, Rais J, Ginting SP dan Sitepu MJ. 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Dean R G and Dalrymple R A. 2002. *Coastal Processes with Engineering Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- De Haan, J.H. 1931. *De Tjilatjapsche Vloedbosschen*. Tectona, 13 : 113 - 159.
- Duxbury dkk., 2002, *Fundamentals of Oceanography*, 4th ed Chapter Select. General Resources, Chapter 5.
- Dyer, K. R. 1978. *Coastal and Estuarine Sediment Dynamics*. John Willey and Sons, Inc.
- Elster C. 2000. Reasons for Reforestation Success and Failure with Three Mangrove Species in Colombia. *Journal Forest Ecology and Management*. 131:201-214.
- Fabianto, Muhamad Dio. Pieter Th Berhиту;. 2014. Konsep Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Terpadu dan Berkelanjutan yang Berbasis Masyarakat. *Jurnal Teknologi*. Volumen 11 Nomor 2 2054 – 2058.

- Fitriah, E. dkk. (2013). Studi Analisis Pengelolaan Hutan Mangrove Kabupaten Cirebon. *Jurnal Scientiae Educatia*, 2 November.
- Frick, Heiz dan FX Bambang Suskiyanto. 1998. *Dasar-dasar Ekologi Arsitektur*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ghufran, M. dan Kordi, K.M. 2012. *Ekosistem Mangrove: potensi, fungsi, dan pengelolaan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Halidah. 2014. Penyebaran Alami *Avicennia marina* (Forsk) Vierh dan *Sonneratia alba* Smith pada Substrat Pasir di Desa Tiwoho, Sulawesi Utara. *Indonesian Rehabilitation Forest Journal*, 1 (1) 51-58.
- Herison, Ahmad. 2014. Studi Peredaman Gelombang Berbasis Ekosistem Mangrove *Avicennia* Sp sebagai Dasar Reformasi Eko Teknik Pantai (Studi Kasus di Pantai Indah Kapuk, Jakarta). Disertasi. IPB. Bogor.
- Herison, Ahmad. Y. Romdania, D.G. Bengen and R. Alsafar. 2017. Contribution of Mangrove *Avicennia marina* to Against Reduction Of Waves For Abrasion Interests As Building of Beach Alternative (Case Study At Lampung Mangrove Center, East Lampung District). *Submitted to The IRES - 268th International Conferences on Engineering And Natural Science (ICENS)*. Bangkok.
- Ippen, A.T. ,1996, *Estuary and Coasline Hydrodynamics*. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Jazuli, A. 2015. Dinamika Hukum Lingkungan Hidup dan Sumber Daya Alam dalam Rangka Pembangunan Berkelanjutan. *Journal Rechtvinding*, Vol. 4 (2). 186.
- Kamal, M. Dkk. 2013. Produksi Serasah Mangrove di Pesisir Tangerang, Banten. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 19 (2): 91-97.
- Krauss, dkk. 2008. *Antennas : For All Applications, 3rd edition*. New York. McGraw-Hill Book Company.
- MacNae, W. 1968. *A General Account of the Fauna and Flora of Mangrove Swamps and Forests in the Indo-West-Pacific Region*. *Adv. mar. Biol.*, 6: 73-270.
- Martinuzzi S, W A Gould, A Lugo dan E Medina, 2009. Conversion and Recovery of Puerto Rican Mangroves: 200 Years of Change. *Journal Forest Ecology and Management* 257: 75–84.
- Massel SR, Furukawa K, Brinkman RM. 1999. Surface Wave Propagation in Mangrove Forests Fluid Dynamic Research. *Elsevier Science* 24: 219–249.

- Mazda Y et al. 1997. *Drag Force Due To Vegetation In Mangrove Swamps*. From : Kluwer academic publisher.
- McClellan, David C. 1976. *The Achieving Society*. Irvington Publisher. Inc New York.
- Molles, M.C. 2005. *Ecology: Concepts and Application (2th Ed)*. USA: The McGraw-Hill Companies.
- Muliddin, dkk. 2004. Prediksi Peredaman Gelombang Permukaan yang Menjalar Melewati Hutan Mangrove. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol 9 : hal 141- 152.
- Nining, S. N. 2002. *Oseanografi Fisis*. Kumpulan Transparansi Kuliah Oseanografi Fisika, Program Studi Oseanografi, ITB.
- Ng & Sivasothi, N. 2001. *A Guide to Mangroves of Singapore Volume 1 The Ecosystem & Plant Diversity and Volume 2*. The Singapore Science Centre. Singapore.
- Noor YR, Khazali M, Suryadiputra INN. 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove Indonesia*. PKA/WI-IP. Bogor.
- Noor YR, Khazali M, Suryadiputra INN. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Ditjen PHKA. Bogor.
- Nontji, Anugerah. 1993. *Laut Nusantara*. Jakarta:Djambatan
- Nybakken, J. W. 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia. Jakarta
- Nur, Djakaria M. 2010. *Dasar Pembagian Laut berdasarkan Luas dan Letaknya*.
- Octasyilva, A. R. P. 2008. *Studi Karakteristik Ekologi Halobates sp Di Perairan Utara Papua*. Bogor:IPB.
- Onrizal. 2005. *Adaptasi Tumbuhan Mangrove Pada Lingkungan Salin dan Jenuh Air*. Jurusan Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan. <http://library.usu.ac.id/download/fb/hutanonrizal9.pdf>. [15 Mei 2019].
- Park, D. 1999. *Waves, Tides and shallow-water processes*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Poedjirahajoe, E. 1995. *Peran Akar Rhizopora mucronata Dalam Perbaikan Habitat Mangrove di Kawasan Rehabilitasi Mangrove Pantai Pemalang*. Laporan Penelitian. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.

- Pratomo, Yogo dkk. 2016. *Identifikasi Penjalaran Gelombang Panjang Samudera Hindia Ke Selat Lombok Berdasarkan Komponen Harmonik Arus*. Vol , 12 (1): 22–29 , Jakarta.
- Rego, Edo. 2018. Peredaman Gelombang oleh Mangrove *Avicennia marina* ditinjau dari Pengaruh Serasah (Studi Kasus di Pantai Indah Kapuk, Jakarta). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Romimohtarto, K dan Sri Juwana, 2007. *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Djambatan, Jakarta. 540 hlm.
- Rudianto. (2014). Analisis Restorasi Ekosistem Wilayah Pesisir Terpadu Berbasis Co-Management: Studi Kasus di Kecamatan Ujung Pangkah dan Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik. *Research Journal of Life Science*, 1(1), 54-67.
- Saparinto, Cahyo. 2007. *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove*. Dahara Prize, Semarang.
- Setyawan A D dan K Winarno. 2006. Permasalahan Konservasi Ekosistem Mangrove di Pesisir Kabupaten Rembang Jawa Tengah. *Journal Biodiversita* 7 (2): 159-163.
- Suheriyanto, Dwi. 2008. *Ekologi Serangga*. Malang : UIN Press.
- Sukardjo, S. 1993. Perilaku Ekosistem Mangrove dan Usaha Tani Konservasi Indonesia. *Bulletin ilmiah intiper*; Yogyakarta.
- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Surya, Yohanes. 1997. *Olimpiade Fisika*. Jakarta: PT Primatika Cipta Ilmu.
- Tarigan, Henry Guntur. 1987. *Teknik Pengajaran Ketrampilan Berbahasa*. Bandung : Angkasa.
- Tomascik, Mah T, Nontj AJ, Moosa MK. 1997. The Ecology of the Indonesian Seas. Part Two. *The Ecology of Indonesian Series*. Periplus Editions (HK) Ltd.
- Wantasen A. 2002. *Kajian Potensi Sumberdaya Hutan Mangrove Di Desa Talise, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara*.
- Wardhani, M.K. 2011. Kawasan Konservasi Mangrove: Suatu Potensi Ekowisata. *Journal Kelautan*, 4(1): 60-76.

Welly, M dan W, Sanjaya. 2010. *Identifikasi Flora dan Fauna Mangrove Nusa Lembongan dan Nusa Ceningan*. Balai Pengelolaan Hutan Mangrove Wilayah I. Nusa Penida.

Wibisono I T Cahyo. 2013. *Pembangunan persemaian mangrove*. Wetlans.

Yudana, Teguh. 2008. *Studi Pertumbuhan Propagul Mangrove menggunakan Media Lumpur Sidoardjo di Kawasan Muara Sungai Porong, Sidoardjo*. UI Fmipa Magister Kelautan. Depok. Jawa Barat.