

PEMANFAATAN POT ORGANIK DENGAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT MAHONI PADA MEDIA TANAH PASCATAMBANG

Utilization of Organic Pots with Arbuscular Mycorrhizal Fungi (FMA) on the Growth of Mahogany Seedlings on Post-Mining Soil Media

Sri Puspitasari¹, Sri Wilarso Budi^{1*}, dan Arum Sekar Wulandari¹

(Diterima 11 Maret 2025 / Disetujui 14 April 2025)

ABSTRACT

Post-mining land utilization is carried out through revegetation or rehabilitation activities that aim to restore ecological conditions and improve environmental conditions. This rehabilitation process involves the use of organic materials to use organic pots and the addition of FMA to improve land affected by mining activities, as well as the selection of plants that are suitable for the land conditions. This study aims to determine the ability and composition of the best organic pots for mahogany seedling growth on post-mining media and evaluate the compatibility of organic pots with FMA in improving mahogany plant growth on post-mining soil media. To achieve these objectives, testing the absorption capacity of organic pots, bending stiffness and flexural strength was carried out using a completely randomized design (CRD) consisting of three organic pot compositions and each experimental unit had three replicates. The organic pot test on mahogany seedling growth used a split plot consisting of FMA inoculation treatment as the main plot and organic pot composition as the subplot. The application of organic pots with RT1 composition, in combination with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation, has been proven to yield optimal results in promoting the growth of mahogany seedlings in post-mining soil media. This combination significantly enhances plant height, biomass, root colonization, and shoot-to-root ratio. The use of organic pots and AMF represents an innovative and environmentally friendly approach to support the revegetation of post-mining land.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi (FMA), organic potting, mahogany, bacteria, mycorrhizae

ABSTRAK

Pemanfaatan lahan pascatambang dilakukan melalui kegiatan revegetasi atau rehabilitasi yang bertujuan untuk memulihkan kondisi ekologi dan memperbaiki kondisi lingkungan. Proses rehabilitasi ini melibatkan penggunaan bahan organik dengan menggunakan pot organik dan penambahan FMA guna memperbaiki lahan yang terdampak aktivitas penambangan, sekaligus pemilihan tanaman yang sesuai dengan kondisi lahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan komposisi pot organik terbaik untuk pertumbuhan bibit mahoni pada media pascatambang dan mengevaluasi kompatibilitas pot organik dengan FMA dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman mahoni pada media tanah pascatambang. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan pengujian daya serap pot organik, kekakuan lentur dan kekuatan lentur dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari tiga komposisi pot organik dan masing-masing satuan percobaan terdapat tiga ulangan. Pengujian pot organik terhadap pertumbuhan bibit mahoni menggunakan *split plot* yang terdiri atas perlakuan inokulasi FMA sebagai petak utama dan komposisi pot organik sebagai anak petak. Penggunaan pot organik dengan komposisi RT1 yang dikombinasikan dengan inokulasi FMA terbukti memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan bibit mahoni pada media tanah pascatambang. Kombinasi tersebut mampu meningkatkan tinggi tanaman, biomassa, kolonisasi akar, serta nisbah pucuk akar secara signifikan. Penggunaan pot organik dan FMA merupakan metode inovatif dan ramah lingkungan untuk mendukung revegetasi lahan pascatambang.

Kata kunci: Fungi mikoriza arbuskula (FMA), pot organik, mahoni, bakteri, mikorizosfer

¹ Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University
Jl. Ulin Kampus IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

* Penulis korespondensi:
e-mail: swilarso@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Aktivitas pertambangan yang melibatkan eksploitasi berbagai bahan mineral, pada hakikatnya, akan menimbulkan dampak serius terhadap kondisi lahan (Kwinta dan Gradka 2020). Pengeboran, penggunaan bahan peledak, penggunaan alat berat dan timbulan limbah selama proses produksi pertambangan sering kali merusak lingkungan. Selain itu, penggundulan hutan, perubahan sifat struktural bentang alam, dan kondisi lapisan tanah atas yang buruk sering kali menyebabkan banjir, tanah longsor, dan bahan lainnya (Hammond 2019; Wang *et al.* 2023; Poudyal *et al.* 2024). Dampak negatif yang timbul dari kerusakan yang diakibatkan oleh aktivitas pertambangan tidak bisa diabaikan, terutama karena implikasinya yang merugikan terhadap lingkungan (Hermansyah *et al.* 2022).

Pemanfaatan lahan pascatambang dilakukan melalui kegiatan revegetasi yang bertujuan untuk memulihkan kondisi ekologi dan memperbaiki kondisi lingkungan (Pambudi *et al.* 2023). Revegetasi adalah metode reklamasi sering digunakan di pertambangan Indonesia (Pratiwi *et al.* 2021). Reklamasi dan pascatambang adalah kegiatan yang diwajibkan dan diatur dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.

Penggunaan pot plastik dalam bentuk *polybag* dalam kegiatan reklamasi menyebabkan penumpukan sampah *polybag*, sehingga diperlukan alternatif lain pengganti yang dapat memenuhi unsur hara tanaman dan ramah lingkungan serta dapat meningkatkan diversitas mikroorganisme tanah yaitu melalui pembuatan pot organik dari bahan organik dan limbah seperti rak telur, pupuk kandang, *cocopeat*, dan penambahan stimulan seperti *rock phosphate* dan guano. Menurut (Nursyamsi 2015) pot organik adalah pot media semai yang mengantikan fungsi *polybag* di persemaian. Pot organik ramah lingkungan dapat langsung ditanam ke dalam tanah tanpa mengeluarkan bibit seperti pada *polybag* plastik, selain itu pot organik dapat terdekomposisi secara cepat dan tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.

Penggunaan pot organik dalam kegiatan reklamasi pascatambang penting untuk mempertimbangkan komposisi serta bahan dasar penyusunnya yang fungsional dan dapat menjadi pendukung pertumbuhan karena menentukan sifat fisik pot organik seperti kekakuan, kekuatan lentur, daya serap air, tekstur, dan warna. Menurut (Budi *et al.* 2012) Kekuatan adalah kemampuan suatu bahan menahan gaya luar, sedangkan kekakuan adalah kemampuan bahan mempertahankan bentuk. Daya serap air kemampuan bahan dalam mengikat air dan pada pot organik daya serap sangat dipengaruhi oleh sifat kimia dan bahan penyusun pot (Sari *et al.* 2021). Pot organik yang daya serap airnya tinggi memiliki ketahanan yang rendah, sedangkan pot organik yang daya serap airnya rendah memiliki ketahanan yang cukup baik (Jaya *et al.* 2019). Kadar air merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu pot organik, karena dapat merusak tekstur pot dan mengundang tumbuhnya jamur pengganggu (Murtadha *et al.* 2023).

Lahan pascatambang merupakan area yang mengalami degradasi akibat aktivitas pertambangan, yang ditandai dengan rendahnya karakteristik fisik, kimia, dan biologi. Untuk memitigasi kerusakan tersebut, rehabilitasi lahan menjadi imperatif bertujuan untuk menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan tanaman. Proses rehabilitasi ini melibatkan penggunaan bahan organik guna memperbaiki lahan yang terdampak aktivitas penambangan, sekaligus pemilihan tanaman yang sesuai dengan kondisi lahan tersebut. Implementasi pembuatan pot dengan bahan dasar organik telah terbukti efektif dalam mendukung pertumbuhan bibit mahoni pada lahan pasca penambangan. Meski demikian, tanaman mahoni memerlukan periode waktu yang cukup lama untuk tumbuh secara optimal di lahan yang memiliki sifat racun terhadap tanaman. Untuk meningkatkan efisiensi pertumbuhan tanaman, penambahan FMA menjadi alternatif yang diterapkan. Dalam rangka mengoptimalkan pemanfaatan pot organik dan FMA, diperlukan penelitian yang memfokuskan pada kompatibilitas antara pot organik dan FMA. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan komposisi pot organik terbaik untuk pertumbuhan bibit mahoni pada media pascatambang dan mengevaluasi kompatibilitas pot organik dengan FMA dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman mahoni pada media tanah pascatambang.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dari Juli 2023 hingga Maret 2024. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB University. Perhitungan kolonisasi FMA dilakukan di Laboratorium Silvikultur, Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB University. Analisis pot organik dilakukan di Laboratorium Pengujian Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB University.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu alat pencetak pot organik, pot tray type 45, ayakan bahan organik ukuran mesh 18, gelas ukur 1.000 ml, gelas kaca, sudip, mikro, pipet, tip, laminar, bunsen, *hand sprayer*, *freezer*, timbangan digital, mikroskop stereo, mikroskop *compound binokuler*, semprotan air, blender, gembor (alat penyiram), penggaris, *caliper*, *autoklaf*, neraca digital, oven, timbangan digital, kamera digital, *tally sheet*, alat tulis, dan laptop. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu benih mahoni (*Swietenia macrophylla*), rak telur, *cocopeat*, inokulum FMA, pupuk guano, pupuk kompos, *rock phosphate* dan tanah pascatambang.

Prosedur Penelitian

Penyiapan Bubur Kertas dan Bahan Organik

Penyiapan bubur kertas dilakukan dengan memotong kertas hingga berukuran kecil lalu dimasukkan ke dalam drum berukuran besar yang berisikan air dan didiamkan selama 1 minggu hingga rak telur menjadi lunak dan terurai. Selama 1 minggu itu juga

rak telur dalam drum diaduk untuk mempercepat rak telur menjadi bubur kertas. Supaya ukuran rak telur lebih kecil maka rak telur diblender dan kemudian dilakukan penyaringan untuk mengurangi kadar air dalam bubur rak telur.

Bahan organik berupa pupuk kandang dan *cocopeat* sebagai bahan campuran pot terlebih dahulu dikeringkan selama 2 minggu. Pengeringan bahan organik dilakukan di bawah sinar matahari dan dilakukan pengadukan secara berkala supaya bahan organik kering merata. Setelah benar-benar kering, kedua bahan organik tersebut kemudian disaring menggunakan saringan berukuran mesh 18.

Pencetakan Pot Organik dan Pembuatan Lempeng Pot Organik

Pot organik dicetak menggunakan alat cetak manual dimana pot yang dihasilkan berbentuk kerucut sesuai dengan alat cetak yang digunakan. Setiap pencetakan pot organik dengan berbagai komposisi yang ada maka dilakukan pembersihan terlebih dahulu pada cetakan. Kemudian dilakukan pencampuran bahan-bahan pembuatan pot dalam suatu wadah sesuai dengan komposisi berikut: (1) rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, *rock phosphate* 10% (2) rak telur 15%, kompos 75%, *cocopeat* 5%, guano 10% dan (3) rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, guano 5%, *rock phosphate* 5%. Bahan-bahan yang digunakan terlebih dahulu ditimbang lalu dicampur secara merata dengan menambahkan air dalam satu wadah. Hal ini agar berbagai komposisi bahan organik tercampur dengan baik, kemudian komposisi tersebut diperas menggunakan kain agar kadar air berkurang, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan ditumbuk hingga membentuk padatan. Pot organik yang telah dicetak kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80 °C selama 48 jam. Rancangan percobaan dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari tiga komposisi pot organik dan masing-masing satuan percobaan terdapat tiga ulangan sehingga total sebanyak 9.

Pengambilan Data pertumbuhan dan Kolonisasi Akar

Pengamatan tinggi (cm) dan diameter (mm) semai

Pengukuran pertambahan tinggi dan diameter semai dilakukan 2 minggu sekali selama 12 minggu pengamatan. Tinggi semai akan diukur menggunakan mistar mulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh tunas paling muda. Pengukuran diameter dilakukan dengan kaliper digital pada ketinggian 1 cm diatas pangkal batang semai.

Biomassa Semai

Pengukuran biomassa dilakukan setelah bibit tanaman dipanen menggunakan metode destruktif. Penghitungan biomassa tanaman didasarkan pada berat kering tanaman. Bagian akar dan pucuk tanaman dipisahkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat basah total. Selanjutnya, bagian sampel akar dan pucuk ditimbang berat basahnya dan dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 48 jam. Biomassa dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Biomassa} = \frac{\text{Berat kering}}{\text{Berat basah sampel}} \times \text{berat basah total}$$

Nisbah Pucuk Akar

Nisbah pucuk akar merupakan perbandingan antara nilai biomassa pucuk dan biomassa akar tanaman. Nisbah pucuk akar diperoleh dari rumusan sebagai berikut:

$$\text{Nisbah pucuk akar} = \frac{\text{Berat kering pucuk}}{\text{Berat kering akar}}$$

Analisis Kolonisasi Akar

Pengamatan akar dimulai dengan mengambil 10 sampel akar. Selanjutnya setiap ujung akar dipotong menggunakan gunting sepanjang 1 cm. Akar yang telah dipotong diletakkan pada preparat dan ditutup dengan *cover glass*, kemudian diamati menggunakan mikroskop. Menurut (Setiadi dan Setiawan 2011) persentase jumlah akar yang terkolonisasikan dihitung dengan menggunakan perhitungan:

$$\begin{aligned} \% \text{ Akar terinfeksi} \\ = \frac{\text{Jumlah contoh akar yang terinfeksi}}{\text{Jumlah seluruh contoh akar yang diamati}} \times 100\% \end{aligned}$$

Dilanjutkan dengan pengamatan FMA dengan melihat sejauh mana kolonisasi jenis *Glomus* melalui akar pada masing-masing tanaman di bawah mikroskop untuk memeriksa karakter morfologi spora, termasuk bentuk dan warna.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *split plot* yang terdiri atas perlakuan inokulasi FMA sebagai petak utama dan komposisi pot organik sebagai anak petak.

Petak Utama : Inokulasi FMA

M0 : Tanpa FMA

M1 : FMA

Anak Petak : Komposisi bahan penyusun pot organik

RT1 : rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, *rock phosphate* 10%

RT2 : rak telur 15%, kompos 75%, *cocopeat* 5%, guano 10%

RT3 : rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, guano 5%, *rock phosphate* 5%

Komposisi antara petak utama dan anak petak menghasilkan enam perlakuan dan dilakukan dua ulangan (U1 dan U2) sehingga terdapat 12 percobaan. Masing-masing satuan percobaan terdapat 10 tanaman sehingga dibutuhkan 120 unit pot organik dan bibit tanaman mahoni.

Perlakuan :

MORT1: Tanpa FMA; rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, *rock phosphate* 10%

MORT2: Tanpa FMA; rak telur 15%, kompos 75%, *cocopeat* 5%, guano 10%

MORT3: Tanpa FMA; rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, guano 5%, *rock phosphate* 5%

M1RT1: FMA; rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, *rock phosphate* 10%

M2RT2: FMA; rak telur 15%, kompos 75%, *cocopeat* 5%, guano 10%

M3RT3: FMA; rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, guano 5%, *rock phosphate* 5%

Berdasarkan rancangan tersebut, model linier yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + Y_{ijk} + (\alpha\beta)ij + e_{ijk}$$

Keterangan :

Y_{ijk}	: Pengamatan dari FMA ke-i, faktor komposisi pot organik ke-j, dan ulangan ke-k
μ	: Nilai rata-rata umum
α_i	: Pengaruh faktor FMA pada taraf ke-i
β_j	: Pengaruh faktor komposisi pot organik ke-j
$(\alpha\beta)ij$: Interaksi antara m ikoriza ke-i dan komposisi pot organik ke-j
e_{ijk}	: Pengaruh acak yang diasumsikan memenuhi syarat-syarat dari model regresi linear.
i	: 1, 2
j	: 1, 2, 3
k	: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Analisis data dilakukan dengan menggunakan software Microsoft Excel dan SPSS 23. Pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diamati dilakukan dengan menggunakan metode analisis ragam (ANOVA) pada selang kepercayaan 95%. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilakukan uji lanjut jarak berganda Duncan (Duncan's multiple range test/DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Ragam

Rekapulasi hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan FMA memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan mahoni, terutama dalam aspek tinggi tanaman, biomassa, dan kolonisasi akar. Sementara itu, faktor komposisi pot lebih terbatas pengaruhnya, tetapi tetap berperan dalam kolonisasi akar dan nisbah pucuk akar. Interaksi antara FMA dan komposisi pot hanya memengaruhi beberapa parameter tertentu.

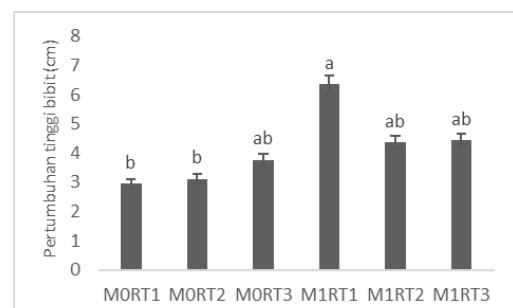
Tabel 1 Rekapulasi analisis sidik ragam mahoni

Parameter	F	K	FxK
Tinggi	*	tn	*
Diameter	tn	tn	tn
Biomassa	*	tn	*
Kolonisasi	*	*	tn
Nisbah Pucuk Akar	*	*	*

F : FMA, K : Komposisi pot, tn : Tidak berpengaruh nyata selang kepercayaan 95% ($P>0,5$), * : berpengaruh nyata pada selang kepercayaan ($P<0,5$).

Pertumbuhan Tinggi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara fungi dan komposisi berpengaruh secara signifikan terhadap tinggi tanaman (Gambar 1). Perlakuan M1RT1 terhadap tinggi tanaman. Namun, jika dilihat perlakuan M1RT2 nilai yang diperoleh merupakan nilai terendah.



Gambar 1 Pengaruh fungi dengan komposisi terhadap tinggi tanaman

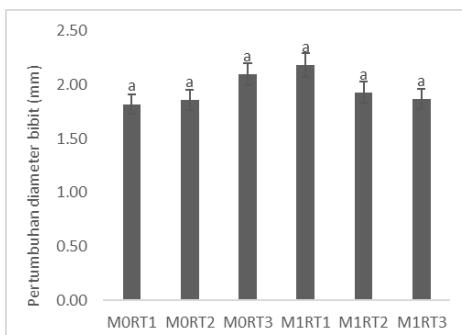
Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan FMA (M1) menghasilkan pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan tanpa FMA (M0), dengan pertumbuhan tertinggi pada perlakuan M1RT1 (6.345 cm) yang mengandung rak telur 15%, kompos 70%, *cocopeat* 5%, dan *rock phosphate* 10%. Keunggulan M1RT1 disebabkan oleh keberadaan *rock phosphate* yang semakin dioptimalkan oleh FMA, sebagaimana dijelaskan oleh Hartanto *et al.* (2022) bahwa media dengan kandungan organik dan fosfor tinggi meningkatkan efektivitas mikoriza. Mondiana dan Widayastuti (2022) juga menyatakan bahwa selama kandungan bahan organik mencukupi, variasi media tanam tidak berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan, sementara Saputri (2013) menemukan bahwa bahan organik seperti *cocopeat* dan arang tempurung kelapa dapat memperbaiki aerasi tanah, mendukung pertumbuhan awal bibit. Selain itu, FMA berperan dalam meningkatkan ketersediaan fosfor dan unsur hara lainnya, yang berdampak positif pada pertumbuhan vegetatif tanaman (Smith dan Read 2022). Media berbasis kompos juga meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan ketersediaan nutrisi (Handayani *et al.* 2021), mendukung efektivitas FMA dalam meningkatkan pertumbuhan bibit, sebagaimana ditemukan oleh Martínez *et al.* (2016) pada bibit mahoni. Dengan demikian, kombinasi FMA dan media tanam berbasis kompos serta sumber fosfor alami, seperti *rock phosphate* atau guano, terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan dan berkontribusi terhadap sistem pertanian berkelanjutan.

Pertumbuhan Diameter

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara fungi dan komposisi tidak berpengaruh nyata terhadap tanaman (Gambar 1). Perlakuan M1RT1 terhadap diameter tanaman. Namun, jika dilihat perlakuan M0RT1 nilai yang diperoleh merupakan nilai terendah.

Diameter batang yang besar menunjukkan kondisi tanaman yang lebih kuat dan sehat, sehingga dapat bertahan lebih baik di lapangan (Martono 2019). Interaksi antara FMA dan komposisi media tanam merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan kualitas bibit mahoni. FMA merupakan fungi yang bersimbiosis dengan akar tanaman dan dapat meningkatkan serapan nutrisi, terutama fosfor, serta memperkuat sistem perakaran tanaman (Smith dan Read 2008). Inokulasi FMA pada bibit tanaman mampu meningkatkan diameter batang, tinggi tanaman, dan

biomassa total (Rahman *et al.* 2016). Dalam konteks bibit mahoni, peran FMA sangat relevan karena tanaman ini membutuhkan nutrisi yang optimal selama tahap awal pertumbuhannya.



Gambar 2 Pengaruh fungi dengan komposisi terhadap diameter tanaman

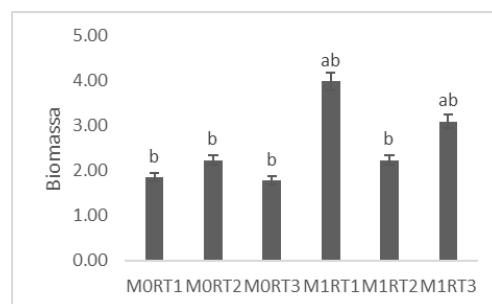
Hasil analisis menunjukkan bahwa interaksi antara FMA dan komposisi media tanam memengaruhi diameter bibit mahoni, meskipun secara individu tidak terdapat perbedaan signifikan. Kombinasi inokulasi FMA (M1) dengan media RT1 menghasilkan diameter terbesar 2,19 mm, menunjukkan bahwa sinergi ini lebih optimal untuk pertumbuhan bibit, sementara tanpa FMA (M0), media RT1 memiliki diameter terkecil (1,82 mm), mengindikasikan peran penting FMA dalam meningkatkan efektivitas media. Menurut Putri *et al.* (2021) dan Nugroho *et al.* (2023) menyatakan bahwa FMA meningkatkan serapan hara dan pertumbuhan tanaman kehutanan, terutama dalam media dengan kandungan organik tinggi. Selain itu, media dengan kandungan *rock phosphate* tinggi seperti M1RT1 lebih mendukung efektivitas FMA dibandingkan media dengan kandungan guano tinggi tanpa keseimbangan fosfor M0RT1, yang menghasilkan diameter terendah. Secara keseluruhan, inokulasi FMA meningkatkan efisiensi serapan nutrisi, terutama dalam media dengan ketersediaan fosfor yang cukup, menekankan pentingnya sinergi biologis dan fisik-kimia untuk pertumbuhan optimal bibit mahoni (Smith dan Read 2008; Santoso *et al.* 2021). Menurut Smith dan Read (2023), fungi mikoriza tidak hanya meningkatkan penyerapan nutrisi, tetapi juga merangsang produksi fitohormon, seperti auksin yang berperan penting dalam pembelahan dan pemanjangan sel batang, termasuk pada pembentukan diameter batang.

Biomassa Semai

Biomassa tanaman adalah total massa bahan organik yang dihasilkan oleh tanaman, termasuk akar, batang, daun, bunga dan buah, baik yang hidup maupun mati (Salsabila 2022). Tujuan Biomassa tanaman untuk memahami potensi produksi biomassa, efisiensi penyimpanan karbon, serta pemanfaatannya sebagai sumber energi terbaru yang berkelanjutan. Biomassa tanaman berperan penting dalam siklus karbon dengan menyerap karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer, sehingga dapat membantu mitigasi perubahan iklim.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi FMA berperan signifikan dalam meningkatkan biomassa bibit mahoni. Menurut penelitian Prihantoro *et al.* (2023)

mengungkap bahwa FMA dapat meningkatkan pertumbuhan, sementara Husna *et al.* (2020) menjelaskan bahwa FMA lokal Sulawesi Tenggara mampu meningkatkan biomassa bibit. Data tabel menunjukkan bahwa perlakuan dengan FMA (M1) menghasilkan biomassa yang lebih tinggi dibandingkan tanpa FMA (M0), dengan perlakuan terbaik pada M1RT1 (3.992a). Hal ini mengindikasikan bahwa FMA meningkatkan serapan hara dan efisiensi penggunaan nutrisi, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian terbaru. Sebaliknya, pada media RT2 yang kaya guano, peningkatan biomassa tidak signifikan, mendukung temuan bahwa efektivitas FMA bergantung pada ketersediaan nutrisi dalam media tanam. Dengan demikian, interaksi FMA dan komposisi media tanam yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan biomassa bibit mahoni.



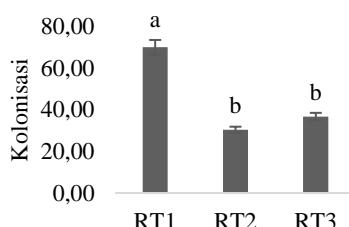
Gambar 3 Pengaruh fungi dengan komposisi terhadap biomassa semai

Hasil analisis menunjukkan bahwa M1RT1 menghasilkan biomassa tanaman yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya karena kombinasi inokulasi FMA dengan media tanam yang kaya akan fosfor dari *rock phosphate*. FMA meningkatkan penyerapan nutrisi, terutama fosfor, yang esensial untuk pertumbuhan tanaman. Media RT1 mengandung 10% *rock phosphate*, menyediakan sumber fosfor yang melimpah. Kombinasi ini mendukung tanaman mahoni menyerap fosfor lebih efisien, sehingga meningkatkan biomassa secara signifikan. Menurut penelitian Suhartanti (2021) menjelaskan bahwa infeksi mikoriza meningkatkan serapan fosfat dan air oleh tanaman. Penelitian Hartanto *et al.* (2023) mengungkap bahwa komposisi pot organik yang tepat mampu meningkatkan jumlah spora FMA di sekitar akar semai mahoni, khususnya pada media yang mengandung 50% koran, 35% kompos, dan 15% cocopeat, yang berdampak positif pada pertumbuhan tanaman. Selain itu, Saputri (2013) juga melaporkan bahwa pemanfaatan FMA bersama arang tempurung kelapa mampu meningkatkan pertumbuhan semai gamelina dan balsa, menunjukkan bahwa efek positif FMA tidak hanya berlaku pada mahoni, tetapi juga tanaman hutan lainnya. Wigati (2017) menunjukkan efektivitas FMA lokal dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kayu kuku (*Pericopsis mooniana*), yang semakin memperkuat bahwa FMA berperan penting dalam meningkatkan serapan hara, pertumbuhan, dan akumulasi biomassa pada berbagai jenis tanaman kehutanan, termasuk mahoni. Kombinasi antara inokulasi FMA dengan media tanam yang kaya nutrisi, seperti kompos dan sumber fosfor, terbukti

menjadi salah satu faktor kunci dalam meningkatkan produktivitas bibit di pembibitan.

Kolonisasi

Hasil pengamatan terhadap kolonisasi akar dan spora mikoriza pada masing-masing perlakuan disajikan pada (Gambar 3) menunjukkan tingkat keberhasilan kolonisasi mikoriza pada akar tanaman yang tumbuh pada media dengan komposisi berbeda. Perbedaan intensitas kolonisasi yang berpengaruh nyata.



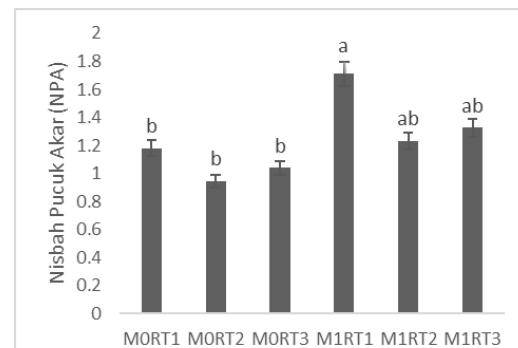
Gambar 4 Pengaruh kolonisasi akar dan spora mikoriza.

Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan RT1 menghasilkan tingkat kolonisasi akar dan spora mikoriza tertinggi, yaitu sebesar 70%, sedangkan perlakuan RT2 mencatatkan kolonisasi terendah sebesar 30,33%, dan perlakuan RT3 sebesar 36,67%. Perbedaan yang berbeda nyata ini mengindikasikan bahwa komposisi media tanam memiliki pengaruh yang besar terhadap keberhasilan kolonisasi mikoriza. Tingginya tingkat kolonisasi pada perlakuan RT1 diduga disebabkan oleh kandungan *rock phosphate* yang lebih tinggi, yaitu 10%, dibandingkan dengan perlakuan lainnya. *Rock phosphate* dikenal sebagai sumber fosfor yang lebih mudah tersedia dibandingkan dengan sumber fosfor organik seperti guano. Ketersediaan fosfor yang memadai sangat penting bagi fungi mikoriza arbuskula (FMA) untuk membentuk struktur hifa eksternal dan internal dalam akar tanaman. Menurut penelitian Setiawan *et al.* (2023) menunjukkan bahwa kombinasi mikoriza dengan *rock phosphate* dapat secara signifikan meningkatkan kolonisasi akar, karena mendukung ketersediaan hara yang diperlukan untuk aktivitas simbiosis mikoriza (Pranata *et al.* 2023). Sebaliknya, perlakuan RT2 yang hanya menggunakan guano sebagai sumber fosfat menunjukkan tingkat kolonisasi yang lebih rendah mengindikasikan bahwa ketersediaan fosfor dari guano tidak secepat dan seefektif *rock phosphate*. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Kusuma *et al.* (2024), menyatakan bahwa pelepasan fosfor dari guano cenderung lambat, sehingga tidak dapat segera dimanfaatkan oleh mikoriza untuk mendukung kolonisasi. Sementara itu, perlakuan RT3 yang menggabungkan *rock phosphate* dan guano menunjukkan tingkat kolonisasi yang sedang, meskipun tidak berbeda nyata dengan perlakuan RT2. Temuan ini menguatkan bahwa kombinasi kedua sumber fosfat tersebut tidak mampu menyamai efektivitas *rock phosphate* tunggal dalam mendukung kolonisasi mikoriza (Pranata *et al.* 2023). Penelitian Sari *et al.* (2024) menunjukkan pemberian guano dan batuan fosfat berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai, meliputi jumlah cabang dan polong. Namun, pemupukan dengan *phosphate* yang merupakan sumber fosfor mudah tersedia memberikan pengaruh lebih nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah cabang, dan polong. Hal

ini menunjukkan bahwa ketersediaan fosfor yang cepat dan optimal sangat penting untuk mendukung perkembangan awal tanaman sekaligus kolonisasi mikoriza. Selain itu, penelitian Hidayati *et al.* (2023) menemukan bahwa pemberian pupuk hayati mikoriza dan *rock phosphate* secara bersamaan mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis secara signifikan. Dengan demikian, media tanam yang mengandung *rock phosphate* dalam jumlah optimal cenderung lebih efektif dalam meningkatkan kolonisasi mikoriza dibandingkan dengan sumber fosfat organik seperti guano atau kombinasi keduanya.

Nisbah Pucuk Akar

Nisbah pucuk akar (NPA) adalah perbandingan antara berat kering pucuk dengan berat kering akar. Nisbah pucuk akar merupakan faktor penting untuk pertumbuhan tanaman karena menunjukkan bagaimana proses transpirasi dan luasan fotosintesis tanaman dibandingkan dengan kemampuan penyerapan. Hasil analisis ragam berdasarkan uji lanjut Tukey, interaksi FMA dengan komposisi menunjukkan M1 (inokulasi FMA) berpengaruh signifikan dibandingkan M0 (tanpa inokulasi FMA) (Gambar 2).



Gambar 4 Pengaruh fungsi dengan komposisi terhadap nisbah Pucuk Akar (NPA)

Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan RT1 menghasilkan nisba pucuk akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan RT2 dan RT3, disebabkan oleh komposisi media RT1 yang mengandung 10% *rock phosphate*, kaya akan unsur fosfor (P) yang esensial untuk pertumbuhan akar dan pucuk secara simultan. Fosfor berperan penting dalam pembentukan sistem perakaran yang kuat serta mendukung aktivitas metabolisme bagian pucuk, termasuk sintesis ATP, pembentukan enzim, dan proses fotosintesis yang optimal (Schachtman *et al.* 1998; Meena *et al.* 2023). Selain itu, komposisi media RT1 yang terdiri dari 70% kompos berfungsi sebagai sumber hara makro dan mikro yang lengkap, serta sebagai pemberi nutrisi tanah yang meningkatkan ketersediaan unsur hara lainnya (Hartatik dan Widowati 2022). Kombinasi antara *rock phosphate* dan kompos menciptakan sinergi yang baik dalam memperbaiki ketersediaan fosfor dan kapasitas tukar kation (KTK) mendukung perkembangan akar dan meningkatkan serapan hara, sehingga berujung pada pertumbuhan pucuk yang lebih baik (Razaq *et al.* 2017). Kehadiran *cocopeat* sebanyak 5% pada RT1 juga berkontribusi dalam memperbaiki porositas media, mempertahankan kelembaban optimal dan meningkatkan

aerasi akar (Abad *et al.* 2002). Menurut penelitian Meena *et al.* (2023) menunjukkan fungi pelarut fosfat (PSF) meningkatkan ketersediaan fosfor dari *rock phosphate* melalui sekresi asam organik yang mendukung pertumbuhan pucuk dan memperbaiki rasio pucuk-akar dengan meningkatkan efisiensi penyerapan hara. Selain itu, penelitian Wang *et al.* (2023) menemukan bahwa kombinasi pupuk organik dan *rock phosphate* menghasilkan nisbah pucuk akar yang lebih baik dibandingkan perlakuan tunggal, berkat keseimbangan hara yang stabil dan peningkatan kapasitas serapan akar. Dengan demikian, perlakuan RT1 terbukti lebih unggul dibandingkan dengan RT2 dan RT3 yang memiliki kombinasi sumber fosfat lebih beragam, tetapi dengan proporsi masing-masing lebih rendah sehingga efektivitas pelepasan P dan sinergi antara bahan organik dan anorganik tidak seoptimal yang terdapat pada perlakuan RT1.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penggunaan pot organik dengan komposisi rak telur 15%, kompos 70%, cocopeat 5%, dan rock phosphate 10% (RT1) yang dikombinasikan dengan inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) terbukti memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan bibit mahoni pada media tanah pascatambang. Kombinasi tersebut mampu meningkatkan tinggi tanaman, biomassa, kolonisasi akar, serta nisbah pucuk akar secara signifikan. Peran FMA dalam meningkatkan serapan fosfor serta dukungan bahan organik dan rock phosphate menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif memperbaiki kualitas media tanam. Dengan demikian, penggunaan pot organik dan FMA merupakan metode inovatif dan ramah lingkungan untuk mendukung revegetasi lahan pascatambang.

Saran

Pot organik berpotensi mengurangi limbah polybag dan meningkatkan kesuburan tanaman. Penelitian diperlukan untuk menentukan komposisi terbaik yang mendukung mikroorganisme di rhizosfer. Kombinasi pot organik dan FMA juga dapat diterapkan dalam rehabilitasi lahan pasca tambang melalui uji coba lapangan berbasis teknologi ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat atas dukungan pendanaan Hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi dengan Kontrak Kerjasama Penelitian No. 15881/IT3.D10/PT.01.02/P/T/2023 tanggal 3 April 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Abad, M., Noguera, P., & Bures, S. 2002. *Cocopeat as a substrate for horticultural use*. Bioresource Technology, 82(3), 241-245. DOI: 10.1016/S0960-8524(01)00189-6.
- Budi, S. W., Sukendro, A., and Karlinasari, L. 2012. Penggunaan Pot Berbahan Dasar Organik untuk Pembibitan Gmelina arborea Roxb. di Persemaian. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of*

- Agronomy)* 40(3): 239–245. DOI: 10.24831/jai.v40i3.6833
- Handayani, D., Wahyudi, A., & Sari, P. (2021). Pengaruh media berbasis kompos terhadap aktivitas mikroba tanah dan ketersediaan nutrisi tanaman. *Jurnal Agroekoteknologi*, 10(2), 112-120.
- Hartatik, W., & Widowati, W. 2022. Peran Kompos dan Sumber Fosfat dalam Meningkatkan Kualitas Media Tanam. Balai Penelitian Tanah, Balitbangtan.
- Hartanto, S., Rahmawati, F., & Surjono, H. (2023). Pengaruh Komposisi Pot Organik terhadap Spora Mikoriza Arbuskular dan Populasi Bakteri pada Mikorhizosfer Semai Mahoni di Media Pascatambang Pasir Silika. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 14(1), 13-20.
- Hermansyah, H., Lulu, Y., Eddy, I., and Marsi, M. 2022. Analysis on the Characteristics of Ex-Mining Soil After 5 Years and 10 Years of Revegetation. *Media Konservasi* 26(3): 239–247. DOI: 10.29244/medkon.26.3.239-247.
- Hidayati, N., Firmansyah, F., & Susilo, H. 2023. Pengaruh Pupuk Hayati Mikoriza dan Rock Phosphate terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(3): 187-194.
- Husna, N., Saleh, M., & Utami, S. N. H. 2020. Inokulasi Mikoriza Arbuskular Lokal Sulawesi Tenggara dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Biomassa Bibit Kayu Kuku (*Pericopsis mooniana*) pada Media Tanah Pascatambang Nikel. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza Indonesia*, 11, 142-151.
- Kusuma, F., Ardiansyah, R., & Lestari, P. 2024. Ketersediaan fosfor dari berbagai sumber pupuk organik dan anorganik serta efeknya terhadap kolonisasi mikoriza. *Journal of Soil Science and Environment*, 22(1): 15-24.
- Kwinta, A., and Gradka, R. 2020. Analysis of the damage influence range generated by underground mining. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* Elsevier Ltd 128(February): 104263. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2020.104263
- Martínez, F., Solís, P., & Sánchez, M. (2016). The Role of Organic Matter in Improving Plant Growth Media. *Agricultural Sciences Journal*.
- Martono, E. 2019. *Teknik Budidaya Tanaman Hutan*. Jakarta: Pustaka Kehutanan.
- Meena, K.K., Kumar, M., & Bisht, J.K. (2023). Role of phosphate solubilizing fungi in sustainable agriculture: Mechanisms and applications. *Rhizosphere*, 26, 100664.
- Nugroho, D.A., Wicaksono, A., & Hidayat, W. (2023). Efektivitas Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Kombinasi Media Tanam terhadap Pertumbuhan Bibit Mahoni (*Swietenia macrophylla*). *Jurnal Penelitian Kehutanan*, 17(2), 45-55.
- Nursyamsi. 2015. Biopot Sebagai Pot Media Semai Pengganti Polybag Yang Ramah Lingkungan. *Info Teknis EBONI* 12(2): 121–130.
- Pambudi, P. A., Utomo, S. W., Soelarno, S. W., Takarina,

- N. D., Lingkungan, S. I., Indonesia, U., and Indonesia, U. 2023. Reklamasi tambang yang berkeadilan dan menyejahterakan. *Jurnal Mineral, Energi dan Lingkungan* 7(2): 8–14.
- Phillips, J. M., & Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-161.
- Pratiwi, Narendra, B. H., Siregar, C. A., Turjaman, M., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Mulyanto, B., Maharani, R., Rayadin, Y., and Prayudyaningsih, R. 2021. Managing and Reforesting Degraded Post-Mining Landscape in Indonesia : A Review. *Land* 10(658): 1–29.
- Prihantoro, S., Pujiasmanto, B., & Syamsiyah, J. 2023. Pengaruh Inokulasi Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan *Indigofera zollingeriana* dengan Teknik Fortifikasi dan Fertigasi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(2), 131-138.
- Pranata, H., Sari, D.N., & Wijaya, R. 2023. Kombinasi bahan organik dan pupuk fosfat meningkatkan kolonisasi mikoriza pada tanaman cabai. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(2): 101-110.
- Putri, R.A., Susetyo, D., & Arisoesilaningsih, E. (2021). Pengaruh Fungi Mikoriza Arbuskula terhadap Serapan Hara dan Pertumbuhan Bibit Jati (*Tectona grandis*) pada Media Tanam Organik. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 15(1), 22-30. <https://doi.org/10.23960/jik.v15i1.130>.
- Rahman et al., 2016. Inokulasi FMA pada bibit tanaman mampu meningkatkan diameter batang, tinggi tanaman, dan biomassa total. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 44(2): 153-159.
- Rao, A., Subramanian, S., & Kumar, K. (2017). Guano and Rock Phosphate as Fertilizers. *Soil Fertility Management*.
- Razaq, M., Zhang, P., Shen, H., & Salahuddin. (2017). Influence of nitrogen and phosphorus on the growth and root morphology of *Acer mono*. *PLoS ONE*, 12(2), e0171321.
- Salsabila, S. A. 2022. *Pemanfaatan Biomassa sebagai Sumber Energi Alternatif untuk Masa Depan*. Kompasiana.
- Santoso, A., Yuliani, D., & Wardani, R. (2021). "Efek Kombinasi Media Tanam dan Mikoriza terhadap Bibit Tanaman Kehutanan." *Jurnal Penelitian Kehutanan Indonesia*, 8(3), 67-75.
- Sari, N.W., Suryani, A., & Pramono, J. 2024. Pengaruh Guano dan Batuan Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max L.*). *Journal of Agro Complex*, 8(1): 29-35.
- Setiadi, Y., and Setiawan, A. 2011. Studi status fungi mikoriza arbuskula di areal rehabilitasi pasca penambangan nikel. *Jurnal Silvikultur Tropika* 03(01): 88–95.
- Smith, S. E., & Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press.
- Smith, S.E., & Read, D.J. (2023). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. ISBN: 978-0128141980
- Saputri, R. 2013. Pengaruh Mikoriza dan Arang pada Media Tumbuh terhadap Pertumbuhan Semai Mahoni (*Swietenia macrophylla* King). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(1), 31-40.
- Suhartanti, A. (2021). Pengaruh Inokulasi Mikoriza Arbuskular terhadap Pertumbuhan dan Serapan Fosfat Bibit Sengon (*Falcataria moluccana Miq.*) pada Media Ultisol. Skripsi. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Suryanti. 2017. Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular *Glomus sp.* dan *Pseudomonas fluorescens* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) pada Tanah Ultisol. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Wang, H., Kan, X., and Jiang, X. 2023. The Extractive Industries and Society Imbalance and balance : The distribution of land value-added benefits in postmining land use. *The Extractive Industries and Society* Elsevier Ltd 13(December 2022): 101220. DOI: 10.1016/j.exis.2023.101220
- Wang, Y., Li, J., Zhang, Y., & Liu, X. (2023). Organic-inorganic fertilizer combinations improve root-shoot balance and nutrient use efficiency in vegetable cropping systems. *Agricultural Systems*, 206, 103651.
- Wigati, S. (2017). Pengaruh Inokulasi Mikoriza Arbuskular Lokal terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Kuku (*Pericopsis mooniana*) pada Media Tanah Pascatambang Nikel. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza Indonesia*, 11, 152-159.