

Daya Lenteng Akar Mangrove *Rhizophora sp.* sebagai Peredam Gelombang (Studi Kasus: Pantai Dewi Mandapa, Pesawaran)

M. Fariq Khadafi ¹⁾
Ahmad Herison ²⁾
Yuda Romdania ³⁾
Siti Nurul Khotimah ⁴⁾

Abstract

*A mangrove forest is a group of trees or plants that live with similar morphological and physiological adaptations to a habitat that is influenced by tides. Sea waves cause abrasion around the coast. The resilience of mangroves makes a major contribution to wave dampening. The aim of the research was to determine the resilience of the supporting roots of the mangrove *Rhizophora sp.* as a wave absorber. The method used in this research is the Transect-square method by Wantasen in 2002 to calculate the coverage of the research area. The test was carried out using a Control Universal Testing Machine and a tensile test was carried out to obtain the force value that one mangrove root could withstand. The processing results were obtained at a thickness of 10 meters, the resilience of the supporting roots reached $2.7380\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ with a wave energy that could be withheld of $2.97726\text{E}-01 \text{ J/ms}$. However, at a thickness of 50 meters, the resilience decreases to $2.2041\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ with a damped energy of $2.99245\text{E}-01 \text{ J/ms}$. The conclusion is that the resilience of the stilt roots of the *Rhizophora sp.* mangrove has good resilience data in dampening waves. The resilience of the mangrove roots will increase along with the increase in the number of mangrove roots in an area so that the damping energy increases.*

Key words : resilience, energy, tree, root.

Abstrak

Hutan mangrove adalah sekelompok pohon atau tumbuhan yang hidup dengan kesamaan adaptasi morfologi dan fisiologi terhadap habitat yang dipengaruhi pasang surut. Gelombang laut menyebabkan abrasi di sekitar pesisir pantai. Daya lenteng mangrove memberikan kontribusi besar terhadap peredam gelombang. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui daya lenteng akar tunjang mangrove *Rhizophora sp.* sebagai peredam gelombang. Metode digunakan pada penelitian ini adalah metode *Transek-kuadrat* oleh Wantasen tahun 2002 untuk menghitung cakupan daerah penelitian. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Control Universal Testing Machine* dan dilakukan uji tarik untuk mendapatkan nilai gaya yang dapat ditahan oleh satu akar mangrove. Hasil pengolahan di peroleh pada ketebalan 10 meter, kelentingan akar tunjang mencapai $2,7380\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ dengan energi gelombang yang bisa ditahan sebesar $2,97726\text{E}-01 \text{ J/ms}$. Namun, pada ketebalan 50 meter, kelentingan turun menjadi $2,2041\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ dengan energi teredam sebesar $2,99245\text{E}-01 \text{ J/ms}$. Kesimpulannya adalah daya lenteng akar tunjang oleh mangrove *Rhizophora sp* memiliki data lenteng yang baik dalam meredam gelombang, daya lenteng akar mangrove akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah akar mangrove pada suatu area sehingga energi peredaman meningkat.

Kata kunci : *kelentingan, energi, pohon, akar.*

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: fariqkhadafi02@gmail.com

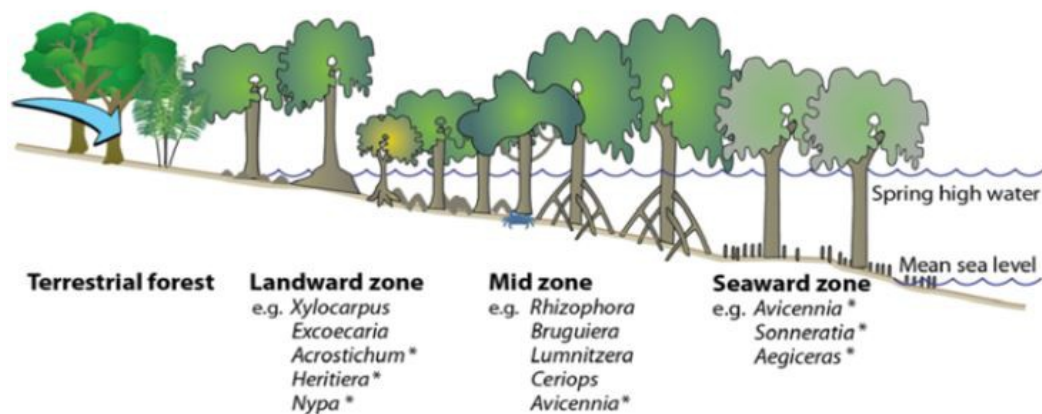
²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Hutan mangrove adalah sekelompok pohon atau tumbuhan yang hidup dengan kesamaan adaptasi morfologi dan fisiologi terhadap habitat yang dipengaruhi pasang surut (Santoro, 2019; Liang et al., 2023; Majid, 2016). Jenis-jenis mangrove seperti Mangrove *Sonneratia*, Mangrove *Avicennia marina*, Mangrove *Rhizophora*, Mangrove *Bruguiera*, Mangrove *Nypa* dan lain-lain dapat memberikan perlindungan, terutama dalam peredaman gelombang (Puspayanti, 2013). Zonasi mangrove ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Zonasi mangrove (Laulikitnont, 2014)

Zona pertumbuhan pada kawasan tersebut didasarkan pada tipe mangrove dan tipe penggenangan kawasan, yaitu kawasan sepanjang pantai (*landward zone*), kawasan pertengahan (*mid zone*) dan kawasan zona dekat laut (*seaward zone*) (Laulikitnont, 2014). Mangrove *Rhizophora sp.* terletak di zona pertengahan dengan gelombang yang datang menghantam pantai secara langsung sehingga mengakibatkan kerusakan yang cukup besar (Herison et al., 2017).

Mangrove *Rhizophora sp.* memiliki kemampuan beradaptasi dan pertahanan yang kuat terhadap gelombang (Suryawan, 2017). Faktor peredam gelombang dalam ekosistem mangrove mencakup beberapa faktor yaitu pohon mangrove, serasah, sedimen dan lainnya (Mantiquilla et al., 2021). Pohon mangrove memiliki akar yang kuat dan cabangnya yang rapat untuk memberikan perlindungan fisik terhadap gelombang, sementara itu bagian serasahnya berkontribusi dalam menyaring air dan menyerap sebagian energi gelombang, kemudian adanya sedimen di sekitar mangrove intensitas energi gelombang lain dapat diserap dan dikurangi (Bagindo et al., 2023; Hamid et al., 2021; Rimba et al., 2023).

Gelombang laut menyebabkan abrasi di sekitar pesisir pantai. Hal ini disebabkan berbagai faktor seperti penurunan vegetasi mangrove yang mengurangi kemampuannya untuk meredam gelombang. Akibatnya garis pantai menjadi semakin terkikis, meningkatkan risiko korban jiwa dan menyebabkan kerugian ekonomi dan sosial. Akar-akar mangrove

menjadi faktor utama dalam memecah gelombang, mengurangi energi, tinggi, dan penetrasi gelombang saat mencapai pantai (Ginting et al., 2019). Daya lenting mangrove memberikan kontribusi besar terhadap peredam gelombang.

Mungkin penelitian yang sudah dilakukan adalah tentang daya lenting akar dengan mangrove jenis lain. Namun dalam penelitian mangrove menggunakan jenis *Rhizophora sp.* Sehingga penelitian ini merupakan temuan baru dalam daya lenting akar dengan jenis mangrove *Rhizophora sp.* Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui daya lenting akar dengan mangrove *Rhizophora sp.*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jurnal Herison (2023)

Penelitian (Herison et al., 2023) berjudul “Konsep Pembangunan Berkelanjutan dengan Mangrove *Avicennia Marina* sebagai Reduktor Energi Gelombang”. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas pneumatofor, sampah, dan faktor lain yang berkaitan dengan *Avicennia Marina* untuk mengurangi gelombang. *neumatophore* dan serasah *Avicennia marina* untuk mereduksi gelombang laut. Metode analisis yang digunakan adalah metode dan Sondani dan *Transect-squared*. Data gelombang diperoleh menggunakan SBE 26Plus dan RBRDuo TD. Pengukuran terhadap ketebalan masing-masing 3, 5, 10, 20, dan 50 dalam satuan meter atas 5 stasiun.

2.2. Jurnal Herison (2019)

Penelitian (Herison et al., 2019), berjudul “Perbandingan Pengurangan Gelombang oleh Mangrove *Avicennia Marina* di Lampung Timur dan Indah Pantai Kapuk, Indonesia. Tujuan penelitian adalah: (1) Untuk mengetahui perbandingan energi gelombang dan gelombang di Pantai Indah Kapuk dan Lampung Timur, (2) Untuk mengetahui pengaruh akar pernafasan mangrove *Avicennia Marina* terhadap reduksi energi gelombang.

2.3. Jurnal Herison (2014)

Penelitian (Herison et al., (2014), berjudul “Kondisi Eksisting Kawasan Mangrove *Avicennia marina*: Sebaran dan Fungsinya Transformasi”. Tujuan penelitian adalah Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kondisi eksisting mangrove, baik sebaran maupun transformasi fungsinya di Kawasan Pesisir Indah Kapuk. *Avicennia marina* menjadi penting sebagai redaman gelombang, salah satu bentuk penawar abrasi.

2.4. Mangrove *Rhizophora sp.*

Ekosistem mangrove atau hutan mangrove terdapat di pinggiran wilayah pantai, di tempat tersebut sedimen laut yang sangat produktif. Mangrove mempunyai manfaat seperti menjadi sumber nutrisi bagi biota laut, wilayah pesisir tepi laut, pantai, dan pulau-pulau kecil sering dihuni oleh ekosistem mangrove, yang juga dikenal sebagai hutan mangrove. Ekosistem ini merupakan lingkungan sedimentasi laut yang sangat produktif. Mangrove memiliki peran ekologis penting, termasuk sebagai sumber nutrisi bagi berbagai jenis biota laut. sebagai tempat perbaikan dan penyimpanan berbagai jenis biota laut, sebagai pencegah erosi, sebagai pencegah tsunami, sebagai pencegah pencemaran udara, dan lain-lain. kegunaan. (Halidah, 2014).

Mangrove *Rhizophora sp.* merupakan pemecah gelombang dan peredaman gelombang yang datang menghantam daratan secara langsung dan dapat menyebabkan abrasi pada pantai (Herison et al., 2017). Hutan mangrove mempunyai kemampuan beradaptasi

terhadap berbagai habitat rawa, termasuk rawa asin. Jika spesies ini menjadi gundul, maka dapat menjadi kelompok di habitatnya saat ini. (Fitriyanti, 2019).

2.5. Akar Tunjang

Akar tunjang adalah akar utama yang tumbuh secara vertikal ke dalam tanah dengan tujuan utama untuk memberikan dukungan utama structural pada tanaman, menjaga kestabilan struktur tanah tanaman tersebut terhadap tekanan eksternal seperti angin dan gelombang.

Karakteristik utama dari akar tunjang adalah ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan akar akar lainnya. Akar tunjang biasanya memiliki struktur berada di bawah tekanan. Di samping itu, akar tunjang juga cenderung memiliki akar akar yang tebal dan rapat yang menjalar kesamping untuk meningkatkan kemampuan dalam menahan gelombang.

Akar Tunjang memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas tanah dan tanaman di berbagai kondisi lingkungan. Akar Tunjang sangat vital dalam menjaga pantai dari abrasi dan dampak gelombang laut. Dengan menembus lapisan tanah yang dalam, akar tunjang mampu mengikat partikel-partikel tanah dan menjaga kepadatan tanah, sehingga mencegah pergerakan tanah yang berlebihan. Selain itu, akar tunjang juga berfungsi sebagai saluran untuk mengirimkan air dan nutrisi ke bagian atas tanaman.

2.6. Kelentingan

Kelentingan adalah semakin besar gaya yang dapat ditahan maka semakin cepat benda ke dalam kondisi awal. Gaya yang hilang di perbesar hingga ke kondisi semula hingga benda hampir tidak dapat kembali ke keadaan semula dengan batas kelentingan elastik (Herison et al., 2023). Untuk menghitung kelentingan dapat menggunakan rumus:

$$\text{Kelentingan} = F_{\text{rata-rata}} \times \sum \text{akar} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

$F_{\text{rata-rata}}$ = Beban maksimum akar (joule)

$\sum \text{akar}$ = Jumlah akar dalam area (buah/m²)

III. METODE PENELITIAN

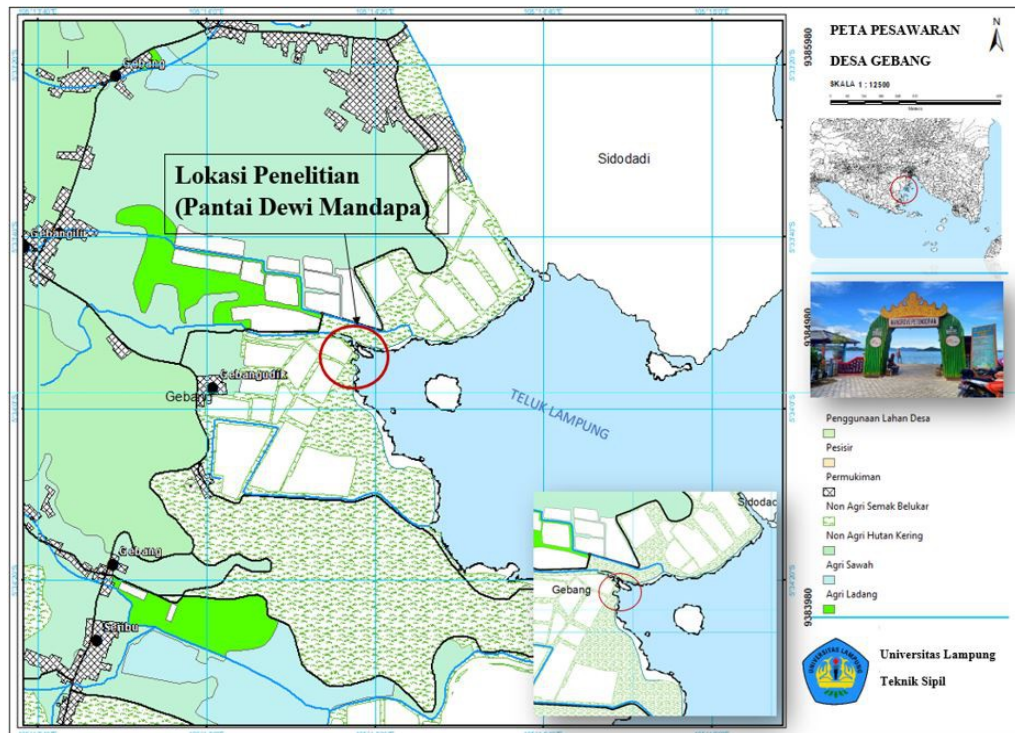
3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Gebang, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, penelitian menemukan bahwa jenis mangrove tipe *Rhizophora sp.* paling banyak terdapat di Pantai Dewi Mandapa, Desa Gebang, Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. Hutan mangrove Petengoran memiliki luas kurang lebih 113 hektar dilegalkan dalam Peraturan Desa (Perdes) Nomor 1 Tahun 2016. Lihat Gambar 2.

3.2. Peralatan Pengumpulan Data Akar

Alat-alat yang digunakan untuk mengambil sampel akar sebagai berikut:

1. Meteran 50 m, digunakan mengukur keliling dan ketebalan mangrove
2. Gergaji, digunakan memotong dan mengambil sampel akar
3. Pelampung, digunakan untuk keselamatan penelitian
4. Kotak pertolongan pertama, digunakan untuk pertolongan pertama jika terjadi kecelakaan
5. *Control Universal Testing Machine* (UTM). Lihat Gambar 3.



Gambar 2. Lokasi Peta Penelitian



Gambar 3. Control Universal Testing Machine

Universal Testing Machine digunakan untuk mengetahui kekuatan akar tunjang melalui uji tarik. Alat tersebut dapat menguji sampel sepanjang 500 mm dan beban tarik maksimum sampai 500 kN.

3.3. Proses Pengambilan Data

Data akar dikumpulkan dengan menggunakan dua metode, yaitu *transek kuadrat* dan uji laboratorium. Pada metode *transek kuadrat*, dilakukan dengan menarik garis lurus melintang hutan mangrove dan menempatkan kuadran berukuran 10x10 meter di atasnya. Kuadran tersebut ditempatkan mulai dari bagian depan hingga belakang hutan mangrove. Sedangkan, uji laboratorium dilakukan untuk mengukur kekuatan akar tunjang menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan sampel akar mangrove:

1. Melakukan survei dan memiliki izin yang diperlukan untuk mengambil akar mangrove di lokasi penelitian.
2. Menyiapkan peralatan penelitian termasuk gergaji serta peralatan keselamatan lainnya
3. Mengidentifikasi pohon mangrove yang akan diambil akarnya dengan memilih pohon yang sehat, dewasa, dan tidak mengganggu keseimbangan ekosistem mangrove di sekitar.
4. Memotong akar mangrove dengan gergaji, pastikan akar utama tidak rusak dan terpotong.
5. Membersihkan akar dari tanah dan kotoran yang menempel.
6. Membawa sampel akar tersebut ke laboratorium untuk dilakukan pengujian akar.

3.4. Proses Pengolahan Data

Proses pengolahan data merupakan langkah penting dalam memahami karakteristik dan perilaku kelentingan akar mangrove. Kelentingan akar merupakan kemampuan akar mangrove untuk kembali ke kondisi semula setelah dikenai gelombang. Langkah-langkah tersebut terdiri dari uji laboratorium untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan satu akar mangrove, perhitungan kelentingan menggunakan persamaan 2, dan grafik pengolahan data dibuat menggunakan software *Microsoft Excel*.

Perhitungan kelentingan dilakukan untuk memperoleh nilai kelentingan akar. Kemudian diimplementasikan dalam excel untuk menghasilkan grafik yang menunjukkan hubungan antara kelentingan dengan ΔE . Grafik tersebut akan memberikan gambaran pemahaman visual yang jelas tentang kelentingan akar mangrove bervariasi seiring dengan perubahan energi gelombang yang dikenai.

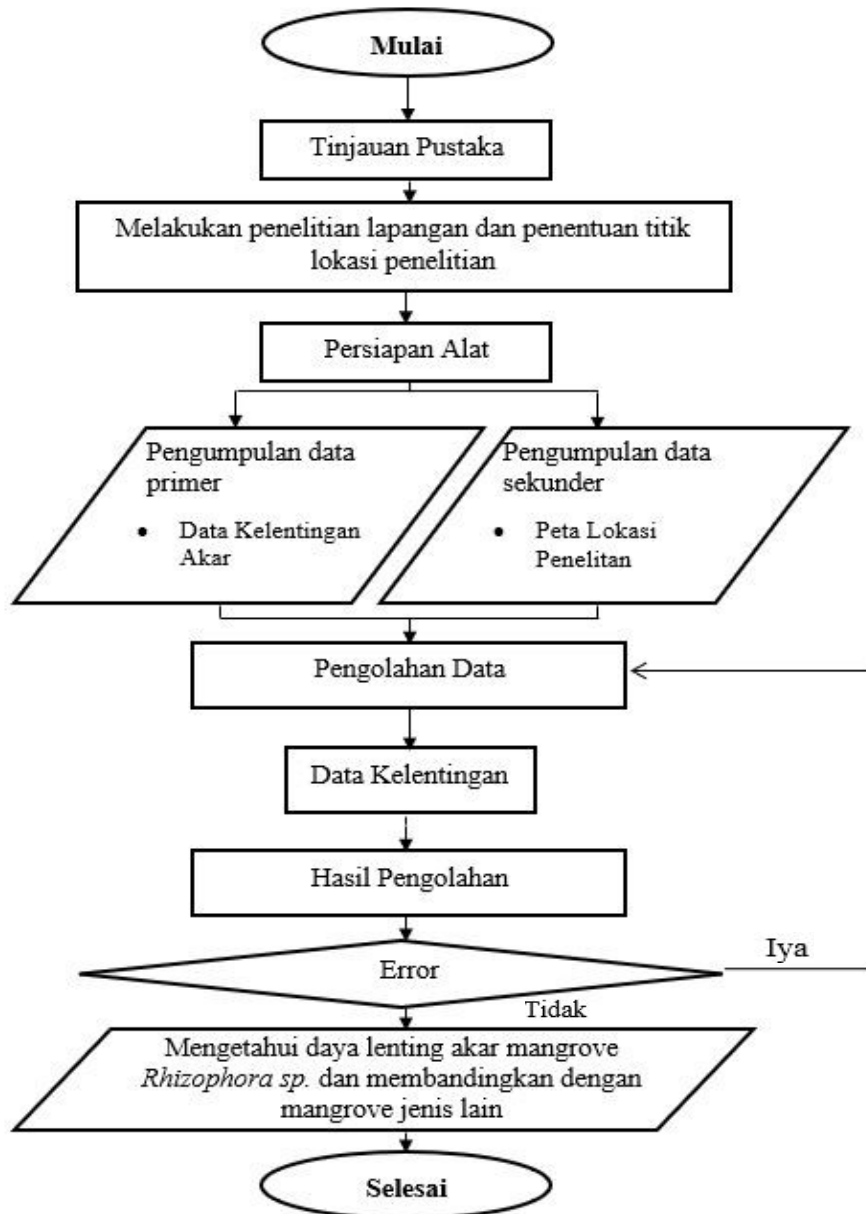
Dengan menggunakan teknik pengolahan data yang tepat dan perangkat lunak yang sesuai, informasi yang diperoleh dari uji laboratorium dapat diinterpretasikan dengan lebih efisien dapat membantu dalam analisis data.

3.5. Analisis Data

Setelah proses pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* maka akan dibuat hasil pembahasan dan analisis sebagai berikut:

1. Hubungan Kelentingan Akar Tunjang terhadap ΔE
2. Perbandingan Kelentingan Akar Nafas dan Akar Tunjang

3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengolahan Data Akar Tunjang terhadap ΔE

Tabel 1. Hasil Pengujian dan Pengolahan Data Akar Tunjang

Ketebalan (m)	F rata-rata (J)	Kerapatan Akar Tunjang (buah/m ²)	Kelentingan (J/m ²)	Σ Energi Peredaman (J/ms)
10	1369	2,00	2,7380E+03	2,97726E-01
20	1369	1,83	2,4984E+03	2,98936E-01
30	1369	1,83	2,5098E+03	2,99102E-01
40	1369	1,71	2,3444E+03	2,99194E-01
50	1369	1,61	2,2041E+03	2,99245E-01

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa ketebalan hutan berpengaruh pada kemampuan akar tunjang dalam menanggulangi energi gelombang. Semakin tebal hutan mangrove, nilai kelentingan akar cenderung menurun. Penyebabnya adalah berkurangnya kerapatan mangrove di wilayah belakang lokasi penelitian. Hal ini menandakan pentingnya konservasi mangrove untuk menjaga ekosistem pesisir.

Data yang didapatkan dari pengolahan data yaitu pada ketebalan 10 meter kelentingan akar tunjang dapat menahan $2,7380\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ energi gelombang sebelum akar tersebut mengalami kerusakan dan energi yang teredam oleh akar sebesar $2,97726\text{E}-01 \text{ J/ms}$. Pada ketebalan 20 meter nilai kelentingan sebesar $2,4984\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ dan Σ energi peredaman sebesar $2,98936\text{E}-01 \text{ J/ms}$. Pada ketebalan 30 meter nilai kelentingan sebesar $2,5098\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ dan Σ energi peredaman sebesar $2,99102\text{E}-01 \text{ J/ms}$. Pada ketebalan 40 meter nilai kelentingan sebesar $2,3444\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ dan Σ energi peredaman sebesar $2,99194\text{E}-01 \text{ J/ms}$. Pada ketebalan 50 meter nilai kelentingan sebesar $2,2041\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ dan Σ energi peredaman sebesar $2,99245\text{E}-01 \text{ J/ms}$.

Data menunjukkan pada ketebalan 10 meter, kelentingan akar tunjang mencapai $2,7380\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ dengan energi gelombang yang bisa ditahan sebesar $2,97726\text{E}-01 \text{ J/ms}$. Namun, pada ketebalan 50 meter, kelentingan turun menjadi $2,2041\text{E}+03 \text{ J/m}^2$ dengan energi teredam sebesar $2,99245\text{E}-01 \text{ J/ms}$. Fenomena ini menunjukkan bahwa semakin tebal hutan mangrove, semakin rendah kelentingan akar tunjang, yang berdampak pada kemampuannya menanggulangi energi gelombang. Lihat Gambar 5.

Hubungan antara kelentingan dan Σ energi peredaman gelombang dijelaskan oleh persamaan $y = -5\text{E}+08x^2 + 3\text{E}+08x - 5\text{E}+07$ dengan $R^2 = 0,8927$. Artinya hubungan ini memiliki tingkat kecocokan yang cukup tinggi. Semakin jauh jarak ketebalan hutan mangrove kelentingan akar tunjang semakin kecil, dikarenakan pada lokasi penelitian semakin ke belakang semakin berkurang kerapatannya.

Penurunan kelentingan seiring dengan peningkatan ketebalan hutan mangrove menunjukan pentingnya keberadaan mangrove dalam melindungi pantai dari dampak gelombang. Meskipun demikian perlu diingat bahwa faktor kondisi lingkungan yang juga dapat memengaruhi kinerja akar tunjang dalam menahan energi gelombang.

4.2. Analisis Perbandingan Kelentingan Akar Nafas dan Akar Tunjang

Tabel 2. Hasil Pengujian dan Pengolahan Data Akar Nafas

Ketebalan (m)	F rata-rata (J)	Jumlah Akar Nafas (buah)	Kelentingan (J/m^2)	Σ Energi Peredaman (J/ms)
5	0,000016	19.140	3,0600E-04	0,7485
10	0,000016	35.640	2,8500E-04	1,3389
30	0,000016	66.240	2,6400E-04	1,6115

Berdasarkan tabel 2 hubungan antara ketebalan hutan mangrove dan kelentingan akar nafas dalam menahan energi gelombang. Dalam analisis tersebut ditemukan bahwa pada ketebalan 5 meter kelentingan akar nafas mampu menahan energi gelombang hingga $3,0600\text{E}-04 \text{ J/m}^2$ sebelum mengalami kerusakan dengan energi yang berhasil teredam sebesar $0,7485 \text{ J/ms}$. Namun, saat ketebalan hutan mencapai 10 meter, terjadi peningkatan nilai kelentingan menjadi $2,8500\text{E}-04 \text{ J/m}^2$ dengan jumlah total energi yang

teredam mencapai 1,3389 J/ms. Selanjutnya pada ketebalan 30 meter nilai kelentingan turun menjadi 2,6400E-04 J/m².

Fenomena ini menandakan bahwa semakin jauh jarak ketebalan hutan mangrove, semakin menurun kelentingan akar nafas. Hal ini disebabkan oleh penurunan jumlah akar nafas di belakang lokasi penelitian. Akar nafas yang menjadi bagian vital dalam menyerap energi gelombang karena semakin sedikit mengakibatkan kemampuan akar nafas dalam menahan energi gelombang juga menurun.

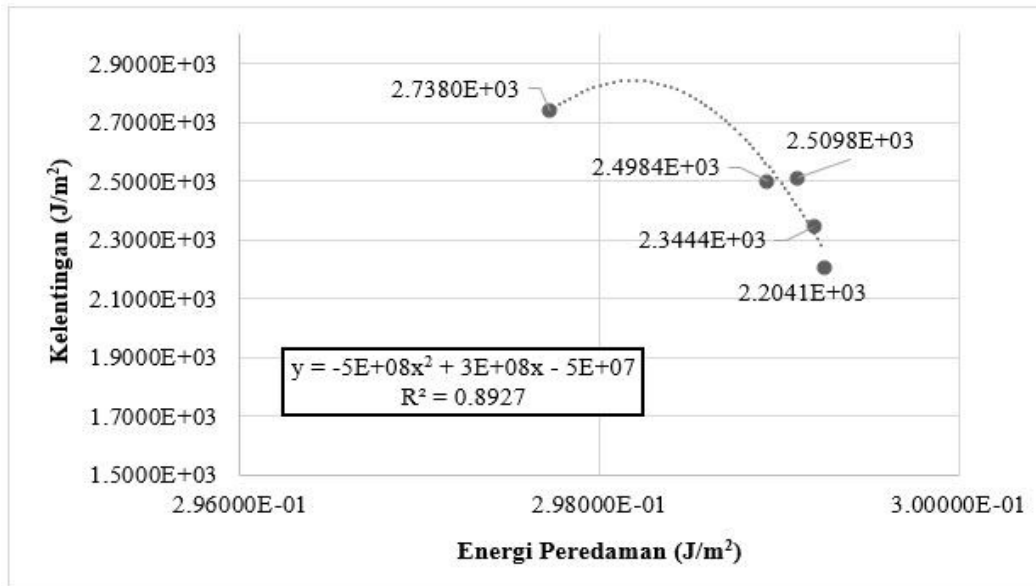
Hubungan antara kelentingan dan Σ energi peredaman gelombang di buat persamaan $y = -5E-0x^2 + 6E-05x - 5E + 0,0003$ dengan $R^2 = 0,9999$. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kelentingan akar nafas dan energi gelombang memiliki tingkat kecocokan yang tinggi. Penurunan kelentingan akar nafas seiring dengan peningkatan ketebalan hutan mangrove memberikan pemahaman tambahan tentang pentingnya keberadaan akar nafas dalam melindungi pesisir dari dampak gelombang. Lihat Gambar 6.

Data tersebut memberikan gambaran perbandingan antara peran akar tunjang dan akar nafas dalam menahan gelombang di hutan mangrove. Dapat diamati bahwa kelentingan akar tunjang menurun seiring dengan peningkatan ketebalan hutan mangrove yang disebabkan oleh penurunan kerapatan akar tunjang di wilayah belakang penelitian. Meskipun demikian, akar tunjang tetap memiliki kemampuan yang baik dalam menahan energi gelombang, meskipun dengan nilai yang berkurang.

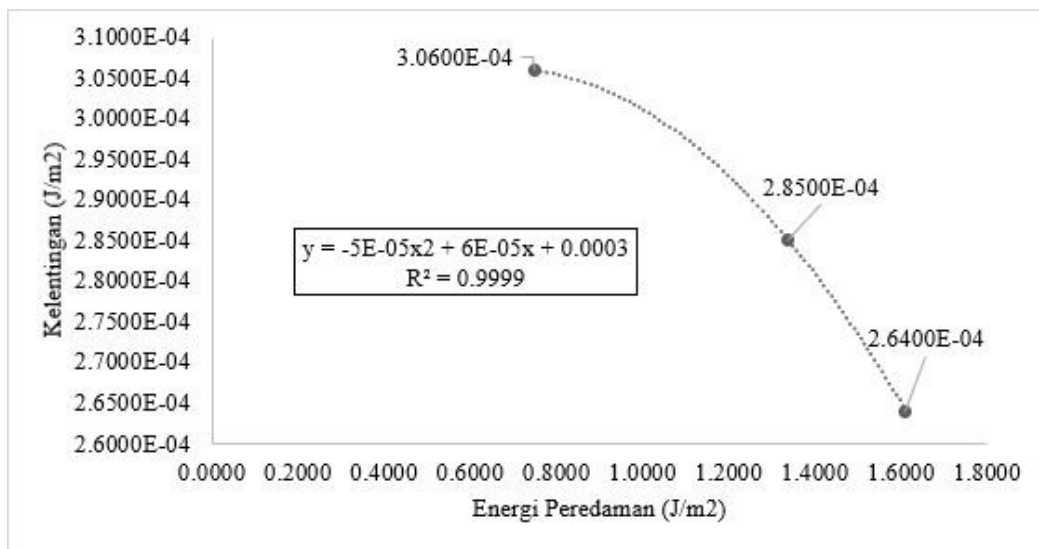
Di sisi lain, data mengenai akar nafas menunjukkan bahwa meskipun ukurannya cenderung lebih kecil dibandingkan akar tunjang, namun akar nafas tetap memberikan kontribusi penting dalam menanggulangi energi gelombang. Meskipun jumlahnya lebih sedikit, akar nafas mampu berperan dalam melindungi pantai dari abrasi dan pergerakan tanah.

Peran akar nafas dan akar tunjang sangat penting dalam menjaga ekosistem hutan mangrove. Akar nafas yang tersebar luas di permukaan tanah, bertindak seperti jaring-jaring memecah gelombang, sementara akar tunjang memberikan stabilitas tambahan dengan akarnya yang kuat. Keduanya melindungi pantai dari kerusakan akibat gelombang laut dan abrasi. Upaya pelestarian dan restorasi mangrove harus mempertimbangkan kedua jenis akar ini secara proposional, dengan langkah-langkah konsevasi yang dirancang untuk mempertahankan kerapatan akar tunjang.

Mangrove *Rhizophora sp.* memiliki akar tunjang yang terkenal dengan daya lentingnya yang luar biasa. Akar-akar ini mampu meredam gelombang dengan sangat baik, melindungi garis pantai dari erosi dan kerusakan. Daya lenting ini semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah akar mangrove di suatu area. Semakin banyak akar, semakin besar energi gelombang yang dapat diredam.



Gambar 5. Grafik hubungan kelentingan akar tunjang terhadap Σ energi peredaman



Gambar 6. Grafik hubungan kelentingan akar nafas terhadap Σ energi peredaman

V. KESIMPULAN

Daya lenting akar tunjang oleh mangrove *Rhizophora sp* memiliki data lenting yang baik dalam meredam gelombang, daya lenting akar mangrove akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah akar mangrove pada suatu area sehingga energi peredaman meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Bagindo, M. N., Herwandi, H., Chaniago, M. I., & Saga, S. S. (2023). Socio-Economic Changes in Coastal Fishermen of West Sumatra as the Impact of Coastal Abrasion.

- Asian Journal of Environment-Behaviour Studies*, 8(26), 37–54.
<https://doi.org/10.21834/aje-bs.v8i26.433>
- Fitriyanti, F. (2019). Evaluasi Vegetasi Hutan Mangrove di Kelurahan Tosa Kecamatan Tidore Timur. *Jurnal Akbar Juara*, 4, 108–118.
<https://doi.org/10.31186/akbarjuara.3.2.108-118>
- Ginting, J. W., Ayu Irawati Diah Ratna Putra, I., Meyrianso Simanjuntak, E., Litbang Pantai, B., Sumber Daya Air Jl Gilimanuk -Singaraja, P. K., & Buleleng -Bali, K. (2019). Model Fisik Redaman Energi Gelombang Dengan Breakwater Tiang Physical Model of Wave Energy Reduction By Using Pile Breakwater. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 10(1), 55–70. <https://doi.org/10.32679/jth.v10i1.606>
- Halidah. (2014). *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat. In *Balai Penelitian Kehutanan Makassar* (Vol. 11).
<https://doi.org/10.20886/buleboni.5031>
- Hamid, N., Setyowati, D. L., Juhadi, Priyanto, A. S., Hardati, P., Soleh, M., Wijayanti, N. R., & Aroyandini, E. N. (2021). The Effect of Human Activities Towards Coastal Dynamics and Sustainable Coastal Management. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 16(8), 1479–1493.
<https://doi.org/10.18280/ijstdp.160809>
- Herison, A., Bengen, D. G., Romdania, Y., Zakaria, A., Luthfiyani, H. N., Al Safar, M. R., & Arief, F. D. (2023). The Concept of Sustainable Development With The Mangrove *Avicennia Marina* as A Reductor of Wave Energy. *ASEAN Engineering Journal*, 13(2), 165–174. <https://doi.org/10.11113/aej.V13.19274>
- Herison, A., Romdania, Y., Geoffrey Bengen, D., & Rizki Safar, M. AL. (2017). Contribution of *Avicennia Marina* Mangrove to Wave Reduction for The Importance of Abrasion as An Alternative to Coastal Buildings. *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering*, 6, 2394–2827.
<http://iraj.in>
- Herison, A., Yulianda, F., Kusmana, C., Wayan Nurjaya, I., & Adrianto, L. (2014). The Existing Condition of Mangrove Region of *Avicennia Marina*: Its Distribution and Functional Transformation. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 20(1), 26–34.
<https://doi.org/10.7226/jtfm.20.1.26>
- Laulikitnont, P. (2014). *Evaluation of Mangrove Ecosystem Restoration Success in Southeast Asia* [The]. <https://repository.usfca.edu/capstone>
- Liang, S., Hu, W., Wu, P., Wang, J., Su, S., Chen, G., Du, J., Liu, W., & Chen, B. (2023). Prediction of the joint impacts of sea level rise and land development on distribution patterns of mangrove communities. *Forest Ecosystems*, 10.
<https://doi.org/10.1016/j.fecs.2023.100100>
- Majid, I. (2016). Konservasi Hutan Mangrove di Pesisir Pantai Kota Ternate Terintegrasi dengan Kurikulum Sekolah. *Jurnal BIOeduKASI*, 4.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33387/bioedu.v4i2.162>
- Mantiquilla, J. A., Shiao, M. S., Shih, H. C., Chen, W. H., & Chiang, Y. C. (2021). A review on the genetic structure of ecologically and economically important mangrove species in the Indo-West Pacific. *Ecological Genetics and Genomics*, 18(December). <https://doi.org/10.1016/j.egg.2020.100078>

- Puspayanti, N. M. (2013). The Types of Mangrove Plants in the Village Lebo District Parigi District Parigi Moutong and Development as Learning Media. *E-Jipbiol*, 1, 1–9. <https://doi.org/10.31284/j.jpp-jibiol.2023.v7i2.3309>
- Rimba, A. B., Arumansawang, A., Utama, I. P. W., Chapagain, S. K., Bunga, M. N., Mohan, G., Setiawan, K. T., & Osawa, T. (2023). Cloud-Based Machine Learning for Flood Policy Recommendations in Makassar City, Indonesia. *Water (Switzerland)*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/w15213783>
- Santoro, D. (2019). Penyuluhan Tentang Mitigasi Bencana Tsunami Berbasis Hutan Mangrove Di Desa Ketapang Raya Kecamatan Keruak Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v1i2.242>
- Suryawan, A. (2017). Rehabilitasi Mangrove di Pantai Alo (Pulau Karakelang, Talaud) Menggunakan Propagul *Rhizophora mucronata* Lamk. *Jurnal Wasian*, 4, 69–78. <https://doi.org/10.20886/jwas.v4i2.3048>