

Penilaian Variabilitas Pertumbuhan Propagul Mangrove *Rhizophora apiculata* pada Media Tanam yang Berbeda

Eka Lisdayanti^{1*}, Kasman Arip¹, Nurul Najmi¹, Rahmawati², Agusriati Mulyana³

¹Jurusan Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar

²Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar

³Jurusan Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar

Jl. Alue Peunyareng, Meulaboh, Aceh Barat, 23681 Indonesia

Email: ekalisdayanti@utu.ac.id

Abstrak

Keberhasilan rehabilitasi mangrove sangat ditentukan oleh kualitas pertumbuhan awal bibit, yang dipengaruhi oleh komposisi media tanam. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi secara ekperimental pengaruh berbagai media tanam berbasis topsoil dan bahan organik terhadap pertumbuhan propagul *Rhizophora apiculata*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan, yaitu P1 (topsoil 100% sebagai kontrol), P2 (pupuk kandang sapi + topsoil 1:1), P3 (pupuk kandang kambing + topsoil 1:1), dan P4 (sekam padi + topsoil 1:1). Setiap perlakuan diulang sebanyak 20 kali sehingga total unit percobaan berjumlah 80 unit. Percobaan dilakukan selama 10 minggu dengan parameter kelangsungan hidup, pertambahan tinggi, dan diameter batang. Hasil menunjukkan tingkat kelangsungan hidup sangat tinggi (99,13) pada seluruh perlakuan. Pertambahan tinggi propagul pada P1-P4 berturut-turut sebesar 1,169 cm; 1,136 cm; 1,051 cm; dan 1,080 cm, tanpa perbedaan signifikan antar perlakuan ($P = 0,939$). Sebaliknya, pertambahan diameter batang menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,005$), dengan nilai tertinggi pada perlakuan pupuk kandang kambing + topsoil (0,059 cm). Temuan ini menegaskan bahwa meskipun variasi media tanam tidak berpengaruh signifikan terhadap pertambahan tinggi propagul, kombinasi bahan organik tertentu mampu meningkatkan kualitas morfometrik bibit, terutama melalui peningkatan diameter batang sebagai indikator pertumbuhan struktural. Hasil ini memberikan dasar ilmiah dalam pemilihan media pembibitan untuk meningkatkan keberhasilan rehabilitasi mangrove secara berkelanjutan

Kata kunci : Media tanam organik, Rehabilitasi mangrove, *Rhizophora apiculata*

Abstract

*Assessment of Growth Variability of Mangrove Propagules *Rhizophora apiculata* in Different Planting Media*

The success of mangrove rehabilitation is largely determined by the quality of the initial growth of seedlings, which is influenced by the composition of the planting medium. This study aims to experimentally evaluate the influence of various topsoil-based planting media and organic matter on the growth of *Rhizophora apiculata* propagule. This study used a Complete Random Design (RAL) with four treatments, namely P1 (100% topsoil as a control), P2 (cow manure + topsoil 1:1), P3 (goat manure + topsoil 1:1), and P4 (rice husk + topsoil 1:1). Each treatment was repeated 20 times so that the total number of experimental units was 80 units. The experiment was conducted for 10 weeks with the parameters of survival, height gain, and stem diameter. The results showed a very high survival rate (99.13) in all treatments. The increase in the height of the propagule in P1-P4 was 1,169 cm in succession; 1,136 cm; 1,051 cm; and 1.080 cm, with no significant difference between treatments ($P = 0.939$). In contrast, the increase in stem diameter showed a significant difference ($P < 0.005$), with the highest value in the treatment of goat manure + topsoil (0.059 cm). These findings confirm that although the variety of planting media does not have a significant effect on the increase in propagule height, certain combinations of organic matter are able to improve the morphometric quality of seedlings, especially through an increase in stem diameter as an indicator of structural growth. These results provide a scientific basis in the selection of nursery media to increase the success of sustainable mangrove rehabilitation

Keywords : Mangrove rehabilitation, Organic growing media, *Rhizophora apiculata*

*Corresponding author

DOI:10.14710/buloma.v15i2.75976

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>

Diterima/Received : 14-07-2025

Disetujui/Accepted : 23-05-2026

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi dan memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas wilayah pesisir. Mangrove menyediakan berbagai layanan ekologis, termasuk perlindungan pantai, dukungan terhadap perikanan berkelanjutan, serta kontribusi signifikan dalam penyerapan karbon (Alongi, 2020; Choudhary *et al.*, 2024; Cummings dan Shah, 2018). Salah satu spesies yang banyak digunakan dalam program rehabilitasi adalah *Rhizophora apiculata* karena sifat adaptif dan pertumbuhannya yang relatif cepat melalui metode pembibitan propagul (Nordhaus *et al.*, 2019; Usman *et al.*, 2022). Keberhasilan rehabilitasi mangrove sangat ditentukan oleh kualitas pertumbuhan awal bibit, khususnya pada fase propagul, karena tahap ini menentukan kemampuan tanaman bertahan terhadap stres lingkungan pascatanam.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan awal propagul mangrove dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama ketersediaan nutrisi, tekstur dan stabilitas substrat, serta sifat fisikokimia tanam seperti pH, karbon organik, dan nitrogen total (Torres *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2025). Substrat berlumpur umumnya lebih mampu menyimpan nutrisi dan mempertahankan kelembapan dibandingkan substrat berpasir, sehingga mendukung pertumbuhan awal yang lebih baik (Sofawi, 2017). Penelitian Amenoudji *et al.*, (2024a) menunjukkan bahwa pertumbuhan awal *Rhizophora racemosa* lebih signifikan pada substrat lumpur dibandingkan pasir, sementara kombinasi lumpur dan kompos juga terbukti meningkatkan pertambahan tinggi dan diameter propagul (Auni *et al.*, 2020a). Lebih lanjut Amenoudji *et al.*, (2024a) menyimpulkan bahwa Pada substrat lumpur dan campuran pasir-lumpur, kemunculan propagul dimulai lebih awal (hari ke-7) dengan persentase masing-masing mencapai 86% (hari ke-25) dan 69% (hari ke-28), sedangkan pada pasir murni hanya mencapai 51% (hari ke-21). Studi lain melaporkan bahwa penggunaan media alternatif seperti vermikulit dan substrat komersial mampu meningkatkan performa morfometrik bibit dibandingkan tanah bakau alami, meskipun tanah alami lebih representatif secara ekologis (Albertin-Santos *et al.*, 2026). Temuan-temuan ini menegaskan bahwa pemilihan media tanam yang tepat menjadi faktor kunci dalam meningkatkan kualitas bibit untuk mendukung keberhasilan restorasi.

Selain jenis substrat, penambahan bahan organik seperti pupuk kandang berpotensi meningkatkan ketersediaan unsur hara makro dan memperbaiki rasio C/N tanah. Kandungan nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), serta rasio C/N yang berbeda pada setiap jenis pupuk kandang diduga memengaruhi pembentukan jaringan struktural tanaman, terutama pada fase pertumbuhan awal. Meskipun berbagai studi telah membahas pengaruh substrat terhadap pertumbuhan mangrove, sebagian besar berfokus pada perbandingan jenis tanah atau media komersial, dan belum secara spesifik mengevaluasi perbedaan jenis pupuk kandang berbasis topsoil terhadap respon morfometrik awal *Rhizophora apiculata*, khususnya pada parameter diameter batang sebagai indikator kualitas bibit.

Penurunan luas hutan mangrove di Indonesia menuntut strategi rehabilitasi yang lebih efektif dan berbasis bukti ilmiah. Optimalisasi media pembibitan menjadi langkah penting untuk meningkatkan kualitas bibit sebelum ditanam di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara eksperimental pengaruh karakteristik substrat dan jenis pupuk kandang terhadap pertumbuhan awal propagul *Rhizophora apiculata* guna merumuskan strategi rehabilitasi yang lebih efektif dan berkelanjutan sesuai kondisi ekologis setempat. Hipotesis yang diajukan adalah bahwa media tanam dengan pupuk kandang kambing akan menghasilkan pertambahan diameter batang yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, diduga karena rasio C/N yang lebih rendah dan kandungan kalium yang lebih tinggi sehingga lebih mendukung pembentukan jaringan struktural batang.

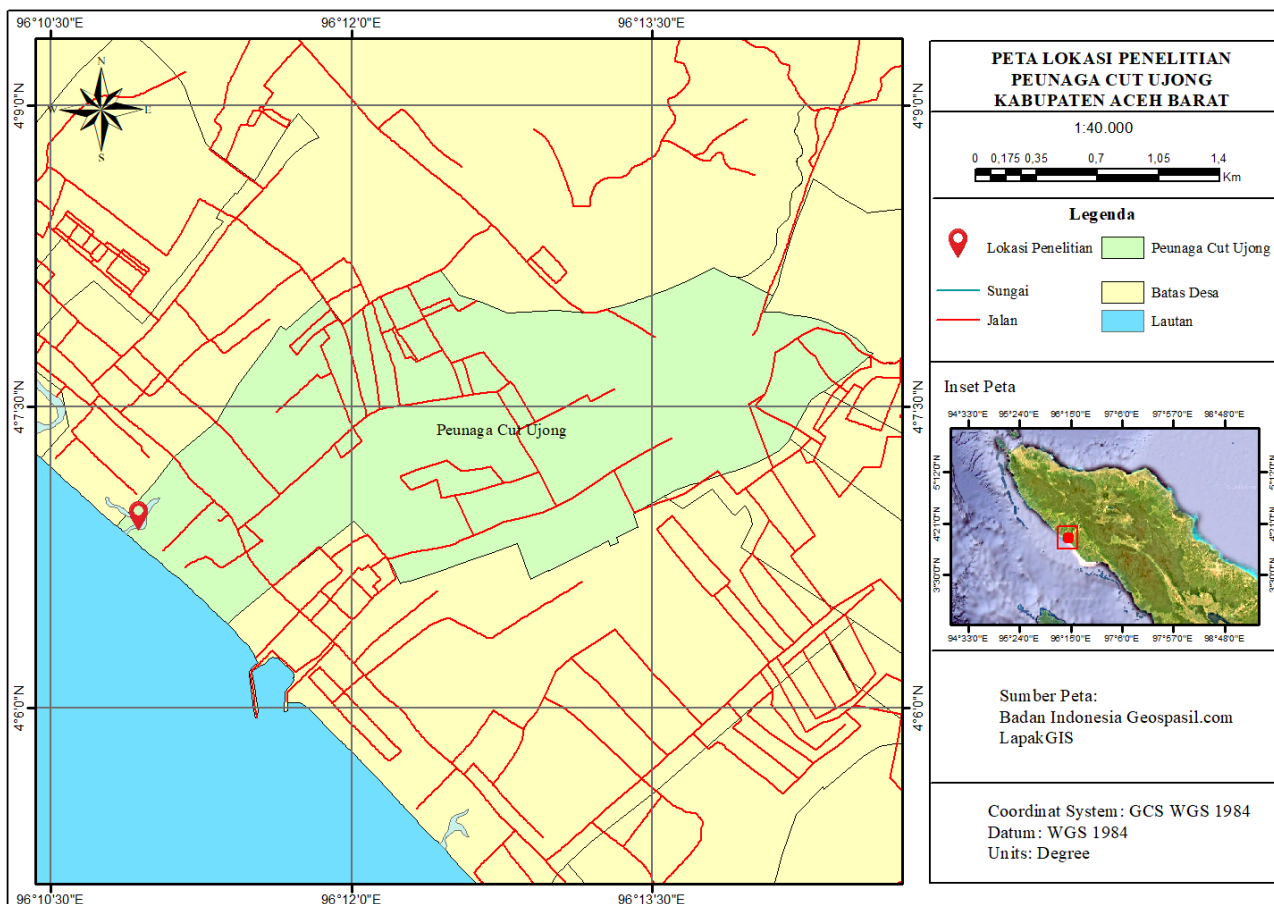
MATERI DAN METODE

Penanaman propagul dan pengambilan data lapangan ini dilakukan di pesisir Peunaga Cut Ujong (96.182332° E, 4.116159° N) Meurebo, Aceh Barat, yang memiliki substrat pasir berlumpur. Propagul yang ditanam merupakan propagul yang dikumpulkan dari Kawasan Ekowisata Mangrove Gampong Baro (95.566465° E, 4.667534° N), Setia Bakti, Aceh Jaya. Spesies *Rhizophora apiculata* dipilih karena merupakan jenis mangrove yang pionir yang dapat membuka jalan bagi suksesi dasar spesies lain (Mai *et al.*, 2021). Propagul dikumpulkan dengan cara dipanen secara manual dari permukaan tanah, dalam kondisi masih hidup dan belum berkecambah. Seluruh propagul kemudian disortir dan dipilih secara visual

berdasarkan kondisi fisik yang seragam, meliputi warna, ukuran, tingkat kematangan, serta bebas dari kerusakan fisik. Meskipun tinggi awal propagul menunjukkan variasi antar perlakuan, analisis pertumbuhan dilakukan berdasarkan penambahan tinggi dan laju pertumbuhan relatif untuk mengontrol pengaruh ukuran awal terhadap hasil pengamatan.

Penelitian ini dilaksanakan selama sepuluh minggu pengamatan efektif pertumbuhan propagul. Kegiatan penelitian secara keseluruhan berlangsung selama empat bulan, yang mencakup tahap persiapan media tanam, aklimatisasi propagul, penanaman, pemeliharaan, hingga analisis data. Pengamatan parameter pertumbuhan (tinggi dan diameter batang) dilakukan setiap minggu selama sepuluh minggu. Persiapan penanaman dimulai dengan pemilihan campuran media tanam, penanaman hingga pengamatan pertumbuhan propagul mangrove. Salinitas di lokasi ini sangat bervariasi tergantung kondisi pasang surut selama pengukuran.

Media tanam topsoil merupakan substrat yang secara langsung diambil dari lokasi penelitian di pesisir Gampong Peunaga Cut Ujong dari permukaan 0 cm hingga kedalaman 20 cm (Silva dan Maia, 2019). Lokasi pengambilan substrat terletak di pinggiran teluk kecil (suak) yang berjarak sekitar 0,28 km dari laut (Gambar 1). Pupuk kandang yang digunakan merupakan pupuk yang telah mengering dan sudah menjadi kompos untuk dicampurkan dengan sedimen. Campuran sedimen dan pupuk dihomogenkan dengan komposisi yang telah ditentukan. Setiap percobaan media tanam yang berbeda diulang sebanyak 20 kali ulangan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan, yaitu P1 (topsoil 100% sebagai kontrol), P2 (pupuk kandang sapi + topsoil 1:1), P3 (pupuk kandang kambing + topsoil 1:1), dan P4 (sekam padi + topsoil 1:1). Setiap perlakuan diulang sebanyak 20 kali sehingga total unit percobaan berjumlah 80 unit.



Gambar 1. Lokasi pengambilan substrat untuk pembuatan media tanam dan penanaman propagul mangrove

Seluruh propagul ditanam dalam polybag plastik berukuran 10 cm x 15 cm yang telah dilubangi pada bagian bawah untuk memastikan sistem drainase berjalan baik dan mencegah genangan berlebih. Penyiraman dilakukan setiap hari menggunakan air suak di sekitar lokasi penanaman. Intensitas cahaya mengikuti kondisi alami lokasi penelitian dengan naungan tambahan. Seluruh perlakuan ditempatkan pada area terbuka dengan kondisi yang homogen. Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah media tanam dan laju pertumbuhan dengan mengamati pertumbuhan tinggi batang dan diameter batang mangrove. Pengamatan parameter pertumbuhan propagul mangrove dilakukan setiap satu minggu sekali selama empat bulan. Pengukuran tinggi menggunakan penggaris dan jangka sorong manual dengan akurasi 0,005 mm yang digunakan untuk mengukur diameter batang. Data laju pertumbuhan seperti tinggi dan diameter propagul yang dikumpulkan selama sepuluh minggu pengamatan akan dianalisis melalui perubahan morfometrik setiap waktunya. Sedangkan pengaruh perbedaan media tanam terhadap laju pertumbuhan akan dianalisis menggunakan uji one-way ANOVA. Analisis dilanjutkan dengan uji Tukey ketika terjadi perbedaan yang signifikan antar perlakuan yang diamati pada interval kepercayaan 95%. Data disajikan dalam bentuk nilai rerata \pm standar deviasi (mean \pm SD) untuk menggambarkan variasi antar ulangan pada masing-masing perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan awal propagul *Rhizophora apiculata* selama 10 minggu menunjukkan respon yang berbeda terhadap variasi media tanam, khususnya pada parameter diameter batang. Secara umum seluruh perlakuan mampu mendukung kelangsungan hidup propagul dengan tingkat survival mencapai 99,13% yang sangat tinggi dibandingkan tingkat keberhasilan restorasi mangrove pada umumnya yang berkisar antara 60-80% pada kondisi lapangan terbuka. Tingginya tingkat kelangsungan hidup dalam penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh kondisi pembibitan yang relatif stabil, penggunaan polybag yang menjaga integritas sistem perakaran, serta minimnya gangguan eksternal. Meskipun demikian, parameter survival tidak dianalisis secara statistik karena tingkat mortalitas yang sangat rendah, sehingga variasi antar perlakuan tidak dapat dibandingkan secara inferensial.

Pengamatan propagul *Rhizophora apiculata* menunjukkan perubahan warna batang dari hijau menjadi kecokelatan sebagai respon awal dalam pertumbuhan. Perubahan warna paling cepat terlihat pada perlakuan dengan media tanam menggunakan pupuk kandang kambing yaitu mulai terlihat pada minggu kedua. Secara keseluruhan, perubahan warna batang pada semua media tanam teramati pada minggu ketiga penanaman. Perubahan warna batang propagul dimulai dengan permukaan yang awalnya halus berubah menjadi cokelat kemudian muncul bintik-bintik kecil dari bakal daun hingga ke area dekat dengan media tanam. Ujung bintik-bintik pada batang propagul tampak sedikit memutih. Perubahan ini berlangsung mulai minggu ke tiga hingga akhir penelitian.

Kemunculan daun pertama terlihat pada minggu ke tiga pengamatan, yang terdapat pada perlakuan P2 (pupuk kandang sapi) dan P4 (pupuk sekam padi). Tingkat kelangsungan hidup bibit relatif tinggi dan seragam pada semua media tanam, dengan nilai rata-rata sebesar 99,13% selama periode percobaan. Respon pertumbuhan propagul mangrove tidak hanya terlihat pada penambahan tinggi dan diameter batang propagul, tetapi juga pada perubahan warna propagulnya. Perubahan warna batang mulai terlihat setelah satu minggu penanaman, dengan batang propagul yang menunjukkan warna merah kecokelatan atau hijau kemerahan sebagai respon terhadap kondisi lingkungan (Gambar 2).

Selama masa percobaan yang berlangsung selama 10 minggu, propagul mangrove menunjukkan pola pertumbuhan tinggi batang yang cenderung meningkat dari minggu ke minggu. Pada minggu pertama, tinggi rata-rata propagul masih relatif pendek yang kemungkinan disebabkan karena propagul masih beradaptasi dengan media tanam dan lingkungan sekitar. Peningkatan pertumbuhan mulai lebih signifikan terjadi pada minggu ke lima menuju minggu ke enam, yang ditandai dengan perkembangan tunas daun dan juga penambahan daun (Gambar 3). Penggunaan media pasir sebagai substrat dasar dalam percobaan ini kemungkinan memiliki pengaruh dalam peningkatan pertumbuhan propagul mangrove. Hal ini terkait dengan komposisi ukuran butiran sedimen dan luas permukaan spesifik, yang mungkin penting untuk meningkatkan siklus nutrisi dan aliran energi (Lin *et al.*, 2024). Penggunaan substrat pada lapisan atas (topsoil) terbukti berpengaruh nyata untuk

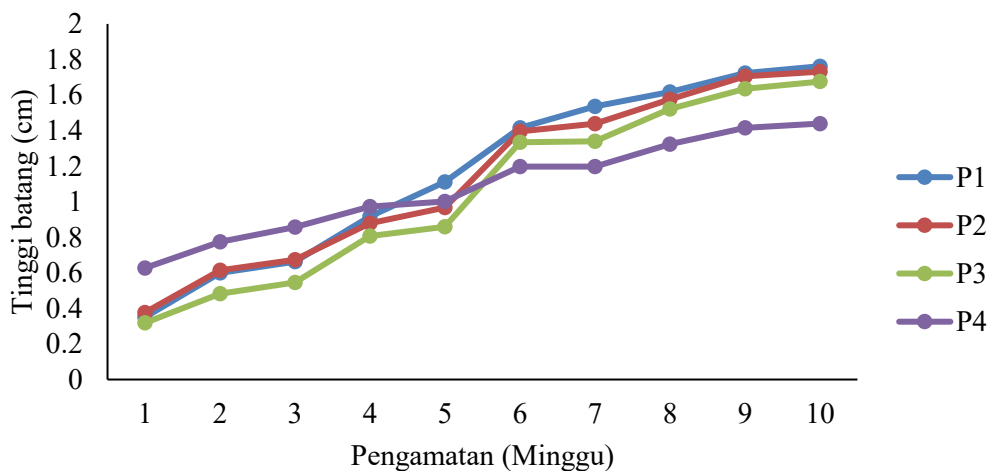
perkembangan tanaman khususnya mangrove pada jenis *Rhizophora apiculata* (Rizki dan Novi, 2017). Perlakuan mencampurkan substrat pasir dengan pupuk kandang memberikan penambahan konsentrasi nutrisi. Hasil penelitian Zidan *et al.*, (2025) menyimpulkan bahwa sumber nitrat di lingkungan dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk pupuk kandang dan limbah, nitrogen organik tanah dan pupuk kimia.

Uji signifikansi yang dilakukan memperlihatkan bahwa rata-rata pertambahan tinggi batang mangrove pada masing-masing perlakuan media tanam (P1, P2, P3 dan P4) relatif serupa, yaitu berada pada kisaran 1,05-1,16 cm selama masa percobaan. Variasi tinggi awal diduga

berasal dari heterogenitas alami propagul. Namun, penggunaan parameter pertambahan tinggi dan nilai *relative growth rate* memungkinkan evaluasi pertumbuhan yang lebih representatif terhadap pengaruh media tanam. Jika dibandingkan dengan penelitian lain pada *Rhizophora racemosa*, variasi pertumbuhan tinggi dapat mencapai 0-1,80 cm pada beberapa perlakuan dalam 5 minggu, bahkan meningkat hingga 8-9 cm dalam periode yang sama pada kombinasi substrat lumpur dan salinitas rendah (Amenoudji *et al.*, 2024b). Hal tersebut menunjukkan bahwa secara fisiologis pertumbuhan mangrove dapat mencapai sekitar 1,6 cm dalam dua minggu pada kondisi lebih optimal.



Gambar 2. Perubahan warna pada propagul mangrove (a) pengamatan minggu pertama, (b) pengamatan minggu ke dua, (c) pengamatan minggu ke lima



Gambar 3. Pertambahan tinggi batang jenis *Rhizophora apiculata* selama 10 minggu pengamatan

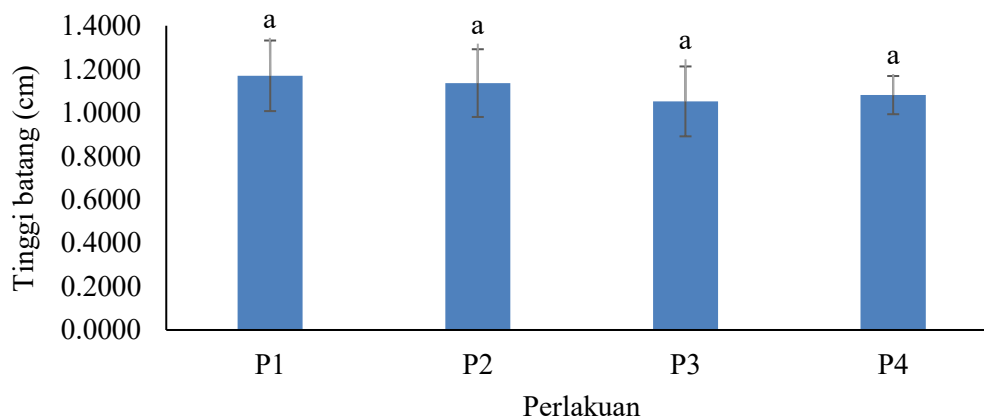
Dengan demikian, penambahan tinggi pada penelitian ini tergolong moderat dan mengindikasikan bahwa respon pertumbuhan dipengaruhi oleh karakteristik media tanam yang digunakan.

Uji parametrik student tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara tinggi rata-rata bibit *Rhizophora apiculata* pada empat jenis media tanam ($P=0,939$) (Gambar 4). Hal ini mengindikasikan bahwa variasi media tanam yang digunakan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penambahan tinggi batang propagul mangrove selama periode pengamatan. Sama halnya dengan penelitian Kusmana dan Lestari (2021) yang menunjukkan bahwa media tanam tidak mempengaruhi pertumbuhan pada jenis *Rhizophora apiculata* namun secara nyata dipengaruhi oleh adanya perlakuan perbedaan intensitas naungan. Meskipun pada penelitian Balke *et al.*, (2011) menyatakan bahwa mekanisme pembentukan bibit pada jenis *Avicennia alba* dipengaruhi oleh kombinasi peningkatan gaya hidrodinamik dan dinamika sedimen. Penelitian lain pada jenis mangrove yang sama menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan media tanam berupa campuran lumpur, pasir dan kompos serta tanpa naungan (0% naungan) dapat memberikan hasil terbaik baik pada variabel tinggi, diameter, jumlah daun berat basah total ataupun berat kering total. Perbedaan hasil uji ini bisa saja terjadi dikarenakan kemampuan adaptasi setiap jenis mangrove yang berbeda dalam merespon lingkungannya. Durasi penelitian yang relatif singkat juga menjadi faktor penting. Respon pertumbuhan tinggi terhadap perbaikan kualitas media tanam umumnya membutuhkan waktu lebih panjang untuk terlihat secara signifikan. Oleh karena itu, tidak

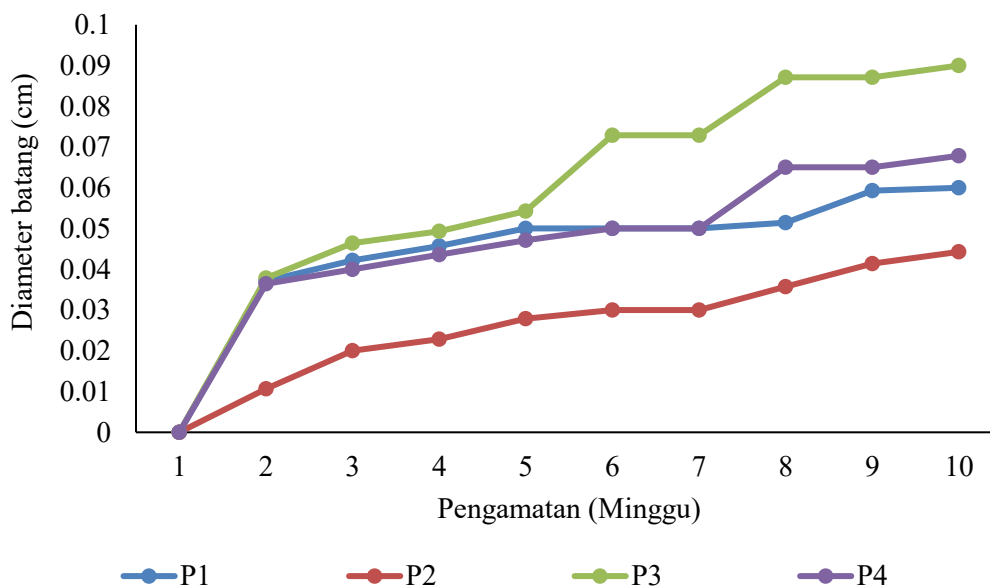
signifikannya parameter tinggi batang pada penelitian ini kemungkinan merefleksikan dominasi faktor fisiologis internal propagul pada awal pertumbuhan.

Pertumbuhan diameter batang

Laju pertumbuhan diameter batang mangrove jenis *Rhizophora apiculata* diamati selama 10 minggu pengamatan, dengan mengumpulkan data diameter batang propagul setiap minggunya. Secara umum, semua perlakuan (P1, P2, P3 dan P4) menunjukkan tren peningkatan diameter batang dari minggu ke-1 hingga minggu-10. Pola peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa propagul mangrove mengalami pertumbuhan diameter batang yang relatif stabil selama masa percobaan. Tren pertumbuhan diameter batang pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Gambar 5. Campuran pupuk kandang kambing + topsoil (perlakuan P3) menunjukkan grafik pertumbuhan diameter batang tertinggi di antara semua perlakuan, dengan kenaikan signifikan mulai minggu ke-5 dan terus meningkat tajam hingga 0,09 cm pada minggu ke-10. Hal ini menunjukkan bahwa media tanam (perlakuan P3) mendukung pembesaran batang secara optimal. Berbeda halnya dengan perlakuan P2 yang memiliki komposisi pupuk kandang sapi + topsoil menunjukkan grafik diameter batang terendah. Pertambahan diameter batang terlihat cukup lambat dan kemungkinan menunjukkan media tanam ini kurang mendukung pertumbuhan diameter batang secara maksimal. Perbedaan pertambahan diameter batang ini dapat disebabkan karena adanya pengaruh kandungan hara pada setiap perlakuan (Rahman *et al.*, 2022).



Gambar 4. Pertambahan tinggi batang mangrove



Gambar 5. Pertambahan diameter batang jenis *Rhizophora apiculata* selama 10 minggu pengamatan

Pengamatan parameter pertumbuhan mangrove seperti pertambahan diameter batang menjadi salah satu indikator dalam menentukan peresentase hidup propagul mangrove. Percobaan yang sama yang dilakukan oleh (Rahayu, 2024) juga menunjukkan bahwa media tanam yang berbeda berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit bakau *Rhizophora apiculata*. Salah satu parameter media tanam yang berpengaruh nyata terhadap pertambahan diameter tanaman dan menunjukkan media tanam yang terbaik adalah tanah lumpur laut. Berbeda dengan tinggi tanaman, pertambahan diameter batang menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan ($P < 0,005$), dengan perlakuan pupuk kandang kambing + topsoil (P3) menghasilkan pertumbuhan diameter tertinggi. Diameter batang merupakan indikator penting kualitas bibit karena berkaitan dengan kekuatan struktural, ketahanan terhadap tekanan lingkungan, serta keberhasilan adaptasi pascatanam. Penggunaan komposisi media tanam topsoil (P1), pupuk kandang kambing + topsoil (P3) dan sekam padi + topsoil (P4) memiliki perbedaan yang signifikan dengan perlakuan P2, yaitu pupuk kandang sapi + topsoil. Hal ini semakin memperkuat adanya pengaruh penggunaan media tanam terhadap pertambahan diameter batang mangrove. Perpaduan media tanam yang tepat mampu membentuk struktur, porositas, drainase dan aerasi tanah yang optimal sehingga mendukung pertumbuhan bibit mangrove secara maksimal (Yuniantika *et al.*, 2023).

Penelitian ini belum melakukan analisis kandungan hara aktual pada media tanam setelah pencampuran, sehingga mekanisme yang dijelaskan masih bersifat inferensial berdasarkan komposisi literatur pupuk organik. Analisis kimia tanah yang lebih komprehensif pada penelitian lanjutan diperlukan untuk memverifikasi dinamika nitrogen, fosfor, dan kalium selama periode pertumbuhan.

Pupuk kandang berperan sebagai sumber siklus hara dan mampu menekan unsur hara yang bersifat toksik bagi tanaman, sekaligus memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah (Simanungkalit *et al.*, 2006). Dalam ekosistem mangrove, ketersediaan unsur hara menjadi faktor penting pada fase awal pertumbuhan propagul. Basyuni *et al.*, (2018) menyatakan bahwa tingkat keberhasilan hidup mangrove di habitat alaminya umumnya hanya sekitar 60%, sehingga penambahan pupuk organik menjadi alternatif untuk meningkatkan performa pertumbuhan (Auni *et al.*, 2020b). Kotoran kambing diketahui memiliki kandungan unsur hara makro seperti N, P, dan K yang relatif tinggi, khususnya kalium (K) dibandingkan kotoran sapi (Maula, 2023). Kalium berperan dalam pembentukan jaringan struktural dan penguatan batang tanaman. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini, dimana kombinasi pupuk kandang kambing + topsoil (P3) menghasilkan pertambahan diameter batang tertinggi (0,059 mm) dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain.

Tabel 1. Kadar hara bahan dasar pupuk organik kompos (Simanungkalit *et al.*, 2006)

Jenis bahan asal	N	C/N	Kadar hara (g 10 g ⁻¹)	
			P	K
			%	
Sapi	2,34	16,8	1,08	0,69
Kambing	1,85	11,3	1,14	2,49
Unggas	1,70	10,8	2,12	1,45

Sebaliknya, penambahan tinggi propagul tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar media tanam ($P = 0,939$). Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan pupuk organik dalam penelitian ini lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan struktural (diameter batang) dibandingkan pertumbuhan vertikal (tinggi tanaman). Temuan ini menunjukkan bahwa ketersediaan unsur hara, khususnya kalium, lebih berkontribusi pada penguatan jaringan batang daripada pemanjangan tunas pada fase awal pertumbuhan propagul *Rhizophora apiculata* (Kasmila dan Mursawal, 2023). Peningkatan diameter batang memiliki implikasi ekologis yang penting dalam konteks rehabilitasi mangrove. Bibit dengan diameter batang yang lebih besar umumnya memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik, sistem jaringan vaskular yang lebih berkembang, serta kemampuan adaptasi yang lebih tinggi terhadap tekanan lingkungan seperti arus, gelombang, dan fluktuasi salinitas. Diameter batang juga berkorelasi dengan kapasitas penyerapan dan distribusi air serta nutrien, yang pada akhirnya mendukung ketahanan bibit setelah ditransplantasikan ke lapangan. Dengan demikian, meskipun penambahan tinggi tidak berbeda nyata, peningkatan diameter pada batang pada perlakuan pupuk kandang kambing menunjukkan potensi keberhasilan rehabilitasi yang lebih tinggi dalam jangka panjang.

KESIMPULAN

Karakteristik substrat berperan dalam mendukung pertumbuhan awal *Rhizophora apiculata*, khususnya pada parameter diameter batang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi media tanam tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penambahan tinggi propagul selama periode pengamatan. Meskipun terdapat perbedaan rerata antar perlakuan, secara statistik tidak ditemukan perbedaan nyata ($P > 0,05$), sehingga pertumbuhan tinggi pada fase awal

cenderung seragam pada semua media tanam yang diuji. Sebaliknya, parameter diameter batang menunjukkan perbedaan yang signifikan antara perlakuan ($P < 0,05$), dimana kombinasi pupuk kandang kambing dan topsoil memberikan penambahan diameter yang lebih baik dibandingkan perlakuan pupuk kandang sapi dan topsoil. Hasil ini mengindikasikan bahwa komposisi substrat tertentu dapat meningkatkan kualitas morfometrik bibit, terutama dalam mendukung pembentukan jaringan struktural batang. Dengan demikian, pemilihan kombinasi substrat yang tepat, khususnya penggunaan pupuk kandang kambing yang dipadukan dengan topsoil, berpotensi meningkatkan kualitas bibit pada tahap pembibitan. Temuan ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan strategi pembibitan untuk mendukung keberhasilan rehabilitasi mangrove di kawasan pesisir, dengan mempertimbangkan bahwa peningkatan diameter batang merupakan indikator penting ketahanan bibit terhadap stres lingkungan pascatanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Albertin-Santos, C.J., de Lima, M.C.G., Souza, R. & Houllou, L.M., 2026. Optimizing nursery production of *Rhizophora mangle* L. for ecological restoration of degraded mangroves. *Ecological Engineering*, 225: 107901. doi: 10.1016/j.ecoleng.2026.107901
- Alongi, D.M., 2020. Carbon balance in salt marsh and mangrove ecosystems: a global synthesis. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(10): 767. doi: 10.3390/jmse8100767
- Amenoudji, C.I., Sanogo, S., Djogli, K.R., Adanve, J.-F. & Sodedji, K.F.A., 2024a. Effect of salinity and substrate on the emergence and growth of propagules of the mangrove species *Rhizophora racemosa* in the Sassandra-Dagbego Ramsar Complex, Côte d'Ivoire. *Annual Research & Review in*

- Biology*, 39(7): 21-31. doi: 10.9734/arrb/2024/v39i72095
- Amenoudji, C.I., Sanogo, S., Djogli, K.R., Adanve, J.-F. & Sodedji, K.F.A., 2024b. Effect of salinity and substrate on the emergence and growth of propagules of the mangrove species *Rhizophora racemosa* in the Sassandra-Dagbego Ramsar Complex, Côte d'Ivoire. *Annual Research & Review in Biology*, 39(7): 21-31. doi: 10.9734/arrb/2024/v39i72095
- Auni, A.H., Bachtiar, B., Paembonan, S.A. & Larekeng, S.H., 2020a. Growth analysis of mangrove (*Rhizophora apiculata* Bl.) propagule toward differences in types of water and planting media at Makassar Mangrove Center. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 575(1): 012137. doi: 10.1088/1755-1315/575/1/012137
- Auni, A.H., Bachtiar, B., Paembonan, S.A. & Larekeng, S.H., 2020b. Growth analysis of mangrove (*Rhizophora apiculata* Bl.) propagule toward differences in types of water and planting media at Makassar Mangrove Center. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 575(1): 012137. doi: 10.1088/1755-1315/575/1/012137
- Balke, T., Bouma, T., Horstman, E., Webb, E., Erfteimeijer, P. & Herman, P., 2011. Windows of opportunity: thresholds to mangrove seedling establishment on tidal flats. *Marine Ecology Progress Series*, 440: 1-9. doi: 10.3354/meps09364
- Basyuni, M., Wati, R., Sagami, H., Sumardi, S., Baba, S. & Oku, H., 2018. Diversity and abundance of polyisoprenoid composition in coastal plant species from North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(1): 1-11. doi: 10.13057/biodiv/d190101
- Choudhary, B., Dhar, V. & Pawase, A.S., 2024. Blue carbon and the role of mangroves in carbon sequestration: its mechanisms, estimation, human impacts and conservation strategies for economic incentives. *Journal of Sea Research*, 199: 102504. doi: 10.1016/j.seares.2024.102504
- Cummings, A.R. & Shah, M., 2018. Mangroves in the global climate and environmental mix. *Geography Compass*, 12(1). doi: 10.1111/gec3.12353
- Kasmila, P. & Mursawal, A., 2023. Pengaruh pemberian pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit mangrove pada media tanam Hydraquent di Yayasan Mangrove Institute Aceh Jaya. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 5(2): 136-141.
- Kusmana, C. & Lestari, D.A.P., 2021. Pengaruh media tanam dan intensitas naungan terhadap pertumbuhan bakau minyak (*Rhizophora apiculata*). *Journal of Tropical Silviculture*, 12(3): 157-163. doi: 10.29244/j-siltrop.12.3.157-163
- Lin, X., Gao, D., Zheng, P., Sun, D., Hu, W., Tian, D. & Du, W., 2024. The effects of mangrove growth on sediment nitrogen mineralization and immobilization are more intense on sandy coasts compared to muddy coasts. *Catena*, 243: 108172. doi: 10.1016/j.catena.2024.108172
- Mai, Z., Ye, M., Wang, Y., Foong, S.Y., Wang, L., Sun, F. & Cheng, H., 2021. Characteristics of microbial community and function with the succession of mangroves. *Frontiers in Microbiology*, 12. doi: 10.3389/fmicb.2021.764974
- Maula, I.M., 2023. Pengelolaan limbah pertanian: pemanfaatan kotoran kambing sebagai pupuk organik. *Action Research Literate*, 7(1): 70-76. doi: 10.46799/ar.v7i1.183
- Nordhaus, I., Toben, M. & Fauziyah, A., 2019. Impact of deforestation on mangrove tree diversity, biomass and community dynamics in the Segara Anakan Lagoon, Java, Indonesia: a ten-year perspective. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 227: 106300. doi: 10.1016/j.ecss.2019.106300
- Rahayu, F., 2024. *Perbedaan Media Tanam terhadap Pertumbuhan Bibit Bakau Minyak (Rhizophora apiculata Bl.)*. Thesis. Universitas Lancang Kuning.
- Rahman, A., Prayitno, M.R.E., Sembiring, K. & Apriliani, I.M., 2022. Respon pertumbuhan semaian mangrove *Rhizophora* sp. pada berbagai jenis media tanam. *MARLIN: Marine and Fisheries Science Technology Journal*, 3(2): 97-102.
- Rizki, R. & Novi, N., 2017. Respon pertumbuhan bibit mangrove *Rhizophora apiculata* Bl. pada media tanah topsoil. *Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 3(2): 41-54.
- Silva, N.R. da & Maia, R.C., 2019. Evaluation of the growth and survival of mangrove seedlings under different light intensities: simulating the effect of mangrove

- deforestation. *Revista Árvore*, 43(3). doi: 10.1590/1806-90882019000300008
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D. & Hartatik, W., 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organic Fertilizer and Biofertilizer)*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sofawi, A.B., 2017. Nutrient variability in mangrove soil: anthropogenic, seasonal and depth variation factors. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(4): 1983-1998. doi: 10.15666/aeer/1504_19831998
- Torres, J.R., Sánchez-Mejía, Z.M., Arreola-Lizárraga, J.A., Galindo-Félix, J.I., Mascareño-Grijalva, J.J. & Rodríguez-Pérez, G., 2022. Environmental factors controlling structure, litter productivity, and phenology of mangroves in arid region of the Gulf of California. *Acta Oecologica*, 117: 103861. doi: 10.1016/j.actao.2022.103861
- Usman, A.H.A., Hartoyo, A.P.P. & Kusmana, C., 2022. The growth performance of *Rhizophora apiculata* using the cut-propagule method for mangrove rehabilitation in Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(12). doi: 10.13057/biodiv/d231234
- Yang, F., Li, R., Wang, M., Zhang, L. & Wang, W., 2025. Restoration patterns and influencing factors for the vegetation structure and carbon storage in mangroves converted from abandoned ponds. *Global Ecology and Conservation*, 58: e03430. doi: 10.1016/j.gecco.2025.e03430
- 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
- Zidan, A.A., Wu, Z., Wang, Y., Chen, Y. & Liu, J., 2025. Nutrient distribution and nitrate processing in a mangrove tidal creek affected by submarine groundwater discharge (SGD). *Marine Pollution Bulletin*, 212: 117575. doi: 10.1016/j.marpolbul.2025.117575