

Penyemaian Generatif *Enhalus acoroides* melalui Variasi Wadah dan Substrat: Kajian Laju Pertumbuhan, Kelulushidupan, dan Parameter Perairan

R. M. Dio Dwi Pangga^{1*}, Ita Riniatsih², Ita Widowati², Chrisna Adhi Suryono²

¹Program Magister Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275, Indonesia

²Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275, Indonesia

Email Corresponding : rmdiodwipangga@gmail.com

Abstract

Generative Propagation of *Enhalus acoroides* through Variations in Containers and Substrates: A Study of Growth Rate, Survival Rate, and Water Parameter

Seagrass is a higher plant that lives in shallow marine waters and plays an important role in tropical coastal ecosystems. Seagrass has the ability to reproduce in two ways, namely vegetatively and generatively. *Enhalus acoroides* is one of the species widely distributed in Indonesian tropical waters and can bear fruit throughout the year, but the survival rate of seedlings in nature tends to be low due to high environmental variability. Based on this, controlled generative sowing is an effective alternative in helping seedlings through the early stages of growth. This study aims to determine the effect of container and substrate variations, as well as their interaction, on the growth rate and survival rate of *E. acoroides* generative seedlings. The study results showed that substrate type had a significant effect on seedling growth rate ($p = 0.004$), whereas container type did not have a significant effect ($p = 0.558$). The interaction between container and substrate was also significant ($p = 0.042$). Seedlings grown in muddy sand exhibited a higher growth rate compared to those in sand. The survival rate across all treatment combinations was 100%, indicating that the different growing media were capable of optimally supporting the initial growth phase. These findings emphasize the importance of selecting an appropriate substrate to enhance the growth rate of seagrass seedlings.

Keywords: *Enhalus acoroides*; Seagrass; Generative Propagation; Growth Rate; Survival Rate.

Abstrak

Lamun merupakan tumbuhan tingkat tinggi yang hidup di perairan laut dangkal dan berperan penting dalam ekosistem pesisir tropis. Lamun memiliki kemampuan untuk bereproduksi melalui dua cara, yaitu vegetatif dan generatif. Lamun *Enhalus acoroides* merupakan salah satu spesies yang tersebar luas di perairan tropis Indonesia dan dapat berbuah sepanjang tahun, namun tingkat kelulushidupan bibit di alam cenderung rendah akibat tingginya variabilitas faktor lingkungan. Berdasarkan hal tersebut, penyemaian generatif secara terkontrol menjadi alternatif yang efektif dalam membantu bibit melewati fase awal pertumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi wadah dan substrat, serta interaksi keduanya terhadap laju pertumbuhan dan kelulushidupan semai generatif *E. acoroides*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis substrat berpengaruh signifikan terhadap laju pertumbuhan bibit ($p = 0,004$), namun jenis wadah tidak memberikan efek yang signifikan ($p = 0,558$). Interaksi wadah dengan substrat memberikan pengaruh yang berarti ($p = 0,042$). Substrat pasir berlumpur menghasilkan laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan substrat pasir. Tingkat kelulushidupan seluruh kombinasi mendapat nilai sebesar 100%, mengindikasikan bahwa variasi media tanam tetap mampu mendukung fase awal pertumbuhan secara optimal. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan substrat yang tepat diperlukan untuk meningkatkan laju pertumbuhan bibit lamun.

Kata kunci : *Enhalus acoroides*; Lamun; Penyemaian Generatif; Laju Pertumbuhan; Tingkat Kelulushidupan.

PENDAHULUAN

Lamun merupakan tumbuhan tingkat tinggi yang hidup di perairan laut dangkal yang berperan penting dalam ekosistem pesisir tropis (Fourqurean *et al.*, 2012; Kawaroe *et al.*, 2016). Lamun memiliki kemampuan untuk bereproduksi dengan dua cara, yaitu vegetatif dan generatif (Karlina *et al.*, 2021; Nugraha *et al.*, 2024). Lamun *Enhalus acoroides* merupakan salah satu spesies yang tersebar luas di perairan tropis Indonesia dan dapat berbuah sepanjang tahun (Unsworth *et al.*, 2018). *E. acoroides* memiliki potensi generatif yang besar, tingkat kelulushidupan bibit di alam

relatif rendah karena biji lamun memiliki daya apung positif, sehingga faktor perairan seperti arus dan gelombang sangat berpengaruh (Ambo-Rappe & Yasir, 2015). Faktor alami seperti predasi, bioturbasi dan sedimentasi juga turut memengaruhi tingkat kelulushidupan bibit lamun di alam karena membuat lemahnya cengkeraman akar bibit pada substrat (Christianen *et al.*, 2013). Selain itu, aktivitas antropogenik seperti aktivitas wisata bahari dan lalu lintas kapal juga dapat memengaruhi tingkat kelulushidupan bibit lamun (Kilminster *et al.*, 2015). Kondisi ini menjadikan fase awal pertumbuhan bibit sangat rentan dan berdampak pada banyaknya bibit yang gagal bertahan hidup, sehingga diperlukan intervensi untuk meningkatkan peluang kelulushidupan bibit lamun.

Upaya alternatif yang dapat dilakukan, yaitu memanfaatkan buah lamun sebagai sumber bibit untuk disemai membantu bibit melewati tahap pertumbuhan yang rentan (Ambo-Rappe *et al.*, 2019). Sebagian besar penelitian terdahulu telah melakukan penyemaian generatif secara langsung di lingkungan alami, namun tingkat keberhasilan yang didapatkan masih tergolong rendah akibat dari variabilitas kondisi lingkungan yang sulit dikendalikan. Seperti yang dilakukan Harwell & Orth (1999), yang melaporkan bahwa penyemaian *Zostera marina* tanpa menggunakan wadah hanya mencapai tingkat kelulushidupan 5%–15%, sedangkan penggunaan wadah kantong goni meningkatkan kelulushidupan menjadi 41%–56%. Hal serupa juga diamati oleh Deng *et al.* (2022), yang memperoleh kelulushidupan 7%–55% pada *Z. marina* dengan perlakuan variasi waktu tanam. Penelitian Ambo-Rappe (2022) yang menggunakan *E. acoroides* juga menunjukkan kelulushidupan yang rendah pada substrat keras (1,4%–2%), sementara pada substrat halus meningkat hingga rata-rata 64%. Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian skala laboratorium mulai dikembangkan agar kondisi lingkungan dapat dikendalikan. Penelitian terbaru telah menerapkan penyemaian generatif dalam lingkungan terkontrol, di mana pendekatan ini terbukti membantu bibit lamun melewati fase awal pertumbuhan yang rentan sehingga kemampuan tumbuh dan perkembangan awalnya dapat meningkat secara lebih optimal (Karlina *et al.*, 2021). Penyemaian secara generatif terkontrol juga menawarkan keunggulan lainnya seperti kemampuan memproduksi bibit dalam jumlah besar dengan biaya yang lebih efisien, serta menghasilkan bibit lamun yang lebih sehat, adaptif, dan seragam (Ambo-Rappe, 2022). Seperti yang dilakukan oleh Nugraha *et al.* (2023) dan Chrismanola *et al.* (2024), yang mengkaji pengaruh variasi substrat terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan bibit *E. acoroides*. Selain itu, Chamidy *et al.* (2024) juga meneliti efek penambahan pupuk cair pada semai bibit *E. acoroides*. Meskipun demikian, penelitian yang secara mendalam mengkaji variasi wadah dan substrat serta interaksinya terhadap laju pertumbuhan dan tingkat kelulushidupan masih sangat terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi wadah dan substrat, serta interaksi keduanya terhadap laju pertumbuhan dan kelulushidupan semai generatif *E. acoroides*. Temuan ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan teknik pembibitan generatif yang lebih efektif dan efisien serta berkelanjutan.

MATERI DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari buah lamun *E. acoroides*, yang dikumpulkan dari Pulau Kemujan di Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah (Gambar 1). Pengumpulan buah dilakukan dari tanggal 13 hingga 16 Februari 2025 sebanyak 35 buah. Pemilihan lokasi dilakukan melalui observasi lapangan langsung dengan pendekatan *purposive sampling*, berdasarkan karakteristik ekologi spesifik (Allifah & Rosmawati, 2018). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, dari Februari hingga April 2025, dengan pengamatan selama delapan minggu. Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial 3×2 yang melibatkan dua faktor independen, yaitu jenis wadah (karung goni, pot gerabah, dan polibag) serta jenis substrat (pasir berlumpur dan pasir). Kombinasi kedua faktor tersebut menghasilkan enam perlakuan berbeda yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali, sehingga total terdapat 18 unit percobaan. Desain ini memungkinkan evaluasi simultan terhadap efek utama masing-masing faktor maupun potensi interaksi keduanya terhadap performa pertumbuhan bibit *E. acoroides* selama fase penyemaian. Rincian lengkap kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

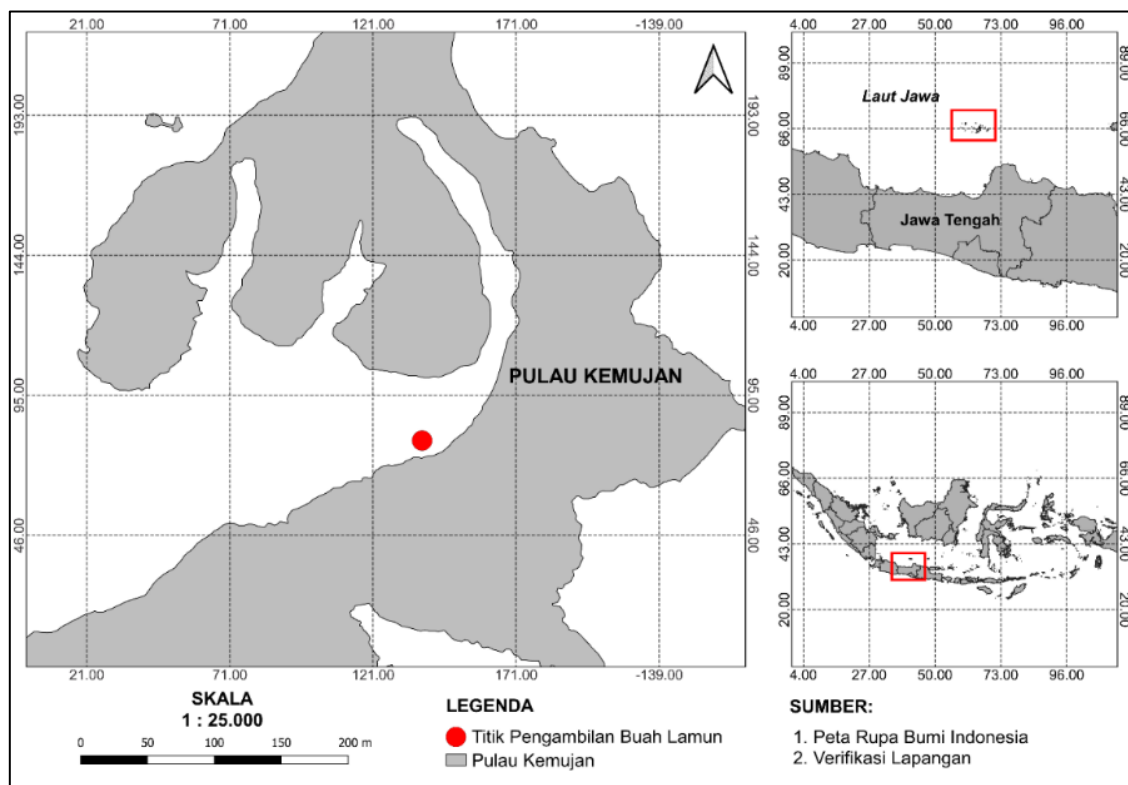
Setiap unit percobaan menggunakan akuarium berukuran 30 × 50 × 50 cm yang diisi air laut hingga volume 67,5 liter. Sebanyak 10 bibit lamun *E. acoroides* ditanam dalam wadah dan substrat sesuai dengan masing-masing perlakuan. Jenis wadah yang digunakan antara lain karung goni (30 × 20 cm), pot tanah liat (diameter 11 cm dan tinggi 11 cm), dan polibag (9 × 9 cm). Semua akuarium dilengkapi dengan aerator dan lampu LED 3,5 watt untuk memberikan pencahayaan buatan dengan fotoperiode 12 jam terang dan 12 jam gelap (Sumbayak *et al.*, 2023). Sebanyak 18 akuarium digunakan sebagai unit percobaan, dengan total 180 bibit lamun yang ditanam di dalamnya. Ilustrasi skematis rancangan percobaan disajikan pada Gambar 2.

Analisis data dalam penelitian ini mencakup laju pertumbuhan, tingkat kelulushidupan, kualitas air, serta pengujian statistik ANOVA dua arah. Pertumbuhan bibit diamati setiap minggu selama delapan minggu dengan mengukur pertambahan panjang daun primer menggunakan jangka sorong dan penggaris sebagai indikator pertumbuhan linear individu. Pendekatan ini menyediakan dasar kuantitatif untuk membandingkan respons pertumbuhan pada berbagai kombinasi perlakuan selama fase pembibitan, serta memungkinkan penentuan laju pertumbuhan melalui uji regresi setiap perlakuan (Short dan Duarte, 2001).

Tingkat kelulushidupan (SR) bibit *E. acoroides* dinilai setiap minggu selama periode pengamatan dengan menghitung jumlah tunas yang tetap hidup dan menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan aktif (Humami dan Muzaki., 2021). Adapun rumus yang digunakan, yaitu (Nugraha *et al.*, 2023):

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan: SR merupakan tingkat kelulushidupan, N_t adalah jumlah bibit yang bertahan hidup pada akhir percobaan, dan N_0 merupakan jumlah bibit yang ditanam pada awal percobaan.



Gambar 1. Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah, Indonesia

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Penyemaian

Jenis Substrat	Jenis Wadah		
	Karung Goni (P ₁)	Pot Gerabah (P ₂)	Polibag (P ₃)
Pasir Berlumpur (S ₁)	S ₁ P _{1.1} , S ₁ P _{1.2} , S ₁ P _{1.3} ,.... S ₁ P _{1.30}	S ₁ P _{2.1} , S ₁ P _{2.2} , S ₁ P _{2.3} ,.... S ₁ P _{2.30}	S ₁ P _{3.1} , S ₁ P _{3.2} , S ₁ P _{3.3} ,.... S ₁ P _{3.30}
Pasir (S ₂)	S ₂ P _{1.1} , S ₂ P _{1.2} , S ₂ P _{1.3} ,.... S ₂ P _{1.30}	S ₂ P _{2.1} , S ₂ P _{2.2} , S ₂ P _{2.3} ,.... S ₂ P _{2.30}	S ₂ P _{3.1} , S ₂ P _{3.2} , S ₂ P _{3.3} ,.... S ₂ P _{3.30}

Kualitas air dalam penelitian ini dipantau dan dikontrol secara berkala untuk memastikan kondisi air laut di akuarium tetap mendukung kehidupan lamun dan memiliki kondisi yang seragam pada tiap perlakuan. Pemantauan kualitas air ini bertujuan untuk memastikan tidak terdapat perbedaan kondisi fisik-kimia antar unit perlakuan yang berpotensi memengaruhi pertumbuhan lamun, sehingga setiap perubahan yang diamati dapat dikaitkan secara langsung dengan perlakuan yang diberikan, bukan akibat variasi kualitas air. Parameter yang diamati yaitu pH, suhu, salinitas, dan oksigen terlarut (DO). Analisis varians dua arah (ANOVA) digunakan untuk mengevaluasi pengaruh dua faktor independen, yaitu jenis wadah (karung goni, pot gerabah, dan polibag) serta jenis substrat (pasir berlumpur dan pasir), terhadap laju pertumbuhan. Analisis ini bertujuan untuk menilai pengaruh utama dari masing-masing faktor serta pengaruh interaksi di antara keduanya. Selanjutnya, untuk mengetahui perbedaan spesifik antar kelompok, dilakukan uji *pairwise comparison* menggunakan metode Bonferroni. Uji ini memungkinkan identifikasi secara lebih rinci kelompok mana yang berbeda signifikan, baik antara jenis wadah maupun jenis substrat, sehingga temuan dari ANOVA dapat dijelaskan secara spesifik dan akurat.

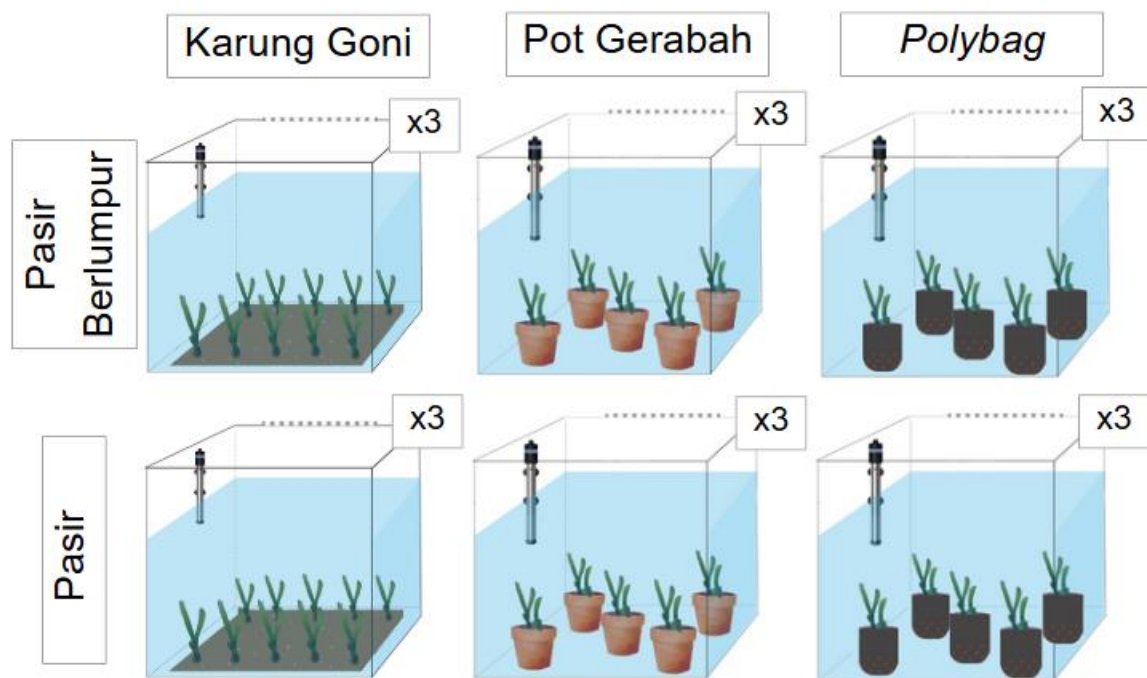
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemantauan pertumbuhan panjang daun selama delapan minggu memperlihatkan perbedaan pada setiap kombinasi perlakuan. Pada minggu ke-8, bibit yang ditanam menggunakan substrat pasir berlumpur dalam wadah karung goni (S₁P₁) menunjukkan pertumbuhan tertinggi dengan rata-rata panjang daun 13,28 cm/minggu. Sebaliknya pertumbuhan terendah tercatat pada bibit dengan substrat pasir dan wadah karung goni (S₂P₁) dengan nilai panjang daun 11,54 cm/minggu. Perbedaan ini menegaskan adanya variasi respons bibit terhadap jenis substrat dan wadah yang digunakan. Pola pertumbuhan mingguan secara lengkap ditampilkan pada Gambar 3.

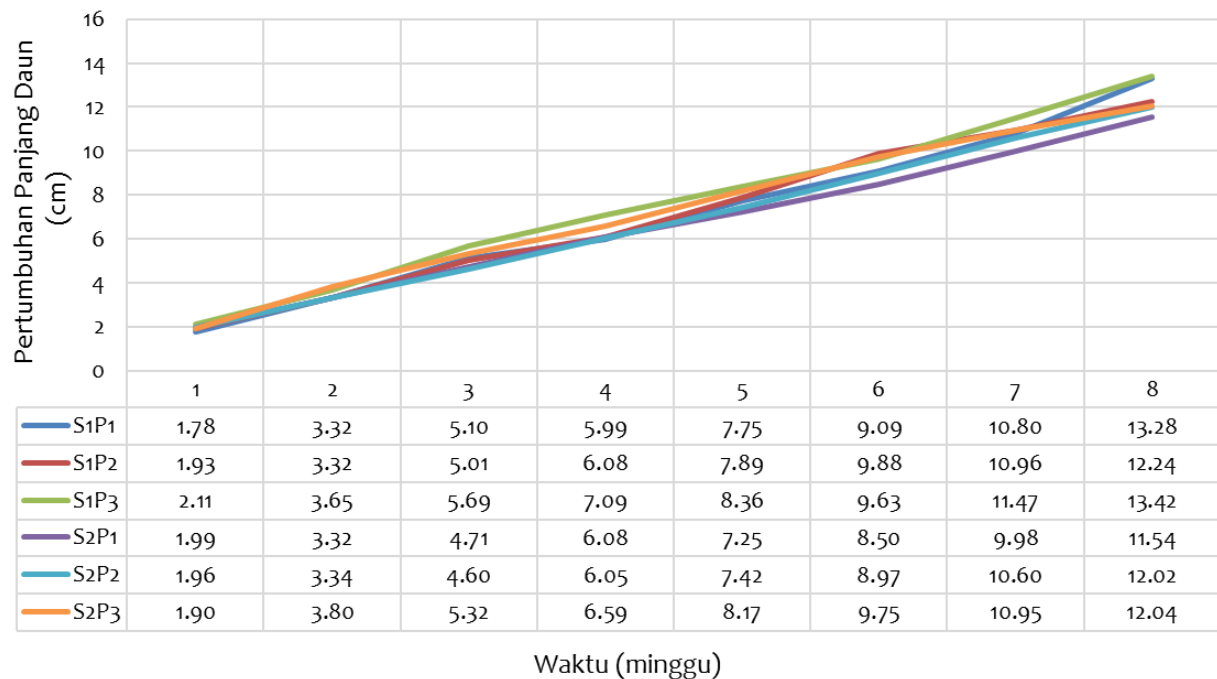
Berdasarkan hasil analisis regresi (Gambar 4), setiap kombinasi perlakuan menunjukkan laju pertumbuhan yang bervariasi. Bibit yang ditanam dengan kombinasi pasir berlumpur pada karung goni (S₁P₁) memiliki laju pertumbuhan tertinggi dengan rata-rata 1,5663 cm/minggu. Dua perlakuan lainnya pada substrat yang sama, yaitu S₁P₃ (polybag) dan S₁P₂ (pot gerabah), juga menunjukkan laju pertumbuhan yang relatif tinggi dengan nilai masing-masing 1,5641 cm/minggu dan 1,5096 cm/minggu. Sebaliknya, laju pertumbuhan terendah ditemukan pada perlakuan S₂P₁ (pasir + karung goni) dengan rata-rata 1,3413 cm/minggu. Secara keseluruhan, laju pertumbuhan bibit dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan temuan Sumbayak *et al.* (2023), yang melaporkan pertumbuhan sebesar 1,26 cm/minggu, dan sejalan dengan Chamidy *et al.* (2024) yang mencatat kisaran pertumbuhan 1,4-1,61 cm/minggu pada semai *E. acoroides*.

Hasil ANOVA dua arah (Tabel 2), menunjukkan bahwa jenis substrat memberikan pengaruh signifikan terhadap laju pertumbuhan ($p = 0,004$), sedangkan jenis wadah tidak memberikan pengaruh nyata ($p=0,558$). Meskipun faktor wadah tidak memberikan efek signifikan, interaksi antara substrat dan wadah tercatat signifikan ($p = 0,042$) terhadap laju pertumbuhan. Temuan ini menegaskan bahwa media tanam menjadi faktor penting dalam pertumbuhan lamun. Temuan ini sejalan dengan penelitian Zulfikar *et al.* (2025), yang menunjukkan bahwa modifikasi substrat

berpengaruh signifikan terhadap laju pertumbuhan daun lamun, sedangkan wadah tanam tidak berpengaruh secara signifikan. Hasil uji ANOVA dua arah tersaji pada Tabel 2.



Gambar 2. Desain Eksperimen Penyemaian Lamun



Gambar 3. Grafik Pertumbuhan Panjang Daun Semaian Lamun Selama 8 Minggu

Tabel 2. Hasil Uji ANOVA Dua Arah

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat Tipe III	df	Rata-rata Kuadrat	Nilai F	Sig.
Model Terkoreksi	,111 ^a	5	,022	3,296	,042
Intersep	39,354	1	39,354	5835,375	<,001
Wadah	,008	2	,004	,612	,558
Substrat	,083	1	,083	12,353	,004
Substrat x Wadah	,111	5	,022	3,296	,042
Galat (Error)	,081	12	,007	-	-
Total	39,546	18	-	-	-
Total Terkoreksi	,192	17	-	-	-

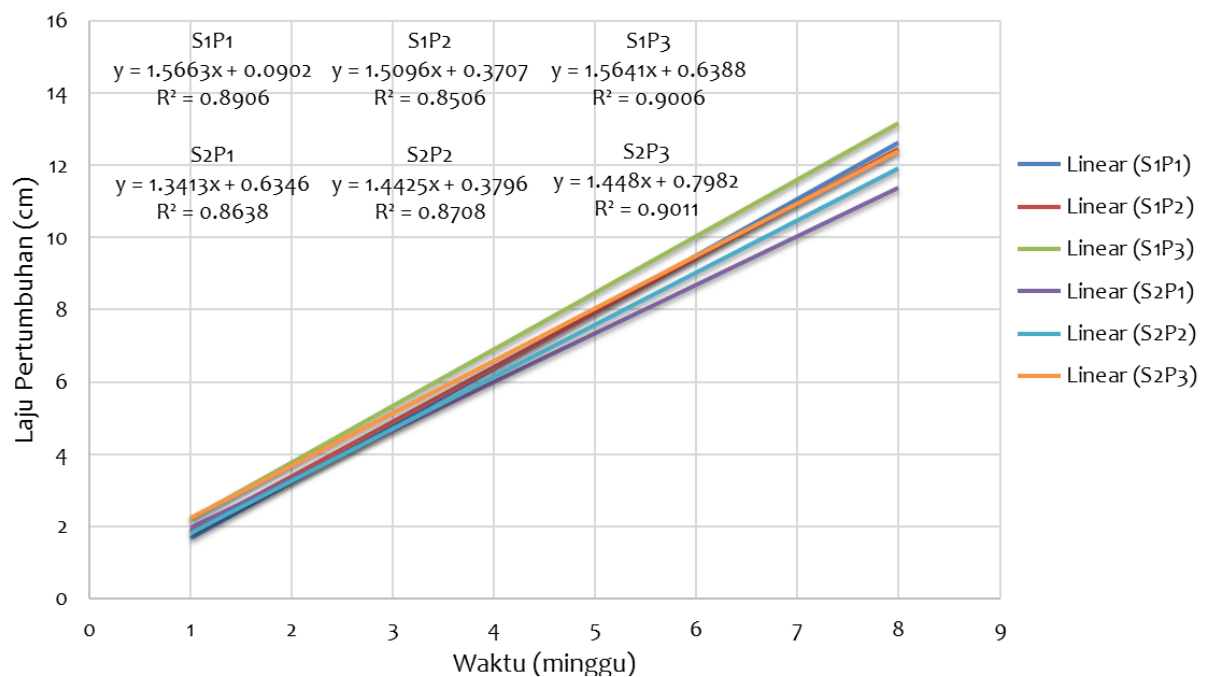
Keterangan: a. Koefisien Determinasi = 0,579 (Koefisien Determinasi Terkoreksi = 0,403)

Tabel 3. Uji Pairwise Perbandingan Pada Substrat

Substrat	Selisih rata-rata	P	Keterangan
Pasir Berlumpur – Pasir	+0,136	,004	Berbeda signifikan
Pasir – Pasir Berlumpur	-0,136	,004	Berbeda signifikan

Tabel 4. Uji Pairwise Perbandingan Pada Wadah

Wadah	Selisih rata-rata	p	Keterangan
Karung Goni – Pot Gerabah	-,022	1,000	Tidak berbeda
Karung Goni – Polibag	-,052	0,876	Tidak berbeda
Pot Gerabah – Polibag	-,030	1,000	Tidak berbeda

**Gambar 4.** Hasil Uji Regresi Pertumbuhan Daun Lamun

Tabel 5. Tingkat Kelulushidupan Semaian *E. acoroides* Selama 8 Minggu

Kombinasi Perlakuan	Tingkat Kelulushidupan Semaian <i>E. acoroides</i> (%) Minggu ke-								Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	
S1P1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
S1P2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
S1P3	100	100	100	100	100	100	100	100	100
S2P1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
S2P2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
S2P3	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Hasil uji *pairwise comparisons* (Tabel 3) menegaskan bahwa substrat pasir berlumpur mampu menghasilkan laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan substrat pasir dengan selisih 0,136 cm/minggu. Temuan ini sejalan dengan Chrismanola *et al.* (2024), yang menyatakan bahwa substrat berlumpur dapat mendorong perkembangan daun lebih optimal dibandingkan substrat pasir dengan selisih mencapai 0,28 cm/minggu. Secara fisiologis, kandungan lumpur berpotensi meningkatkan ketersediaan nutrisi, memperkuat ikatan akar, serta meningkatkan kemampuan substrat dalam menahan air (De Los Santos *et al.*, 2020; Tebaiy *et al.*, 2024). Substrat pasir berlumpur juga mampu menyediakan lingkungan tumbuh yang lebih stabil bagi bibit (Williams *et al.*, 2017; Zulfikar *et al.*, 2025).

Hasil perbandingan antar jenis wadah (karung goni, pot gerabah, dan polibag) menunjukkan adanya variasi laju pertumbuhan. Wadah polibag memiliki pertumbuhan tertinggi sebesar 1,5060 cm/minggu, diikuti pot gerabah sebesar 1,4760 cm/minggu serta karung goni sebesar 1,4538 cm/minggu. Meskipun nilai antar wadah memiliki perbedaan, secara statistik nilai tersebut tidak signifikan (Tabel 4). Hal ini mengindikasikan bahwa wadah tidak berperan langsung dalam meningkatkan akumulasi biomassa, tetapi lebih berfungsi sebagai penopang fisik yang menjaga keberadaan substrat serta posisi bibit selama fase pembibitan (Unsworth *et al.*, 2019).

Interaksi antara jenis wadah dan substrat menunjukkan pengaruh signifikan terhadap laju pertumbuhan bibit, menandakan bahwa efektivitas substrat tidak berdiri sendiri, tetapi dipengaruhi oleh ruang tumbuh yang memfasilitasinya. Artinya, performa pertumbuhan bibit pada substrat tertentu hanya optimal ketika berada dalam wadah yang mampu mendukung stabilitas fisik, aerasi, serta kapasitas pelekatan akar, sehingga respons pertumbuhan lebih ditentukan oleh kesesuaian kombinasi keduanya dibandingkan salah satu faktor secara terpisah.

Konsistensi hasil uji statistik, diperkuat oleh tingkat kelulushidupan bibit yang tetap stabil pada seluruh kombinasi perlakuan, sehingga interaksi substrat–wadah tidak berfungsi sebagai faktor penghambat kelulushidupan, tetapi lebih menentukan optimalisasi pertumbuhannya. Informasi detail mengenai tingkat kelulushidupan bibit tersaji pada Tabel 5.

Keseluruhan kombinasi perlakuan menghasilkan tingkat kelulushidupan 100%, yang menunjukkan bahwa bibit *E. acoroides* memiliki kemampuan adaptasi awal yang baik pada berbagai jenis wadah dan substrat, bahkan ketika karakteristik media tanam yang digunakan memiliki perbedaan tertentu (Rustam *et al.*, 2015). Hasil ini selaras dengan hasil Chamidy *et al.* (2024), yang melaporkan tingkat kelulushidupan sebesar 85,19–100% pada berbagai perlakuan pemupukan dalam sistem semai, serta diperkuat oleh studi Nugraha *et al.* (2025) yang mencatat kelulushidupan 90% pada media tanam berbasis limbah budidaya udang. Konsistensi nilai kelulushidupan yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa variasi substrat dan wadah yang digunakan dalam penelitian ini tetap mampu menyediakan kondisi yang sesuai bagi bibit untuk melewati fase awal pertumbuhannya tanpa indikasi stres fisiologis yang berarti. Dengan demikian,

berbagai kombinasi media tanam dapat digunakan secara fleksibel untuk mendukung keberhasilan fase penyemaian bibit lamun generatif.

Parameter kualitas perairan pada seluruh perlakuan menunjukkan konsistensi nilai yang relatif seragam, tanpa adanya penyimpangan yang berarti antar kombinasi percobaan. Kondisi ini tercermin dari kisaran parameter perairan yang stabil, yaitu pH $7,42 \pm 0,24$, suhu $29,44 \pm 0,88$ °C, salinitas $32 \pm 1,38$ ppt, dan DO $7,14 \pm 0,83$ mg/L, di mana seluruh nilai tersebut memiliki standar deviasi yang rendah, sehingga tidak menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan untuk memengaruhi pertumbuhan bibit lamun. Homogenitas ini menegaskan bahwa kondisi fisik-kimia perairan tidak menjadi faktor pembeda antar perlakuan. Dengan demikian, dinamika pertumbuhan yang teramati lebih merefleksikan perbedaan karakteristik media tanam yang digunakan, bukan hasil dari variasi lingkungan. Temuan ini sejalan dengan Nugraha *et al.* (2021), yang menegaskan bahwa karakteristik media tanam menjadi faktor dominan yang memengaruhi pertumbuhan lamun dibandingkan kondisi perairan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, substrat terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap laju pertumbuhan bibit *E. acoroides* ($p = 0,004$), namun jenis wadah tidak berpengaruh signifikan ($p = 0,558$). Sedangkan interaksi antara substrat dengan wadah menunjukkan pengaruh signifikan ($p = 0,042$). Substrat pasir berlumpur terbukti lebih unggul daripada substrat pasir karena mampu meningkatkan laju pertumbuhan bibit secara signifikan. Seluruh kombinasi wadah dan substrat menghasilkan tingkat kelulushidupan sebesar 100%, yang mengindikasikan bahwa berbagai variasi media tanam mampu mendukung fase awal pertumbuhan bibit lamun dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang tulus kepada Seacrest Indonesia, Yayasan Rekam Nusantara, serta Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah atas dukungan dan kolaborasi yang tak ternilai selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Allifah, A. N., & Rosmawati, T. (2018). Hubungan kepadatan lamun dengan kepadatan bivalvia di pesisir pantai Ori, Kecamatan Pulau Haruku. *Journal of Biology Science & Education*, 7(1), 81–96. doi: 10.33477/bs.v7i1.395
- Ambo-Rappe, R. (2022). The success of seagrass restoration using *Enhalus acoroides* seeds is correlated with substrate and hydrodynamic conditions. *Journal of Environmental Management*, 310, 114692. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.114692
- Ambo-Rappe, R., & Yasir, I. (2015). The effect of storage condition on viability of *Enhalus acoroides* seedlings. *Aquatic Botany*, 127, 57–61. doi: 10.1016/j.aquabot.2015.07.004
- Ambo-Rappe, R., La Nafie, Y. A., Syafiuddin, Limbong, S. R., Asriani, N., Handayani, N. T., & Lisdayanti, E. K. A. (2019). Restoration of seagrass *Enhalus acoroides* using a combination of generative and vegetative techniques. *Biodiversitas*, 20(11), 3358–3363. doi: 10.13057/biodiv/d201132
- Chamidy, A. N., Widianingsih, W., Munasik, M., Riniatsih, I., & Susanto, A. (2024). Effect of liquid fertilizer on *Enhalus acoroides* seedling seeds (Linnaeus f.) Royle 1839 (Fam: Hydrocharitaceae). *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(1), 81–92. doi: 10.14710/jkt.v27i1.21066
- Chrismanola, V., Riniatsih, I., & Endrawati, E. (2024). Effect of substrate types on the growth of *Enhalus acoroides* seeds. *Journal of Marine Research*, 13(2), 365–373. doi: 10.14710/jmr.v13i2.42610
- Christianen, M. J. A., Van Belzen, J., Herman, P. M. J., Van Katwijk, M. M., Lamers, L. P. M., Van Leent, P. J. M., & Bouma, T. J. (2013). Low-canopy seagrass beds still provide important coastal protection services. *PLoS ONE*, 8(5), e62413. doi: 10.1371/journal.pone.0062413
- De Los Santos, C. B., Olivé, I., Moreira, M., Silva, A. A., Freitas, C., Luna, R. A., Ferreira, H. Q., Martins, M., Costa, M. M., Silva, J., Cunha, M. E., Soares, F., Pousão-Ferreira, P., & Santos, R. (2020).

- Seagrass meadows improve inflowing water quality in aquaculture ponds. *Aquaculture*, 528, 1–9. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735502
- Deng, X., Zhang, Y., Liu, J., Yu, B., Li, H., & Zhang, P. (2022). An examination of seed germination and seedling growth of *Zostera marina* for planting-time selection in Rongcheng Bay, Shandong Peninsula, China. *Marine Pollution Bulletin*, 179, 113740. doi: 10.1016/j.marpolbul.2022.113740
- Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., Apostolaki, E. T., Krause-Jensen, D., McGlathery, K. J., & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5, 505–509. doi: 10.1038/ngeo1477
- Harwell, M. C., & Orth, R. J. (2019). Eelgrass (*Zostera marina* L.) seed protection for field experiments and implications for large-scale restoration. *Aquatic Botany*, 64(1), 51–61. doi: 10.1016/S0304-3770(99)00008-X
- Humami, D. W., & Muzaki, F. K. (2021). Perbandingan kesintasan dan laju pertumbuhan lamun *Thalassia hemprichii* yang ditransplantasikan dengan empat metode berbeda di perairan Desa Labuhan, Sepulu-Bangkalan. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), 9–16.
- Karlina, I., Nugraha, A. H., Apdillah, D., Hidayati, J. R., & Kurniawati, E. (2021). Socialization of seedling propagation from *Enhalus acoroides* fruits to support seagrass ecosystem sustainability in Pengudang Village, Bintan Island. *UNRI Conference Series: Community Engagement*, 3, 148–155.
- Kawaroe, M., Nugraha, A. H., Juraij, J., & Tasabaramo, I. A. (2016). Seagrass biodiversity at three marine ecoregions of Indonesia: Sunda Shelf, Sulawesi Sea, and Banda Sea. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 17(2), 585–591.
- Kilminster, K., McMahon, K., Waycott, M., Kendrick, G. A., Scanes, P., McKenzie, L., O'Brien, K. R., Lyons, M., Ferguson, A., Maxwell, P., Glasby, T., & Udy, J. (2015). Unravelling complexity in seagrass systems for management: Australia as a microcosm. *Science of the Total Environment*, 534, 97–109. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.04.061
- Nugraha, A. H., Almahdi, S., Zahra, A., & Karlina, I. (2021). Morphometric characteristic and growth responses of *Enhalus acoroides* seedlings under different substrate composition treatment. *Omni-Akuatika*, 17(2), 112–117. doi: 10.20884/1.oa.2021.17.2.883
- Nugraha, A. H., Apriadi, T., Idris, F., & Putri, W. K. D. S. (2025). Growth and survival response of *Enhalus acoroides* seeds to nutrient enrichment using shrimp cultivation waste. *Journal of Marine Research*, 14(2), 385–394. doi: 10.14710/jmr.v14i2.42850
- Nugraha, A. H., Apriadi, T., Rahmahidayati, J., Yuniasri, A., & Lailiah, Z. (2024). Improvement of the performance of *Enhalus acoroides* seedling in field using bamboo boxes: Short communication. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 28(1), 1443–1454.
- Nugraha, A. H., Syahputra, I. P., Dharmawan, I. W. E., Arbi, B., Hermanto, F., Kurniawan, S., Roni, G., Wibisono, & Rivani, A. (2023). Status of seagrass ecosystem at Riau Islands waters. *Journal of Marine Research*, 12(3), 431–438. doi: 10.14710/jmr.v12i3.36274
- Short, F. T., & Duarte, C. M. (2001). Methods for the measurement of seagrass growth and production. *Global Seagrass Research Methods*, 155–182. doi: 10.1016/b978-044450891-1/50009-
- Sumbayak, J. E. W. S., Ambariyanto, & Widianingsih. (2023). Seagrass (*Enhalus acoroides*) restoration performance with two different methods (anchor and seed) in Panjang Island, Jepara, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 15(1), 84–94.
- Tebaiy, S., Alianto, Suruan, S. S., Karubaba, S., Manangkalangi, E., Sembel, L., & Manuputty, A. (2024). The relationship of substrate types and density of seagrass species in the waters of Mount Botak, South Manokwari Regency, West Papua Province. *AACL Bioflux*, 17(5), 1908–1919.
- Unsworth, R. K. F., Ambo-Rappe, R., Jones, B. L., La Nafie, Y. A., Irawan, A., Hernawan, U. E., Moore, A. M., & Cullen-Unsworth, L. C. (2018). Indonesia's globally significant seagrass meadows are under widespread threat. *Science of the Total Environment*, 634, 279–286. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.315
- Unsworth, R. K. F., Bertelli, C. M., Cullen-Unsworth, L. C., Esteban, N., Jones, B. L., Lilley, R., Lowe, C., Nuuttila, H. K., & Rees, S. C. (2019). Sowing the seeds of seagrass recovery using hessian bags. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 311. doi: 10.3389/fevo.2019.00311
- Williams, S. L., Ambo-Rappe, R., Sur, C., Abbott, J. M., & Limbong, S. R. (2017). Species richness accelerates marine ecosystem restoration in the Coral Triangle. *Proceedings of the National*

Academy of Sciences of the United States of America, 114(45), 11986–11991. doi: 10.1073/pnas.1707962114

Zulfikar, Z., Riniatsih, I., & Widianingsih, W. (2025). Study of seagrass (*Enhalus acoroides*) seed growth based on different substrates and cultivation containers. *Journal of Marine Research*, 14(2), 341–346. doi: 10.14710/jmr.v14i2.44052