

STUDI TINGKAT KEBERHASILAN DAN SOLUSI REHABILITASI MANGROVE PADA TELUK AMBON BAGIAN DALAM, PROVINSI MALUKU

STUDY ON THE SUCCESS RATE AND SOLUTIONS FOR MANGROVE REHABILITATION IN INNER AMBON BAY, MALUKU PROVINCE

Irwanto Irwanto^{1*}, Andjela Sahupala², Fanny Soselisa³

^{1,2,3} Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Pattimura Ambon
Jalan. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka – Ambon, 97233

*Email Korespondensi: irwantosht@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis keberhasilan dan kegagalan rehabilitasi mangrove di Teluk Ambon bagian dalam dengan fokus pada faktor lingkungan, teknik penanaman, dan kondisi habitat. Penelitian dilakukan selama 12 bulan, dari Mei 2022 hingga April 2023, menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data primer berupa pengamatan lapangan dan wawancara, serta data sekunder dari instansi terkait, dianalisis menggunakan formula tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate*) dan laju pertumbuhan (*Growth Rate*). Dari total 1.260 anakan mangrove yang ditanam, hanya 29 anakan yang bertahan hidup, menghasilkan persentase keberhasilan sebesar 2,3%. Faktor kegagalan meliputi substrat yang kurang mendukung, zona intertidal sempit akibat reklamasi, dan gangguan gelombang. Solusi yang diajukan meliputi modifikasi substrat, penyesuaian zonasi spesies, dan perlindungan mekanis untuk anakan. Temuan ini menekankan pentingnya pendekatan berbasis ekologi dan teknik yang terintegrasi dalam program rehabilitasi mangrove untuk memastikan keberhasilan jangka panjang.

Kata Kunci: rehabilitasi, kegagalan mangrove, Teluk Ambon, zona intertidal, tingkat keberhasilan.

ABSTRACT

This study evaluates the success and failure of mangrove rehabilitation in Inner Ambon Bay, focusing on environmental factors, planting techniques, and habitat conditions. The research was conducted over 12 months, from May 2022 to April 2023, using descriptive quantitative and qualitative methods. Primary data were collected through field observations and interviews, while secondary data from relevant institutions were analyzed using Survival Rate and Growth Rate formulas. Out of 1,260 planted mangrove seedlings, only 29 survived, yielding a success rate of 2.3%. Failure factors include inadequate substrate, narrow intertidal zones due to reclamation, and wave disturbances. Proposed solutions include substrate modification, species zoning adjustments, and mechanical protection for seedlings. These findings highlight the importance of ecologically integrated approaches in mangrove rehabilitation programs to ensure long-term success.

Keywords: rehabilitation, mangrove failure, Ambon Bay, intertidal zone, survival rate.

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki sekitar 17.500 pulau yang tersebar dari Sabang hingga Merauke. Wilayah perairan Indonesia mencapai 6.315.222 km² dengan garis pantai sepanjang 99.093 km serta 13.466 pulau yang telah bernama dan berkoordinat (Lasabuda, R. 2013). Keanekaragaman hayati yang tinggi di wilayah pesisir menjadikan ekosistem pesisir, seperti mangrove, sebagai salah satu komponen penting yang mendukung keberlanjutan ekologi dan ekonomi masyarakat lokal.

Namun, wilayah pesisir menghadapi tekanan besar akibat aktivitas pembangunan dan dampak perubahan iklim. Aktivitas manusia, seperti pembangunan pemukiman, perdagangan, dan eksploitasi sumber daya alam, telah mempercepat kerusakan ekosistem pesisir. Di sisi lain, dampak perubahan iklim, seperti peningkatan suhu global, pencairan es di kutub, kenaikan permukaan air laut, serta frekuensi badai yang lebih tinggi, semakin memperburuk kondisi lingkungan pesisir. Ekosistem mangrove, yang berfungsi sebagai pelindung alami pantai dan penyerap karbon, sangat rentan terhadap perubahan tersebut.

Mangrove, yang merupakan kumpulan pohon dan perdu yang dapat beradaptasi dengan salinitas di sepanjang daerah pasang surut tropis dan subtropis, memiliki peran penting dalam mitigasi perubahan iklim. Mangrove tidak hanya berfungsi sebagai habitat berbagai organisme pesisir, tetapi juga sebagai penyerap karbon biru (*blue carbon*) yang sangat efisien, menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimennya (Yuvaraj et al., 2017). Selain itu, mangrove melindungi wilayah pesisir dari abrasi, intrusi air laut, dan angin kencang, serta mendukung keberlanjutan pertanian, perikanan, dan pemukiman masyarakat pesisir (Darmawan dan Anna, 2018; Suriani, 2017).

Sayangnya, deforestasi dan degradasi mangrove terus meningkat akibat kombinasi aktivitas manusia dan dampak perubahan iklim (Yusuf et. al., 2017). Di Teluk Ambon bagian dalam, luas dan kualitas hutan mangrove mengalami penurunan signifikan. Hilangnya fungsi mangrove tidak hanya mengancam kelestarian ekosistem pesisir, tetapi juga memperburuk dampak perubahan iklim, seperti peningkatan emisi karbon dan kerentanan wilayah pesisir terhadap bencana alam.

Pemerintah dan masyarakat setempat telah melakukan berbagai upaya rehabilitasi mangrove untuk mengatasi kerusakan tersebut. Namun, keterbatasan pengetahuan tentang ekologi mangrove sering kali menjadi penyebab kegagalan program rehabilitasi. Oleh karena itu, diperlukan kajian komprehensif untuk memahami penyebab kegagalan dan keberhasilan rehabilitasi mangrove, khususnya di Teluk Ambon bagian dalam, sehingga dapat dihasilkan solusi yang berkelanjutan untuk memulihkan ekosistem mangrove dan mengoptimalkan kontribusinya dalam menghadapi perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian tingkat keberhasilan dilaksanakan pada Areal Rehabilitasi Mangrove Teluk Ambon Bagian Dalam dengan koordinat 3°39'01.3"S 128°11'43.5"E (Desa Poka). Kegiatan rehabilitasi ini dilakukan oleh Dinas Kehutanan Provinsi Maluku. Penelitian dilakukan selama 12

bulan dari Mei 2022 – April 2023. Untuk lebih jelas lokasi penelitian areal rehabilitasi mangrove dapat dilihat pada Gambar 1. di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Rehabilitasi Mangrove

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian baik di lapangan maupun saat pengolahan data adalah :

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1) GPS Garmin Penentuan koordinat | 7) Kantong Plastik |
| 2) Phi Band, Pita meteran/roll, | 8) Alat tulis menulis |
| 3) Galah Pengukur Berskala. | 9) Aplikasi google earth |
| 4) Refraktometer | 10) Software Pembuatan Peta ArcGis 10.3 |
| 5) Aplikasi Kamera GPS | 11) Aplikasi Android Tide Charts oleh 7th |
| 6) pH Meter | Gear.v2.44.0 |



Gambar 2. Logo Aplikasi Tides (Tide Charts) pada Google Play

Tide Charts oleh 7th Gear.v2.44.0 adalah aplikasi Android yang menyediakan prediksi pasang surut untuk lebih dari 8500 lokasi di seluruh dunia. Aplikasi ini juga mencakup suhu laut untuk lebih dari 7000 lokasi, perkiraan gelombang untuk lebih dari 5600 lokasi,

Pelaksanaan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dan deskripsi kualitatif. Metode deskripsi kuantitatif dilaksanakan beberapa tahap sebagai berikut: penelitian lapangan, pengukuran dan penghitungan, penelitian pustaka, pengujian laboratorium dan analisis data. Sebaliknya, metode deskripsi kualitatif digunakan untuk menjelaskan semua data yang bersifat kualitatif.

1. Jenis Data

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data-data pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan, baik berupa data studi keberhasilan tanaman maupun data hasil wawancara dengan instansi terkait dan masyarakat sekitar.

Data sekunder yang digunakan yaitu berupa data pasang-surut dari aplikasi Tide Charts oleh 7th Gear.v2.44.0, *google earth map* dan data-data dari instansi terkait mengenai pengelolaan area mangrove.

2. Penentuan Sampel.

Tanaman yang akan dihitung keberhasilannya adalah tanaman mangrove rehabilitasi yang ditanam sebanyak 1.260 anakan. Semua tanaman ini akan dilihat keberhasilannya berarti intensitas sampling 100%. Luas areal yang digunakan untuk rehabilitasi sebesar 0,2 hektar.

3. Proses Pengambilan Bahan dan Data

Dalam areal rehabilitasi dilakukan pengamatan terhadap jumlah, tinggi dan kesehatan bibit tanaman di lapangan. Pengukuran data faktor lingkungan meliputi Salinitas air laut, tekstur tempat tumbuh, Lama waktu pasang surut (Penggenangan), jenis alami mangrove yang ada di sekitarnya.

Untuk pengambilan data wawancara dilakukan dengan instansi terkait yang melakukan pengelolaan area rehabilitasi mangrove Teluk Ambon Bagian Dalam, juga pencatatan data-data mengenai program dan realisasinya. Selain itu juga dilakukan pengumpulan data-data lewat media massa dan internet.

Analisis Data

Analisis data yang dikumpulkan mangrove ini menggunakan metode pengukuran Survival rate (ST) dan Growth Rate (GT) (Primavera and Esteban, 2008). Survival rate (ST) mengukur tingkat kelangsungan hidup atau persentase keberhasilan dari mangrove yang telah ditanam.

$$Survival\ rate = \frac{JTH}{JTT} \times 100$$

Dimana :

JTH : Jumlah Tanaman yang Hidup

JTT : Jumlah Tanaman Total

Klasifikasi yang digunakan :

1. >75% : kriteria tanaman tumbuh baik.
2. 51%-75% : kriteria tanaman tumbuh kurang baik.
3. 26%-50% : kriteria tanaman tumbuh agak baik.
4. 0%-25% : kriteria tanaman tumbuh buruk.

Untuk mengetahui *Growth Rate* menggunakan Rumus :

$$Growth\ rate = \frac{H2 - H1}{H1} \times 100$$

Dimana :

H2 : tinggi tanaman ketika pengukuran

H1 : tinggi tanaman mangrove ketika awal penanaman

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Keberhasilan Rehabilitasi Mangrove

1.1. Penanaman Awal

Penanaman awal sebanyak 1260 bibit dengan jarak tanam sebesar 1 x 1,5 m dilakukan pada Desember 2022. Jenis anakan yang ditanam hanya satu jenis yaitu *Rhizophora apiculata* karena jenis mudah didapat dan tersedia dalam pembibitan. Sebelum ditanam, pembibitan dilakukan pada persemaian untuk meningkatkan kemampuan pertumbuhan semai di lapangan. Jumlah semai yang ditanam disesuaikan dengan luas areal dan jarak tanam.

Pembuatan lubang dan pemasangan ajir dilakukan sesuai jarak tanaman di lapangan agar penanaman teratur dan tertata rapi. Setelah lubang dan ajir disiapkan maka dilakukan penanaman, dengan merobek polibag dan menempatkannya di ujung ajir sebagai tanda adanya semai yang ditanam pada areal tersebut.

1.2. Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan dengan membersihkan sampah plastik yang sering membelit semai. Setelah 3 bulan tepatnya bulan Maret 2022 tanaman diperiksa kesehatannya, untuk tanaman yang mati dan merana dilakukan penyulaman. Penyulaman dilakukan dengan menanam kembali sebanyak 750 bibit anakan menggantikan tanaman yang sudah mati.

1.3. Perkembangan Tanaman

Setelah 6 bulan penanaman bibit-bibit di lapangan dipantau perkembangannya. Beberapa tanaman terlihat merana dan ada yang sudah mati tampak kering tidak berwarna hijau lagi. Jumlah tanaman yang mati hampir sebagian dari penanaman. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 berikut.



Gambar 3. Penampakan Tanaman Mangrove. Foto 13 Juni 2022



Gambar 4. Kondisi Tanaman Hidup (Kiri) dan Mati (Kanan)
Foto: 13 Juni 2022

1.4. Tingkat Salinitas Air Laut

Salinitas merupakan faktor lingkungan yang krusial dalam menentukan keberhasilan pertumbuhan mangrove. Sebagian besar spesies mangrove memiliki toleransi terhadap rentang salinitas tertentu, dan salinitas sekitar 25‰ (part per thousand) dianggap berada dalam kisaran optimal bagi banyak spesies mangrove. Pada salinitas 25‰, mangrove mampu menjalankan mekanisme adaptasi mereka secara efektif. Salah satu mekanisme utama adalah filtrasi garam

melalui sistem akar. Penelitian oleh Kim et al. (2016) pada spesies *Rhizophora stylosa* menunjukkan bahwa akar mangrove memiliki struktur berlapis yang memungkinkan filtrasi ion natrium (Na^+) secara efisien, sehingga hanya sebagian kecil garam yang diserap oleh tanaman.

Selain itu, pada salinitas 25‰, mangrove dapat memanfaatkan ion Na^+ untuk membangun potensi osmotik, yang penting untuk penyerapan air dan mempertahankan tekanan turgor. Namun, jika salinitas melebihi ambang batas toleransi, mangrove harus mengeluarkan energi lebih untuk mengelola kelebihan garam, yang dapat menghambat pertumbuhan dan fungsi fisiologisnya. Secara keseluruhan, salinitas 25‰ mendukung mekanisme adaptasi mangrove, seperti filtrasi garam dan pengaturan tekanan osmotik, sehingga berkontribusi pada keberhasilan pertumbuhan dan kelangsungan hidup mereka di lingkungan pesisir. Tingkat salinitas air laut yang diukur dengan refraktometer dapat dilihat pada Gambar 5, di bawah ini:



Gambar 5. Tingkat salinitas yang terlihat pada refraktometer

1.5. Tekstur Substrat Habitat Mangrove.

Tumbuhan mangrove tumbuh pada tempat yang sesuai dengan habitatnya, jika tempat tersebut pernah ditemukan mangrove, namun karena intervensi manusia penebangan, pencemaran dan perubahan sedimentasi maka habitat tersebut tidak lagi mendukung pertumbuhan mangrove. Berdasarkan hasil penelitian, substrat di lokasi ini memiliki komposisi tekstur yang terdiri dari sand ($\varnothing$: 0,05–2,0 mm) sebesar 77,32%, silt ($\varnothing$: 0,002–0,05 mm) sebesar 10,31%, dan clay ($\varnothing$: < 0,002 mm) sebesar 12,37%. Pada segitiga tekstur tanah kombinasi ini tergolong dalam “**Loamy Sand**” (**Pasir Berlempung**). Komposisi ini menunjukkan bahwa substrat didominasi oleh pasir, dengan proporsi silt dan clay yang relatif lebih kecil. Keberadaan Silt dan Clay berkontribusi dalam menyediakan nutrisi dan kemampuan substrat untuk mengikat partikel organik, yang sangat penting bagi pertumbuhan mangrove.

1.6. Persentase Keberhasilan Penanaman Mangrove

Setelah satu tahun penanaman dilakukan evaluasi keberhasilan dari penanaman sebanyak 1260 anakan, anakan yang masih bertahan hidup sebanyak 29 anakan sehingga persentase keberhasilan sebesar 2,3%. Menurut panduan penilaian keberhasilan maka tanaman

dikategorikan dalam pertumbuhan ”**buruk**”. Tanaman yang hidup sebanyak 29 anakan memiliki tinggi rata-rata 74.45 cm dan jumlah daun rata-rata 4,62 helai. Untuk lebih jelas kondisi tanaman yang hidup dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 6 di bawah ini.

Tabel 1. Kondisi tanaman yang hidup

No	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)
1	75	4
2	55	1
3	63	5
4	76	4
5	66	6
6	93	5
7	74	6
8	78	3
9	62	4
10	93	5
11	94	6
12	94	6
13	82	3
14	56	6
15	58	5
16	94	6
17	59	6
18	81	5
19	55	4
20	52	6
21	58	5
22	92	3
23	48	6
24	93	5
25	92	5
26	93	3
27	61	3
28	70	5
29	94	3
Rata-rata	74.45	4.62

Data pada Tabel 1. Menunjukkan tinggi rata-rata anakan mangrove yang hidup adalah **74,45 cm**. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar tanaman memiliki pertumbuhan yang kurang baik dalam satu tahun. Sedangkan rata-rata jumlah daun per tanaman adalah 4,62 helai. Variasi jumlah daun berkisar antara 1 hingga 6 helai per tanaman. Beberapa tanaman memiliki pertumbuhan yang lebih baik dengan tinggi mencapai 94 cm dan jumlah daun hingga 6 helai. Namun, ada juga yang pertumbuhannya lebih rendah, dengan tinggi minimal 48 cm dan jumlah daun paling sedikit 1 helai. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi dalam pertumbuhan anakan mangrove, yang dapat disebabkan oleh faktor lingkungan, kualitas bibit, atau perawatan selama satu tahun (Makaruku dan Aliman, 2019)

1.7. Growth Rate dan Jumlah Daun

Angka growth rate tanaman yang hidup sebesar 21,63% mengindikasikan pertumbuhan moderat pada tanaman mangrove selama tahun pertama. Pertumbuhan ini bergantung pada kondisi lingkungan tempat rehabilitasi dilakukan, seperti ketersediaan nutrisi, jenis substrat, dan toleransi spesies mangrove terhadap stres lingkungan. Dalam ekosistem ideal, spesies *Rhizophora* biasanya mencapai growth rate antara 15–30% pada tahap awal rehabilitasi, sehingga angka ini masih dalam batas yang wajar untuk mangrove muda. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Desa Piru, Kecamatan Seram Barat, Kabupaten Seram Bagian Barat, Maluku, tingkat pertumbuhan anakan *Rhizophora mucronata* menunjukkan pertambahan tinggi rata-rata sekitar 15 cm per tahun. Meskipun penelitian ini tidak menyebutkan secara spesifik persentase laju pertumbuhan, pertambahan tinggi tersebut dapat dianggap wajar untuk anakan mangrove pada tahap awal rehabilitasi (Makaruku dan Aliman, 2019).

Jumlah rata-rata 4,62 helai daun menunjukkan bahwa tanaman mangrove masih berada dalam tahap awal perkembangan vegetatif. Pada tahun pertama, bibit mangrove biasanya lebih berfokus pada pembentukan sistem akar untuk stabilitas daripada menghasilkan daun secara signifikan. Daun mangrove berperan penting dalam fotosintesis, yang mendukung pertumbuhan batang dan akar. Meskipun jumlah daun ini belum terlalu banyak, hal ini dapat meningkat seiring membaiknya kondisi ekosistem.

Selain itu, *Rhizophora sp* sering dipilih untuk rehabilitasi hutan mangrove karena buahnya yang mudah diperoleh, mudah disemai, serta dapat tumbuh pada daerah genangan pasang yang tinggi maupun rendah. Dengan demikian, laju pertumbuhan antara 15–30% pada tahap awal rehabilitasi masih berada dalam batas yang wajar untuk spesies *Rhizophora sp.*, (Aini, dkk, 2016)

Pemantauan lebih lanjut memungkinkan pengukuran growth rate, peningkatan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan biomassa secara berkala. Hal ini membantu dalam memahami pola pertumbuhan mangrove dari waktu ke waktu. Jika pertumbuhan stagnan atau menurun, langkah-langkah perbaikan, seperti modifikasi substrat atau pengurangan gangguan eksternal, dapat diambil. Kondisi tanaman mangrove setelah satu tahun rehabilitasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Beberapa anakan mangrove *Rhizophora apiculata* yang masih hidup

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kegagalan Rehabilitasi Mangrove

Pertumbuhan mangrove dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti substrat, salinitas, nutrisi, dan gangguan lingkungan. Substrat yang kurang ideal, misalnya yang didominasi pasir dengan kandungan lumpur dan lempung rendah, dapat menghambat pertumbuhan. Selain itu, salinitas yang tidak sesuai dapat memengaruhi kemampuan tanaman menyerap air. Faktor eksternal, seperti erosi, ombak yang kuat, dan aktivitas manusia, juga menjadi tantangan bagi pertumbuhan mangrove (Ellison, 2021. Xiong, et. Al., 2021).

Hasil rehabilitasi mangrove selama satu tahun menunjukkan persentase keberhasilan sebesar 2,3%. dikategorikan dalam pertumbuhan ”buruk” dan *growth rate* 21,63% mencerminkan keberhasilan awal dalam proses rehabilitasi, namun dilakukan perbaikan dan penyulaman. Dengan pengelolaan yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan dan substrat, pertumbuhan mangrove dapat lebih dipercepat, sehingga ekosistem mangrove dapat pulih secara optimal dan memberikan manfaat ekologis yang berkelanjutan.

Pemantauan berkelanjutan sangat penting dalam program rehabilitasi mangrove untuk memastikan keberhasilan jangka panjang. Mangrove yang memiliki growth rate 21,63% dan rata-rata daun 4,62 helai setelah satu tahun menunjukkan bahwa tanaman belum mencapai pertumbuhan optimal. Fase ini masih merupakan tahap awal, sehingga diperlukan evaluasi dan intervensi secara berkala untuk mendukung perkembangan selanjutnya. Tidak semua bibit

mangrove dapat bertahan di lingkungan rehabilitasi. Tingkat survival bibit perlu dicatat secara berkala untuk mengetahui apakah populasi tanaman stabil atau mengalami penurunan.

Mangrove tidak hanya sekadar tumbuh, tetapi juga harus memulihkan fungsi ekologisnya, seperti menahan erosi, menyediakan habitat bagi biota laut, dan menyerap karbon. Fungsi-fungsi ini memerlukan waktu untuk pulih dan harus dipantau secara bertahap. Dengan pemantauan terus-menerus, program rehabilitasi mangrove dapat dioptimalkan untuk memastikan mangrove tumbuh dengan baik, stabil, dan mampu memberikan manfaat ekologis dan ekonomis bagi lingkungan sekitarnya (Alongi, 2021).

2.1. Gelombang dan Arus laut yang kuat.

Mangrove sebaiknya tidak ditanam di lokasi yang secara alami tidak pernah menjadi habitat mangrove. Penting untuk mempelajari sejarah kawasan tersebut untuk mengetahui apakah mangrove pernah tumbuh di sana. Jika penanaman mangrove harus dilakukan di lokasi dengan gelombang dan arus laut yang kuat, diperlukan upaya mitigasi seperti pembangunan struktur penahan atau pemecah ombak guna mengurangi dampak gelombang terhadap pertumbuhan mangrove.

Secara alami, mangrove tumbuh di wilayah dengan kondisi ombak dan gelombang yang tenang, seperti di muara sungai (tempat bertemunya air tawar dan air laut), laguna, atau di dalam teluk yang terlindungi. Mangrove juga dapat tumbuh di bagian belakang terumbu karang yang cukup padat, di mana perlindungan alami dari gelombang tersedia.

Untuk bibit mangrove yang baru ditanam dan belum memiliki akar yang kuat, penggunaan pipa paralon (PVC) sebagai pelindung dapat membantu. Paralon ini berfungsi mengurangi dampak guncangan akibat gelombang, sehingga bibit mangrove dapat bertahan dan tumbuh dengan baik hingga akarnya kuat menancap pada substrat. Pendekatan ini memastikan keberhasilan penanaman mangrove di lingkungan yang memiliki tantangan fisik dari gelombang laut yang kuat (Faridah-Hanum *et. al.*, 2013).

2.2. Zona Intertidal yang pendek (Sempit) akibat reklamasi Pantai

Kematian anakan mangrove di lapangan salah satunya penyebabnya adalah penanaman yang tidak memperhatikan zona intertidal atau zona pasang-surut. Penanaman dilakukan pada kedalaman laut **150 cm** pasang tertinggi sedangkan anakan mangrove yang ditanam tinggi rata-rata sebesar **74,45 cm**. Anakan-anakan mangrove lebih banyak waktunya terendam sehingga proses fotosintesis terhambat dan pertumbuhan pun tidak dapat berlangsung. Tinggi pasang dapat dilihat dari tanda kenaikan air laut pada taulud yang berbatasan dengan areal penanaman mangrove (Gambar 7).



Gambar 7. Tanda batas air pasang pada taulud

Reklamasi pantai yang dilakukan oleh masyarakat untuk pembangunan pemukiman atau kantor menyebabkan perubahan signifikan pada ekosistem pesisir. Salah satu dampak utamanya adalah pemendekan zona intertidal, yaitu wilayah antara garis pasang surut air laut. Zona ini sangat penting bagi kelangsungan hidup ekosistem mangrove.

Mangrove membutuhkan zona intertidal dengan kondisi tertentu untuk tumbuh optimal. Bibit mangrove bergantung pada air pasang membawa nutrisi penting, sementara air surut membantu mencegah genangan air berlebih yang dapat menyebabkan pembusukan akar (Mulloy, et al., 2025; Srikanth et. al., 2016). Zona intertidal memungkinkan mangrove menerima kadar salinitas yang sesuai untuk metabolisme. Seiring dengan itu pergantian pasang surut memberikan oksigen yang diperlukan akar mangrove untuk bernapas. Jika zona intertidal menjadi terlalu pendek akibat reklamasi, siklus ini terganggu. Bibit mangrove tidak menerima kondisi yang dibutuhkan, sehingga mengalami stres lingkungan yang menyebabkan pertumbuhan lambat, kerentanan terhadap penyakit, atau bahkan kematian.

Bibit mangrove yang ditanam di zona intertidal pendek akibat reklamasi sering gagal karena akar mangrove bisa membusuk karena kekurangan oksigen. Kondisi ini semakin diperburuk oleh genangan air yang tidak surut, yang membuat akar mangrove kekurangan oksigen dan rentan terhadap pembusukan.

Reklamasi pantai sejauh 30 meter ke arah laut untuk pembangunan kantor dan restoran menyebabkan kerusakan lingkungan pesisir, terutama pada zona intertidal. Zona ini merupakan wilayah yang sangat penting bagi ekosistem mangrove, tempat pertemuan antara garis pasang tertinggi dan garis surut terendah. Ketika reklamasi dilakukan, panjang zona intertidal sering kali berkurang atau hilang sepenuhnya, yang berdampak negatif terhadap keberhasilan penanaman bibit mangrove.



Tahun 2003



Tahun 2023

Gambar 8. Google Earth Map 2003-2023 perubahan areal reklamasi sejauh 30 m

Reklamasi sejauh 30 meter ke arah laut (Gambar 8), untuk pembangunan kantor dan restaurant menyebabkan zona intertidal semakin pendek. Zona intertidal adalah area transisi antara laut dan daratan yang mengalami perubahan air pasang surut. Zona ini menyediakan kondisi lingkungan ideal bagi mangrove untuk tumbuh. Ketika reklamasi pantai dilakukan, zona intertidal sering kali menjadi lebih pendek atau tidak stabil. Hal ini mengakibatkan perubahan pada waktu terendam dan tereksposnya substrat yang sangat penting bagi ekosistem mangrove.

2.2.1. Mangrove Terendam Lebih Lama

Reklamasi pantai dapat menyebabkan mangrove yang ditanam berada di area yang lebih rendah daripada ketinggian idealnya (Gambar 9 dan 10). Akibatnya, bibit mangrove terendam air lebih lama, terutama pada saat pasang tinggi. Kondisi ini membuat akar mangrove kekurangan oksigen karena terhalang oleh air dalam waktu yang lama. Hal ini berakibat buruk pada kesehatan bibit mangrove, yang akhirnya mati sebelum tumbuh dengan baik.



Gambar 9. Anakan mangrove seluruh terendam saat pasang

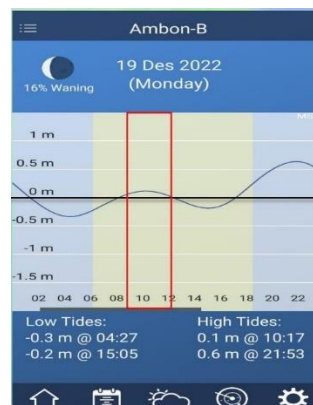


Gambar. 10. Kondisi surut pada aplikasi Tides (0 meter) namun di lapangan seluruh bibit masih terendam air laut

2.2.2. Dampak terhadap Fotosintesis

Mangrove memerlukan sinar matahari yang cukup untuk menjalankan proses fotosintesis, yaitu mekanisme vital yang menghasilkan energi dan nutrisi bagi pertumbuhan serta kelangsungan hidupnya. Jika bibit mangrove terendam air terlalu lama, terutama pada kondisi pasang tinggi atau di kawasan yang terus-menerus tergenang, daun mangrove kehilangan kemampuan untuk menangkap cahaya matahari secara optimal.

Hal ini menyebabkan terganggunya proses fotosintesis, yang pada akhirnya mengurangi produksi energi yang diperlukan untuk berbagai fungsi biologis, termasuk pertumbuhan akar, batang, dan daun. Dalam jangka panjang, mangrove yang mengalami keterbatasan energi ini akan kesulitan beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang sulit, sehingga risiko kematian meningkat. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa mangrove ditanam di lokasi yang memungkinkan daun tetap mendapatkan paparan sinar matahari yang memadai, meskipun berada di lingkungan perairan. (Wang, et. al.,2022).



Gambar. 9. Waktu efektif tanaman berfotosintesis dipadukan dengan aplikasi Tides

Fotosintesis pada tanaman mangrove berlangsung selama ada cahaya matahari. Biasanya, waktu efektifnya dimulai saat matahari terbit hingga matahari terbenam (Gambar 9). Namun, puncak fotosintesis biasanya terjadi pada pagi hingga menjelang siang (sekitar pukul 09.00–11.00) saat intensitas cahaya cukup tinggi tetapi belum terlalu panas. Pada sore hari, tingkat fotosintesis dapat menurun karena intensitas cahaya yang berkurang (Hogarth, 2015; Reef, et. al., 2010).

2.3. Substrat lumpur yang tidak mendukung

Pertumbuhan mangrove, khususnya spesies *Rhizophora*, sangat dipengaruhi oleh karakteristik substrat tempat mereka tumbuh. Substrat dengan komposisi tekstur pasir 77,32%, lumpur (silt) 10,31%, dan lempung (clay) 12,37% cenderung kurang mendukung pertumbuhan optimal *Rhizophora*. Hal ini disebabkan oleh dominasi pasir yang tinggi dan rendahnya kandungan lumpur serta lempung.

Kandungan pasir yang mencapai 77,32% menyebabkan substrat menjadi sangat porous, sehingga air dan nutrisi cepat terdrainase. Kondisi ini tidak ideal bagi *Rhizophora* yang membutuhkan kelembapan dan ketersediaan nutrisi yang stabil untuk pertumbuhannya. Selain itu, substrat berpasir memiliki stabilitas yang rendah, menyulitkan akar mangrove untuk menancap dengan kuat dan rentan terhadap erosi. Pasir juga tidak dapat menahan nutrisi dengan baik karena partikel-partikelnya besar dan tidak memiliki kapasitas menahan ion-ion hara. Substrat berpasir cenderung tidak stabil, sehingga sulit menopang akar mangrove, terutama akar penyangga khas *Rhizophora*, yang membutuhkan substrat yang lebih kompak. (Iswahyudi et al., 2019).

Menurut Field (1998), mangrove tumbuh pada substrat yang mempunyai kombinasi pasir, lumpur, dan liat yang kaya bahan organik. Substrat tanah dapat mempengaruhi distribusi jenis mangrove. Mangrove tumbuh sangat sesuai pada garis pantai berlumpur dengan gelombang yang rendah di mana ada zona intertidal yang sesuai dan luas dengan pasokan sedimen organik yang berlimpah. Iswahyudi et al (2019), menambahkan bahwa substrat yang sesuai untuk jenis *Brugueira* spp. adalah substrat lempung berpasir atau lempung berdebu. Jenis *Rhizophora* spp. dan *Avicennia* spp. bisa tumbuh baik pada tanah lunak (belum begitu matang) dan berlumpur. Sedangkan jenis *Sonneratia* spp. dapat ditanam di tanah yang lebih keras atau lebih matang, biasanya lebih dekat ke arah darat.

Substrat lempung berpasir merupakan substrat yang sangat cocok untuk pertumbuhan jenis *Rhizophora* spp. Bentuk perakaran *Rhizophora* spp. yang menjangkar dan rapat menyebabkan terbentuknya substrat. Perakaran inilah yang menjadikan proses penangkapan partikel debu di tegakan *Rhizophora* spp. berjalan sempurna. Ketika terjadi arus balik, partikel-partikel debu terhambat oleh perakaran-perakaran tersebut. Oleh karena itu jenis *Rhizophora*

spp. Sangat menyukai substrat lempung berpasir (Kusmana, 2017). Substrat berlumpur atau lempung berpasir merupakan substrat yang sesuai untuk pertumbuhan *R. mucronata* dan *S. alba* (Iswahyudi et al., 2019)

2.4. Penanaman jenis pada zonasi yang tidak tepat.

Daerah mangrove terdapat zonasi pertumbuhan yang harus diperhatikan dengan baik. Jenis yang ditanam bukan pada zonasinya akan mengalami kegagalan. Zonasi hutan mangrove dapat ditinjau dari 2 segi yaitu zonasi menurut jenis yang dominan dan zonasi menurut penggenangan. Jenis yang dominan seperti Zona *Rhizophora* karena didominasi oleh *Rhizophora* sp, atau Zona *Sonneratia* didominasi oleh *Sonneratia* sp. Sedangkan Zonasi menurut penggenangan dibagi menjadi Zona Prosikmal, Middle dan Distal. Untuk penanaman mangrove pada zonasi *Sonneratia* sebaiknya dipergunakan jenis *Sonneratia* sp atau daerah yang didominasi dengan *Rhizophora* dipergunakan *Rhizophora* sp (Snedaker, 1982).

Tekstur tanah yang dominan pasir sangat minim lumpur merupakan area yang kurang cocok dengan jenis mangrove yang ditanam yaitu *Rhizophora apiculata*. Area ini merupakan zonasi *Sonneratia* sp yang terlihat dari vegetasi mangrove tingkat pohon di sekitar area penanaman yaitu jenis *Sonneratia alba*. Pohon induk *Sonneratia alba* dengan akar *Pneumatofor* yang khas sekitar area rehabilitasi dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Jenis *Sonneratia alba* dengan *Pneumatofor* yang khas sekitar areal rehabilitasi

2.5. Sampah pada Daerah Rehabilitasi Mangrove

Sampah merupakan salah satu faktor yang ikut mempengaruhi pertumbuhan anakan di lapangan terutama sampah plastik yang dapat melilit anakan mangrove. Areal rehabilitasi pada saat tertentu sangat dipenuhi dengan sampah, membuat laut menjadi kotor dan keruh mempengaruhi tembus pandang sampai ke dasar laut. Kumpulan sampah pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 8. berikut.



Gambar 12. Sampah yang hanyut terbawa pada areal rehabilitasi

3.6. Hama dan Penyakit yang menyerang

Bibit mangrove jenis *Rhizophora* yang terendam terlalu lama dalam air laut sering diserang oleh hama seperti *Barnacles*. Hama *Barnacles* adalah organisme laut yang melekat pada permukaan bibit, terutama pada bagian batang dan akar, ketika kondisi lingkungan terlalu lama tergenang air asin tanpa adanya pengeringan alami.

Selain itu, bibit *Rhizophora* juga rentan terhadap Cacing penggerek kayu (*marine borers*, seperti *Teredo navalis* atau *Sphaeroma spp.*), yang dapat menyerang batang dan akar. Siput herbivora (*gastropods*), yang memakan daun dan tunas bibit mangrove. dan Kepiting pemotong bibit (*sesarmid crabs*), yang memotong batang atau akar bibit muda.

3. Solusi Meningkatkan Keberhasilan Rehabilitasi Mangrove

3.1. Ombak dan Gelombang yang cukup kuat

Solusi untuk Penanaman Mangrove di Daerah dengan Gelombang dan Ombak Kuat

1. Penggunaan Struktur Pelindung Sementara. Membangun struktur pelindung seperti pemecah gelombang (wave breakers) atau tanggul alami dari bambu, kayu, atau ban bekas untuk mengurangi kekuatan gelombang sebelum mencapai area penanaman. Struktur pagar bambu berlapis telah terbukti efektif di Demak, Indonesia, untuk melindungi bibit mangrove (Winterwerp et. al., 2014).
2. Penanaman Spesies yang Tahan Gelombang. Memilih spesies mangrove yang lebih toleran terhadap gelombang seperti *Avicennia marina* atau *Sonneratia alba* sebagai lapisan pelindung luar sebelum menanam *Rhizophora* di bagian dalam. (Kathiresan and Bingham, 2001).

3. Menggunakan Penyangga atau Pelindung Bibit. Setiap bibit dilindungi dengan struktur seperti pipa PVC atau jaring untuk mencegah kerusakan akibat arus dan gelombang (Kinya, G., 2024).
4. Teknik Bioengineering. Menggunakan material alami seperti batang pohon mati atau kelapa untuk memperlambat kecepatan arus air dan mengurangi dampak ombak. (Giesen, et al. 2007).

3.2. Substrat lumpur yang tidak mendukung

Areal rehabilitasi mangrove yang memiliki Substrat dengan kandungan lumpur dan lempung yang lebih tinggi memiliki kemampuan menahan air dan nutrisi yang lebih baik. Menurut penelitian di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang, komposisi sedimen yang kaya akan lumpur menjadi tempat tumbuh yang ideal bagi *Rhizophora sp.* Hal ini karena lumpur menyediakan nutrisi yang diperlukan dan menciptakan kondisi anaerob yang mendukung mikroorganisme pengurai bahan organik (Ardang, dkk 2023)

Selain itu, substrat berlumpur dan berlempung memberikan dukungan mekanis yang lebih baik bagi akar penyangga *Rhizophora*. Akar-akar ini berfungsi untuk menstabilkan pohon dan menahan hempasan gelombang. Pada substrat berpasir, kemampuan ini berkurang karena kurangnya kohesi antar partikel pasir, sehingga akar sulit mendapatkan pegangan yang kuat. Penelitian lain menunjukkan bahwa jenis mangrove tertentu memiliki preferensi terhadap jenis substrat tertentu. Misalnya, *Rhizophora mucronata* cenderung tumbuh pada substrat dengan tekstur lempung berpasir, sementara *Avicennia sp.* lebih dominan pada substrat liat dan pasir (Dewi, S.K. and Herawatiningsih, R., 2017)

Hal ini menunjukkan pentingnya kesesuaian antara spesies mangrove dengan karakteristik substrat untuk memastikan pertumbuhan yang optimal. Dengan demikian, untuk mendukung pertumbuhan *Rhizophora* yang optimal, diperlukan substrat dengan kandungan lumpur dan lempung yang lebih tinggi. Jika substrat didominasi oleh pasir, seperti pada komposisi yang disebutkan, upaya rehabilitasi dapat dilakukan dengan menambahkan material organik atau sedimen halus untuk meningkatkan kandungan lumpur dan lempung. Langkah ini akan membantu menciptakan kondisi substrat yang lebih sesuai bagi pertumbuhan *Rhizophora*.

Secara keseluruhan, pemahaman mengenai hubungan antara tekstur substrat dan pertumbuhan mangrove sangat penting dalam upaya konservasi dan rehabilitasi ekosistem mangrove. Dengan memastikan kesesuaian antara spesies mangrove yang ditanam dengan karakteristik substrat, keberhasilan program rehabilitasi dapat ditingkatkan, sehingga fungsi ekologis dan ekonomis hutan mangrove dapat terjaga dengan baik.

Agar pertumbuhan mangrove lebih optimal, beberapa langkah dapat dilakukan, seperti meningkatkan kualitas substrat dengan menambahkan lumpur atau bahan organik untuk memperkaya nutrisi (Kusmana, 2017). Perlindungan dari gangguan fisik, seperti pemasangan pemecah gelombang alami, juga dapat membantu. Selain itu, pemantauan berkala terhadap salinitas, nutrisi, dan gangguan eksternal sangat penting untuk memastikan kondisi ideal bagi mangrove.

3.3. Zona intertidal yang pendek/sempit akibat reklamasi

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan analisis lingkungan yang mendalam sebelum melakukan penanaman mangrove. Analisis ini mencakup studi tentang pola pasang surut, karakteristik tanah, dan kondisi salinitas di lokasi reklamasi. Dengan memahami kondisi lingkungan, penanaman mangrove dapat dilakukan di lokasi yang memiliki peluang lebih tinggi untuk berhasil.

Beberapa langkah dapat diambil untuk meningkatkan keberhasilan penanaman mangrove di area reklamasi. Misalnya, memilih lokasi dengan zona intertidal yang cukup luas, memperbaiki substrat dengan menambahkan bahan organik, dan menggunakan teknik penanaman yang sesuai dengan spesies mangrove yang ditanam. Selain itu, pengelolaan lingkungan seperti kontrol sedimentasi dan salinitas juga penting untuk mendukung pertumbuhan mangrove.

Solusi lainnya menggunakan teknik guludan untuk meningkatkan keberhasilan bibit (Kusmana dan Purwanegara, 2014). Teknik ini melibatkan pembuatan gundukan tanah (guludan) setinggi 30–50 cm sebagai tempat menanam bibit mangrove, sehingga bibit tidak sepenuhnya terendam air saat pasang. Guludan membantu meningkatkan aerasi akar, mengurangi stres akibat genangan, dan memberikan stabilitas pada tanah berlumpur. Prosesnya mencakup persiapan lahan, pembuatan guludan, penanaman bibit, serta pemeliharaan rutin, seperti mengganti bibit yang mati dan memperkuat guludan agar tidak tergerus arus. Keunggulan teknik guludan adalah adaptabilitasnya untuk kondisi genangan tinggi, efektivitasnya dalam melindungi bibit, dan pemanfaatan bahan lokal yang ekonomis.

Edukasi masyarakat tentang pentingnya mangrove juga sangat diperlukan. Masyarakat perlu memahami bahwa mangrove memiliki peran penting dalam mencegah abrasi, menyediakan habitat bagi berbagai jenis biota, dan menyerap karbon. Dengan kesadaran ini, masyarakat diharapkan lebih mendukung pelestarian mangrove meskipun terjadi pembangunan. (Beeston, et. al., 2023).

3.4. Penanaman Jenis sesuai Zonasi

Penanaman mangrove yang sesuai dengan zonasi dan karakteristik habitatnya merupakan langkah krusial dalam memastikan keberhasilan rehabilitasi ekosistem pesisir. Zonasi mangrove terdiri dari tiga wilayah utama: zona depan, tengah, dan belakang. Masing-masing tempat memiliki

zonasi tersendiri Pulau Marsegu memiliki zonasi-zonasi yang dapat dijelaskan sebagai berikut : Zona Proksimal (*Proximal Zone*): Terletak di bagian depan yang dekat dengan laut. Didominasi oleh jenis *Rhizophora stylosa* dan *Rhizophora mucronata*. Zona Tengah (*Middle Zone*). Terletak di bagian tengah mangrove. Didominasi oleh *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora apiculata*, *Ceriops tagal*, dan *Xylocarpus granatum*. Sedangkan Zona Distal (*Distal Zone*): Terletak di bagian belakang atau terdalam. Didominasi oleh *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora apiculata*, dan *Xylocarpus moluccensis* (Irwanto, et. al., 2020).

Faktor lingkungan seperti salinitas, substrat tanah, pasang-surut, dan ketersediaan nutrisi sangat menentukan kesesuaian habitat bagi mangrove. Substrat berlumpur yang kaya organik mendukung pertumbuhan *Rhizophora* dan *Bruguiera*, sedangkan substrat berpasir lebih cocok untuk *Avicennia* dan *Sonneratia* (Rosalina and Rombe, 2021). Lokasi penelitian Poka Teluk Ambon Dalam lebih cocok ditanam jenis *Sonneratia* karena hasil penelitian menunjukkan jenis pohon sekitarnya adalah *Sonneratia* dan memiliki tekstur pasir berlempung dengan kadar pasir 77,32%. Salinitas tinggi biasanya mendukung spesies pionir seperti *Avicennia*, sementara salinitas rendah lebih ideal untuk spesies seperti *Ceriops*. Survei lingkungan sebelum penanaman diperlukan untuk memastikan bahwa lokasi rehabilitasi sesuai dengan kebutuhan spesies yang akan ditanam.

Langkah-langkah penting dalam rehabilitasi mangrove meliputi pemilihan spesies yang tepat, pengelolaan substrat, dan penerapan teknik penanaman yang baik. Bibit mangrove yang sehat perlu ditanam pada kedalaman yang sesuai untuk mencegah stres akibat genangan berlebih atau kekeringan (Eddy *et al.*, 2021). Pelindung bibit juga dapat dipasang untuk melindungi bibit dari hama, seperti kepiting dan ulat pemakan daun, yang sering menjadi penyebab kegagalan rehabilitasi (Setyawan *et al.*, 2004). Selain itu, pemantauan rutin diperlukan untuk mengganti bibit yang mati dan mencegah kerusakan akibat abrasi.

Penanaman mangrove yang sesuai dengan zonasi dan karakteristik habitatnya akan meningkatkan tingkat keberhasilan rehabilitasi sekaligus mempercepat pemulihan ekosistem pesisir. Mangrove yang sehat dapat melindungi pantai dari abrasi, mengurangi dampak gelombang tinggi, dan berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon biru (Alongi, 2021).

3.4. Penanggulangan sampah

Sampah di laut menjadi ancaman serius bagi anakan mangrove yang sedang dalam tahap pertumbuhan. Sampah seperti plastik dan styrofoam dapat menutupi area sekitar akar, menghambat pertumbuhan, serta merusak struktur tanah yang mendukung anakan mangrove. Oleh karena itu, langkah pertama yang dapat dilakukan adalah pembersihan rutin di area mangrove dan sekitarnya. Kegiatan ini dapat dilakukan secara manual dengan melibatkan

masyarakat dan organisasi lingkungan. Selain itu, program bersih pantai yang terintegrasi juga dapat membantu mengurangi jumlah sampah yang masuk ke laut.

Pemasangan barikade sampah di perairan merupakan salah satu solusi efektif untuk mencegah sampah mencapai area mangrove. Penghalang seperti paranet atau jaring terapung dapat dipasang di lokasi strategis, seperti muara sungai yang sering menjadi jalur utama sampah. Barikade ini perlu dirawat secara rutin agar tetap berfungsi optimal. Selain itu, teknologi floating barrier dengan skala lebih besar dapat digunakan untuk menangkap sampah di laut sebelum mencapai garis pantai atau ekosistem mangrove.

Langkah lain yang tidak kalah penting adalah pengelolaan sampah di sumbernya. Peningkatan fasilitas pembuangan sampah di area pemukiman dan wisata dapat mencegah masyarakat membuang sampah ke sungai atau laut. Edukasi juga memegang peranan penting dalam mengubah perilaku masyarakat. Kampanye kesadaran lingkungan, seperti pengurangan plastik sekali pakai dan penggunaan bahan daur ulang, dapat membantu memutus siklus sampah yang berakhir di laut.

3.5. Hama dan penyakit yang menyerang

Tanaman hutan mangrove juga tidak terlepas dari serangan hama dan penyakit. Contohnya pada jenis tanaman *Rhizophora* ditemukan hama *Zeuzera conferta* (Cossidae, Lepidoptera), Cara pengendaliannya adalah dengan pemangkasan, penjarangan yaitu bertujuan menciptakan kondisi lingkungan yang tidak disukai oleh serangga hama. Selain itu umumnya ditemukan hama laba-laba, cara pengendalian untuk hama ini adalah dengan menanam vegetasi (rumput, waru, ketapang) dan memasang bambu perangkap (Utari, dkk, 2017).

Hama lain yang menyerang jenis *Rhizophora* adalah *Planococcus lilamus*, *Pagodiella sp*, *Coccus hesperium L*, *Cerococcus sp*, *Aulacopsis sp*, *Chionopsis* dan *Chrysomphalus ficcus*, penanggulangannya adalah dengan menggunakan insektisida Florbac Fc dan Azodrin 15 WSC. Selain itu hama yang sering menyerang bibit mangrove adalah kepiting, yang menyerang tanaman dengan memotong tunas muda, dan ulat daun sering menyerang daun mangrove. Terdapat 4 jenis hama pada daerah rehabilitasi mangrove yaitu *Balanus amphitrite*, *Sesarma sp.*, *Pteroma plagiophleps*, dan *Clibanarius sp.* (Dewiyanti dan Yunita, 2013).

Selain itu penggunaan beberapa bioinsektisida dan kombinasinya terhadap serangan hama dapat menekan perkembangan hama. Menurut Asmaliyah dan Anggraeni (2009) Aplikasi kombinasi insektisida mikroba B. t. var. kurstaki strain 3a/3b dengan ekstrak tanaman mimba juga efektif menekan serangan ulat kantong *Pagodiella sp.* (pertambahan tingkat kerusakan 14,92%). Kombinasi antara insektisida botani mimba dan sirsak selain efektif menekan serangan ulat kantong *Pagodiella sp.*, juga menghasilkan efek sinergisme.

Ketahanan bibit terhadap serangan hama ini sangat bergantung pada manajemen lingkungan, seperti: Waktu penanaman, untuk menghindari genangan terlalu lama, Rotasi air atau drainase alami yang baik dan Pengendalian manual atau biologis terhadap hama. Faktor stres seperti lama genangan air laut juga dapat melemahkan bibit dan membuatnya lebih rentan terhadap serangan hama.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Keberhasilan rehabilitasi mangrove di Teluk Ambon bagian dalam memiliki tingkat kelangsungan hidup yang sangat rendah, yaitu 2,3% dari total 1.260 anakan yang ditanam. Hal ini mengindikasikan kegagalan dalam upaya rehabilitasi akibat berbagai faktor lingkungan dan teknis.
2. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kegagalan meliputi:
 - Substrat berpasir yang kurang mendukung pertumbuhan mangrove.
 - Zona intertidal yang sempit akibat reklamasi pantai, menyebabkan bibit mangrove sering terendam terlalu lama.
 - Gelombang dan arus laut yang cukup kuat pada saat tertentu, yang merusak bibit sebelum akar berkembang sempurna.
 - Kesalahan dalam penanaman jenis mangrove yang tidak sesuai dengan zonasi habitat alaminya.
 - Hama dan penyakit serta sampah yang mengganggu pertumbuhan mangrove
3. Data yang diukur menunjukkan rata-rata tinggi anakan sebesar 74,45 cm dan jumlah daun rata-rata 4,62 helai per tanaman yang hidup. Namun, angka ini belum mencerminkan keberhasilan optimal karena kondisi lingkungan yang kurang ideal.
4. Solusi keberlanjutan dalam rehabilitasi mangrove harus mempertimbangkan pendekatan berbasis ekologi, pengelolaan lingkungan yang terintegrasi, dan pemantauan rutin.

5.2. Saran

1. Pengelolaan Substrat. Perbaikan substrat dapat dilakukan dengan menambahkan material organik atau lumpur untuk meningkatkan kapasitas retensi air dan nutrisi. Peningkatan kandungan lumpur dan lempung akan membantu mendukung pertumbuhan akar mangrove secara optimal serta penggunaan metode guludan.
2. Penanaman sesuai zonasi. Penanaman mangrove harus disesuaikan dengan zonasi habitat. Misalnya, *Rhizophora* sp. sebaiknya ditanam di substrat lumpur atau lempung, sedangkan jenis *Avicennia* lebih cocok untuk substrat berpasir. Survei zonasi sebelum

- rehabilitasi penting dilakukan untuk menghindari ketidaksesuaian spesies dengan kondisi habitat.
3. Mitigasi Dampak Gelombang. Menggunakan pemecah gelombang alami seperti tanggul bambu atau vegetasi pelindung sebagai lapisan awal sebelum penanaman mangrove. Penggunaan penyangga mekanis seperti paralon atau jaring pelindung untuk melindungi bibit dari arus laut.
 4. Edukasi dan Partisipasi Masyarakat. Melibatkan masyarakat dalam program rehabilitasi untuk menjaga kelestarian mangrove dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya mangrove sebagai penahan abrasi, penyerap karbon, dan habitat biota laut. Pelatihan masyarakat mengenai metode rehabilitasi mangrove yang efektif dapat mendukung keberlanjutan program ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Dinas Kehutanan Provinsi Maluku dan Bpk Yusril Mangopo, S.Hut.,M.Si serta semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A., Hastuti, R.B. and Hastuti, E.D., 2016. Pertumbuhan semai *Rhizophora mucronata* pada saluran tambak wanamina dengan lebar yang berbeda. *Jurnal Akademika Biologi*, 5(1), pp.48-59.
- Alongi, D.M., 2021. Functional role of mangrove forests along the subtropical and tropical coasts of China. *Current Chinese Science*, 1(1), pp.73-86.
- Ardang, D.M., Soenardjo, N. and Taufiq-SPJ, N., 2023. Hubungan Tekstur Sedimen Terhadap Vegetasi Mangrove Di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. *Journal of Marine Research*, 12(3), pp.519-526.
- Asmaliyah, A. and Anggraeni, I., 2009. Uji aplikasi beberapa bioinsektisida dan kombinasinya terhadap serangan hama ulat kantong *Pagodiella* sp. pada bibit *Rhizophora apiculata* di persemaian. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 6(1), pp.37-43.
- Beeston, M., Cameron, C., Hagger, V., Howard, J., Lovelock, C. and Sippo, J., 2023. Best practice guidelines for mangrove restoration. *Global mangrove alliance and blue carbon initiative*. . <https://www.mangrovealliance.org>.
- Darmawan, D. R. D., & Anna, A. N. 2018. *Identifikasi Lokasi Prioritas Konservasi Pesisir dan Pulau-pulau Kecil di Provinsi Maluku Berdasarkan Konektivitas Darat-Laut* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

- Dewi, S.K. and Herawatiningsih, R., 2017. Kondisi Tanah dalam Kawasan Mangrove di Desa Nusapati Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(2).
- Dewiyanti, I dan Yunita, 2013. Identifikasi dan Kelimpahan Hama Penyebab Ketidakberhasilan Rehabilitasi Ekosistem Mangrove. *Jurnal ILMU KELAUTAN* September 2013 Vol. 18(3):150–156. Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Eddy, S., Milantara, N., Sasmito, S.D., Kajita, T. and Basyuni, M., 2021. Anthropogenic drivers of mangrove loss and associated carbon emissions in South Sumatra, Indonesia. *Forests*, 12(2), p.187.
- Ellison, J.C., 2021. Factors influencing mangrove ecosystems. *Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management*, pp.97-115.
- Faridah-Hanum, I., Latiff, A., Hakeem, K.R. and Ozturk, M. eds., 2013. *Mangrove ecosystems of Asia: status, challenges and management strategies*. Springer Science & Business Media.
- Field, C., Osborn, J., Hoffman, L., Polsenberg, J., Ackerly, D., Berry, J., Björkman, O., Held, A., Matson, P. And Mooney, H., 1998. Mangrove biodiversity and ecosystem function. *Global Ecology & Biogeography Letters*, 7(1), pp.3-14.
- Giesen, W., Wulffraat, S., Zieren, M. and Scholten, L., 2007. Mangrove guidebook for Southeast Asia.
- Hogarth, P.J., 2015. *The biology of mangroves and seagrasses*. Oxford university press.
- Irwanto, I., Paembonan, S.A., Oka, N.P. and Maulany, R.I., 2020. Growth characteristics of the mangrove forest Jurnal Mina Sains ISSN: 2550-0759 Volume 9 Nomor 2, Oktober 2023 24 at the raised coral island of Marsegu West Seram Maluku. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(211), p.219.
- Iswahyudi, I., Kusmana, C., Hidayat, A. and Noorachmat, B.P., 2019. Evaluasi kesesuaian lahan untuk rehabilitasi hutan mangrove Kota Langsa Aceh. *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 20(1), pp.45-56.
- Kathiresan, K. and Bingham, B.L., 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems.
- Kim, K., Seo, E., Chang, S.K., Park, T.J. and Lee, S.J., 2016. Novel water filtration of saline water in the outermost layer of mangrove roots. *Scientific reports*, 6(1), p.20426.
- Kinya, G., 2024. *The success of eco-engineering mangrove restoration in a high energy area, at gazi bay, kenya* (Doctoral dissertation, Gladys Kinya).
- Kusmana, C, Onrizal dan Sudarmaji, 2003. Jenis-Jenis Pohon Mangrove di teluk Bintuni, Papua, Diterbitkan atas kerjasama Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dan PT. Bintuni Utama Murni. Wood Industries. Bogor.
- Kusmana, C. and Purwanegara, T., 2014. Teknik guludan sebagai solusi metode penanaman mangrove pada lahan yang tergenang air yang dalam. Risalah Kebijakan Pertanian Dan

- Lingkungan. Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian dan Lingkungan, 1(3), pp.165-171.
- Kusmana, C., 2017. Lesson learned from mangrove rehabilitation program in Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(1), pp.89-97.
- Lasabuda, R. 2013. Pembangunan Wilayah Pesisir Dan Lautan Dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(2), 92-101.
- Makaruku, A. and Aliman, R., 2019. Analisis Tingkat Keberhasilan Rehabilitasi Mangrove Di Desa Piru Kecamatan Seram Barat Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 19(2).
- Mulloy, R., Aiken, C.M., Dwane, G., Ellis, M. and Jackson, E.L., 2025. Scalable mangrove rehabilitation: Roots of success for *Rhizophora stylosa* establishment. *Ecological Engineering*, 212, p.107521.
- Primavera, J., Sadaba, R., Leбата, M.J.H.L. and Altamirano, J., 2004. *Handbook of mangroves in the Philippines-Panay*. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Primavera, J.H. and Esteban, J.M.A., 2008. A review of mangrove rehabilitation in the Philippines: successes, failures and future prospects. *Wetlands Ecology and Management*, 16, pp.345-358.
- Reef, R., Feller, I.C. and Lovelock, C.E., 2010. Nutrition of mangroves. *Tree physiology*, 30(9), pp.1148-1160.
- Rosalina, D. dan Rombe, K.H., 2021. Struktur dan Komposisi Jenis Mangrove di Kabupaten Bangka Barat Structure and Composition of Mangrove Species in West Bangka Regency. *Jurnal Airaha*, 10(01).
- Setyawan, A.D., Winarno, K. And Purnama, P.C., 2004. Mangrove ecosystem in Java: 2. Restoration. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 5(2).
- Snedaker, S. C. 1982. Mangrove species zonation: why?. In *Contributions to the Ecology of Halophytes* (pp. 111-125). Springer, Dordrecht.
- Srikanth, S., Lum, S.K.Y. and Chen, Z., 2016. Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees*, 30, pp.451-465.
- Suriani, S. 2017. Peran Dinas Perikanan, Kelautan Dan Pertanian Dalam Konservasi Hutan Mangrove Di Kelurahan Berbas Pantai Kecamatan Bontang Selatan Kota Bontang. *Jurnal Universitas Mulawarman*, 1(3), 913-923.

- Utari, V., Ekyastuti, W. and Oramahi, H.A., 2017. Kondisi Serangan Serangga Hama Pada Bibit Bakau (*Rhizophora apiculata* Bl) Di Pup PT. Bina Ovovipari Semesta Kalimantan Barat. *jurnal hutan lestari*, 5(4).
- Wang, C.W., Wong, S.L., Liao, T.S., Weng, J.H., Chen, M.N., Huang, M.Y. and Chen, C.I., 2022. Photosynthesis in response to salinity and submergence in two Rhizophoraceae mangroves adapted to different tidal elevations. *Tree Physiology*, 42(5), pp.1016-1028.
- Winterwerp, H., van Wesenbeeck, B., van Dalen, J., Tonneijck, F., Astra, A., Verschure, S. and Van Eijk, P., 2014. A sustainable solution for massive coastal erosion in Central Java. *Netherlands: Wetlands International*.
- Xiong, Y., Jiang, Z., Xin, K., Liao, B., Chen, Y., Li, M., Guo, H., Xu, Y., Zhai, X. and Zhang, C., 2021. Factors influencing mangrove forest recruitment in rehabilitated aquaculture ponds. *Ecological Engineering*, 168, p.106272.
- Yusuf, D.W., L.B. Prasetyo, C. Kusmana, dan Machfud. 2017. Detection of Mangrove Disruption due to Anthropogenic Factor in Protected Area using GIS Model : A Case Study in Konawe Selatan, Southeast Sulawesi. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research. (IJSBAR)* ISSN 2307-4531. <http://gssrr.org/index.php?journal=JournalOfBasicAndApplied>.
- Yuvaraj, E., K. Dharanirajan, S.Jayakumar, Saravanan & J. Balasubramaniam. 2017. Distribution and zonation pattern of mangrove forest in Shoal Bay Creek, Andaman Islands, India. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*. Vol.46 (03), March 2017, pp. 597-604.