

**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)**

(Skripsi)

Oleh

HENI NUR LUTHFIYANI



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

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)

Oleh:

Heni Nur Luthfiyani

Konstruksi bangunan tepi pantai dinilai beresiko terhadap gelombang laut yang menyebabkan abrasi. Salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam upaya pencegahan abrasi adalah dengan memanfaatkan serasah mangrove *Avicennia marina*. Namun, penelitian tersebut belum banyak dilakukan. Tujuan penelitian ini 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. Kesimpulannya adalah peredaman serasah di pinggir pantai memiliki efektifitas redaman terbesar karena serasah memiliki nilai porositas terkecil, sehingga *Avicennia marina* dapat dijadikan pelindung alami bangunan tepi pantai.

Kata Kunci: *Avicennia marina*, Serasah, Bangunan Pantai, Lampung Timur

ABSTRACT

**EFFECTIVENESS ANALYSIS OF MANGROVE LITTER *Avicennia marina* IN REDUCING WAVE ENERGY
AS A SUPPORTING BUILDING PLANNING
ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BEACHFRONT
(CASE STUDY ON THE COAST OF PASIR SAKTI, EAST LAMPUNG)**

By:

Heni Nur Luthfiyani

Construction of coastal buildings is considered to be at risk of ocean waves that cause abrasion. One alternative that can be used in efforts to prevent abrasion is to use *Avicennia marina* mangrove litter. However, this research has not been done much. The purpose of this study was to analyze the effectiveness of *Avicennia marina* mangrove litter in reducing wave energy as a supporter of environmentally friendly beachfront planning on the Coastal Coast of Pasir Sakti, East Lampung. The research method used is quadratic transects. Measurement of wave data using SBE 26 and RBRDuo T.D. Measurements were made at 5 stations with distances of 3 m, 5 m, 10 m, 20 m and 50 m. Field data processed using Microsoft Excel produces a percentage of wave height reduction of 50 m by 97.5% with the formula $\Delta H = -0.0359x^2 + 2.4263x + 64.332$ and the percentage of attenuation of wave energy of 50 m distance is 94.5% with the formula $\Delta E = -0.0592x^2 + 4,0142x + 39,267$. Litter in terms of volume in determining the porosity value plays a role as an element of wave attenuation. The conclusion is the reduction of litter on the beach has the greatest damping effectiveness because litter has the smallest porosity value, so *Avicennia marina* can be used as a natural protector of beachside buildings.

Keywords: Avicennia marina , Litter, Coastal Buildings, East Lampung

**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)**

Oleh

HENI NUR LUTHFIYANI

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 : **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)**

Nama Mahasiswa : **Heni Nur Luthfiyani**

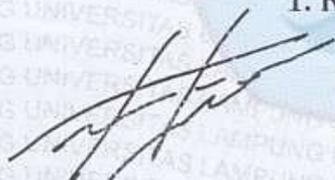
Nomor Pokok Mahasiswa : 1415011068

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


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


Dra. Sumiharni, S.T., M.T.
NIP 19570606 198603 2 001

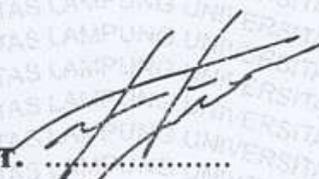
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

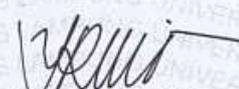
Ketua : **Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Dra. Sumiharni, S.T., M.T.**



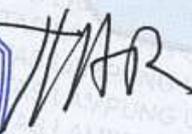
Penguji
Bukan Pembimbing : **Yuda Romdania, S.T., M.T.**



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 : Heni Nur Luthfiyani
NPM : 1415011068
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.

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

Bandar Lampung, September 2019
Pembuat Pernyataan




Heni Nur Luthfiyani
NPM. 1415011068

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Serang, Provinsi Banten pada tanggal 20 Maret 1996. Merupakan anak ke-tiga dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Fuad Luthfi dan Anni Karmini Yusuf. Penulis memiliki dua kakak laki-laki bernama Ricki Arif Rahman dan Taufik Hidayat dan adik perempuan bernama Rani Luthfiyani.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Taman Kanak-kanak Aisyiyah Bustanul Athfal (ABA) 3 Serang pada tahun 2001, pada tahun 2002 memasuki Sekolah Dasar Sumur Sana Serang, kemudian pada tahun 2008 melanjutkan jenjang pendidikan di SMP Negeri 7 Kota Serang, dan SMA Negeri 2 Kota Serang pada tahun 2011 dan lulus pada tahun 2014 dan diterima di Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswi penulis aktif di organisasi internal maupun eksternal kampus. Penulis pernah menjadi staf ahli bidang Penelitian dalam Departemen Penelitian dan Pengembangan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) periode 2015-2016, di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) sebagai staf dinas Sosial dan Politik periode 2014-2015 dan bendahara eksekutif periode 2017, kepala bidang Pengabdian Masyarakat di

Himpunan Mahasiswa Banten (HMB) periode 2016-2017, dan kepala bidang Komunikasi Umat di Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) Komisariat Teknik periode 2018-2019.

Penulis pernah menjadi Juara 1 Lomba Fotografi dalam Acara Dies Natalies Fakultas Teknik Ke-37 Engineering Expo Universitas Lampung tahun 2016, peserta Lomba Beton Nasional yang diadakan oleh Politeknik Negeri Bali tahun 2018, dan peserta pada pelatihan keterampilan kerja yang diadakan oleh Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK) tahun 2018 dan tahun 2019.

Penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) pada Proyek Pembangunan Lotte Mart Grosir Lampung, Hajimena selama 3 bulan dengan kontraktor PT. Bumi Reka Pertiwi (BRP) tahun 2017. Setelah melakukan Kerja Praktik penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Banjar Negeri, Kecamatan Cukuh Balak, Kabupaten Tanggamus selama 40 hari periode Januari-Februari 2018.

Penulis mengambil tugas akhir dengan judul 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).

MOTTO

“Ridhollah fi ridhol walidain wa sukhtullah fi sukhtil walidain”

Ridho Allah terletak pada ridho orangtua, dan laknat Allah terletak pada laknat orangtua

- HR. Al - Bukhori -

“Ya Tuhanku, lapangkanlah dadaku. Dan mudahkanlah bagiku urusanku.
Dan lepaskanlah kekakuan lidahku. (Supaya) mereka memahami perkataanku”.

(Thaha: 25-28)

“Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah, Pantang Lelah Pantang Kalah Pantang Menyerah”

-Bacharuddin Jusuf Habibie-

“Berani hidup harus berani menghadapi masalah, jangan takut dan jangan gentar, hadapi dengan benar dan tawakal, karena setiap masalah sudah diukur Allah sesuai kemampuan kita”

- Aa Gym -

“Jadilah seorang yang selalu bekerja keras, berbuat baik dan bersyukur”

-Heni Nur Luthfiyani-

Persembahan

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Ya Allah,

Aku berjalan di jalan hidup yang sudah Kau takdirkan untukku. Dalam beratnya perjalananku, Kau pertemukan aku dengan orang-orang yang mengajarkanku akan banyak hal, dan mereka adalah warna-warni yang berderang juga kelam dalam hidupku.

Kubersujud dihadapan-Mu, Ya Rabb.

Engkau berikan aku kesempatan untuk bisa sampai.

Sampai di penghujung awal perjuanganku.

Segala Puji bagi-Mu Ya Allah.

Alhamdulillahirobbil'alamin..

Puji dan syukurku kusembahkan kepada-Mu Ya Allah, yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, atas takdir-Mu telah Kau jadikan aku manusia yang senantiasa beriman, berilmu, dan beramal dalam menjalani kehidupan ini. Semoga akhir ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.

Lantunan doa beriring shalawat dalam silahku merintih, menadahkan doa dalam syukur yang tiada terkira. Terima kasihku untuk-Mu, kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Ayahanda dan Ibundaku tercinta, yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang begitu luar biasa hingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada didepanku. Mah, Pak terimalah bukti kecil ini sebagai tanda keseriusanku untuk berusaha membalas semua pengorbananmu. Dalam hidupmu, demi hidupku, kalian ikhlas mengorbankan segala perasaan walau dengan air mata, dalam lapar berjuang separuh nyawa hingga segalanya. Maafkan anakmu ini, masih saja menyusahkanmu.

Dalam silah di lima waktu mulai fajar terbit hingga terbenam. Seraya tanganku menadah ". Ya Allah Ya Rahman Ya Rahim. Terima kasih telah kau tempatkan aku di antara kedua malaikat-Mu yang setiap waktu ikhlas menjaga, mendidik serta membimbing dengan sangat baik. Ya Allah, berikanlah balasan setimpal Surga Firdaus untuk mereka dan jauhkanlah mereka nanti dari panasnya sengat api neraka.

Untuk Bapak (FUAD LUTHFI) dan Mamah (ANNJ KARMJNJ YUSUF)

Terima kasih banyak atas segalanya.

Harapan dan impian yang tertuju padaku, meski belum semua mampu kuraih InsyaAllah dengan dukungan doa dan restu semua mimpi itu kan kujawab di masa penuh kehangatan nanti. Untuk itu kupersembahkan ungkapan terima kasih kepada: Kepada kakak-kakakku (Ricki Arif Rachman, Taufik Hidayat, Istigfarlia dan Dwi Narti) juga adikku (Rani Luthfiyani). "Aku sudah jadi Sarjana Teknik". Terima kasih atas segala dukungan semangat dan doanya. Terima kasih sudah menjaga mamah dan bapak disaat aku tak mampu karena jarak yang melumpuhkanku. Aku menyayangi kalian sampai kapanpun.

... I love you...

"Hidupku terlalu berat untuk mengandalkan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan Allah SWT dan orang lain"

Terima kasih kuucapkan kepada semua guru-guru dan dosen-dosen yang telah mengajarkan banyak hal.

Terima kasih kuucapkan kepada kawan sejawat saudara seperjuangan SIPIL 14

Aku telah menghabiskan waktu yang tak sebentar, untuk dapat bersama kalian. Kalian lah salah satu alasanku untuk terus semangat maraih gelar Sarjana Teknik. Aku sangat bersyukur, karena takdir telah membawaku bersama kalian.

Untuk Member of Alfarmart terima kasih atas segala waktu, bantuan, dan tawa yang telah kalian bagi untukku. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan Jannah.

Untuk teman-teman BEM FT 2015-2017 dan teman-teman yang selalu bertanya "Kapan Skripsimu Selesai?", terima kasih untuk motivasi, warna dan rasa yang telah kalian berikan pada hidupku. Semoga kalian selalu dalam lindungan dan kasih sayang Allah SWT. Aamiin ya robbal'amin."

*Kalian semua bukan hanya menjadi teman yang baik,
kalian adalah saudara bagiku.*

*Untuk Almamater tercinta yang telah memberikanku tempat
untuk membuat sejarah kecil dalam hidupku.*

Untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan impian yang harus dikejar,

Untuk sebuah harapan, agar hidup jauh lebih bermakna.

Aku tak akan menyerah pada kegagalan.

Aku tak akan berhenti hanya karena luka.

Jatuh, berdiri lagi. Kalah, mencoba lagi. Gagal, bangkit lagi.

Never give up!

Sampai Allah SWT berkata "waktunya pulang"

*Hanya sebuah karya kecil dan untaian kata-kata ini yang dapat
kupersembahkan kepada kalian semua. Beribu terima kasih kuucapkan.*

Atas segala kekhilafan salah dan kekuranganku,

kurendahkan hati menjabat tangan meminta beribu-ribu kata maaf.

Skripsi ini kupersembahkan.

-Heni Nur Luthfiyani S.T-

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamiin, penulis menghaturkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini.

Skripsi ini 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)” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Fuad Luthfi dan Ibu Anni Karmini Yusuf yang senantiasa memberikan curahan kasih dan sayang, do'a yang tiada henti serta dukungan moril maupun materil untuk sebuah cita-cita di masa depan.
2. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

4. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. sebagai Pembimbing Utama atas bantuan, bimbingan, motivasi dan kesediaannya dalam meluangkan waktu sehingga Penulis termotivasi untuk menyelesaikan skripsi.
5. Ibu Dra. Sumiharni, S.T., M.T. sebagai Pembimbing Pendamping atas bantuan, bimbingan, motivasi dan saran-saran yang membangun selama Penulis menyelesaikan skripsi.
6. Ibu Yuda Romdania, S.T., M.T. sebagai Penguji Utama yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, nasehat serta saran yang membangun guna menyempurnakan skripsi.
7. Bapak Ir. Mariyanto, M.T. selaku Pembimbing Akademik atas semua perhatian, motivasi dan saran yang diberikan selama Penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
8. Segenap dosen dan pegawai Jurusan Teknik Sipil, terima kasih atas ilmu, wawasan, dan bantuan yang telah diberikan.
9. Kakak-kakaku dan adikku tersayang, Ricki Arif Rahman, Istighfarlia, Taufik Hidayat, Dwi Narti dan Rani Luthfiyani dan seluruh keluarga besarku yang senantiasa memotivasi dan mendo'akan aku untuk terus berjuang.
10. Sondani *Group Company*, mba Kiki, bang Edo, kak Willy, kak Dimas, mba Yeyen dan Singgih yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian.
11. Sahabat masa kecil ku, Novia Duriatu Ningsih (Alm) dan Arum Nur Karjaredja yang senantiasa memotivasi untuk menyelesaikan skripsi.
12. Pagun squad (Wina Karlina dan Dirayati Sugeng) yang selalu memberi spirit saat aku berkeluh kesah.

13. Sahabat X-5 (Liem, Wina, Inelsa, Shanaz, Deas dan Ote) yang selalu memberikan doa, saran, dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
14. Member of Alfirmart (Desna, Ulfa, Nining, Uun, Klara, Aida, Novi, Evi, Nanda, Coco, Alfi, Safar, Farhan, Deska, Dendi, Deska, Abdi, Bagus, Taufik) yang selalu ada membawa suka cita dan canda tawa dalam kebersamaan untuk meraih cita-cita.
15. Tim Kerja Praktek Lottemart Grosir Lampung (Ani, Liza, Fita, dan Ridho) atas dukungan dan kerjasamanya selama ini.
16. Tim Skripsi Mangrove (Safar dan Ari) yang telah banyak membantu dari awal hingga akhirnya skripsi ini selesai.
17. Beguai Jejama (Nining, Farida, Desna, Alfi) yang telah memberikan dukungan serta semangat ketika aku mengalami banyak masalah.
18. Jasulapa (Iga, Desna, Ulfa, Erlinda) yang memberi semangat dan motivasi di saat masa sulit awal perkuliahan.
19. Rantau Club (Ario Prabowo, Filian Anjasmara, Devi Tri Lestari, Ni'matil Mabaroh, Annisa Abdillah) yang selalu menjadi mendukung dan membantu saat di perantauan dalam menyusuri Lampung.
20. CDM Class (bang Jefri, mba Nimah, Kamus, Ragil, Halsu, Awal) yang senantiasa mengajari banyak hal dan memberi dukungan untuk terus maju.
21. Seluruh teman-teman TEKNIK SIPIL 2014 atas kebersamaan dan kekeluargaan yang telah diberikan, sejak masuk kuliah hingga penyelesaian skripsi ini, terima kasih atas nilai kehidupan yang telah diberikan, yang akan selalu menjadi Keluarga Luar Biasa untukku.

22. Keluarga Besar HIMATEKS, BEM FT 2015-2017, HIMSAC Unila, HmI komtek dan HMB Unila yang telah mendoakan, motivasi, serta memberi banyak hal yang membuat semangat dalam penyelesaian skripsi.
23. SCADIUM 7, KKN Desa Banjar Negeri yang selalu memberikan warna dalam arti kebahagiaan.
24. Seorang yang spesial yang selalu ada untukku baik dalam hal doa, semangat dan motivasi, yang telah menjadi sosok tersebut terima kasih telah hadir dan menghiasi perjalanan penulisan skripsi ini.
25. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya Skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini. Aamiin...

Bandar Lampung, September 2019
Penulis,

Heni Nur Luthfiyani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR NOTASI	vii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Kerangka Berpikir Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hutan Mangrove	8
2.2 Mangrove <i>Avicennia marina</i>	8
2.3 Vegetasi dan Daur Hidup Mangrove	9
2.4 Zonasi Mangrove	12
2.5 Fungsi Hutan Mangrove	14
2.6 Gelombang Laut	15
2.7 Deformasi Gelombang	20
2.8 Serasah Mangrove	23
2.9 Korelasi Ganda (R^2)	26
2.10 Acuan Awal Desain Konstruksi dengan Ekosistem Mangrove	26
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Umum	35
3.2 Diagram Alir Penelitian	35
3.2.1 Tahapan Persiapan	36
3.2.2 Tahapan Pengumpulan Data	38
3.2.3 Tahapan Pengolahan Data Primer	49
3.2.4 Tahapan Analisis	50
3.2.5 Tahap Kesimpulan	50

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Pengumpulan Data	53
4.2	Hasil Pengolahan Data dan Pembahasan	60
4.2.1	Hubungan Antara Jarak Mangrove Dengan ΔH	70
4.2.2	Hubungan Antara Jarak Mangrove Dengan ΔE	71
4.2.3	Hubungan Antara Jarak Mangrove Dengan Volume Serasah	72
4.2.4	Hubungan Antara Volume Serasah Dengan ΔH	74
4.2.5	Hubungan Antara Volume Serasah Dengan ΔE	75
4.2.6	Hubungan Antara Koefisien Transmisi Dengan ΔH	77
4.2.7	Hubungan Antara Koefisien Transmisi Dengan ΔE	78
4.2.8	Hubungan Antara Nilai Porositas Dengan Koefisien Transmisi	79
4.3	Penerapan Ekosistem Mangrove Pada Perencanaan Konstruksi Tepi Pantai	82

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	93
5.2	Saran	94

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN A (DATA GELOMBANG)****LAMPIRAN B (ADMINISTRASI)**

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema kerangka pikir	7
2. Siklus hidup mangrove	12
3. Zonasi ekosistem mangrove	13
4. Gelombang saat pasang surut	16
5. Karakteristik gelombang pantai	17
6. Vertikal profil gelombang laut ideal (monokromatik)	19
7. Ilustrasi volume serasah mangrove	25
8. Mangrove <i>Avicennia marina</i> sebagai peredam gelombang	29
9. Diagram alir penelitian	36
10. Peta lokasi penelitian	38
11. SBE (<i>Sea Bird Electronics</i>)	40
12. RBRDuo T.D	42
13. Ilustrasi pengambilan data tampak samping (a), tampak atas (b)	45
14. Kamera <i>waterproof</i>	46
15. GPS <i>mapping</i>	47
16. Plot lokasi stasiun penelitian	49
17. <i>Flowchart</i> pengumpulan data	51
18. <i>Flowchart</i> pengolahan data primer	52
19. Proses persiapan pengambilan data primer	54
20. Grafik hasil pengolahan data gelombang pada ketebalan 3 m	61

	iv
21. Grafik hasil pengolahan data gelombang pada ketebalan 5 m	61
22. Grafik hasil pengolahan data gelombang pada ketebalan 10 m	61
23. Grafik hasil pengolahan data gelombang pada ketebalan 20 m	62
24. Grafik hasil pengolahan data gelombang pada ketebalan 50 m	62
25. Grafik hasil persentase peredaman gelombang berdasarkan ΔH	64
26. Grafik hasil persentase peredaman gelombang berdasarkan ΔE	66
27. Grafik hubungan antara jarak mangrove dengan ΔH	70
28. Grafik hubungan antara jarak mangrove dengan ΔE	71
29. Grafik hubungan antara jarak mangrove dengan volume serasah	73
30. Grafik hubungan antara volume serasah dengan ΔH	74
31. Grafik hubungan antara volume serasah dengan ΔE	75
32. Grafik hubungan antara koefisien transmisi dengan ΔH	77
33. Grafik hubungan antara koefisien transmisi dengan ΔE	78
34. Grafik hubungan antara nilai porositas dengan koefisien transmisi	80
35. Alternatif layout konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove sebagai peredam gelombang	83
36. Tampak depan alternatif konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi	84
37. Tampak belakang alternatif konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi	85
38. Tampak samping kiri alternatif konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi	86
39. Tampak samping kanan alternatif konstruksi perumahan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi	87
40. Alternatif layout konstruksi pelabuhan dengan ekosistem mangrove sebagai peredam gelombang	88
41. Tampak depan alternatif konstruksi pelabuhan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi	89

	v
42. Tampak belakang alternatif konstruksi pelabuhan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi	90
43. Tampak samping kiri alternatif konstruksi pelabuhan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi	91
44. Tampak samping kanan alternatif konstruksi pelabuhan dengan ekosistem mangrove dalam bentuk 3 dimensi	92

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 3 m	55
2. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 5 m	56
3. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 10 m	57
4. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 20 m	58
5. Hasil data gelombang pada lebar jarak ketebalan 50 m	59
6. Hasil data serasah mangrove	60
7. Hasil pengolahan data gelombang	63
8. Hasil koefisien transmisi	67
9. Hasil pengolahan data serasah mangrove	68
10. Hasil nilai porositas	68
11. Hasil koefisien transmisi dan nilai porositas	69
12. Hubungan antara jarak mangrove dengan ΔH	70
13. Hubungan antara jarak mangrove dengan ΔE	71
14. Hubungan antara jarak mangrove dengan volume serasah	72
15. Hubungan antara volume serasah dengan ΔH	74
16. Hubungan antara volume serasah dengan ΔE	75
17. Hubungan antara koefisien transmisi dengan ΔH	77
18. Hubungan antara koefisien transmisi dengan ΔE	78
19. Hubungan antara nilai porositas dengan koefisien transmisi	79
20. Data gelombang pada jarak mangrove 3 m	102

	vii
21. Data gelombang pada jarak mangrove 5 m	103
22. Data gelombang pada jarak mangrove 10 m	104
23. Data gelombang pada jarak mangrove 20 m	105
24. Data gelombang pada jarak mangrove 50 m	106

DAFTAR NOTASI

E	= energi gelombang (J/m^2)	a	= panjang serasah (m)
E_i	= energi gelombang sebelum menghantam sesuatu (J/m^2)	b	= lebar serasah (m)
E_t	= energi gelombang setelah menghantam sesuatu (J/m^2)	H	= tinggi serasah (m)
ΔE	= deviasi energi gelombang (J/m^2)	V_t	= volume serasah <i>Avicennia sp</i> (m^3)
H	= tinggi gelombang (J/m^2)	V_0	= volume kontrol total serasah <i>Avicennia sp</i> (m^3)
H_i	= tinggi gelombang sebelum menghantam sesuatu (m)	k	= keliling serasah (m)
H_t	= tinggi gelombang setelah menghantam sesuatu (m)	r	= jari-jari serasah (m)
ΔH	= deviasi tinggi gelombang (J/m^2)	D	= diameter serasah (m)
ρ	= massa jenis air laut (kg/m^3)	L	= luas serasah (m^2)
g	= percepatan akibat gravitasi (m/s^2)		
K_t	= koefisien transmisi (tanpa satuan)		
H_i	= tinggi gelombang datang (m)		
H_t	= tinggi gelombang transmisi (m)		
N_p	= nilai porositas (tanpa satuan)		
V	= volume serasah (m^3)		

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim, yaitu negara kepulauan yang daerah lautnya lebih luas daripada daerah daratnya. Indonesia memiliki sebanyak 17.508 pulau dengan luas total wilayah adalah 7,737 jt km² yang terdiri dari luas darat sebesar 1,937 jt km² dan laut seluas 5,8 jt km² dengan garis pantai terpanjang di dunia (Yulius, 2009; Purwaka, 2012; Lasabuda, 2013 dan Yamin, 2015). Wilayah pesisir memegang peranan sangat penting tidak hanya sebagai tempat produktif bagi perdagangan, transportasi, perikanan dan pariwisata akan tetapi sebagai benteng pelindung daratan.

Ekosistem mangrove terbesar dunia ada di Indonesia. Luas hutan mangrove di Indonesia sebesar 9,36 jt ha yang menyebar di seluruh Indonesia. Ekosistem mangrove Indonesia mencapai 25% dari total mangrove dunia, dan 75% dari luas mangrove Asia Tenggara (Subekti, 2012; Vitasari, 2015 dan Trisnawati dkk, 2017). Besarnya luasan ekosistem mangrove tersebut merupakan peluang untuk memanfaatkan mangrove sebagai upaya perlindungan garis pantai terhadap abrasi. Mangrove dapat digunakan sebagai penyelamat sarana dan prasarana yang ada di pesisir pantai.

Fungsi utama ekosistem hutan ada tiga, yaitu fungsi biologis, fungsi ekonomis dan fungsi fisik. Fungsi fisik meliputi perlindungan terhadap angin, pencegah intrusi garam, sebagai penghasil energi serta hara, dan pencegah abrasi (Ghufran dkk, 2012; Setiawan, 2013; Eddy dkk, 2015 dan Saputri dkk, 2017). Produktivitas laut dan pantai akan menurun apabila keberadaan mangrove berkurang atau tidak ada. Fungsi fisik yang dihasilkan oleh ekosistem mangrove dapat menjadi pendorong agar mangrove dapat diaplikasikan sebagai penahan abrasi terhadap garis pantai.

Hutan mangrove yang berkurang akan menyebabkan bencana bagi makhluk hidup karena kerusakan fisik pesisir yang mengakibatkan abrasi, banjir dan gelombang tinggi (Setyawan, 2010; Taofiqurohman, 2014 dan Akbar dkk, 2017). Selain itu energi gelombang juga dapat memindahkan sedimen pesisir dalam jumlah yang tidak sedikit dan dari jarak yang jauh dengan rentang waktu tertentu, hal tersebut merupakan faktor penyebab terjadinya kemunduran garis pantai (Tutuhanewa dkk, 2010; Prameswari dkk, 2014 dan Asrofi dkk, 2017). Kemunduran garis pantai akibat abrasi dapat berkurang karena hutan mangrove memiliki fungsi untuk meredam energi gelombang.

Gelombang laut merupakan kenaikan dan penurunan air secara perlahan yang menyebabkan berubahnya garis pantai serta menurunnya kualitas pesisir sebagai suatu ekosistem. Gelombang yang berada di laut sering nampak tidak teratur dan sering berubah-ubah (Loupatty, 2013 dan Nugraha dkk, 2015). Perubahan kemampuan dan daya dukung pesisir

terjadi karena tidak adanya peredam gelombang. Faktor lainnya adalah pengelolaan kegiatan manusia yang tidak memperhatikan aspek ramah lingkungan. Pemanfaatan mangrove adalah upaya penting untuk melindungi pantai dari abrasi.

Peranan ekosistem mangrove dalam menjaga kelestarian lingkungan khususnya dalam hal peredaman gelombang laut. Gelombang laut juga mempunyai dampak yang buruk terhadap kawasan pesisir pantai karena menyebabkan abrasi yaitu proses pengikisan kawasan pantai oleh energi gelombang laut yang terjadi terus menerus dan mengarah menuju garis pantai yang sifatnya merusak. Salah satu cara untuk mencegah abrasi adalah dengan memanfaatkan mangrove.

Mangrove menghasilkan serasah (batang, daun, ranting, buah, dan lain-lain) yang akan mengalami proses pembusukan dan selanjutnya akan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi tanaman dan sumber makanan ikan. Serasah mangrove yang telah busuk dan jatuh ke perairan akan diurai menjadi partikel-partikel yang lebih kecil yaitu sumber makanan bagi biota laut. Tinggi produktivitas rata-rata serasah adalah 14,78 ton/ha/tahun atau 4,05 gram/m²/hari dengan serasah daun sebagai penyumbang terbesar (Indria, 2016).

Produktivitas serasah mangrove yang tinggi dapat memberikan kontribusi yang besar dalam meredam gelombang. Serasah mangrove yang diproduksi setiap hari dapat menjadikannya peluang besar dalam memanfaatkan fungsi fisik mangrove dalam hal peredaman gelombang.

Tidak dapat pungkiri bahwa serasah mangrove memegang peranan penting dalam meredam gelombang sebelum masuk ke daratan. Di Pesisir

Lampung Timur telah banyak dilakukan penelitian tentang hutan mangrove dengan berbagai macam bahasan. Namun, belum ada penelitian terkait efektivitas serasah mangrove *Avicennia marina* dalam mengurangi energi gelombang sebagai pendukung perencanaan bangunan tepi pantai ramah lingkungan, maka dari itu diperlukan adanya penelitian untuk mengetahui efektivitas serasah mangrove *Avicennia marina* dalam mengurangi energi gelombang sebagai upaya pencegahan abrasi di pesisir pantai.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui efektivitas serasah mangrove *Avicennia marina* dalam mengurangi energi gelombang sebagai pendukung perencanaan bangunan tepi pantai ramah lingkungan. Mangrove sendiri memiliki banyak spesies. Penelitian ini menggunakan satu jenis spesies yaitu mangrove *Avicennia marina*.

Tujuan penelitian yaitu: (1) Mengetahui kemampuan peredaman gelombang mangrove *Avicennia marina* pada bentang 0-50 m dan mendapatkan formulanya sebagai pendukung perencanaan bangunan tepi pantai. (2) Mengetahui pengaruh serasah terhadap peredaman gelombang. (3) Memberikan alternatif desain perencanaan bangunan tepi pantai ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kemampuan peredaman gelombang mangrove *Avicennia marina* pada bentang 0-50 m dan formulanya sebagai fungsi sebagai pendukung perencanaan bangunan tepi pantai?
2. Bagaimana pengaruh serasah mangrove *Avicennia marina* terhadap peredaman gelombang?
3. Bagaimana alternatif desain perencanaan bangunan tepi pantai yang ramah lingkungan?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian dilakukan mengarah pada analisis efektivitas serasah mangrove *Avicennia marina* untuk mengurangi energi gelombang sebagai pendukung perencanaan bangunan tepi pantai ramah lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan pembatasan terhadap masalah yang ada, yakni:

1. Lokasi penelitian atau wilayah pengambilan data hanya di lingkup Pesisir Pantai 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 persentase kemampuan peredaman gelombang mangrove *Avicennia marina* pada bentang 0-50 m dan mendapatkan formulanya sebagai pendukung perencanaan bangunan tepi pantai.

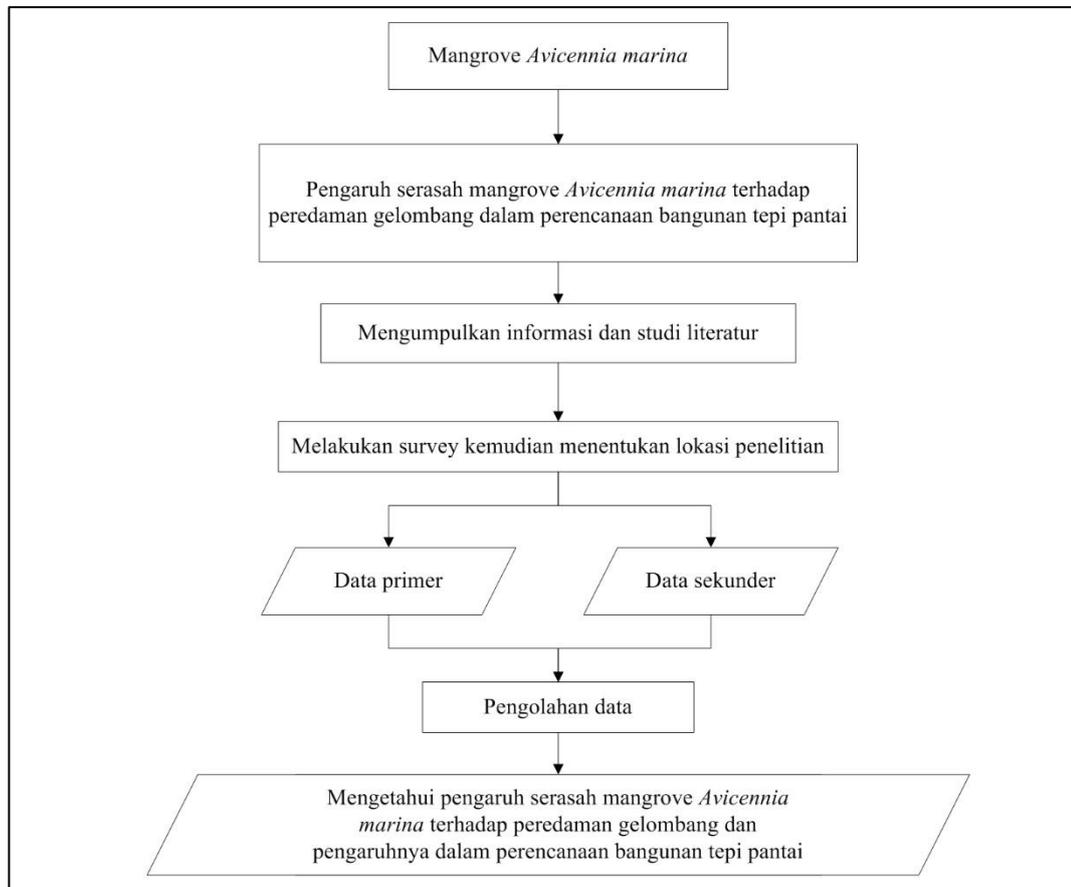
2. Mengetahui pengaruh serasah terhadap peredaman gelombang.
3. Memberikan alternatif desain perencanaan bangunan tepi pantai ramah lingkungan.

1.5 Kerangka Pikir

Kemampuan peredaman gelombang oleh mangrove didukung oleh bagian pada mangrove salah satunya adalah serasah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif pengaruh serasah pada mangrove untuk meredam gelombang dengan cara mencari terlebih dahulu referensi berupa jurnal nasional maupun internasional juga referensi dari sumber lainnya. Setelah itu dilakukan rencana survei lokasi penelitian di antaranya beberapa target lokasi penelitian adalah Pantai Ketapang, Pantai Pahawang, Pantai Dewi Mandapa, Lampung Mangrove Center Marga Sari ,dan Pantai Pasir Sakti, setelah menentukan lokasi yang sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan maka dilakukan tahap persiapan.

Pengambilan data primer di lapangan berupa data gelombang dan data serasah mangrove. Penelitian ini dilakukan oleh tim penelitian dengan cara melakukan pengukuran terhadap sampel di lokasi penelitian. Bentang yang digunakan dalam penelitian adalah bentang 0-50 meter yang dibagi menjadi dari 5 titik stasiun dan dianalisis serta diolah menggunakan *microsoft excel*. Lihat gambar 1.

Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 1. Skema kerangka pikir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hutan Mangrove

Hutan mangrove umumnya terdapat di seluruh pantai Indonesia dan tumbuh pada lokasi yang mempunyai hubungan pengaruh pasang surut yang merembes pada aliran sungai terdapat di sepanjang pesisir pantai (Tarigan, 2008). Hutan mangrove merupakan tipe hutan yang tumbuh pada daerah pasang surut air laut (Setiawan, 2013). Hutan mangrove dapat dimanfaatkan untuk menjaga ekosistem laut maupun pantai.

Hutan mangrove terdiri dari *Avicenniaceae* *Combretaceae* (teruntum), *Arecaceae* (palem rawa), *Rhizophoraceae* (bakau) dan *Lythraceae* (*Sonneratia*) (Hades, 2007). Hutan mangrove di sepanjang pesisir pantai dan sungai secara umum menyediakan habitat bagi berbagai jenis fauna (Walters dkk, 2008). Fauna ekosistem hutan mangrove terdiri dari ikan, burung, amphibia, ular, moluska (siput, keong), dan hewan *invertebrata* lainnya seperti cacing.

2.2 Mangrove *Avicennia marina*

Avicennia marina adalah salah satu jenis mangrove pionir yang keberadaannya dipercaya dapat meredam gelombang. Status sebagai kategori mangrove mayor 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 tumbuh pada berbagai habitat pasang surut, bahkan di tempat asin sekalipun. Jika jenis ini telah tumbuh bergerombol maka dapat membentuk suatu kelompok pada habitat tertentu (Noor dkk, 2006 dan Anova, 2013).

2.3 Vegetasi dan Daur Hidup Mangrove

Hutan mangrove umumnya tumbuh pada daerah yang jenis tanahnya berlumpur, berlempung atau berpasir (Arief, 2003 dan 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.

Mangrove merupakan suatu komunitas vegetasi pantai wilayah tropis yang didominasi oleh beberapa spesies pohon yang khas atau semak-semak yang mampu tumbuh di perairan asin. Mangrove sebagai suatu komunitas vegetasi pantai tropis dan sub tropis yang didominasi oleh beberapa jenis pohon yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai berlumpur.

Tumbuhan mangrove sebagaimana tumbuhan lainnya memproses cahaya matahari dan zat hara menjadi jaringan tumbuhan (bahan organik) melalui proses fotosintesis. Komponen dasar dari rantai makanan di ekosistem mangrove bukanlah tumbuhan mangrove itu sendiri, tetapi serasah yang berasal dari tumbuhan mangrove (daun, ranting, buah, batang, dan sebagainya). Sebagian serasah mangrove didekomposisi oleh bakteri dan fungi menjadi zat hara terlarut yang dapat langsung dimanfaatkan oleh *fitoplankton*, alga ataupun tumbuhan mangrove itu sendiri dalam proses fotosintesis, sebagian lagi sebagai partikel serasah (*detritus*) dimanfaatkan oleh ikan, udang dan kepiting sebagai makanannya (Bengen, 2004).

Komunitas mangrove tumbuh baik pada pantai berlumpur yang terlindung dan teluk, pada umumnya pohon-pohonnya berbatang lurus dengan ketinggian mencapai 3,5 sampai dengan 4,5 m. Pada daerah pantai berpasir dan terumbu karang, mangrove tumbuh kerdil dan rendah dengan batang yang bengkok-bengkok (Panjaitan, 2002), Spesies mangrove menjadi tiga komponen sebagai berikut:

- a) Komponen mayor, yaitu spesies yang mengembangkan karakteristik morfologi yang berupa akar udara dan mekanisme fisiologi yang berupa kelenjar garam untuk beradaptasi dengan lingkungannya. Jenis mangrove yang memiliki kelenjar garam antara lain : *Rhizophora* sp, *Ceriops* sp, *Avicennia* sp, *Bruguiera* sp, *Sonneratia* sp.
- b) Komponen minor (tumbuhan pantai), yaitu spesies yang tidak menonjol, dapat tumbuh di sekeliling habitat. Jenis yang termasuk

komponen minor adalah *Spinifex litoreus* (gulung-gulung), *Ipomea-pes caprae* (ketang-ketang).

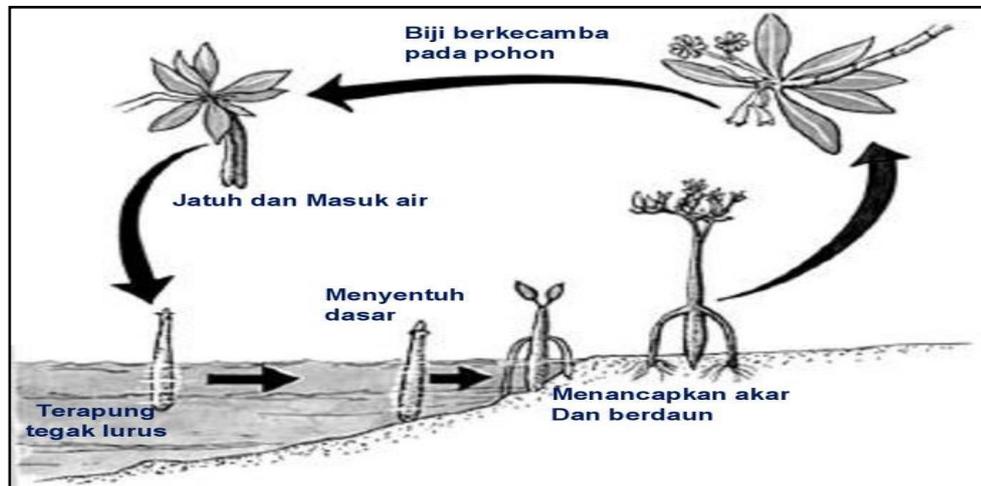
- c) Komponen asosiasi, yaitu jenis yang tidak tumbuh pada komunitas mangrove atau dalam kata lain dapat tumbuh pada tanah daratan (*terrestrial*). Jenis yang termasuk asosiasi mangrove misalnya *Terminalia cattapa* (ketapang) dan *Cerbera manghas* (bintaro).

Mangrove mempunyai cara yang khas yaitu mekanisme reproduksi dengan buah yang disebut vivipar. Cara berkembang biak vivipar adalah dengan menyiapkan bakal pohon (*propagule*) dari buah atau bijinya sebelum lepas dari pohon induk.

Mangrove menghasilkan kecambah dengan tunas akar tunjang dari buah. Akar keluar saat masih tergantung di tangkai pohon sehingga pada waktu matang akan jatuh dan masuk ke laut untuk berkembang menjadi pohon yang baru. Bakal pohon akan terapung tegak lurus terbawa arus jauh dari tempat pohon induknya kemudian mencari tempat dangkal lalu menancap secara tegak vertikal di tanah menumbuhkan akar-akar, cabang dan daun-daun pertamanya (Bengen, 2004), proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

Mangrove dapat tumbuh dengan baik pada substrat berupa pasir, lumpur atau batu karang. Namun paling banyak ditemukan adalah di daerah pantai berlumpur, laguna, delta sungai, dan teluk atau estuaria. Jenis *Avicennia* sp berkembang pada tanah bertekstur halus, relatif kaya dengan bahan organik dan salinitas tinggi. Dominasi dari jenis ini pada umumnya

terjadi pada delta sungai-sungai besar dengan tingkat sedimentasi tinggi berkadar lumpur halus yang tinggi pula.



Gambar 2. Siklus hidup mangrove.
Sumber : Arifin, 2017

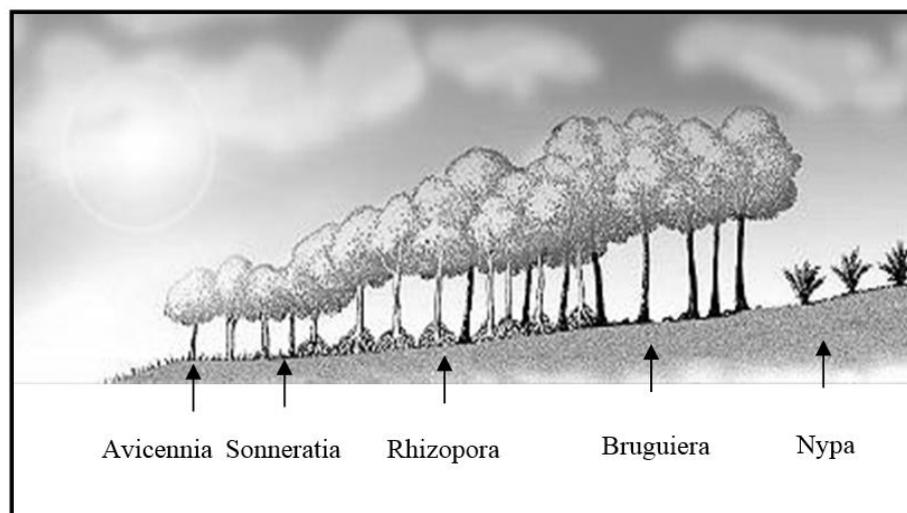
Rendahnya kadar bahan organik disebabkan oleh intensifnya proses pencucian melalui pergerakan pasang surut air laut dan salinitas tanah tinggi. Mangrove *Avicennia marina* cocok pada daerah yang bersubstrat pasir berlumpur terutama dibagian terdepan pantai, dengan frekuensi genangan 30-40 kali/bulan (Bengen, 2004).

2.4 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 terjangan terhadap gelombang yang menentukan jumlah substrat yang dapat dimanfaatkan. Penyebaran dan zonasi hutan mangrove tergantung

pada berbagai faktor lingkungan. Berikut salah satu tipe zonasi hutan mangrove di Indonesia (Bengen, 2001), lihat gambar 3:

1. Daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir, sering ditumbuhi oleh *Avicennia* sp. Pada zona ini biasa berasosiasi *Sonneratia* sp yang dominan tumbuh pada lumpur dalam yang kaya bahan organik.
2. Lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora* sp. Di zona ini juga dijumpai *Bruguiera* sp.
3. Zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera* sp.
4. Zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah biasa ditumbuhi oleh *Nypa*, dan beberapa spesies palem lainnya.



Gambar 3. Zonasi ekosistem mangrove.
Sumber : Welly dkk, 2010

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)

2.5 Fungsi Hutan Mangrove

Fungsi hutan mangrove dapat digolongkan menjadi fungsi ekologis dan fungsi fisik (Rahmawati, 2006). Hutan mangrove secara ekologis berfungsi sebagai tempat mencari makan (*feeding-ground*), tempat memijah (*spawning ground*), tempat berkembang biak (*nursery ground*) berbagai jenis ikan, udang, kerang dan biota laut, tempat bersarang berbagai jenis satwa liar terutama burung dan reptil. Peranan terpenting ekologi mangrove terhadap ekosistem perairan pantai adalah lewat serasah mangrove yang gugur berjatuhan ke dalam air.

Serasah mangrove merupakan sumber bahan organik yang penting dalam rantai makanan. Kesuburan perairan sekitar kawasan mangrove kuncinya terletak pada masukan bahan organik yang berasal dari serasah mangrove ini. Sementara daun mangrove segar merupakan pakan yang digemari kambing dan sapi/kerbau. Serasah mangrove menjadi bahan makanan berbagai jenis hewan air yang dihancurkan terlebih dahulu oleh kegiatan bakteri dan jamur (*fungi*). Hancuran bahan-bahan organik (*detritus*) kemudian menjadi bahan makanan penting bagi cacing, dan hewan-hewan lain. Pada tingkat berikutnya hewan-hewan ini pun menjadi makanan bagi hewan-hewan lainnya yang lebih besar dan seterusnya (Muharam, 2014).

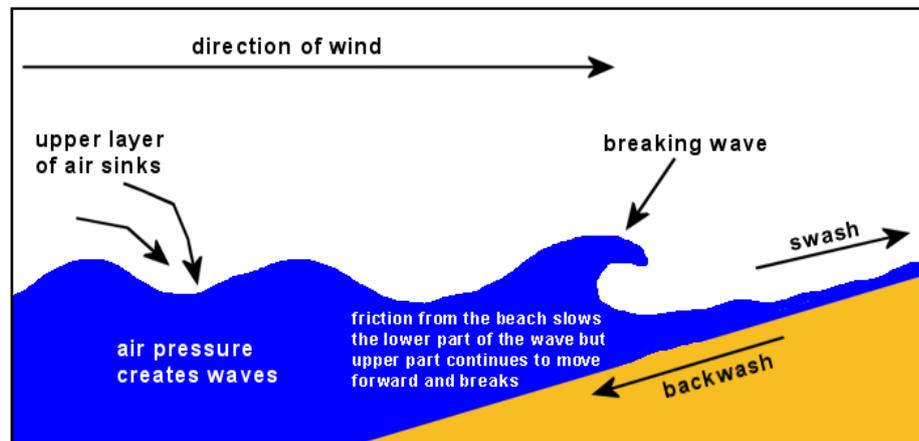
Hutan mangrove secara fisik berfungsi menyerap polutan, melindungi pantai dari abrasi, meredam ombak, menahan sedimen, meredam air pasang yang mengakibatkan banjir dan sebagai tempat berkembang biaknya biota laut, mengolah bahan limbah, penghasil detritus, memelihara kualitas air, penyerap CO₂ dan penghasil O₂ (Nybakken, 1988 dan Nababan, 2016). Fungsi fisik hutan mangrove yaitu menjaga garis pantai agar tetap stabil, melindungi pantai dan tebing sungai dari proses erosi atau abrasi, serta menahan atau menyerap tiupan angin kencang dari laut ke darat (Arief, 2007 dan Nababan, 2016).

2.6 Gelombang Laut

Gelombang laut dapat didefinisikan sebagai proses gerakan naik turunnya molekul air laut, membentuk puncak dan lembah pada lapisan permukaan air laut. Energi utama yang membentuk sistem pesisir pantai adalah gelombang. Gerakan gelombang laut (*sea wave*) ini terbentuk karena adanya gerakan angin yang menimbulkan gaya tekan ke bawah, gaya ini akan mendorong permukaan air menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tempat di sekitarnya yang mengakibatkan ketidakseimbangan sehingga terjadi dorongan massa air yang lebih tinggi untuk mengisi tempat yang lebih rendah (kadang-kadang gelombang laut ini timbul akibat aktivitas vulkanisme atau tektonisme di dasar laut).

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

dan dibangun dari bawah ke permukaan. Sedangkan gelombang permukaan merupakan gelombang yang terjadi antara batas dua media seperti batas air dan udara (Tarigan, 1987 dan Rego, 2018), lihat gambar 4.



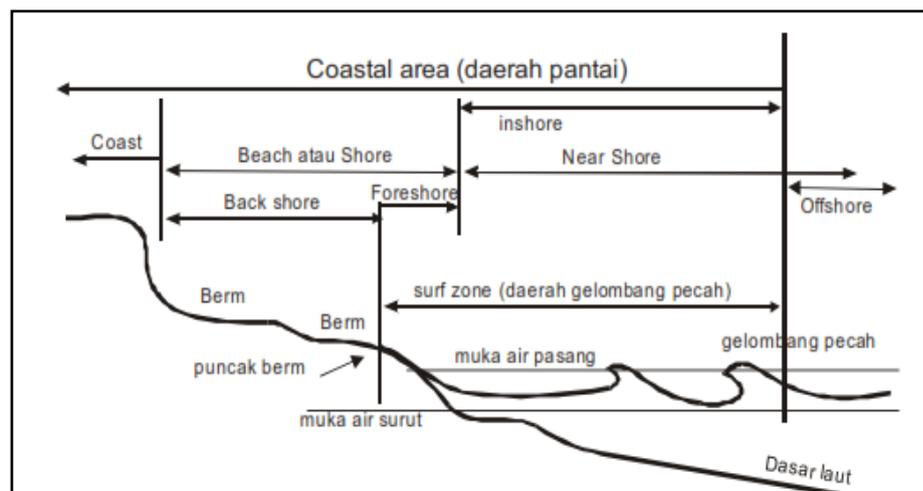
Gambar 4. Gelombang saat pasang surut.
Sumber : Tarigan, 1987

Gelombang dapat juga menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Proses tersebut akan berlangsung terus menerus sesuai dengan energi kecepatan angin yang menekannya. Gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya.

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena perubahan kedalaman laut. Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang (perbandingan antara tinggi dan panjang 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 (*uprush* dan *downrush*).

Gelombang akan menimbulkan riak di permukaan air dan akhirnya berubah menjadi gelombang yang besar. Gelombang yang bergerak dari zona laut lepas sampai tiba di zona dekat pantai (*nearshore beach*) akan melewati beberapa zona gelombang yaitu : zona laut dalam (*deep water zone*), zona refraksi (*refraction zone*), zona pecah gelombang (*surf zone*), dan zona pangadukan gelombang (*swash zone*) (Dyer, 1978 dan Rego, 2018), lihat gambar 5.



Gambar 5. Karakteristik gelombang pantai.
Sumber: CERC SPM, 1984

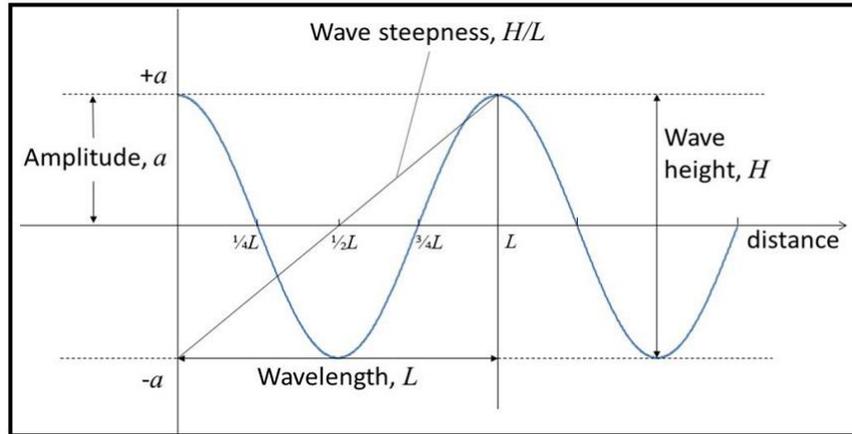
➤ Energi Gelombang

Kerapatan vegetasi mangrove menjadi penentu peredaman gelombang, sehingga perlu dilakukan perhitungan dan simulasi agar dapat melihat berbagai hubungan dengan jenis mangrove

tersebut. Gelombang merambat horizontal, membawa energi gelombang. Tingkat dimana energi disediakan di pantai disebut energi ombak yang merupakan produk dari energi gelombang. Redaman gelombang terjadi ketika gelombang kehilangan atau menghilangkan energi, yang mengakibatkan pengurangan tinggi gelombang, lihat gambar 6.

Pada gelombang yang mendekati pantai (sebelum terjadi peredaman energi), peredaman energi terjadi melalui gesekan bawah. Adanya vegetasi atau substrat yang tidak rata akan menyebabkan penurunan energi dan tinggi gelombang. Proses itu biasanya disebut dengan peredaman gelombang. Adanya hasil vegetasi dan substrat dalam gaya gesek yang sangat meningkatkan nilai redaman gelombang dibandingkan dengan alas halus.

Output dari alat ukur gelombang adalah ketinggian gelombang maksimum (H_{maks}). Tinggi gelombang maksimum dapat digunakan untuk menghitung peredaman gelombang, dengan data *output* tersebut dapat dihitung peredaman yang akan terjadi sebagai data pendukung dalam perencanaan bangunan tepi pantai.



Gambar 6. Vertikal profil gelombang laut ideal (monokromatik).
Sumber : Park, 1999

Kemampuan peredaman gelombang (deviasi gelombang) dihitung berdasarkan tinggi gelombang maksimum di depan dikurangi tinggi gelombang maksimum di belakang mangrove. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\Delta H = H_i - H_t$$

Dimana ΔH adalah kehilangan tinggi gelombang yang terjadi (m), H_i adalah tinggi gelombang datang sebelum menghantam sesuatu (m), dan H_t adalah tinggi gelombang setelah menghantam sesuatu (m). Gelombang menghasilkan energi yang akan menghantam serasah mangrove. Gelombang merambat secara horizontal. Energi gelombang monokromatik terkait dengan kuadrat tingginya (Dean, 2002).

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

$$E_i = \frac{1}{8} \rho g H_i^2$$

$$E_t = \frac{1}{8} \rho g H_t^2$$

$$\Delta E = \frac{1}{8} \rho g \Delta H^2$$

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)

ΔE = 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)

ΔH = deviasi tinggi gelombang (J/m^2)

ρ = 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* dalam mengurangi energi gelombang.

2.7 Deformasi Gelombang

Deformasi gelombang adalah perubahan bentuk atau sifat gelombang yang disebabkan oleh beberapa faktor ketika mendekati pantai. Perubahan tersebut pada akhirnya berpengaruh pada garis pantai dan bangunan yang

ada di sekitarnya. Besarnya energi gelombang yang sampai di pantai tergantung pada tinggi gelombang yang datang. Tinggi gelombang dapat dikurangi dengan membuat struktur melintang arah gelombang. Apabila gelombang pada saat penjalaran mengalami suatu rintangan, sebagian energinya akan dihancurkan melalui proses gesekan dan turbulensi. Pada lokasi bangunan pantai sebagian energi gelombang akan ditransmisikan, dan energi yang tersisa akan dihancurkan akibat pecahnya gelombang. (Ariyanto, 2011 dan Lasarika, 2016).

a. Gelombang Datang

Gelombang datang adalah gelombang dari arah laut menuju ke mangrove. Ketika gelombang datang menghantam mangrove, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang menyebabkan tinggi gelombang tidak menentu yang akhirnya gelombang tersebut akan pecah dan melepaskan energinya. Gelombang datang mengalami perubahan tinggi gelombang, serta pengurangan energi gelombang dari gelombang yang datang sebelum mengenai struktur. Perbandingan atau rasio antara tinggi gelombang transmisi (*transmission wave*) yang terjadi dengan tinggi gelombang datang (*incident wave*) atau perbandingan antara perbandingan antara tinggi gelombang transmisi dengan tinggi gelombang datang merupakan suatu nilai koefisien yang dinamakan dengan koefisien transmisi (*transmission coefficient*) yang disimbolkan dengan (Kt). Nilai koefisien ini dapat

digunakan untuk pertimbangan perencanaan konstruksi *breakwater* yang cukup memadai dan ekonomis dari jenis struktur yang sama (Ariyanto, 2011).

b. Gelombang Transmisi

Tinggi gelombang yang tertransmisikan akan lebih kecil daripada gelombang kejadian, begitu pula dengan energi gelombangnya yang pasti akan berbeda besarnya. Derajat dari gelombang transmisi didefinisikan sebagai koefisien transmisi. Pada saat meninjau sebuah gelombang yang tidak beraturan, koefisien transmisi didefinisikan sebagai rasio atau perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan dengan gelombang kejadian atau pada indikasi-indikasi transmisi serta kejadian lainnya. Berikut ini merupakan rumus menghitung koefisien transmisi gelombang laut (K_t) (Sidek dkk, 2007) :

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

Dimana : K_t = Koefisien transmisi (tanpa satuan), H_i = Tinggi gelombang datang (m), dan H_t = Tinggi gelombang transmisi (m). Besaran koefisien transmisi yang nilainya merupakan perbandingan antara tinggi gelombang transmisi dan gelombang datang inilah yang menunjukkan tingkat kemampuan hutan mangrove dalam meredam gelombang laut yang melaluinya.

Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap penentuan koefisien transmisi gelombang pada penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut : (Triatmodjo, B. 1999).

$$K_t = \left[\frac{H_t}{H_i} \right] \sim (H_i, g, N_p)$$

Dimana : K_t = Koefisien transmisi (tanpa satuan), H_i = Tinggi gelombang datang (m), H_t = Tinggi gelombang transmisi (m), g = percepatan gravitasi (m/s^2) dan N_p = nilai porositas (tanpa satuan).

Gelombang panjang akan menghasilkan gelombang transmisi yang lebih besar dibandingkan gelombang pendek. Selain itu transmisi gelombang juga dipengaruhi oleh tinggi gelombang datang (H_i) dengan alat SBE 26 yang diletakkan saat gelombang akan masuk mangrove dan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan alat RBRDuo T.D yang diletakkan di belakang mangrove.

2.8 Serasah Mangrove

Serasah adalah lapisan yang terdiri dari bagian-bagian tumbuh-tumbuhan yang telah mati seperti guguran daun, bunga dan buah, kulit kayu serta lainnya yang jatuh di permukaan tanah sebelum bahan-bahan tersebut mengalami dekomposisi (Dephut, 1997). Sehingga dapat disimpulkan bahwa serasah mangrove yang belum mengalami dekomposisi ikut berperan penting dalam menahan laju gelombang yang menuju garis pantai.

Serasah mangrove berupa daun, ranting dan biomassa lainnya yang jatuh menjadi sumber pakan biota perairan dan unsur hara yang sangat menentukan produktifitas perikanan laut. Produksi serasah merupakan bagian yang penting dalam transfer bahan organik dari vegetasi ke dalam tanah. Unsur hara yang dihasilkan dari proses dekomposisi serasah di alam tanah sangat penting dalam pertumbuhan mangrove dan sebagai sumber detritus bagi ekosistem laut dan estuari dalam menyokong kehidupan berbagai organisme akuatik. Apabila serasah di hutan mangrove ini diperkirakan dan dipadukan dengan perhitungan biomassa lainnya, akan diperoleh informasi penting dalam produksi, dekomposisi, dan siklus nutrisi ekosistem hutan mangrove (Kavvadias dkk, 2001 dan Moran dkk, 2000).

Kontribusi yang paling penting dari hutan mangrove dalam kaitannya dengan ekosistem pantai adalah serasah. Diperkirakan tinggi produktivitas rata-rata serasah adalah sebesar $4,05 \text{ gr/m}^2/\text{hari}$ atau $14,78 \text{ ton/ha/tahun}$ dengan penyumbang terbesar dari serasah daun, sedangkan sisanya oleh makroorganisme (terutama kepiting) dan organisme pengurai diubah sebagai detritus atau bahan organik mati. Selain itu mangrove berfungsi sebagai pelindung pantai, penstabilisasi, penyangga serta pencegah erosi yang diakibatkan oleh arus, gelombang, dan angin bagi kelangsungan hidup manusia dan mamalia di darat dan biota perairan di laut (Indria, 2016).

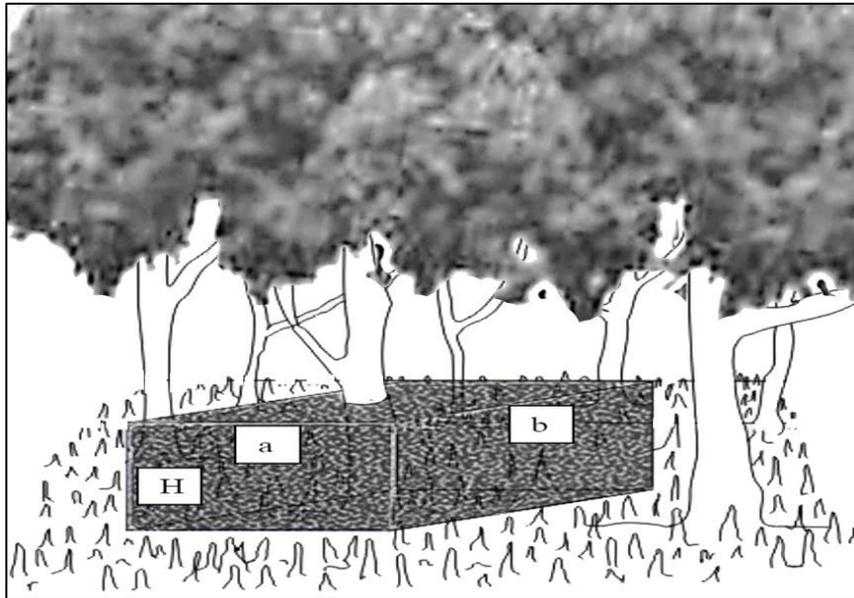
Perhitungan dari volume serasah mangrove yang disederhanakan ke bentuk kubus atau silinder lingkaran dan tinggi serasah mangrove diambil tinggi rata-rata serasah mangrove, lihat gambar 7.

$$k = 2a + 2b$$

$$L = a \times b$$

$$V = L \times H$$

Dimana : k = keliling (m), a = panjang (m), b = lebar (m), L = Luas (m^2), V = volume (m^3), H = tinggi (m).



Gambar 7. Ilustrasi volume serasah mangrove.

➤ Nilai Porositas

Nilai porositas adalah ukuran ruang kosong di antara mangrove.

Analisa data dilakukan dengan tahapan menghitung nilai porositas

(N_p) pada masing-masing rumpun mangrove *Avicennia* sp

(La Thi C, 2001) :

$$N_p = 1 - \frac{V_t}{V_0}$$

Dimana : N_p = nilai porositas (tanpa satuan), V_t = volume serasah *Avicennia sp* (m^3), V_0 = volume kontrol total (m^3), $N_p = 1$ menunjukkan ketiadaan mangrove, dan $N_p = 0$ menunjukkan dinding sepenuhnya reflektif (Park, 1999).

2.9 Korelasi Ganda (R^2)

Analisis ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua atau lebih variabel (X_1, X_2, \dots, X_n) terhadap variabel (Y). Koefisien menunjukkan seberapa besar hubungan yang terjadi antara variabel (X_1, X_2, \dots, X_n) terhadap variabel (Y). Nilai R berkisar antara 0 sampai 1, nilai semakin mendekati 1 berarti hubungan yang terjadi semakin kuat, sebaliknya nilai semakin mendekati 0 maka hubungan yang terjadi semakin lemah. Pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi sebagai berikut: (Sugiyono, 2007).

0,00 - 0,199 = sangat rendah

0,20 - 0,399 = rendah

0,40 - 0,599 = sedang

0,60 - 0,799 = kuat

0,80 - 1,000 = sangat kuat

2.10 Acuan Awal Desain Konstruksi dengan Ekosistem Mangrove

Perencanaan konstruksi tepi pantai yang menekankan pada aspek lingkungan dapat dilakukan dengan memanfaatkan fungsi fisik mangrove.

Fungsi fisik mangrove salah satunya adalah meredam gelombang, sebagaimana hasil yang telah dilakukan bahwa mangrove *Avicennia marina* di Pantai Indah Kapuk dapat meredam gelombang hingga 50 % (Rego, 2018). Gelombang menjadi salah satu penyebab utama dalam proses perubahan pantai. Gelombang menimbulkan arus sejajar pantai yang menjadikan material-material bergerak sehingga abrasi serta kerusakan pada struktur pantai dapat terjadi. Untuk menanggulangi masalah tersebut dapat dibangun bangunan pelindung pantai seperti pemecah gelombang (*breakwater*). Bangunan-bangunan tersebut memegang 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 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).

Mangrove *Avicennia marina* mampu meredam energi gelombang.

Peredaman energi gelombang semakin besar dengan bertambahnya jarak ketebalan mangrove tersebut. Faktor peredam gelombang oleh mangrove *Avicennia marina* yang utama adalah jarak mangrove, kepadatan batang

pohon dan volume serasah. Selain itu faktor lainnya yaitu kedalaman laut, kemiringan bathimetri dan akar nafas.

Hampir semua mangrove yang tumbuh di zonasi terluar adalah mangrove *Avicennia marina*. Ke arah darat dijumpai hanya sedikit jenis mangrove *Rhizophora*. Kondisi lingkungan seperti substrat, salinitas dan pasang surut yang mendukung berkembangnya mangrove *Avicennia marina*. Penentuan lokasi stasiun penelitian dilakukan dengan mencari mangrove *Avicennia marina* yang bebas dari hambatan, lihat gambar 8.

Posisi mangrove *Avicennia marina* tersebut di zonasi terdepan mengikuti aturan hukum dan ekologi mangrove. Tentunya perencanaan ini tidak boleh melanggar ketentuan yang sudah ditetapkan. Desain layout dibuat berdasarkan konsep yaitu menjadikan mangrove sebagai basis perencanaan. Mangrove dalam desain digambarkan ada pada posisi terdepan untuk melindungi bangunan yang ada dibelakangnya seperti perumahan maupun pelabuhan. Saling melindungi antara manusia dan mangrove agar terjaga keberlanjutan ekosistem mangrove sehingga terjadi keseimbangan lingkungan.



Gambar 8. Mangrove *Avicennia marina* sebagai peredam gelombang.

Gambar di atas mendeskripsikan wilayah stasiun pengamatan, dimana stasiun tersebut merupakan mangrove dengan kategori baik, bebas dari halangan dan dapat berfungsi meredam gelombang. Mangrove dapat dikatakan berfungsi dengan baik dalam melakukan redaman gelombang bila benar-benar bebas dari benda apapun, misalnya batu, pemecah gelombang, sampah, kayu, bakau mati dan konstruksi bangunan tepi pantai lainnya (Herison, 2014).

Beberapa acuan dasar profil perencanaan sebagai berikut:

1. Kepres No. 32 Tahun 1990 Tentang Pengelolaan Kawasan Lindung:
Mempertahankan ekosistem mangrove yang ada.

2. Berdasarkan tingkat kelandaian batimetri dimana $i = 1:220$, maka jarak maksimum jarak mangrove yang masih dapat tumbuh adalah sebesar 325 meter dari arah laut (Herison, 2014).
3. Berdasarkan penelitian jarak optimum untuk *species* mangrove *Avicennia marina* yang dapat meredam gelombang adalah sebesar 50 meter.
4. Perda Kab. Lampung Timur No 4 Tahun 2012 Tentang RTRW 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.

5. Banyak aturan hukum teknik sipil, konservasi, hutan mangrove dan lainnya yang diterapkan untuk pembangunan tersebut dalam rangka pengelolaan terpadu kawasan. Pemerintah harus membuat aturan yang lebih ketat agar setiap insan dapat menjaga kelestarian dan keberlanjutannya bila kawasan itu telah ada.

a. Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan didefinisikan sebagai pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan

generasi mendatang untuk dapat memenuhi kebutuhannya (WCED, 1987). Pembangunan berkelanjutan tidak boleh membahayakan sistem alam yang mendukung semua kehidupan di bumi (Tannis, 1999).

Sumber daya alam harus dikelola agar berkelanjutan sebagai dasar peningkatan kesejahteraan manusia dan kegiatan ekonomi. Kesepakatan ini jelas menyatakan bahwa pengelolaan sumber daya alam harus mempertimbangkan ketiga aspek sekaligus yakni ekologi, ekonomi dan sosial budaya. Tujuan utama perencanaan lingkungan adalah meningkatkan dan melestarikan kualitas lingkungan bagi kesejahteraan warga.

b. Pengelolaan Wilayah Pesisir

Pesisir adalah jalur yang sempit dimana terjadi interaksi darat dan laut. Artinya, kawasan pesisir meliputi kawasan darat yang masih dipengaruhi oleh sifat-sifat laut (gelombang, pasang surut) dan kawasan laut yang masih dipengaruhi oleh aktivitas manusia di daratan (sedimentasi, pencemaran). Wilayah pesisir merupakan tempat yang sangat unik, karena di tempat ini air tawar dan air asin bercampur dan menjadikan wilayah ini sangat produktif serta kaya akan ekosistem yang memiliki keanekaragaman hayati. Pesisir tidak sama dengan pantai, karena pantai merupakan bagian dari pesisir.

Beberapa sumber daya yang dapat pulih yaitu: hutan mangrove, ekosistem terumbu karang, rumput laut, sumber daya perikanan laut. Sumber daya

tersebut merupakan ekosistem utama pendukung kehidupan di wilayah pesisir. Selain mempunyai fungsi ekologis sebagai penyedia nutrisi bagi biota perairan, tempat pemijahan dan asuhan bagi bermacam biota, penahan abrasi, penahan amukan angin dan tsunami, penyerap limbah, pencegah intrusi air laut, dan lain sebagainya, sumber daya lain yang terdapat di pesisir juga mempunyai fungsi ekonomis seperti penyedia kayu, daun-daunan sebagai bahan baku obat-obatan, dan lain-lain.

Perencanaan pembangunan pesisir secara terpadu tersebut harus memperhatikan tiga prinsip pembangunan berkelanjutan untuk pengelolaan wilayah pesisir yang dapat diuraikan sebagai berikut : (Fabianto, 2014).

1. Instrumen ekonomi lingkungan telah menjadi bagian dari pengambilan keputusan, yang memasukkan parameter lingkungan untuk melihat analisis biaya-manfaat. Misalnya pembangunan pabrik di wilayah pesisir harus memperhitungkan tingkat pencemarannya terhadap laut, perlunya pengolahan limbah ikan di Tempat Pelelangan Ikan, dan lain-lain.
2. Isu lingkungan seperti konservasi keanekaragaman hayati menjadi perhatian utama dalam pengambilan keputusan;
3. Pembangunan berkelanjutan sangat memperhatikan kualitas hidup manusia pada saat sekarang dan masa yang akan datang, termasuk di dalamnya adalah sarana pendidikan bagi masyarakat pesisir, penyediaan fasilitas kesehatan dan sanitasi yang memadai, dan mitigasi bencana.

c. Pendekatan Ekologi

Ekologi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya atau keselarasan antara manusia dengan alam. Pendekatan ekologi merupakan prinsip desain berkelanjutan. Sehingga, konsep desain perancangan yang diterapkan dapat mengurangi kerusakan ekosistem mangrove. Kriteria bangunan sehat dan ekologis yaitu: (Frick, 1998).

- a. Menciptakan kawasan hijau di antara kawasan bangunan.
- b. Memilih tampak bangunan yang sesuai.
- c. Menggunakan bahan bangunan buatan lokal.
- d. Menggunakan ventilasi alam dalam bangunan.
- e. Memilih lapisan permukaan dinding dan langit-langit ruang yang mampu mengalirkan uap air.
- f. Menjamin bahwa bangunan tidak menimbulkan permasalahan lingkungan.
- g. Menggunakan energi terbarukan.
- h. Menciptakan bangunan bebas dapat digunakan semua umur.

Hubungan timbal balik antara manusia dengan lingkungannya merupakan dasar dari pendekatan ekologi, yaitu sebuah unsur yang berbeda tetapi dapat berjalan secara serasi dan saling mendukung.

III. METODOLOGI PENELITIAN

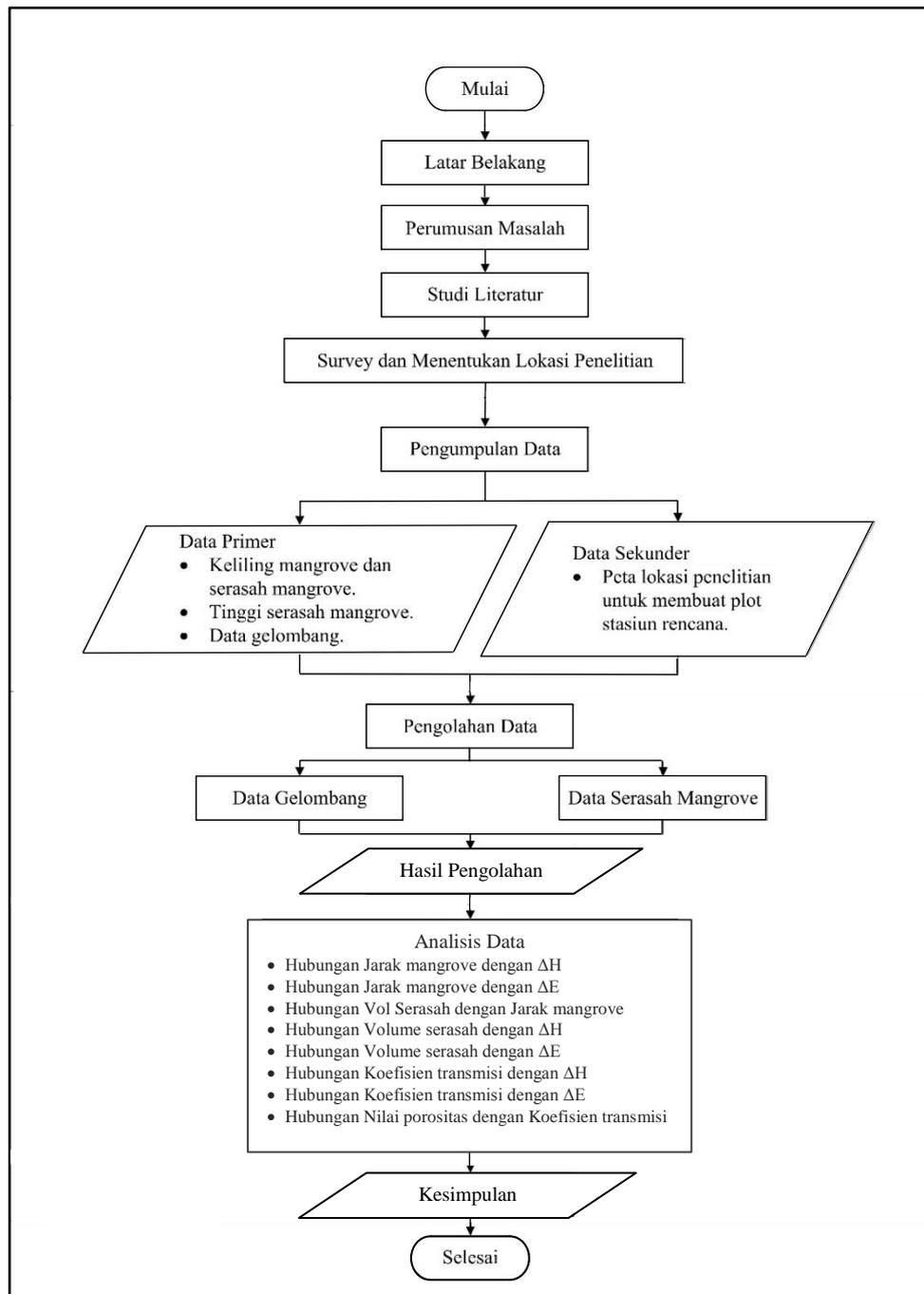
3.1 Umum

Metodologi penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dari hasil penelitian (Sugiyono, 2013). Metodologi penelitian mencakup langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian yang kemudian disusun secara sistematis yaitu mulai dari langkah awal berupa ide hingga akhirnya mendapat hasil penelitian berupa kesimpulan. Metodologi penelitian sangat penting dalam penelitian karena berhasil tidaknya suatu penelitian tergantung pada benar tidaknya metodologi penelitian yang digunakan. Metodologi penelitian yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu :

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 9.



Gambar 9. 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. Informasi tersebut kemudian diidentifikasi dan dirumuskan permasalahannya untuk mendapatkan kasus penelitian beserta tujuannya. Kemudian dilakukan studi literatur untuk mengetahui metode analisis dalam menyelesaikan permasalahan tersebut.

➤ **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, lihat gambar 10.

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 contohnya *breakwater* atau pagar pemecah gelombang, sehingga mangrove langsung berhadapan dengan gelombang yang datang.

Penelitian berlokasi di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur.

Pengamatan gelombang terdiri dari 5 titik stasiun berupa plot dengan ukuran 50 x 20 m yang dibagi dalam 5 lebar 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 T.D.

Lokasi penelitian dapat dicapai dengan menggunakan perahu dari sungai di Desa Purworejo, Kecamatan Pasir Sakti, Lampung Timur.



Gambar 10. Peta lokasi penelitian.

3.2.2 Tahapan Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian dilakukan langsung di lapangan. Dari tahap pengumpulan data didapatkan data mentah yang kemudian diolah agar mendapatkan tujuan dari penelitian.

a. Data–Data Penelitian

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

1. Data primer

Data ini didapat langsung oleh tim penelitian di lapangan dengan cara melakukan pengamatan atau pengukuran terhadap variabel-

variabel yang dibutuhkan. Berikut data primernya:

- a) Keliling mangrove dan serasah mangrove.
- b) Tinggi serasah mangrove.
- c) Data gelombang dari alat ukur SBE 26 dan RBRDuo T.D.

2. Data sekunder

Data ini bukan dari pengambilan langsung melainkan dari instansi terkait atau sumber lainnya. Data sekundernya yaitu:

- Peta lokasi penelitian untuk memudahkan dalam membuat plot stasiun rencana.

b. Peralatan dalam Proses Pengambilan Data Gelombang

Pengukuran tinggi gelombang menggunakan alat tipe SBE 26 dari DISHIDROS TNI Angkatan Laut sebanyak 1 unit dan alat tipe RBRDuo T.D sebanyak 1 unit. Alat SBE 26 dipasang pada bagian 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, 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 pengambilan data gelombang tersebut menggunakan detail alat-alat sebagai berikut :

1. SBE 26

SBE 26 (*Sea Bird Electronics*) adalah alat ukur gelombang yang diletakkan di bagian depan dari mangrove. Alat ini berfungsi mencatat data gelombang datang yang tegak lurus dengan mangrove. Sebelum proses pencatatan 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, lihat gambar 11.



Gambar 11. SBE 26 (*Sea Bird Electronics*).

2. RBRDuo T.D

RBRDuo T.D adalah alat ukur gelombang yang diletakkan

di bagian belakang mangrove. 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 lebih mudah untuk memindahkan alat ini dengan cepat, maka dari itu alat tersebut diletakkan di bagian belakang mangrove.

Proses pencatatan dilakukan setelah 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, sebelum proses pencatatan di lokasi penelitian alat tersebut harus diatur terlebih dahulu interval waktu pencatatan gelombang agar sesuai dengan waktu pencatatan gelombang yang diambil oleh SBE 26 (*Sea Bird Electronics*), lihat gambar 12.



Gambar 12. RBRDuo T.D.

c. Proses Pengambilan Data Gelombang

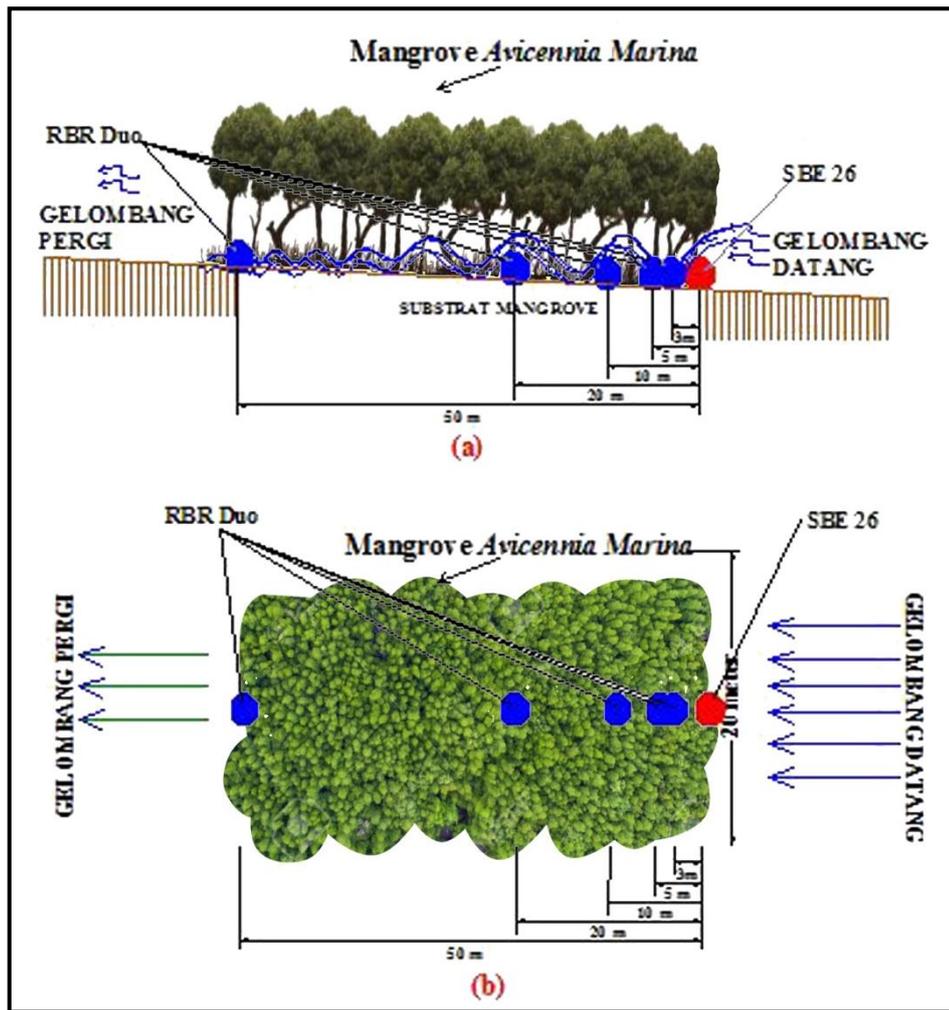
Pelaksanaan kegiatan pengukuran ketinggian gelombang mengikuti kondisi pasang surut gelombang, pengambilan data dilaksanakan pada malam hari pada saat waktu gelombang pasang tertinggi. Pengambilan data dimulai pada saat mulainya kondisi gelombang pasang sampai selesainya keadaan gelombang pasang.

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 dilakukan analisis berdasarkan besarnya rambatan gelombang sebelum dan sesudah melewati serasah mangrove tersebut.

Proses pengambilan dan pengolahan data gelombang yang dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut (Herison dkk, 2017), lihat gambar 13:

1. Melakukan pra survei 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. Teknisi yang dimaksud adalah pihak dari DISHIDROS Angkatan Laut sebagai pemilik alat ukur gelombang yang digunakan dalam penelitian ini.
 - 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 penelitian.
- d. Melakukan perjalanan dengan menggunakan transportasi kapal menuju lokasi penelitian.
 - e. Pemasangan alat ukur. Untuk bagian depan mangrove, alat yang dipasang adalah SBE 26 sedangkan pada bagian belakang mangrove, alat yang dipasang adalah RBRDuo T.D.
 - f. Melakukan pengukuran oleh SBE 26 dan RBRDuo T.D. Alat tersebut 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 mengolah hasil yang didapat di lapangan. Kemudian memprosesnya menjadi *output* data berupa data mentah (*RAWDATA*).
 6. Melakukan pengolahan dan analisis data gelombang pada masing-masing stasiun.



Gambar 13. Ilustrasi Pengambilan data tampak samping (a), tampak atas (b).

d. Peralatan dalam Proses Pengumpulan Data Serasah

Peralatan yang digunakan dalam pengumpulan data serasah mangrove berfungsi untuk mempermudah pengumpulan data di lapangan, berikut beberapa alat serta fungsinya (Rego, 2018):

1. Meteran *Roll* 30 m berfungsi untuk mengukur berbagai data yang dibutuhkan di lokasi penelitian.
2. Alat tulis penelitian digunakan untuk mencatat hasil data penelitian di lapangan.

3. Alat P3K berfungsi sebagai pertolongan pertama saat terjadi kecelakaan kerja di lapangan.
4. *Pilox* digunakan sebagai penanda titik stasiun saat pengambilan sampel di lokasi.
5. Kontainer plastik digunakan sebagai wadah penyimpanan barang-barang penelitian yang rentan terhadap air.
6. Senter digunakan sebagai alat bantu penerangan saat pengambilan data di malam hari.
7. *Life jacket* digunakan sebagai alat keselamatan di lokasi penelitian, dikarenakan lokasi berada di laut.
8. Kamera *waterproof* digunakan untuk dokumentasi saat penelitian agar aman dari air, lihat gambar 14.



Gambar 14. Kamera *waterproof*.

9. *GPS mapping* digunakan untuk pemetaan dan mengetahui titik pengambilan sampel pada daerah terpencil seperti

hutan mangrove, lihat gambar 15.



Gambar 15. GPS *mapping*.

e. Metode Pengumpulan Data Serasah

Analisis vegetasi tumbuhan menggunakan metode transek (*line transect*) di kawasan hutan lindung Lueng Angen, Kecamatan Sukakarya, Kota Sabang. Keunggulan metode ini adalah cocok digunakan untuk mengetahui ekosistem hutan yang masih alami atau tidak diketahui kondisi sebelumnya (Campbell, 2004). Proses yang dilakukan adalah mengidentifikasi dan mengobservasi sebaran dan jenis mangrove *Avicennia marina* di setiap stasiun sebagai data penelitian untuk mengetahui pengaruh serasah mangrove dalam peredaman gelombang.

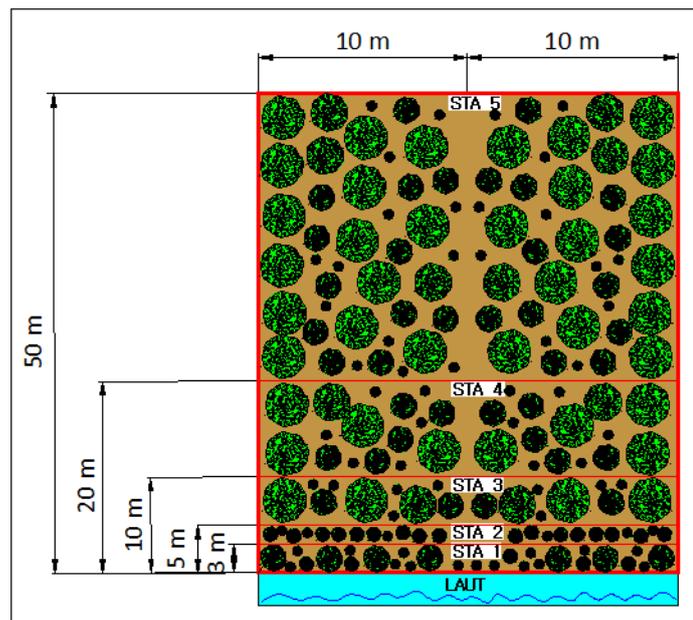
Pengukuran kegiatan ini menggunakan metode transek kuadrat. Metode transek kuadrat adalah metode penarikan garis tegak lurus

pantai, kemudian ditempatkan kuadrat ukuran 50 m x 20 m di atas garis tersebut (Herison dkk, 2017).

Pengumpulan data analisis peredaman oleh faktor serasah mangrove *Avicennia marina* dilakukan di Pesisir Pantai Pasir Sakti, Lampung Timur. Data gelombang dan data serasah yang diambil berupa keliling, dan tinggi serasah. Dalam melakukan pengambilan dan pengolahan data serasah mangrove di lokasi penelitian, tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut (Herison dkk, 2017), lihat gambar 17:

1. Melakukan persiapan, hal tersebut dimulai dari ordinat stasiun, peralatan, transportasi, peralatan cadangan dan peralatan P3K. Semua peralatan dimasukkan ke dalam 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 lebar jarak ketebalan mangrove 3 m dapat digunakan meteran, hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam penentuan titik stasiun berikutnya.

6. Mengulang tahapan no. 5 untuk lebar jarak ketebalan mangrove 5 m, 10 m, 20 m, dan 50 m sebagai titik stasiun selanjutnya.
7. Pengumpulan data serasah berupa keliling dan tinggi serasah mangrove dengan mengukur dan mencatat data yang didapat pada lebar jarak ketebalan mangrove 3 m.
8. Mengulang tahapan no. 7 untuk lebar jarak ketebalan mangrove 5 m, 10 m, 20 m, dan 50 m yang telah diberikan tanda sebagai titik acuan.
9. Melakukan pengolahan dan analisa data serasah mangrove pada masing-masing stasiun, lihat gambar 16.



Gambar 16. Plot lokasi stasiun penelitian.

3.2.3 Tahapan Pengolahan Data Primer

Tahap pengolahan data merupakan proses interpretasi data yang dikumpulkan untuk mendapatkan suatu hasil yang dibutuhkan atau

diinginkan. Proses pengolahan data yang dilakukan yaitu untuk memperoleh jawaban atas rumusan masalah yang ada berdasarkan data gelombang dan data volume serasah mangrove di lapangan, lihat gambar 18.

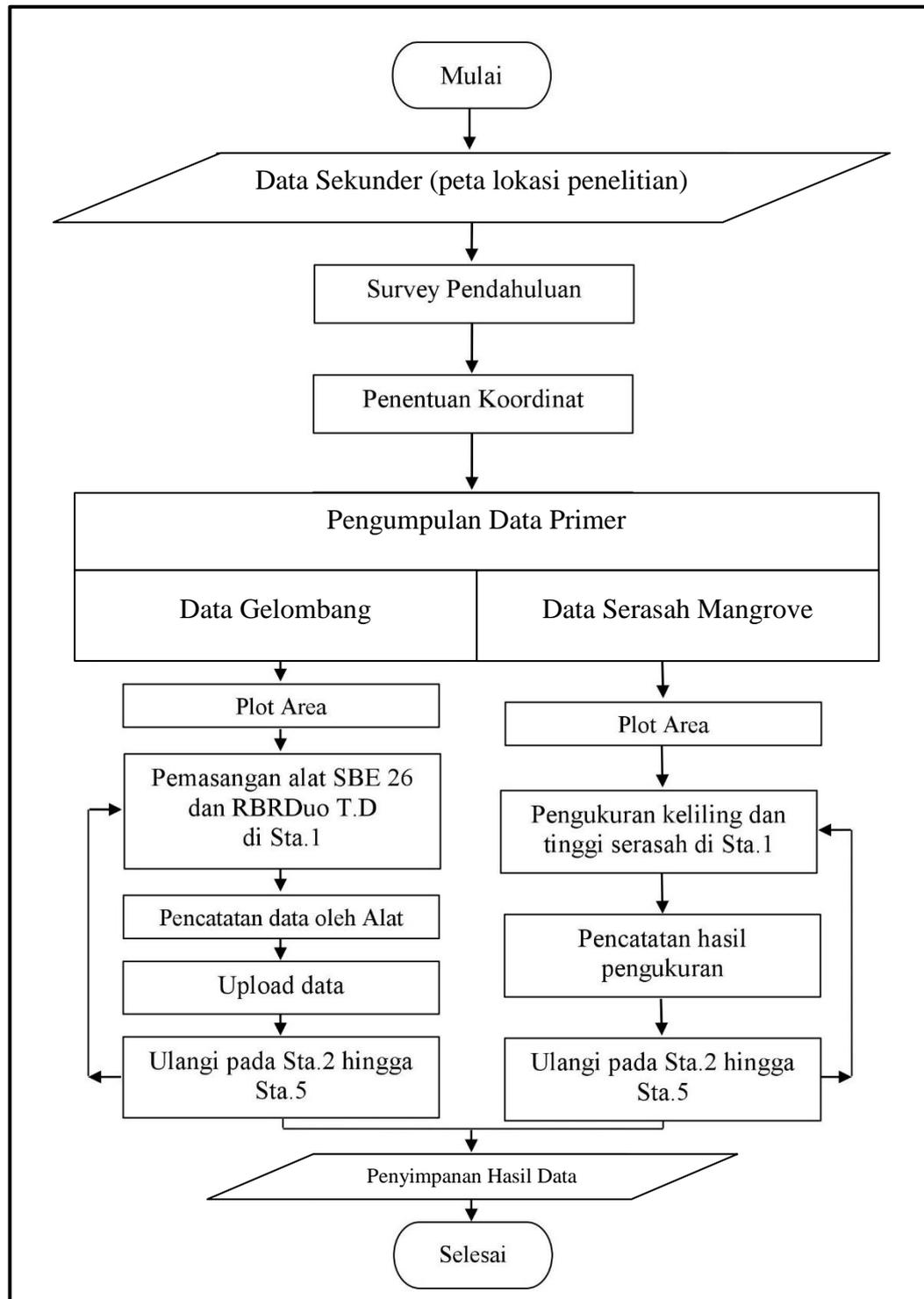
3.2.4 Tahapan Analisis

Tahap analisis pada penelitian ini mencakup seluruh kegiatan mengelaborasi kajian dan data yang telah diolah. Analisis ini dapat dilihat dari hasil pengolahan data yang diubah dalam bentuk grafik-grafik hubungan.

3.2.5 Tahapan Kesimpulan

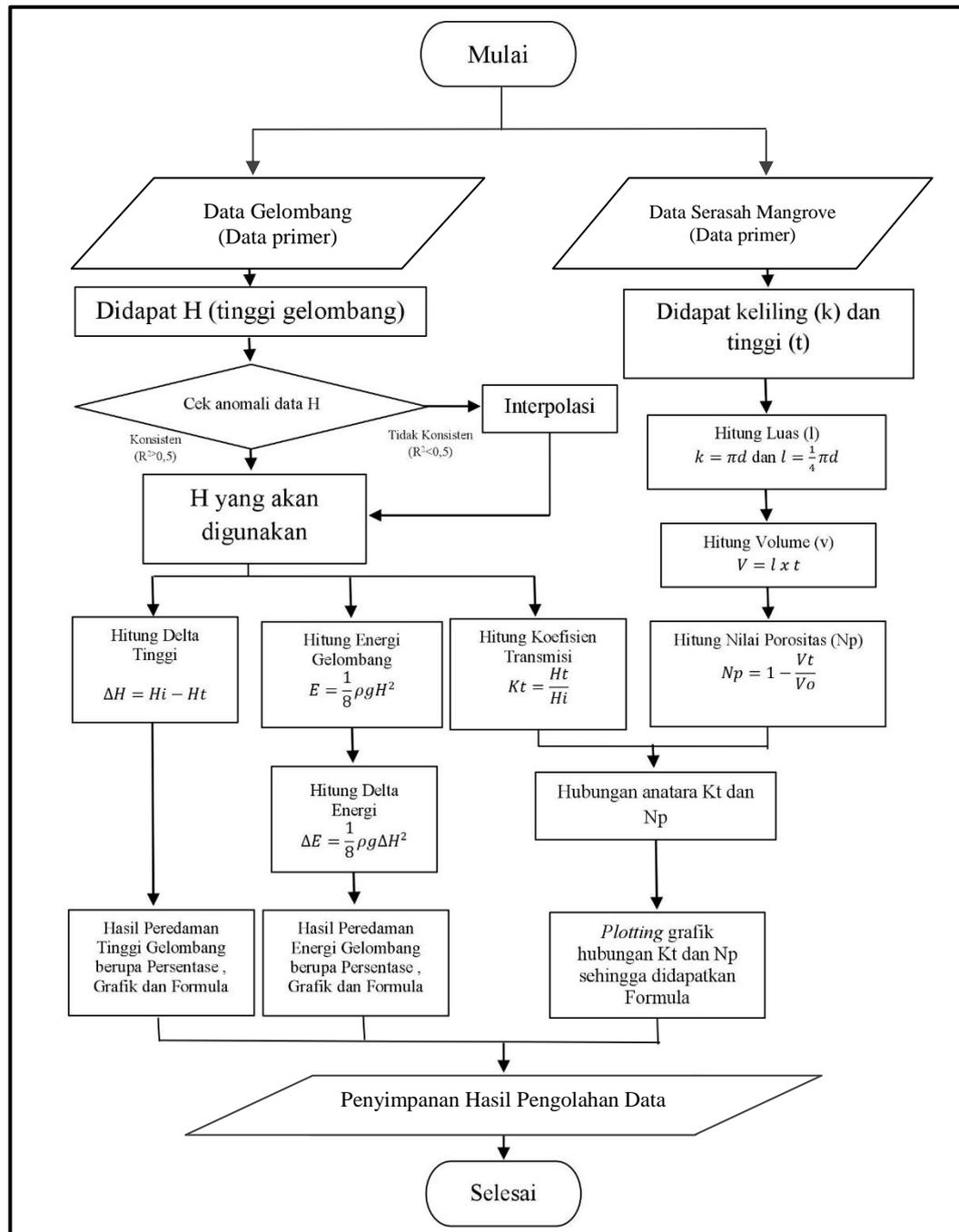
Bagian kesimpulan berisi hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada tahap ini dilakukan penyimpulan dari seluruh proses penelitian yang berujung pada jawaban dan saran dari rumusan masalah yang ada.

Flowchart Pengumpulan Data



Gambar 17. Flowchart pengumpulan data.

Flowchart Pengolahan Data Primer



Gambar 18. Flowchart pengolahan data primer.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin bertambah lebarnya jarak mangrove *Avicennia marina*, maka semakin besar peredaman gelombang.

Berikut persentase peredaman gelombang:

- a. Persentase peredaman gelombang berdasarkan ΔH terbesar terjadi pada jarak mangrove 33,79 m sebesar 97,5 %. Formula persentase peredaman tinggi gelombang yaitu

$$\Delta H = -0.0359x^2 + 2,4263x + 64,332.$$

- b. Persentase peredaman gelombang berdasarkan ΔE terbesar terjadi pada jarak mangrove 33,9 m sebesar 94,5 %. Formula persentase peredaman energi gelombang yaitu

$$\Delta E = -0.0592x^2 + 4,0142x + 39,267.$$

2. Serasah mangrove bila dilihat dari faktor volume terbukti memegang peranan penting sebagai elemen yang membantu peredaman gelombang oleh mangrove *Avicennia marina*. Formula volume serasah berdasarkan jarak mangrove yaitu $V = -0.0043x^2 + 0,5013x + 32,513$. Berikut beberapa formula yang dapat digunakan untuk mendukung perencanaan bangunan tepi pantai dengan mangrove sebagai peredam gelombangnya:

- a. Formula untuk menghitung peredaman tinggi gelombang berdasarkan volume serasah yaitu

$$\Delta H = -0,3538x^2 + 30,575x - 560,53.$$

- b. Formula untuk menghitung peredaman energi gelombang berdasarkan volume serasah yaitu

$$\Delta E = -0,577x^2 + 49,962x + 982,82.$$

- c. Formula untuk menghitung peredaman tinggi gelombang berdasarkan koefisien transmisi yaitu

$$\Delta H = 13,929x^2 - 105,04x + 100,11.$$

- d. Formula untuk menghitung peredaman energi gelombang berdasarkan koefisien transmisi yaitu

$$\Delta E = 123,7x^2 + 207,8x - 100,16.$$

- e. Formula untuk menghitung nilai porositas berdasarkan koefisien transmisi yaitu $N_p = -2,2855x^2 + 0,9387x + 0,74$.

3. Berdasarkan KEPPRES, PERDA Lampung Timur dan hasil dari analisis yang dilakukan dalam penelitian, maka ekosistem mangrove sebagai peredam gelombang dapat diaplikasikan dalam perencanaan perumahan dan pelabuhan, seperti contoh aplikasi pada gambar 37-46.

5.2 Saran

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

1. Mengangkat lokasi baru sebagai objek penelitian mangrove agar semakin banyak diketahui manfaat mangrove untuk mencegah abrasi pantai.
2. Melakukan penelitian dengan menggunakan mangrove jenis lain untuk dihitung efektivitasnya dalam meredam gelombang.
3. Menggunakan bagian lain dari mangrove yang berpeluang dalam mempengaruhi peredaman gelombang yang terjadi.
4. Melakukan pengukuran untuk satu waktu atau bersamaan dengan menggunakan alat ukur gelombang yang lebih banyak agar memberikan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Aji Ali., Junun Sartohadi., Tjut Sugandawaty Djohan dan Su Ritohardoyo. 2017. Erosi Pantai, Ekosistem Hutan Bakau dan Adaptasi Masyarakat terhadap Bencana Kerusakan Pantai di Negara Tropis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol. 15 Issue 1 ISSN 1829-8907. UNDIP. Semarang.
- Anova, Y. 2013. Keanekaragaman Mangrove di Pantai Kecamatan Panggungrejo Kota Pasuruan. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Arief, A. 2007. *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.
- Ariyanto, Irawan Yudha. 2011. Pengujian Efektivitas Peredaman Gelombang dengan Rancangan Struktur Sederhana Berbentuk Silinder. (Skripsi). Program Studi Teknik Sipil. Universitas Indonesia. Depok.
- Asrofi, Akhmad., Su Ritohardoyo dan Danang Sri Hadmoko. 2017. Strategi Adaptasi Masyarakat Pesisir dalam Penanganan Bencana Banjir Rob dan Implikasinya terhadap Ketahanan Wilayah (Studi di Desa Bedono Kecamatan Sayung Kabupaten Demak Jawa Tengah). *Jurnal Ketahanan Nasional*. Vol. 23 No.2 ISSN:0853-9340, ISSN:2527-9688. UGM-Yogyakarta.
- 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 Pengelolaannya*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. IPB. Bogor.
- Brinkman, R R., Mezei M M., Theilmann J., Almqvist E and Hayden M R. 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.

- Campbell, N A., Jane B., Reece., Lawrence G and Mitchell. 2004. *Biology*. (Terjemahan: Wasmen Manalu). Jakarta: Erlangga.
- CERC SPM. 1984. *Shore Protection Manual*. Volume II. US Army Corps of Engineering. Washington.
- Dean, R G and Dalrymple R A. 2002. *Coastal Processes with Engineering Applications*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Departemen Kehutanan. 1997. *Ensiklopedia Kehutanan Indonesia Edisi I*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta
- Dyer, K R. 1978. *Coastal and Estuarine Sediment Dynamics*. John Willey and Sons, Inc.
- Eddy, Syaiful., Andy Mulyana., Moh Rasyid Ridho dan Iskhaq Iskandar. 2015. Dampak Aktivitas Antropogenik terhadap Degradasi Hutan Mangrove di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*. Volume 1, Nomor 3. UNSRI-Palembang.
- Fabianto, Muhamad Dio and Pieter Th Berhito. 2014. Konsep Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Terpadu dan Berkelanjutan yang Berbasis Masyarakat. *Jurnal Teknologi*. Volume 11 Nomor 2 2054 – 2058.
- 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.
- Haan, De J H. 1931. De Tjilatjapsche Vloedbosschen. *Journal Tectona*, 13 : 113 - 159.
- Hades, F. 2007. Selamatkan mangrove.
<http://fertobhades.wordpress.com/2007/10/15/selamatkan-mangrove//>.
Diakses tanggal 21 Oktober 2018.
- Herison, Ahmad. 2014. Studi Peredaman Gelombang Berbasis Ekosistem Mangrove *Avicennia Sp* sebagai Dasar Reformasi Ekoteknik 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.

- Indria, Wahyuni. 2016. Analisis Produktivitas dan Potensial Nutrisi Serasah Mangrove di Pulau Dua Serang, Banten. *Jurnal Biodidaktika*. UNTIRTA. Serang. Vol 11 No 2 ISSN: 1907-087. hal 66-76.
- Kavvadias, V A., D Alifragis., A Tsiontsis., G Brofas., and G Stamatelos. 2001. Litterfall Litter Accumulation and Litter Decomposition Rates in Four Forest Ecosystem in Notern Greece. *Journal Forest Ecology and Management*. Oxford: Blackwell Scientific.
- La Thi C and H P Vo Luong. 2001. Infuence of Wave Motionin Mangrove Forest. <http://ivy3.epa.gov.tw/OMISAR/Data/OMISAR/wksp.mtg/WOM9/020830Cang.htm>. Diakses tanggal 20 Agustus 2018.
- Lasabuda, Ridwan. 2013. Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*. Vol. I-2 ISSN: 2302-3589. Manado.
- Lasarika, Moh Rizal. 2016. Studi Pengaruh Porositas Gelombang Disipasi pada Dinding Revetment Berpori. (Skripsi). Program Studi Teknik Sipil. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Loupatty, Grace. 2013. Karakteristik Energi Gelombang dan Arus Perairan di Provinsi Maluku. *Jurnal Barekeng*. Vol. 7 No. 1. UNPATTI. Maluku.
- Massel, S R., Furukawa K and Brinkman R M. 1999. Surface Wave Propagation in Mangrove Forests Fluid Dynamic Research. *Journal Ecology Science*. Elsevier Science. 24: 219–249.
- Mazda, Y. 1997. *Drag Force Due To Vegetation In Mangrove Swamps*. From : Kluwer academic publisher.
- Moran, J A., M G Barker and P Becker. 2000. A Comparison of the soil water, nutrien status, and litterfall characteristics of tropical heath and mixed-dipterocarp forest sites in Brunei. *Journal Biotropica* 32: 2-13. Brunei.
- Muharam. 2014. Penanaman Mangrove sebagai Salah Satu Upaya Rehabilitasi Lahan dan Lingkungan di Kawasan Pesisir Pantai Utara Kabupaten Karawang. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 2(1): halaman 24-28. Tersedia:<https://journal.unsika.ac.id/index.php/solusi/article/view/36>.
- Nababan, E. 2016. Modal Sosial pada Pengelolaan dan Pelestarian Hutan Mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Noor, R., M Khazali dan I N N Suryadiputra. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PKA/WI-IP, Bogor.

- Nugraha, Wahyu Aditya., Baskoro Rochaddi dan Azis Rifai. 2015. Studi Batimetri dan Berkurangnya Daratan di Wilayah Pesisir Tugu Semarang. *Jurnal Oseanografi*. Volume 4, Nomor 2. UNDIP. Semarang.
- Nybakken, J W. 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Panjaitan, Tigor W S. 2002. Perencanaan Lingkungan Binaan di Kawasan Pesisir, Studi Kasus Unit Masyarakat di Kelurahan Wonorejo, Surabaya. (Tesis) Teknik Arsitektur, ITB. Bandung.
- Park, D. 1999. Waves, Tides and Shallow-Water Processes. *Journal Water Energy*. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- Prameswari, Siti Rahmi., Agus Anugroho D S dan Aziz Rifai. 2014. Kajian Dampak Perubahan Garis Pantai terhadap Penggunaan Lahan Berdasarkan Analisa Penginderaan Jauh Satelit di Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo Jawa Timur. *Jurnal Oseanografi*. Vol. 3, No. 2. UNDIP. Semarang.
- Purwaka, T. 2012. *Indonesian Interisland Shipping: An Assessment of the Relationship of Government policies and Quality of Shipping Services* . (hal. 3-4). Jakarta : Pustaka Cidesindo.
- Rahmawati. 2006. Upaya Pelestarian Mangrove Berdasarkan Pendekatan Masyarakat. (Karya Ilmiah). Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- 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.
- Saputri, Andini dan Zidni Ilman Nadia. 2017. Keanekaragaman Jenis Tanaman Ekonomis Berfungsi Ekologis di Kawasan Ekosistem Leuser Kabupaten Aceh Tamiang. *SEMNAS BIOETI Ke-4 & KONGRES PTTI Ke-12 15-17 September 2017*. Padang.
- Setiawan, Heru. 2013. Status Ekologi Hutan Mangrove pada Berbagai Tingkat Ketebalan (Ecological Status of Mangrove Forest at Various Thickness Levels). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. Vol. 2 No. 2. Makassar.
- Setyawan, W B. 2010. Pengamatan terhadap Mangrove yang ditanam di Pesisir Utara, Pulau Jawa Bagian Barat. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 15(2):91-102.
- Sidek, F J and M. A. Wahab, 2007. The Effects of Porosity of Submerged BW Structures on Non Breaking Wave Transformations. *Malaysian Journal of Civil Engineering*. 19 (1) : 17-25. Malaysia.

- Subekti, Sri. 2012. Pengelolaan Mangrove sebagai Salah Satu Keanekaragaman Bahan Pangan. *Prosiding SNST Ke-3 Tahun 2012 ISBN 978-602-99334-1-3*. Semarang.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supriharyono, 2000. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Tannis, Pearce D H. 1999. Review of Technical Guidance on Environmental Appraisal Department of The Environment, Transport and the Regions. *A Report by EFTEC (Economics for the Environment Consultancy)*.
- Taofiqurohman, Ankiq. 2014. Permodelan Tinggi Gelombang Akibat Keberadaan Hutan Mangrove di Desa Mayangan, Kabupaten Subang. *Jurnal Akuatika*. Vol. 5 No. 1 ISSN 0853-2532. UNPAD. Sumedang.
- Tarigan, M S. 1987. *Studi Pendahuluan Energi Gelombang di Teluk Ambon Bagian Luar*. Puslitbang Oseanologi-LIPI, Ambon.
- Tarigan, M S. 2008. Sebaran dan Luas Hutan Mangrove di Wilayah Pesisir Teluk Pising Utara Pulau Kabaena Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Makara Sains*. Vol. 12, No.2, 108-112.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Dasar-dasar Teknik Pantai. Lab. Hidrolik dan Hidrologi*. PAU IT UGM. Yogyakarta.
- Trisnawati., Wardati dan Arnis En Yulia. 2017. Pertumbuhan Bibit Mangrove (*Rhizophora sp.*) pada Medium Hidraquent yang diberi Beberapa Dosis NPK. *Jurnal Faperta*. Vol 4 No. 2. Riau.
- Tutuhatunewa, A dan Lekatompessy, S, T, A. 2010. *Kajian Konstruksi Model Peredam Gelombang dengan Menggunakan Mangrove di Pesisir Lateri – Kota Ambon*. Program Studi Teknik Perkapalan dan Teknik Industri. Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon. Ambon.
- Vitasari, Mudmainah. 2015. Kerentanan Ekosistem Mangrove terhadap Ancaman Gelombang Ektrim/Abrasi di Kawasan Konservasi Pulau Dua Banten. *Jurnal Bioedukasi*, Vol. 8, No. 2, ISSN: 1693-2654. UNTIRTA. Serang.
- Wantasen. 2002. Kajian Potensi Sumberdaya Hutan Mangrove di Desa Talise, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. (Disertasi). Program Doktor SPS Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Walters, B B., Ronnback P., Kovacs J M., Crona, B., Hussain S A., Badola R., Primavera, J H., Barbier E and Guebas FD. 2008. Ethnobiology, socio-economic and management of mangrove forests:a review. *Journal Aquatic Botany*. 89 (2): 220-23.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. United Nations World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. London.
- 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*. Pustaka Ilmu. Yogyakarta.
- Yamin, Muhammad. 2015. Poros Maritim Indonesia sebagai Upaya Membangun Kembali Kejayaan Nusantara. *Jurnal Hubungan Internasional Insignia*. Vol. 2, No. 2. UNSOED. Banyumas.
- Yudana, Teguh Y. 2008. Studi Pertumbuhan Propagul Mangrove menggunakan Media Lumpur Sidoarjo di Kawasan Muara Sungai Porong, Sidoarjo. (Tesis). UI Fmipa Magister Kelautan. Depok. Jawa Barat.
- Yulius. 2009. Identifikasi Pulau-Pulau di Kabupaten Lingga Provinsi Kepulauan Riau Berdasarkan Kaidah Toponimi. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 1, No. 2. IPB. Bogor.