

Evaluasi Tingkat Keberhasilan Penanaman Mangrove Metode Konvensional: Studi Kasus Semai *Rhizophora mucronata* di Pulau Serangan, Bali

I Putu Sugiana^{1*}, Martobi Ndolu¹, Rahmat Suhada Lawang¹, Samudra Alfatiha¹,
Noventius Manek¹, Dionisius Prawira Hidayat¹, I Wayan Suarjaya¹, Ni Kadek Noni Purnama Dewi²

¹Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi, Universitas Warmadewa
Jl. Terompong No. 24, Sumerta Kelod, Kec. Denpasar Timur, Kota Denpasar, Bali 80239 Indonesia

²Komunitas Green Youth Mangrove Project, STT Satya Hredhaya

Jl. Tukad Guming No.10, Serangan, Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali 80229 Indonesia

Corresponding author, e-mail: iputusugiana@warmadewa.ac.id

ABSTRAK: Rehabilitasi mangrove merupakan salah satu strategi penting dalam pemulihan ekosistem pesisir yang mengalami degradasi. Namun, keberhasilan kegiatan rehabilitasi sangat dipengaruhi oleh kesesuaian metode penanaman dengan kondisi lingkungan setempat. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tingkat keberhasilan penanaman mangrove menggunakan metode konvensional melalui analisis pertumbuhan dan kelangsungan hidup semai *Rhizophora mucronata* di Pulau Serangan, Bali. Penelitian dilakukan selama 12 bulan, mulai Juni 2024 hingga Mei 2025, dengan memantau 300 semai yang ditanam secara langsung pada substrat. Pengamatan dilakukan setiap bulan melalui pengukuran tinggi semai, pencatatan jumlah individu yang bertahan hidup, serta observasi kondisi lingkungan di sekitar lokasi penanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan semai relatif rendah dengan rata-rata pertambahan tinggi sebesar 1,3 cm per bulan. Tingkat kelangsungan hidup semai juga sangat rendah, di mana hanya sekitar 10% semai yang mampu bertahan hingga akhir periode pengamatan. Penurunan jumlah semai paling signifikan terjadi pada fase awal setelah penanaman, yang menunjukkan tingginya kerentanan semai terhadap kondisi lingkungan setempat. Kematian semai diduga dipengaruhi oleh ketidakstabilan sedimen, penimbunan lumpur, keberadaan sampah plastik, penutupan oleh alga hijau (*Ulva lactuca*), serta organisme penempel seperti teritip yang menghambat proses fisiologis tanaman. Temuan ini menunjukkan bahwa metode penanaman konvensional memiliki tingkat keberhasilan yang rendah pada kawasan pesisir Pulau Serangan dengan tekanan lingkungan tinggi. Oleh karena itu, penerapan metode rehabilitasi yang lebih adaptif dan sesuai dengan karakteristik habitat diperlukan untuk meningkatkan keberhasilan restorasi mangrove di masa mendatang.

Kata kunci: Pertumbuhan; sedimentasi; mortalitas; restorasi; teritip

*Evaluation of the Success Rate of Conventional Mangrove Planting: A Case Study of *Rhizophora mucronata* Seedlings on Serangan Island, Bali*

ABSTRACT: Mangrove rehabilitation is an important strategy for restoring degraded coastal ecosystems. However, the success of rehabilitation programs is highly dependent on the suitability of planting methods to local environmental conditions. This study aimed to evaluate the success of conventional mangrove planting through an assessment of the growth and survival of *Rhizophora mucronata* seedlings on Serangan Island, Bali, Indonesia. The study was conducted over a 12-month period from June 2024 to May 2025 by monitoring 300 seedlings planted directly into the substrate. Monthly observations included measurements of seedling height, recording the number of surviving individuals, and documenting environmental conditions surrounding the planting area. The results showed that seedling growth was relatively low, with an average height increment of 1.3 cm per month. The survival rate was also extremely low, with only approximately 10% of the seedlings remaining alive at the end of the monitoring period. The most significant decline in seedling abundance occurred during the early establishment stage, indicating a high vulnerability of seedlings to local environmental conditions. Seedling mortality was primarily associated with sediment instability, mud burial, plastic debris accumulation, overgrowth by green algae (*Ulva lactuca*), and

fouling organisms such as barnacles that interfered with plant physiological processes. These findings indicate that the conventional planting method had a low success rate in the environmentally stressed coastal area of Serangan Island. Therefore, more adaptive rehabilitation approaches that consider site-specific habitat characteristics are needed to improve the effectiveness and long-term success of mangrove restoration programs.

Keywords: Growth; sedimentation; mortality; restoration; barnacles

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki fungsi ekologis dan ekonomi yang sangat penting bagi keberlanjutan wilayah pesisir tropis. Mangrove berperan sebagai pelindung alami pantai dari abrasi, gelombang, dan intrusi air laut yang dapat mengancam stabilitas kawasan pesisir (Akram *et al.*, 2023; Amos & Akib, 2023). Selain itu, mangrove menyediakan habitat, tempat pemijahan, serta daerah asuhan bagi berbagai organisme akuatik dan terestrial (Basyuni *et al.*, 2022; Xing *et al.*, 2025). Ekosistem mangrove juga dikenal sebagai penyerap dan penyimpan karbon biru yang efektif sehingga berkontribusi penting dalam mitigasi perubahan iklim global (Song *et al.*, 2023; Dharmayasa *et al.*, 2025). Oleh karena itu, keberadaan mangrove menjadi komponen penting dalam mendukung ketahanan ekosistem pesisir dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada sumber daya pesisir.

Kerusakan ekosistem mangrove masih terus terjadi di berbagai wilayah pesisir akibat konversi lahan, pembangunan infrastruktur, pencemaran, dan eksploitasi sumber daya yang tidak berkelanjutan (Ferreira *et al.*, 2022; Rahman *et al.*, 2024). Penurunan luasan dan kualitas mangrove dapat menyebabkan berkurangnya fungsi ekologis dan jasa lingkungan yang disediakan oleh ekosistem tersebut (Osland *et al.*, 2022; Islam *et al.*, 2024). Sebagai upaya mengatasi permasalahan tersebut, berbagai program rehabilitasi mangrove telah dilaksanakan di Indonesia maupun negara-negara tropis lainnya (Arifanti *et al.*, 2022). Namun demikian, tingkat keberhasilan rehabilitasi sering menunjukkan hasil yang beragam antar lokasi dan antar metode yang digunakan (Lovelock *et al.*, 2022). Tingginya angka kegagalan rehabilitasi menunjukkan bahwa keberhasilan restorasi tidak hanya ditentukan oleh jumlah bibit yang ditanam, tetapi juga oleh kesesuaian kondisi lingkungan tempat rehabilitasi dilakukan (van Bijsterveldt *et al.*, 2022).

Metode penanaman konvensional masih menjadi pendekatan yang paling umum digunakan dalam rehabilitasi mangrove karena relatif sederhana dan memiliki biaya pelaksanaan yang rendah. Pada metode ini, semai atau propagul ditanam secara langsung pada substrat tanpa penggunaan struktur pelindung maupun perlakuan khusus lainnya. Meskipun mudah diterapkan, berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode konvensional sering menghasilkan tingkat kelangsungan hidup yang rendah pada lokasi dengan kondisi lingkungan yang kurang mendukung (Hsiung *et al.*, 2024; Mulloy *et al.*, 2025). Faktor-faktor seperti sedimentasi berlebih, ketidakstabilan substrat, genangan pasang surut, tekanan gelombang, serta keberadaan organisme penempel dapat menghambat pertumbuhan dan meningkatkan mortalitas semai mangrove (Zhou *et al.*, 2024). Oleh karena itu, evaluasi keberhasilan metode penanaman konvensional perlu dilakukan untuk memastikan efektivitas kegiatan rehabilitasi yang telah dilaksanakan.

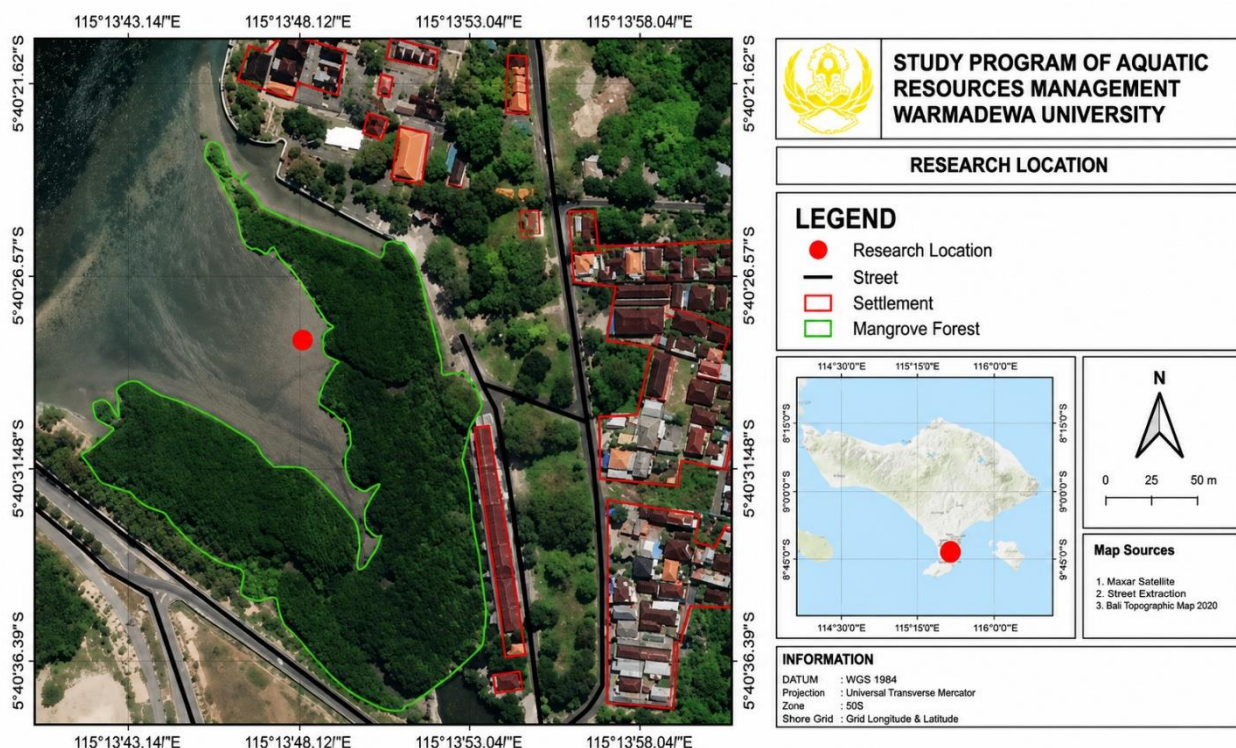
Pulau Serangan merupakan salah satu kawasan pesisir di Bali yang telah menjadi lokasi berbagai kegiatan rehabilitasi mangrove dalam beberapa tahun terakhir. Kawasan ini menghadapi berbagai tekanan lingkungan berupa sedimentasi, akumulasi sampah laut, aktivitas wisata, serta perubahan karakteristik habitat akibat aktivitas manusia. Meskipun berbagai program rehabilitasi telah dilaksanakan, evaluasi keberhasilan penanaman umumnya hanya didasarkan pada jumlah bibit yang ditanam dan belum banyak didukung oleh pemantauan jangka panjang terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup semai di lapangan (Irwanto *et al.*, 2024; Wonatorey *et al.*, 2024). Selain itu, informasi mengenai pengaruh tekanan lingkungan seperti sedimentasi, penimbunan lumpur, sampah laut, alga, dan organisme penempel terhadap keberhasilan rehabilitasi mangrove masih sangat terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan untuk

melakukan evaluasi berbasis monitoring jangka panjang guna memahami faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penanaman mangrove pada kawasan pesisir yang mengalami tekanan lingkungan tinggi.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tingkat keberhasilan penanaman mangrove menggunakan metode konvensional melalui analisis pertumbuhan dan kelangsungan hidup semai *Rhizophora mucronata* di Pulau Serangan, Bali. Penelitian ini menggunakan data pemantauan lapangan selama satu tahun untuk menggambarkan dinamika pertumbuhan dan mortalitas semai pada kondisi lingkungan alami. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efektivitas metode penanaman konvensional serta menjadi dasar dalam pengembangan strategi rehabilitasi mangrove yang lebih adaptif dan sesuai dengan karakteristik habitat pesisir.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan rehabilitasi mangrove Pulau Serangan, Kota Denpasar, Provinsi Bali. Secara geografis, lokasi penelitian berada pada bagian pesisir yang relatif tertutup dan terlindung dari paparan langsung gelombang laut terbuka ($-8.726285^{\circ}\text{S}$, $115.229413^{\circ}\text{BT}$), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Kawasan ini berdekatan dengan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Suwung dengan jarak sekitar 800 m dari lokasi penanaman, sehingga berpotensi menerima pengaruh aktivitas daratan berupa akumulasi sampah dan material sedimen yang terbawa melalui aliran pasang surut maupun limpasan permukaan. Karakteristik substrat di lokasi penelitian didominasi oleh lumpur lunak dengan ketebalan lapisan mencapai sekitar 20 cm sebelum mencapai lapisan yang lebih padat, sehingga dapat menyebabkan daya dukung sedimen relatif rendah dan berpotensi memengaruhi kestabilan semai yang ditanam. Selain itu, lokasi penelitian merupakan kawasan dengan sirkulasi perairan yang terbatas karena berada pada area semi-tertutup, sehingga memungkinkan terjadinya akumulasi lumpur, sampah laut, dan biomassa alga pada sekitar area rehabilitasi.

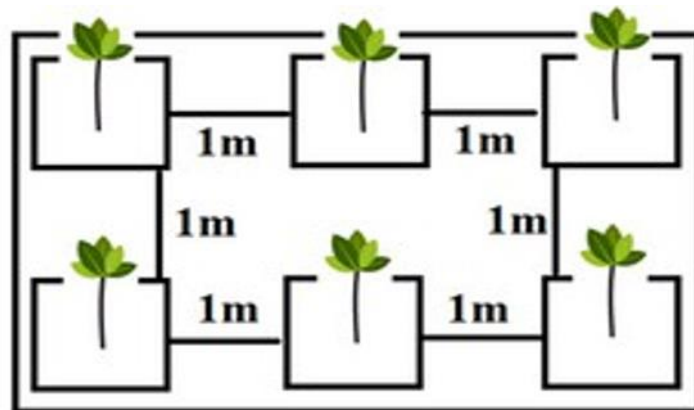


Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Objek penelitian berupa 300 semai *Rhizophora mucronata* yang ditanam menggunakan metode konvensional pada kawasan rehabilitasi mangrove Pulau Serangan. Semai yang digunakan berasal dari persemaian Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (BPDASHL) Unda Anyar, Bali. Pada saat penanaman, semai berumur sekitar empat bulan, dengan rata-rata tinggi ± 35 cm, dan telah memiliki sedikitnya dua helai daun yang berkembang sempurna sehingga dianggap telah siap untuk ditanam pada habitat alami. Penanaman awal dilakukan pada 15 Juni 2024 tanpa penggunaan struktur pelindung, ajir, maupun media tambahan. Setiap semai ditanam secara langsung pada substrat dengan jarak tanam $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ untuk mengurangi kompetisi ruang tumbuh dan memberikan kesempatan perkembangan akar yang optimal (Gambar 2). Kedalaman penanaman sekitar 30 cm yang merupakan posisi dari lapisan lumpur yang lebih padat. Teknik ini diterapkan untuk meningkatkan kestabilan semai dan mengurangi risiko tercabut atau terbawa arus pasang surut selama fase awal pertumbuhan. Sebanyak 300 semai ditanam pada area rehabilitasi seluas sekitar 300 m^2 dengan pola penanaman yang mengikuti kondisi topografi dan karakteristik habitat setempat (Gambar 2). Seluruh semai diberi kode atau penanda untuk memudahkan identifikasi individu selama kegiatan monitoring. Pengamatan dilakukan terhadap individu yang sama selama periode penelitian, sehingga perubahan pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup dapat diamati secara berkelanjutan selama 12 bulan.

Kegiatan monitoring dilakukan selama 12 bulan, mulai Juni 2024 hingga Mei 2025, dengan frekuensi pengamatan satu kali setiap bulan. Pengamatan dilakukan terhadap seluruh semai *Rhizophora mucronata* yang masih dapat ditemukan pada lokasi penanaman. Setiap individu semai telah diberi penanda sejak awal penanaman untuk memudahkan identifikasi dan memastikan bahwa pengukuran dilakukan pada individu yang sama selama periode penelitian. Parameter utama yang diamati meliputi pertumbuhan tinggi semai dan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) menyerupai penelitian Alamshah *et al.* (2023). Pengukuran tinggi semai dilakukan menggunakan meteran fleksibel dengan ketelitian 0,1 cm. Tinggi semai diukur dari permukaan substrat hingga titik tumbuh tertinggi (*apical shoot*) pada setiap individu. Pengukuran dilakukan secara hati-hati untuk meminimalkan kesalahan akibat posisi semai yang miring atau tertutup sedimen. Kelangsungan hidup semai diamati melalui pencatatan jumlah individu yang masih hidup pada setiap periode pemantauan. Semai dikategorikan hidup apabila masih menunjukkan kondisi batang utuh, memiliki daun hijau atau tunas aktif, serta tidak mengalami pembusukan total. Sebaliknya, semai dikategorikan mati apabila batang telah membusuk, patah, hilang dari lokasi penanaman, atau tidak menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan selama periode pengamatan.

Selain pengukuran pertumbuhan dan kelangsungan hidup, dilakukan pula observasi visual terhadap kondisi lingkungan di sekitar semai. Parameter yang diamati meliputi keberadaan timbunan lumpur, akumulasi sampah anorganik, penutupan oleh alga hijau (*Ulva lactuca*), serta keberadaan organisme penempel seperti teritip pada batang dan daun semai. Observasi ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang berpotensi memengaruhi keberhasilan pertumbuhan dan kelangsungan hidup semai selama periode rehabilitasi.



Gambar 2. Ilustrasi penanaman semai mangrove

Pada setiap kegiatan monitoring juga dilakukan dokumentasi visual menggunakan kamera digital untuk merekam kondisi semai dan lingkungan sekitar. Dokumentasi tersebut digunakan sebagai data pendukung dalam interpretasi perubahan kondisi semai serta identifikasi penyebab kematian yang terjadi selama masa pengamatan. Selain itu, kegiatan pembersihan ringan (clean-up) dilakukan dengan menghilangkan sampah plastik, alga berlebih, dan material lain yang secara langsung menutupi semai tanpa mengubah kondisi habitat secara signifikan.

Data pertumbuhan dianalisis dengan menghitung rata-rata pertambahan tinggi semai selama periode pengamatan menggunakan persamaan:

$$GR = (H_t - H_0)/t$$

di mana GR adalah laju pertumbuhan tinggi (cm bulan⁻¹), H_t adalah tinggi semai pada waktu pengamatan (cm), H_0 adalah tinggi awal semai (cm), dan t adalah lama waktu pengamatan (bulan).

Tingkat kelangsungan hidup semai dihitung menggunakan rumus:

$$SR = (N_t - N_0) \times 100$$

di mana SR adalah tingkat kelangsungan hidup (%), N_t adalah jumlah semai hidup pada akhir periode pengamatan, dan N_0 adalah jumlah semai pada awal penanaman.

Data pertumbuhan tinggi semai *R. mucronata* dan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) yang diperoleh selama periode monitoring dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi (*standard deviation*). Selain itu, dilakukan analisis regresi linear sederhana terhadap data pertumbuhan tinggi dan *survival rate* berdasarkan waktu pengamatan. Analisis regresi digunakan untuk memperoleh nilai kemiringan garis (*slope*) yang menggambarkan laju pertumbuhan tinggi semai (cm bulan⁻¹) serta laju perubahan *survival rate* (% bulan⁻¹) selama periode penelitian. Nilai koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk menunjukkan tingkat kesesuaian model regresi terhadap data pengamatan. Data hasil analisis selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menggambarkan dinamika pertumbuhan tinggi dan kelangsungan hidup semai selama 12 bulan pengamatan. Seluruh pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel 2021*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil monitoring selama 12 bulan menunjukkan bahwa semai *R. mucronata* yang berhasil bertahan hidup mengalami peningkatan tinggi secara bertahap selama periode pengamatan (Tabel 1). Rata-rata pertambahan tinggi semai tercatat sebesar 1,03 cm per bulan. Pertumbuhan tertinggi umumnya terjadi pada semai yang mampu bertahan melewati fase adaptasi awal setelah penanaman, sedangkan sebagian semai lainnya menunjukkan pertumbuhan yang lambat akibat kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Secara umum, pola pertumbuhan semai memperlihatkan tren peningkatan tinggi yang relatif konsisten dari bulan ke bulan, meskipun laju pertumbuhannya tergolong rendah dibandingkan dengan pertumbuhan optimum yang dilaporkan pada beberapa lokasi rehabilitasi mangrove dengan kondisi habitat yang lebih stabil. Variasi tinggi antarsemai juga terlihat selama periode monitoring yang ditunjukkan oleh nilai standar deviasi pada setiap waktu pengamatan. Hasil regresi antara tinggi semai dan waktu pengamatan menunjukkan hubungan positif yang mengindikasikan bahwa pertumbuhan tinggi meningkat seiring bertambahnya umur semai selama masa monitoring. Perubahan rata-rata tinggi semai selama periode penelitian disajikan pada Gambar 3.

Pertumbuhan tinggi semai *R. mucronata* pada penelitian ini mencapai rata-rata 1,03 cm per bulan. Nilai tersebut masih berada dalam kisaran pertumbuhan yang dilaporkan oleh Hilmi *et al.* (2022), yaitu antara 0,95–2,33 cm per bulan pada penanaman mangrove menggunakan sistem aquaponik di pesisir Jakarta. Namun demikian, laju pertumbuhan yang diperoleh pada penelitian ini

lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata pertumbuhan yang dilaporkan pada penelitian tersebut, yaitu sekitar 1,60 cm per bulan. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pertumbuhan semai mangrove dapat bervariasi antar lokasi rehabilitasi, meskipun menggunakan genus yang sama, karena dipengaruhi oleh karakteristik habitat dan kondisi lingkungan setempat.

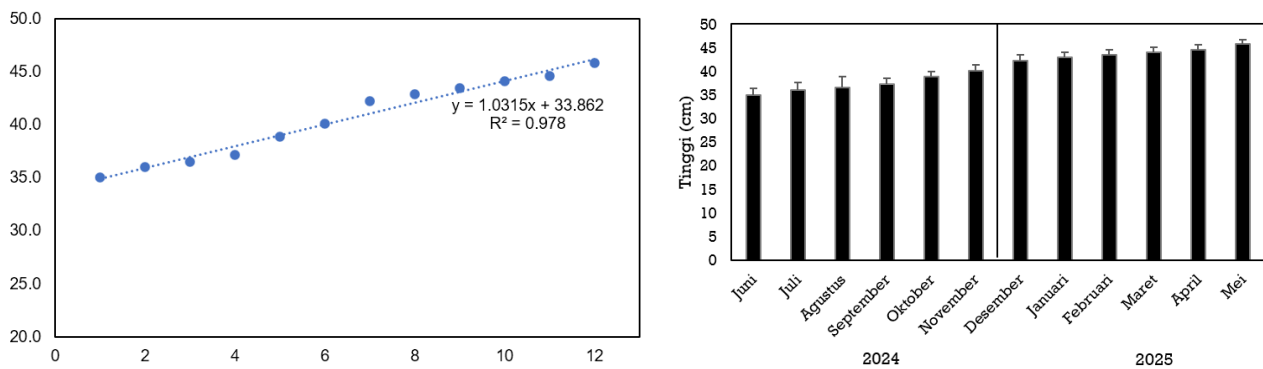
Dibandingkan dengan berbagai penelitian pembibitan *Rhizophora mucronata* di persemaian, pertumbuhan semai pada penelitian ini cenderung lebih rendah. Yuniantika *et al.* (2023) melaporkan bahwa semai *R. mucronata* yang ditanam pada komposisi media tanam yang sesuai menunjukkan pertumbuhan tinggi yang lebih baik dibandingkan media yang kurang optimal. Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan perbedaan kondisi penelitian, di mana penelitian Yuniantika *et al.* (2023) dilakukan pada lingkungan pembibitan yang lebih terkontrol, sedangkan penelitian ini dilakukan secara langsung pada lokasi rehabilitasi yang terpapar kondisi lingkungan alami. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan semai *R. mucronata* di lapangan tidak selalu sebaik pertumbuhan yang diperoleh pada kondisi persemaian atau sistem penanaman yang lebih terkendali.

Tabel 1. Rata-rata tinggi dan standar deviasi bibit mangrove antar waktu pengamatan

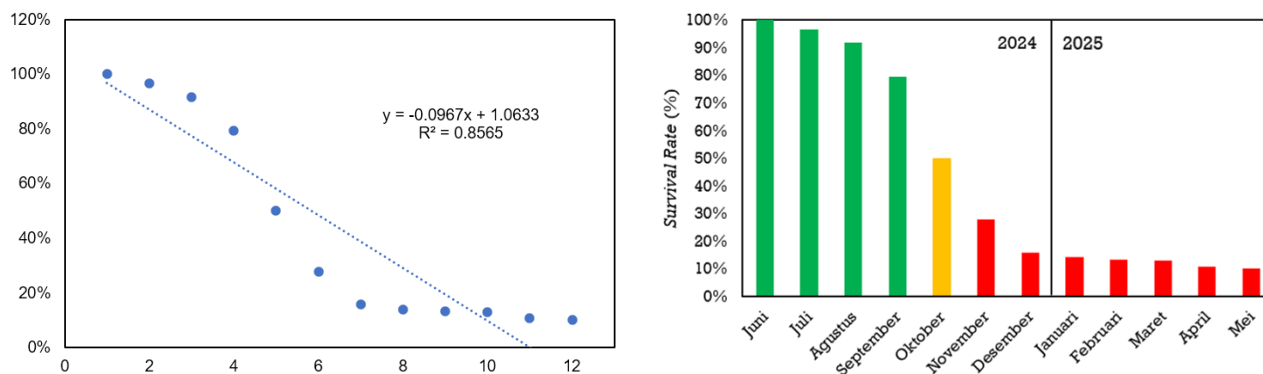
Tahun	Bulan	Tinggi	Standar Deviasi
2024	Juni	35.0	1.3
	Juli	36.0	1.7
	Agustus	36.5	2.3
	September	37.2	1.3
	Oktober	38.9	1.0
	November	40.1	1.3
	Desember	42.2	1.3
2025	Januari	42.9	1.2
	Februari	43.5	1.1
	Maret	44.1	1.0
	April	44.6	1.0
	Mei	45.8	0.9

Tabel 2. Jumlah bibit yang hidup dan survival rate bibit mangrove tiap periode pengamatan

Tahun	Bulan	Jumlah Bibit Hidup	Survival Rate
2024	Juni	300	100%
	Juli	290	97%
	Agustus	275	92%
	September	238	79%
	Oktober	150	50%
	November	83	28%
	Desember	47	16%
2025	Januari	42	14%
	Februari	40	13%
	Maret	39	13%
	April	32	11%
	Mei	30	10%



Gambar 3. Slope pertumbuhan tinggi (kiri) dan tren pertumbuhan tinggi bibit mangrove per bulan (kanan)



Gambar 4. Slope nilai *survival rate* (kiri) dan nilai *survival rate* (kanan) dari bibit mangrove tiap bulan

Selanjutnya, tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) semai *R. mucronata* mengalami penurunan rata-rata secara bertahap sebanyak 9,7% per bulan selama periode pengamatan. Dari total 300 semai yang ditanam pada awal penelitian, hanya sekitar 10% (30 bibit) yang masih bertahan hidup hingga akhir masa monitoring pada bulan ke-12. Penurunan jumlah semai paling besar terjadi pada beberapa bulan pertama setelah penanaman, yang ditunjukkan oleh berkurangnya jumlah individu hidup secara signifikan dibandingkan dengan periode-periode berikutnya. Setelah fase penurunan awal tersebut, jumlah semai yang bertahan hidup cenderung menurun dengan laju yang lebih lambat hingga akhir pengamatan. Secara umum, pola perubahan *survival rate* menunjukkan tren penurunan yang konsisten seiring bertambahnya waktu pengamatan. Dinamika perubahan jumlah semai hidup dan nilai *survival rate* selama periode penelitian disajikan pada Gambar 4.

Nilai *survival rate* pada lokasi penelitian tergolong rendah dibandingkan dengan berbagai penelitian rehabilitasi mangrove yang telah dilaporkan sebelumnya (Tabel 3). Hilmi *et al.* (2022) melaporkan tingkat kelangsungan hidup mangrove sebesar 76,67–96,67% pada sistem aquaponik di Jakarta. Penelitian Sinaga *et al.* (2025) juga menunjukkan tingkat kelangsungan hidup *Rhizophora* yang tinggi, yaitu mencapai 98,8% pada perlakuan terbaik. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kelangsungan hidup semai *R. mucronata* di Pulau Serangan berada di bawah sebagian besar nilai yang dilaporkan pada berbagai lokasi rehabilitasi mangrove, namun masih lebih tinggi dibandingkan beberapa kasus rehabilitasi yang mengalami kegagalan total.

Meskipun *R. mucronata* dikenal sebagai salah satu spesies mangrove yang memiliki toleransi tinggi terhadap kondisi pesisir tropis dan sering digunakan dalam kegiatan rehabilitasi mangrove, kemampuan adaptasi tersebut tidak selalu menjamin keberhasilan pertumbuhan dan kelangsungan

hidup semai pada semua lokasi penanaman (Zhou *et al.*, 2024). Pada penelitian ini, lokasi rehabilitasi didominasi oleh substrat lumpur lunak dengan kecenderungan terjadinya akumulasi sedimen selama periode pengamatan (Best *et al.*, 2022). Kondisi tersebut diduga menjadi salah satu faktor yang memengaruhi keberhasilan semai setelah ditanam. Sedimentasi yang berlebihan berpotensi menyebabkan sebagian semai mangrove tertimbun lumpur, terutama pada fase awal pertumbuhan ketika sistem perakaran belum berkembang secara optimal. Beberapa semai yang diamati juga ditemukan dalam kondisi tertutup lumpur pada bagian batang maupun pangkal tanaman. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun *R. mucronata* memiliki kemampuan beradaptasi pada lingkungan berlumpur, tingginya akumulasi sedimen kemungkinan dapat memberikan tekanan tambahan terhadap semai yang baru ditanam (Haseeba *et al.*, 2025).



Gambar 5. Hasil Pengamatan mangrove mati (kiri) dan Mangrove sehat (kanan)



Gambar 6. Ancaman kehidupan mangrove oleh alga hijau (kiri), plastik (tengah), serta lumpur dan teritip (kanan)

Selain sedimentasi, selama kegiatan monitoring juga ditemukan berbagai tekanan lingkungan lain berupa keberadaan alga hijau (*Ulva lactuca*), organisme penempel seperti teritip, serta sampah plastik yang tersangkut pada semai (Gambar 6). Organisme fouling seperti teritip diketahui memanfaatkan permukaan tanaman sebagai tempat perlekatan dan, pada tingkat penutupan tertentu, berpotensi menambah beban fisik pada batang semai (Hsiung *et al.*, 2024). Sementara itu, akumulasi sampah plastik dan biomassa alga yang menutupi sebagian tanaman mangrove diduga dapat mengganggu kondisi semai pada fase adaptasi setelah penanaman (Madhavan *et al.*, 2025). Meskipun pengaruh masing-masing faktor tersebut tidak diukur secara kuantitatif dalam penelitian ini, keberadaannya secara konsisten ditemukan selama monitoring dan kemungkinan berkontribusi terhadap rendahnya pertumbuhan serta tingkat kelangsungan hidup semai yang diperoleh. Dengan tingkat kelangsungan hidup yang hanya mencapai sekitar 10% pada akhir pengamatan, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa metode penanaman konvensional tanpa pelindung, ajir, maupun media pendukung menghasilkan tingkat keberhasilan yang rendah di lokasi penelitian. Oleh karena itu, penerapan metode rehabilitasi yang lebih adaptif dan mempertimbangkan kondisi habitat setempat berpotensi meningkatkan keberhasilan penanaman mangrove pada kawasan dengan karakteristik lingkungan serupa.

KESIMPULAN

Penanaman semai *R. mucronata* menggunakan metode konvensional di kawasan rehabilitasi mangrove Pulau Serangan, Bali, menunjukkan tingkat keberhasilan yang rendah, ditandai dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 1,03 cm per bulan dan tingkat kelangsungan hidup sekitar 10% setelah 12 bulan pengamatan. Dibandingkan dengan berbagai penelitian rehabilitasi mangrove lainnya, nilai survival rate yang diperoleh tergolong sangat rendah. Kondisi ini diduga berkaitan dengan berbagai tekanan lingkungan yang ditemukan selama kegiatan monitoring, seperti sedimentasi, penimbunan lumpur, keberadaan alga hijau (*Ulva lactuca*), organisme penempel berupa teritip, serta akumulasi sampah plastik di sekitar area rehabilitasi. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa metode penanaman konvensional tanpa pelindung, ajir, maupun media pendukung kurang efektif diterapkan pada lokasi penelitian yang memiliki karakteristik habitat dan tekanan lingkungan yang tinggi, sehingga diperlukan pendekatan rehabilitasi yang lebih adaptif untuk meningkatkan keberhasilan penanaman mangrove pada kondisi serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, H., Hussain, S., Mazumdar, P., Chua, K.O., Butt, T.E., & Harikrishna, J.A., 2023. Mangrove health: A review of functions, threats, and challenges associated with mangrove management practices. *Forests*, 14(9):1698. DOI: 10.3390/f14091698
- Alamshah, W., Farhaby, A.M., & Adibrata, S., 2023. Mangrove survival rate analysis to measure rehabilitation success in Teluk Limau Village, West Bangka Regency. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 17(2):96–101. DOI: 10.33019/akuatik.v17i2.4584
- Amos, D., & Akib, S., 2023. A review of coastal protection using artificial and natural countermeasures mangrove vegetation and polymers. *Eng*, 4(1):941–953. DOI: 10.3390/eng4010055
- Arifanti, V.B., Sidik, F., Mulyanto, B., Susilowati, A., Wahyuni, T., Yuniarti, N., Aminah, A., Suita, E., Karlina, E., Suharti, S., & Turjaman, M., 2022. Challenges and strategies for sustainable mangrove management in Indonesia: A review. *Forests*, 13(5):695. DOI: 10.3390/f13050695
- Basyuni, M., Sasmito, S.D., Analuddin, K., Ulqodry, T.Z., Saragi-Sasmito, M.F., Eddy, S., & Milantara, N., 2022. Mangrove biodiversity, conservation and roles for livelihoods in Indonesia. Dalam: *Mangroves: Biodiversity, Livelihoods and Conservation*. Singapura: Springer Nature Singapore, 397–445. DOI: 10.1007/978-981-19-0519-3_16
- Best, Ü.S., van der Wegen, M., Dijkstra, J., Reyns, J., van Prooijen, B.C., & Roelvink, D., 2022. Wave attenuation potential, sediment properties and mangrove growth dynamics data over Guyana's intertidal mudflats: Assessing the potential of mangrove restoration works. *Earth System Science Data*, 14(5):2445–2462. DOI: 10.5194/essd-14-2445-2022

- Dharmayasa, I., Sugiana, I.P., & Prapasongsa, T., 2025. Soil organic matter in natural and rehabilitated mangroves: Implications for environmental restoration and climate resilience. *Journal of Ecological Engineering*, 26(4):215–228. DOI: 10.12911/22998993/195515
- Ferreira, A.C., Borges, R., & de Lacerda, L.D., 2022. Can sustainable development save mangroves? *Sustainability*, 14(3):1263. DOI: 10.3390/su14031263
- Haseeba, K.P., Aboobacker, V.M., Vethamony, P., & Al-Khayat, J.A., 2025. Water and sediment characteristics in the *Avicennia marina* environment of the Arabian Gulf: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 216:117963. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2025.117963
- Hilmi, E., Sari, L.K., Cahyo, T.N., Mahdiana, A., Soedibya, P.H.T., & Sudiana, E., 2022. Survival and growth rates of mangroves planted in vertical and horizontal aquaponic systems in North Jakarta, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 23(2):687–694. DOI: 10.13057/biodiv/d230213
- Hsiung, A.R., Ong, O.X., Teo, X.S., Friess, D.A., Todd, P.A., Swearer, S.E., & Morris, R.L., 2024. Determinants of mangrove seedling survival incorporated within hybrid living shorelines. *Ecological Engineering*, 202:107235. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2023.107235
- Irwanto, I., Sahupala, A., & Sospelisa, F., 2024. Studi tingkat keberhasilan dan solusi rehabilitasi mangrove pada Teluk Ambon bagian dalam, Provinsi Maluku. *MARSEGU: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(9):1016–1041. DOI: 10.69840/marsegu/1.9.2024.1016-1041
- Islam, M.A., Billah, M.M., Idris, M.H., Bhuiyan, M.K.A., & Kamal, A.H.M., 2024. Mangroves of Malaysia: A comprehensive review on ecosystem functions, services, restorations, and potential threats of climate change. *Hydrobiologia*, 851(8):1841–1871. DOI: 10.1007/s10750-023-05431-z
- Lovelock, C.E., Barbier, E., & Duarte, C.M., 2022. Tackling the mangrove restoration challenge. *PLoS Biology*, 20(10). DOI: 10.1371/journal.pbio.3001836
- Madhavan, C., Meera, S.P., & Kumar, A., 2025. Anatomical adaptations of mangroves to the intertidal environment and their dynamic responses to various stresses. *Biological Reviews*, 100(3):1019–1046. DOI: 10.1111/brv.13172
- Mulloy, R., Aiken, C.M., Dwane, G., Ellis, M., & Jackson, E.L., 2025. Scalable mangrove rehabilitation: Roots of success for *Rhizophora stylosa* establishment. *Ecological Engineering*, 212:107521. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2025.107521
- Osland, M.J., Hughes, A.R., Armitage, A.R., Scyphers, S.B., Cebrian, J., Swinea, S.H., Shepard, C.C., Allen, M.S., Feher, L.C., Nelson, J.A., & O'Brien, C.L., 2022. The impacts of mangrove range expansion on wetland ecosystem services in the southeastern United States: Current understanding, knowledge gaps, and emerging research needs. *Global Change Biology*, 28(10):3163–3187. DOI: 10.1111/gcb.16111
- Rahman, Lokollo, F.F., Manuputty, G.D., Hukubun, R.D., Krisye, Maryono, Wawo, M., & Wardiatno, Y., 2024. A review on the biodiversity and conservation of mangrove ecosystems in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, 33(3):875–903. DOI: 10.1007/s10531-023-02767-9
- Sinaga, N.D.M., Pradipta, A., Martuti, N.K.T., Jabar, M.A., & Soleha, I.D., 2025. The environmental factors enhance the growth and survival of *Rhizophora* seedlings. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 17(3):527–536. DOI: 10.15294/biosaintifika.v17i3.35777
- Song, S., Ding, Y., Li, W., Meng, Y., Zhou, J., Gou, R., Zhang, C., Ye, S., Saintilan, N., Krauss, K.W., & Crooks, S., 2023. Mangrove reforestation provides greater blue carbon benefit than afforestation for mitigating global climate change. *Nature Communications*, 14(1):756. DOI: 10.1038/s41467-023-36477-1
- van Bijsterveldt, C.E., Debrot, A.O., Bouma, T.J., Maulana, M.B., Pribadi, R., Schop, J., Tonneijck, F.H., & van Wesenbeeck, B.K., 2022. To plant or not to plant: When can planting facilitate mangrove restoration? *Frontiers in Environmental Science*, 9:690011. DOI: 10.3389/fenvs.2021.690011
- Wonatorey, Y.O., Pattiwael, M., & Turot, A., 2024. Analisis tingkat keberhasilan penanaman anakan mangrove di Kelurahan Klawalu Kota Sorong. *Median: Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 16(3):134–143. DOI: 10.33506/md.v16i3.4130
- Xing, B., Xiang, P., Chen, S., Wang, C., & Chen, G., 2025. Research progress on whether mangroves and seagrass beds serve as nursery habitats for coral reef fish. *Reviews in Fish*

Biology and Fisheries, 35(2):789–801. DOI: 10.1007/s11160-025-09934-x

Yuniantika, S.E., Hastuti, E.D., & Saptiningsih, E., 2023. Respon pertumbuhan dan kelangsungan hidup semai bakau *Rhizophora mucronata* Lamk. pada komposisi media tanam yang berbeda.

Buletin Anatomi dan Fisiologi, 8(2):138–145. DOI: 10.14710/baf.8.2.2023.138-145

Zhou, J., Yang, J., Qin, J., Li, J., Liu, X., & Wei, P., 2024. Nursery cultivation strategies for a widespread mangrove (*Kandelia obovata* Sheue & al.): Evaluating the influence of salinity, growth media, and genealogy. *Forests*, 15(4):574. DOI: 10.3390/f15040574