



STIMULASI KOLONISASI CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULA PADA SEMAI MINDI (*Melia azedarach* LINN) DENGAN APLIKASI KOMPOS AKTIF PADA MEDIA TAILING TAMBANG EMAS

Stimulation of Arbuscular Mycorrhiza Colonization to Mindi (*Melia azedarach* LINN) seedling by Active Compost Application on Tailing Media of Gold Mining Pongkor

Luluk Setyaningsih¹

¹ Fakultas Kehutanan, Universitas Nusa Bangsa.

Jl. KH. Iskandar Km 4, Tanah Sareal, Bogor, Indonesia. 16166

e-mail: luluk.setya03@gmail.com

ABSTRACT

Tailing is one of the most abundant wastes from gold mining process. This material usually has a high concentration of some heavy metal such as Pb and Fe, insufficient of some essential elements, and a low cation exchange capacity, organic matter and prohibit microorganism growth. In order to improve rehabilitation tailing area by revegetation, utilization of plant root symbiotic organism, arbuscular mycorrhiza fungi (AMF), have been introduced. Arbuscular mycorrhiza fungi, however, need to be supported to encourage its colonization to host plant in tailing media. The objectives of this research were to determine the effect of activated compost application on tailing media to spore density and colonization of arbuscular mycorrhiza on host plant (*Melia azedarach* seedling) as well as its MEI. Three factors complete randomized experimental design was conducted under green house conditions and DMR Test was used to analyse the effect of tailing, compost and kinds of AM treatment. Percent of AM colonization to mindi seedling root, AM spore number in media, and *Mycorrhiza inoculation effect* were measured in this experiment. Application of activated compost on tailing media increased colonization of NPI 126 (*Glomus etunicatum*) up to 4 times. This treatment also increased spore number and improve colonization of local AM fungi. The positive of *Mycorrhiza inoculation effect* (MIE) value was found on tailing media and mix media without active compost. Active Compost application is potential to improve the AMF role in order to increase the plant growth quality.

Key words: *Melia azedarach*, Arbuscular Mycorrhiza Fungi, activated compost, tailing

ABSTRAK

Tailing merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari proses penambangan emas. Pada material ini sering ditemukan adanya kandungan logam berat, seperti Pb dan Fe dalam konsentrasi tinggi, rendahnya beberapa unsur esensial untuk pertumbuhan tanaman, rendahnya kapasitas tukar kation (KTK), kandungan bahan organik, dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme penting dalam tanah. Dalam rangka untuk meningkatkan keberhasilan rehabilitasi lahan yang terdominasi tailing melalui kegiatan revegetasi, telah dimanfaatkan organisme simbiotik dengan akar tanaman, cendawan mikoriza arbuskula (FMA). Untuk meningkatkan pertumbuhan FMA dibutuhkan dukungan guna mendorong terjadinya kolonisasi dengan inang tanaman yang menjadi target, sehingga peran FMA dalam membantu pertumbuhan tanaman dapat terwujud. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh aplikasi kompos aktif pada media tailing terhadap densitas spora dan kolonisasi FMA pada akar tanaman inang (semai *Melia azedarach*) serta mengetahui efek inokulasi mikoriza terhadap biomassa semai mindi (MIE). Penelitian dilakukan dalam rumah kaca dengan rancangan acak lengkap factorial, dengan 3 kali pengulangan dan menggunakan Uji DMRT untuk menganalisa pengaruh aplikasi kompos aktif pada media terhadap perkembangan FMA. Persen koloni FMA pada akar semai mindi, jumlah spora FMA pada media semai dan nilai *Mycorrhiza inoculation effect* (MIE) diukur dalam penelitian ini. Aplikasi kompos aktif pada media tailing dapat meningkatkan kolonisasi inokulan FMA NPI 126 (*Glomus etunicatum*) hingga 4 kali. Perlakuan tersebut juga mampu meningkatkan jumlah spora FMA dan kolonisasi FMA lokal. Nilai MIE yang positif hanya ditemukan pada semai yang ditanam pada media tailing dan media campuran tanpa aplikasi kompos aktif. Aplikasi kompos aktif pada media miskin hara berpotensi meningkatkan peran FMA dalam meningkatkan kualitas tanaman.

Kata Kunci: *Melia azedarach*, Cendawan Mikoriza Arbuskula, Kompos Aktif, Tailing

I. PENDAHULUAN

Sumbangan terhadap perekonomian Indonesia, salah satunya bersumber dari bahan tambang migas dan minerba. Namun demikian, kegiatan pertambangan juga dapat meninggalkan dampak terhadap kualitas tanah. Bahkan penambangan telah ditengarai

sebagai salah satu penyebab terjadinya kerusakan yang ekstrem pada tanah. Berlapis tanah hilang, tanah padat, unsur hara esensial rendah, toksisitas unsur-unsur tertentu dan rendahnya biodiversitas flora fauna maupun mikroba, merupakan fenomena yang umum ditemukan pada lahan bekas tambang. Dalam

rangka rehabilitasi dan reklamasi lahan pasca tambang, revegetasi pada lahan bekas tambang penting dilakukan. Namun seringkali upaya revegetasi menghadapi kendala yang cukup berat sebagai akibat dari karakter lahan yang ekstrim.

Penambangan emas meninggalkan limbah berupa tanah bekas penambangan (*rock-dump*) dan tanah bekas pengolahan (*tailing*). *Tailing* tambang emas diketahui mempunyai karakter ekstrim seperti kandungan bahan organik, KTK, hara makro sangat rendah (Wasis et al. 2011, Setyaningsih et al 2020) dan juga aktifitas mikroorganisme sangat terbatas, sementara kandungan beberapa logam berat cukup tinggi (Setyaningsih et al, 2020). Keberadaan *tailing* tersebut berpotensi menurunkan kesuburan tanah dan dapat menyebabkan tanaman keracunan, sehingga tanaman terhambat pertumbuhannya bahkan kesulitan untuk bertahan hidup. Untuk meningkatkan keberhasilan revegetasi pada lahan yang didominasi *tailing* dibutuhkan jenis tanaman yang mampu beradaptasi, dan perbaikan kembali sifat fisik, kimia dan biologi tanah, dengan menstimulir aktivitas mikroba tanah, dan aplikasi kompos untuk memperbaiki tekstur media tanam dan kandungan nutrisi.

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) merupakan salah satu cendawan yang mampu membentuk simbiosis saling menguntungkan antara cendawan dengan akar tanaman, yang mampu meningkatkan kapasitas dalam menyerap unsur hara dan air (Brundrett et al. 1996, Salim et al 2020), seperti unsur fosfat (Bolan, 1991, Husna et al 2015) yang ketersediaannya pada tanah-tanah masam dan tanah dengan pH tinggi, menjadi terbatas, sehingga seringkali menjadi salah satu pembatas utama dalam meningkatkan produktivitas tanaman. FMA pernah dilaporkan membantu penyerapan nutrisi untuk tanaman inang dengan memanfaatkan nutrisi dalam bentuk anorganik maupun nutrisi dari kompos dalam bentuk organik

(Cavagnaro, 2014). Namun kemampuan kolonisasi FMA dan efektifitasnya dapat dipengaruhi oleh jenis tanaman, jenis mikoriza dan lingkungan.

Kompos merupakan bahan organik yang telah dihumifikasi dengan secara biologi, yang diketahui dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi sehingga seringkali diaplikasikan pada kegiatan pertanian (Cavagnaro, 2014). Upaya perbaikan sifat *tailing* pernah dilaporkan dengan menambahkan bahan organik kompos, juga penggunaa kascing dan arang aktif pada *tailing* tambang emas (Dharmawan, 2003), atau penambahan bio organik untuk *tailing* tambang timah (Setiadi, 2002). Pada perkembangannya, berbagai macam formula kompos dikembangkan untuk meningkatkan kemampuannya memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi *tailing*, antara lain memperbaiki tekstur *tailing*, meningkatkan kandungan bahan organik, dan meningkatkan KTK *tailing* (Setyaningsih et al, 2020). Kompos aktif merupakan kompos yang diperkaya cairan bio activator, berupa cairan organik mengandung enzim, hormone, asam amino serta unsur hara mikro esensial (Green Earth, 2006). Penggunaan kompos aktif pada *tailing* diperkirakan akan berpengaruh terhadap perkembangan pembentukan mikoriza maupun terhadap peran simbiosisnya untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Penelitian ini ditujukan untuk menganalisa kolonisasi FMA pada akar semai mindi dengan pemberian kompos aktif pada media *tailing*, dan menganalisa densitas spora yang terbentuk dalam media *tailing* dengan semai mindi sebagai tanaman inang, serta untuk mengetahui tingkat ketergantungan semai mindi pada FMA.

II. METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Hutan, Pusat Penelitian Bioteknologi IPB, dan di Rumah Kaca Laboratorium Silvikultur Fakultas Kehutanan

Universitas Nusa Bangsa Bogor. Penelitian berlangsung selama 10 bulan.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang diperlukan antara lain: inokulum mycofer (*Glomus manihotis*, *G. etunicatum*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora tuberculata*), inokulum NPI 126 (*Glomus etunicatum*), benih mindi (*Melia azedarach* LINN), tanah permukaan gunung Pongkor, *tailing* tambang emas Pongkor, arang sekam, kompos kotoran sapi, bioactivator, sorgum, ethanol 50%, KOH 2.5%, HCL 10%, H₂O₂ 2.5%, glyserin 50%, Trypan blue 0.02%, PVLG, Melzer's reagen, aquades, bayclean.

Alat-alat yang digunakan antara lain: mikroskop *dissecting*, mikroskop stereo, saringan spora 275 μ m, 125 μ m, dan 45 μ m, kaca objek, dan *cover glass*, pinset spora, gelas ukur, cawan petri, pipet, timbangan analitik, gelas plastik, bak kecambah, label, polybag (15x20 cm), oven, kamera, termometer suhu ruang, alat tulis.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 faktor. Faktor Media Tanam: Tanah 100% (M0), Tailing 100% (M1), Campuran Tanah-Tailing (1:1 v/v)(M2) ; Faktor Kompos: Tanpa kompos aktif (K0), Penambahan kompos aktif (1:20 w/w) (K1); Faktor Jenis Inokulan FMA: Tanpa inokulan, Mycofer, NPI 126. Setiap perlakuan diulang 3 kali dengan 3 unit pada setiap ulangan.

Prosedur Penelitian

Perbanyak inokulum FMA Mycofer (campuran *Glomus manihotis*, *G. etunicatum*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora sp*) dan NPI 126 (Inokulum tunggal *Glomus etunicatum*). Perbanyak dilakukan secara *bioassay*, yaitu dengan memberikan 10 gran starter FMA, berisi kurang lebih 50 spora FMA, pada media perbanyak dan menggunakan semai sorgum sebagai inang dan

dipanen setelah 3 bulan (Setyaningsih et al. 2020).

Pembuatan kompos aktif dengan mencampurkan kompos kotoran sapi (20 kg), arang sekam (10 kg), fosfat alam (1 kg) dan bio activator (1 liter), yang dikomposkan selama 6 minggu.

Media tanam semai yang digunakan tanpa disterilisasi, yaitu berupa tanah murni, *tailing* murni dan campuran tanah-*tailing*. Perlakuan penambahan kompos aktif diberikan bersamaan dengan penyiapan media. Inokulasi FMA sebanyak 15 g per pot (sekitar 50-75 spora FMA) pada semai mindi dilaksanakan saat pemindahan semai ke polybag.

Pemeliharaan berupa penyiraman semai dilakukan setiap hari selama pengamatan, 14 minggu. Volume penyiraman menyesuaikan dengan kondisi kejenuhan air pada media semai.

Pengamatan penelitian

Biomasa semai, dengan mengukur berat kering pucuk dan akar semai mindi yang dipanen pada pekan ke 14 setelah tanam. Semai hasil panen dioven pada suhu 70^o sampai mendapatkan berat kering konstan (diperkirakan antara 20 – 28 jam)

Jumlah spora pada media semai dihitung pada akhir pengamatan pertumbuhan semai mindi, yaitu dengan melakukan penyaringan spora ukuran 275 μ m, 125 μ m, dan 45 μ m. Namun tidak dilakukan identifikasi jenis spora. Densitas spora dihitung per 10 gram media.

Kolonisasi FMA pada akar semai dihitung pada akhir pengamatan (14 minggu) dengan membuat preparat akar semai yang telah diberi pewarna biru, dan diamati dibawah mikroskop.

Analisa data

Kolonisasi (%) = $(\frac{\sum \text{bidang pandang akar yang bermikoriza}}{\sum \text{bidang pandang akar yang diamati}}) \times 100\%$...(Setiadi dkk 1992)

Mycorrhizae Inoculation Effect (MIE) dihitung pada akhir pengamatan.

MIE (%) = $\frac{[(\text{Biomasa kering semai diinokulasi} - \text{Biomasa kering semai tidak diinokulasi}) / \text{Biomasa kering semai diinokulasi}] \times 100\%}{\dots}$(Bagyaraj 1992)

Uji keragaman

Data kolonisasi mikoriza, densitas spora mikoriza dan ketergantungan pada Mikoriza dianalisa keragamanya dengan menggunakan program CoStat 6311 Win.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

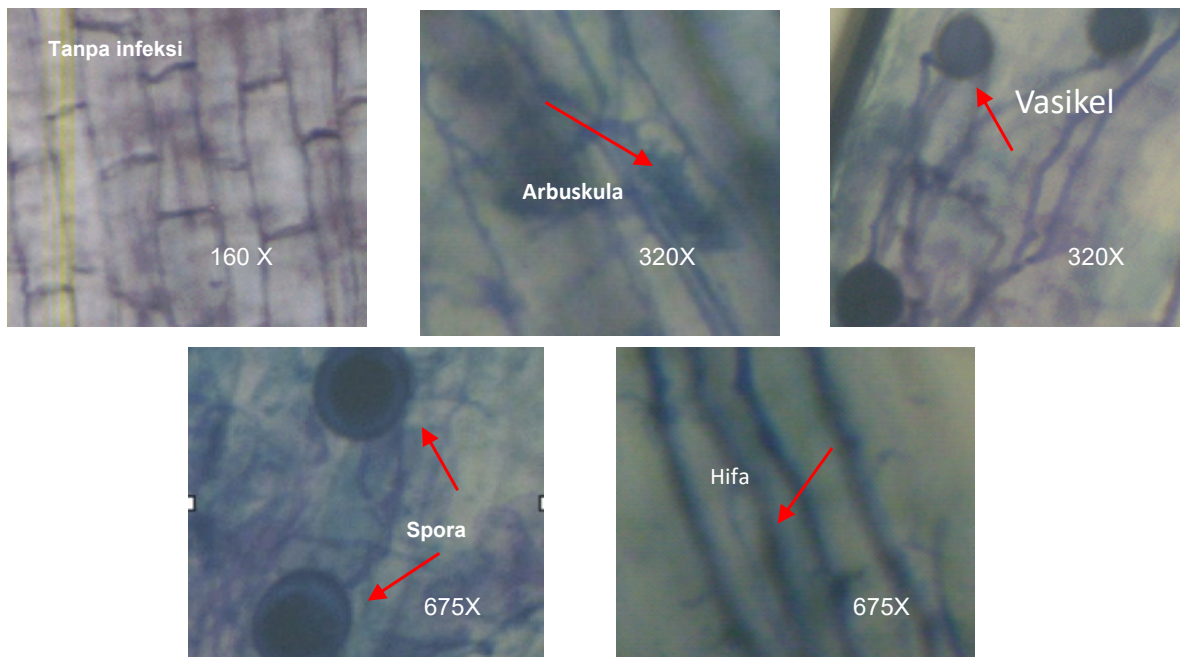
A. HASIL

Kolonisasi Cendawan Mikoriza Arbuskula pada semai mindi

Kolonisasi FMA pada akar semai mindi mencerminkan tingkat infektivitas dan kompatibilitas antara cendawan endomikoriza dengan tanaman inang. Keberadaan hifa, spora, vesikel, dan arbuskula pada jaringan akar menjadi indikator kolonisasi. Berbagai struktur yang ditemukan pada jaringan kortek akar semai mindi menunjukan ada atau

tidaknya kolonisasi FMA pada akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi FMA berhasil menginfeksi akar semai mindi, yang ditandai dengan terbentuknya struktur arbuskula, vesikel, hifa, dan spora dalam jaringan kortek akar (Gambar 1).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa faktor perlakuan media (M), kompos (K), dan FMA (F), baik secara tunggal maupun interaksi antar faktor, berpengaruh secara signifikan ($p < 0,01$) terhadap persentase kolonisasi FMA dan nilai MIE pada umur 14 minggu. Namun faktor Media (M) dan kombinasi Media dan Kompos (M x K) tidak berpengaruh nyata terhadap densitas spora FMA pada media semai ($p > 0.06$). Perlakuan interaksi Media x Kompos x FMA berpengaruh signifikan ($p < 0.05$) terhadap densitas kolonisasi mikoriza pada akar semai dan densitas spora FMA pada media tumbuh. Seluruh perlakuan tunggal dan interaksi berpengaruh nyata terhadap nilai MIE (Tabel 1).



Gambar 1. Struktur FMA pada jaringan kortek akar semai mindi umur 14 minggu setelah tanam. Tanpa infeksi = tidak terjadi kolonisasi FMA; Arbuskula, Vesikel, Spora atau Hifa = terjadi kolonisasi FMA.

Tabel 1. Sidik ragam pengaruh perlakuan Media (M), Kompos (K) dan FMA (F) terhadap kolonisasi, densitas spora dan efek inokulasi FMA (MIE) pada semai mindi umur 14 minggu setelah tanam (mst).

Sumber Keragaman	Probabilitas		
	Kolonisasi FMA	Densitas Spora FMA	MIE
Media (M)	<0,001**	>0,06 ^{tn}	<0,001**
Kompos (K)	<0,001**	<0,001**	<0,001**
FMA (F)	<0,002**	<0,002**	<0,001**
Media x Kompos (M x K)	<0,001**	>0,05 ^{tn}	<0,001**
Media x FMA (M x F)	<0,001**	<0,001**	<0,001**
Kompos x FMA (K x F)	<0,001**	<0,001**	<0,001**
Media x Kompos x FMA (MxKxF)	<0,001**	<0,001**	<0,001**

Keterangan : ** = Perlakuan berpengaruh signifikan pada tingkat kesalahan 1%; tn = Perlakuan berpengaruh tidak signifikan pada tingkat kesalahan 1%

Semai mindi yang ditanam pada media tanah dengan aplikasi kompos aktif dan inokulasi NPI126, terindikasi memiliki kolonisasi FMA tertinggi, mencapai 93,8%. Pada media tailing tanpa kompos (Tailing TK) terindikasi kolonisasinya terkecil, yang tidak berbeda signifikan dengan kolonisasi pada semai yang ditanam pada media campuran tanpa aplikasi mikoriza (Tabel 2).

Dua jenis inokulan, Mycofer dan NPI 126, menunjukkan tingkat kolonisasi yang berbeda pada akar semai mindi, tergantung pada jenis media dan aplikasi kompos. FMA mycofer ditemukan dapat mengkolonisasi akar semai, rata-rata diatas 50%, baik yang ditanam pada media berkompos maupun tak berkompos, namun tidak demikian halnya dengan inokulan NPI 126.

Tabel 2. Kolonisasi FMA (%) pada semai mindi dengan pemberian kompos aktif dan inokulan FMA umur 14 minggu setelah tanam

Perlakuan	Inkulan			
	Media	Kompos	Tanpa Inokulan	NPI 126
Tanah	TK	KA	69,80 bc*	25,22 d
		KA	82,31 ab	83,21 ab
Tailing	TK	KA	4,30 e	15,51 de
		KA	62,52 c	73,01 bc
Campuran Tanah-Tailing	TK	KA	1,71 e	10,22 de
		KA	87,50 ab	93,83 a

Keterangan:

TK=tanpa kompos, KA=kompos aktif

* Rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada tingkat kesalahan 5% berdasarkan Uji DMRT

Media berkompos aktif dapat meningkatkan kolonisasi FMA yang signifikan pada semai dibandingkan dengan tanpa kompos, seperti misalnya pada semai di media tailing berkompos yang diinokulasi NPI 126 meningkat kolonisasinya hampir 400% dibandingkan pada media tanpa kompos, dan meningkatkan kolonisasi sebesar 819% pada media campuran tanah tailing. Peningkatan kolonisasi tersebut bahkan juga ditemukan

pada semai yang tidak diinokulasi, seperti pada media tailing tanpa kompos dengan kolonisasi yang sebelumnya hanya 4,3% meningkat 12 kali lipat menjadi 62,52% setelah pemberian kompos. Kolonisasi FMA terbesar ditemukan pada akar semai mindi pada media campuran tanah-tailing berkompos dan inokulasi NPI 126 sebesar 93,8%. Semai mindi dengan kolonisasi mikoriza terkecil (1,7%) ditemukan pada media campuran

tanah-tailing tanpa kompos dan tanpa mikoriza.

Densitas Spora Cendawan Arbuskula Mikorhiza

Sporolisasi, atau pembentukan spora (sporolisasi) oleh fungi mikoriza, terjadi berkaitan dengan kondisi ekstrim pada rizosfer sebagai mekanisme adaptasi dan perlindungan. Terdapat kecenderungan peningkatan secara signifikan jumlah spora pada media yang berkompos aktif ($p < 0,05$). Kompos Aktif meningkatkan 120% densitas spora inokulan Mycofer (10,7/10 gram media) dan meningkatkan 310% densitas spora inokulan

NPI 126 (17/10 gram media). Pada media tanah dan media campuran tana-tailing berkompos dengan inokulasi Mycofer atau NPI 126, terdeteksi memiliki densitas spora terbanyak (20-23 spora per 10 gram media kering). Beberapa jenis spora yang berhasil ditemukan pada media tanam hasil penyaringan, antara lain: *Acaulospora tuberculata*, *Glomus manihotis*, *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum* pada media dengan inokulan Mycofer dan *Glomus etunicatum* pada media dengan inokulan NPI 126 (Gambar 2).

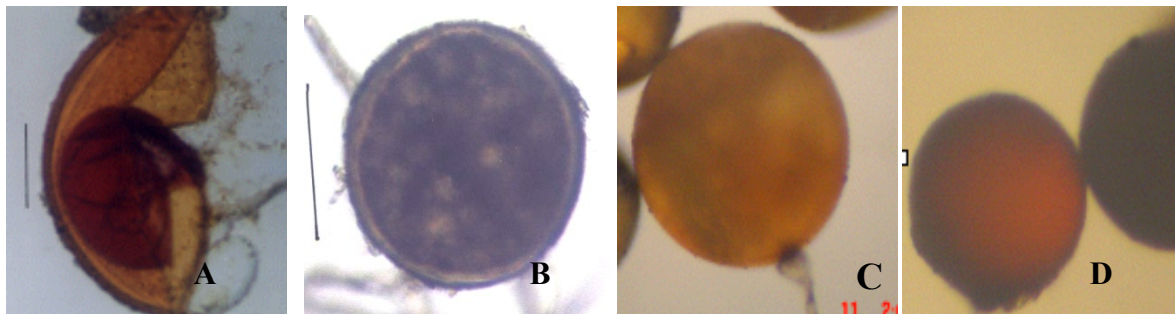
Tabel 3. Densitas Spora (individu spora per 10 gram media) pada berbagai media tanam dengan aplikasi kompos aktif dan jenis inokulan yang berbeda

Perlakuan		Inokulan		
Media	Kompos	Tanpa Inokulan	Mycofer	NPI 126
Tanah	Tanpa Kompos	7 b*	6 b	6 b
	Kompos Aktif	2 b	23 a	20 a
Tailing	Tanpa Kompos	0 b	4 b	4 b
	Kompos Aktif	1 b	6 b	8 b
Camp Tanah-Tailing	Tanpa Kompos	1 b	2 b	5 b
	Kompos Aktif	3 b	3 b	23 a
	Tanah	4,5 b	14,5 a	13 a
	Tailing	0,5 b	5 b	6 b
	Camp. Tanah-Tailing	2 b	2,5 b	14 a
	Kompos Aktif	2,7 b	4 b	5 b
	Kompos Aktif	2 b	10,7 ab	17 a

Keterangan:

TK=tanpa kompos, KA=kompos aktif

* Rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada tingkat kesalahan 5% berdasarkan Uji DMRT

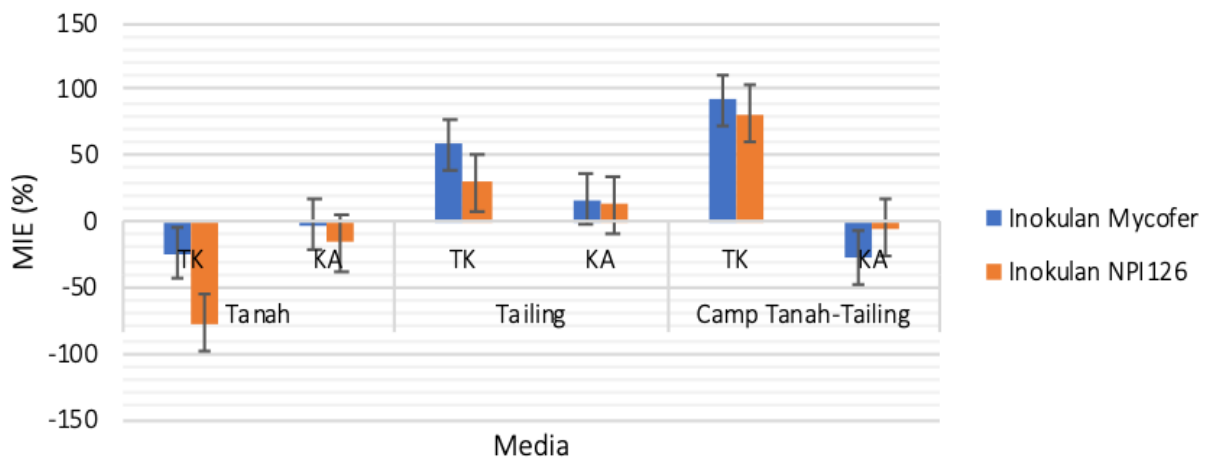


Gambar 2. Spora yang ditemukan pada media tanam semai mindi umur 14 minggu setelah tanam, A: spora *Acaulospora tuberculata* yang pecah, B: spora *Glomus manihotis*, C: spora *Gigaspora margarita*, D: spora *Glomus etunicatum*, Bar pada A dan B menunjukkan ukuran dalam 100 μ m

Mycorrhiza inoculation effect (MIE)

Nilai *mycorrhiza inoculation effect* (MIE) merupakan salah satu ukuran efektivitas inokulan FMA terhadap pertumbuhan semai. Hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa nilai MIE positif hanya pada semai mindi pada media tailing (baik yang Tanpa Kompos/TK atau yang berkompos/KA), serta ditemukan pula pada media campuran tanah tailing tanpa kompos (TK). Semai mindi yang ditanam pada media campuran tailing tanpa kompos, memiliki ketergantungan tertinggi terhadap FMA Mycofer maupun FMA NPI 126, masing-masing mencapai MIE 91,8% dan

81,2%. Pada media tanah, bahkan semai mindi cenderung tidak memerlukan FMA, yang ditunjukkan dengan nilai MIE negative. Nilai ketergantungan semai mindi terhadap mikoriza cenderung semakin kecil pada media tanam yang berkompos, yang ditunjukkan dengan nilai MIE secara signifikan berkurang hingga 10 kali lipat pada media berkompos dengan inokulan Mycofer, dan berkurang 5 kali lipat pada media berkompos dengan inokulan NPI 126. Namun penambahan kompos aktif pada kedua media tersebut, menurunkan ketergantungan semai mindi pada FMA (Gambar 3).



Gambar 3. Nilai *mycorrhiza inoculation effect* (MIE) (%) FMA pada semai mindi umur 14 minggu pada berbagai media

B. PEMBAHASAN

Kolonisasi dan Sporulasi FMA

Secara umum, tingkat kolonisasi mikoriza pada semai bermedia tailing murni atau campuran tanah-tailing lebih kecil dibandingkan dengan kolonisasi yang terdapat pada media tanah. Kecilnya kolonisasi pada media tailing menunjukkan bahwa media tailing murni dengan karakternya yang ekstrim telah menjadi penghambat bagi pertumbuhan FMA. Rendahnya kandungan bahan organik pada pada tailing, (0,5%) dapat menghambat terjadinya perkembangan mikroorganisme

mikoriza selain juga oleh karena sifat kimia tanah juga berpengaruh terhadap kolonisasi mikoriza (Sieverding, 1991; Setyaningsih et al 2018; Salim et al. 2020).

Kolonisasi mikoriza dapat dijumpai pada semua semai baik yang mendapat inokulasi FMA maupun tanpa inokulasi. Kolonisasi pada media tanpa inokulasi, diduga berasal dari mikoriza lokal yang terbawa Bersama media yang tidak disterilisasi yang dapat tumbuh menginfeksi semai mindi. Hal demikian juga diperkuat dengan ditemukannya spora, walau jumlahnya sedikit, pada media tanpa inokulasi. Kondisi demikian juga menunjukkan

bahwa ada potensi FMA lokal berperan dalam melakukan kolonisasi atau memiliki kompatibilitas dengan mindi, sehingga dapat dipertimbangkan mengeksplorasinya lebih mendalam guna pengembangan.

Keberadaan 4 macam jenis FMA dalam inokulum mycofer diduga telah memberi kesempatan yang lebih besar bagi inokulum tersebut untuk beradaptasi pada berbagai jenis media dan membentuk kolonisasi dengan akar. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Setyaningsih et al (2018) bahwa FMA dari inokulum majemuk Mycofer mengkolonisasi akar semai jabon lebih besar dibandingkan kolonisasi oleh inokulum FMA tunggal.

Peningkatan kolonisasi FMA pada semai mindi dengan aplikasi kompos aktif pernah juga dilaporkan oleh Budi & Setyaningsih (2013), bahwa aplikasi biochar pada media meningkatkan kolonisasi mikoriza, namun kolonisasinya menurun jika penambahan biochar mencapai 15% pada semai mindi. Peningkatan kolonisasi tersebut diduga berakitan dengan peningkatan aktifasi mikoriza dalam memanfaatkan karbohidrat yang dieksudasi semai, setelah semai mendapatkan cukup nutrisi dari kompos. Kolonisasi akar oleh FMA dipengaruhi oleh pH tanah, P tersedia, K, dan Mg (Melo et al. 2019), namun kolonisasi akar oleh AMF secara signifikan lebih tinggi pada kondisi defisiensi Mg (Zhang et al. 2015)

Sporolisasi merupakan salah satu perkembangan FMA sebagai bagian adaptasinya terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti saat lingkungan kekeringan (Brundrett et al 1996). Densitas spora terbanyak ditemukan pada media campuran tanah-tailing berkompos dengan inokulan mikoriza NPI 126. Namun secara umum, tidak terdapat korelasi antara kolonisasi dengan densitas spora ($R^2=7\%$; $p<0,05$). Hal ini berarti bahwa kolonisasi tidak selalu meningkatkan pembentukan spora. Sporolisasi FMA pada media tanam tidak

secara konsisten berkorelasi dengan tingkat kolonisasi FMA dalam akar tanaman, dalam kondisi tertentu dapat berkorelasi positif (Zangaro et al. 2012) atau berkorelasi negatif (Husna et al. 2015) sangat dipengaruhi kondisi lingkungan.

Selain memperbaiki struktur tanah dan sifat tanah lainnya, aplikasi kompos dapat secara tidak langsung mempengaruhi keragaman populasi mikroba tanah (Reeves, 1997; Budi & Setyaningsih, 2013). Penggunaan kompos aktif yang mengandung bio activator sebagai cairan organik dengan kandungan enzim, hormone perangsang pertumbuhan, asam amino dan diperkaya unsur hara esensial (Green Earth, 2006, Setyaningsih et al 2018) berpotensi membantu percepatan perkecambahan spora hingga membantu meningkatkan infeksi pada semai (Cavagnaro 2014; Budi & Setyaningsih, 2013).

Ketergantungan semai mindi pada FMA

Nilai MIE diketahui positif, atau atau mikoriza berpengaruh baik terhadap pertumbuhan semai mindi, berkisar 13 – 58%, pada media tailing dan media campuran tanah-tailing tanpa kompos. Nilai MIE cenderung menurun pada media berkompos. Kondisi demikian menjelaskan bahwa ketergantungan semai mindi terhadap mikoriza pada media miskin hara. Kondisi demikian sejalan dengan penelitian yang dilaporkan Setyaningsih et al (2018), bahwa Tifa yang ditanam pada media tailing murni cenderung memiliki ketergantungan pada mikoriza lebih besar daripada pada media yang telah diberi kompos. Pada tanah marginal (miskin hara), peran FMA sangat signifikan dalam membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Husna et al. 2015, Setyaningsih et al 2020, Salim et al 2023). Pada lahan marginal, FMA dapat berperan meningkatkan ketersediaan unsur hara, seperti fosfat, dengan mekanisme pelepasan unsur fosfat dari logam dengan menggunakan enzim fosfatase (Bolan 1991). Pada awal pertumbuhan, semai mindi lebih

tergantung pada keberadaan kompos daripada keberadaan FMA pada media berkompos, namun adanya kolonisasi yang tinggi pada media berkompos dapat menjadi harapan, jika ketersediaan hara yang bersumber dari kompos berkurang, maka mikoriza akan berperan lebih aktif untuk meningkatkan penyediaan penyediaan unsur hara bagi tanaman. Oleh karenanya, keberadaan mikoriza sangat penting dan dengan manfaat berkelanjutan.

IV. KESIMPULAN

Aplikasi kompos aktif pada media tailing meningkatkan kolonisasi inokulan FMA NPI 126 (*Glomus etunicatum*) hingga 300-819% dan meningkatkan jumlah spora serta kolonisasi FMA lokal hingga 10 kali lipat dibandingkan media tanpa kompos. Namun, ketergantungan semai mindi terhadap FMA sangat tinggi pada media tanpa kompos, yang ditunjukkan dengan nilai Mycorrhiza Inoculation Effect (MIE) yang lebih tinggi pada media tanpa kompos dibandingkan media yang mendapat aplikasi kompos aktif. Hal ini mengonfirmasi bahwa mikoriza berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman, terutama pada kondisi media tanam yang miskin hara seperti tailing.

DAFTAR PUSTAKA

Bagyaraj, D,J, 1992, Vascular-Arbuscular Mycorrhiza: Application in Agriculture, Pp 359-373, In: Method in Mycology Volume 24, Techniques for the Study of Mycorrhiza, (Eds, Norris, J,R, D,J, Read, and A,K, Varma), Academic Press, Boston,

Bolan, N,S, 1991, A Critical Review on The Roles of Mycorrhizal Fungi in The Uptake of Phosphorus by Plants, *Plant Soil* 134: 189-209,

Brundrett, M., Bougher N., Dell B., Grove T., and Malczuk N, 1996, Working With Mycorrhizas in Forestry and Agriculture, ACIAR Monograph Series, Canberra

Budi, Sri Wilarso & L. Setyaningsih. 2013. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Biochar Improved Early Growth of Neem (*Melia azedarach* Linn.) Seedling Under Greenhouse Conditions. *Journal of Tropical Forest Management / Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 2013, Vol 19, Issue 2, p103. DOI: 10.7226/jtfm.19.2.103

Cavagnaro, Timothy R. 2014. Impacts of compost application on the formation and functioning of arbuscular mycorrhizas. *Soil Biology and Biochemistry* Volume 78, November 2014, Pages 38-44.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.07.007>

Green Earth, 2006, Bio-Activator as Organic Fertilizer for Degraded Land Rehabilitation, [Tidak dipublikasikan]

Husna, Budi SW, Mansur I, Kusmana C. 2015. Diversity of Arbuscular mycorrhizal fungi in the growth habitat of kayu kuku (*Pericopsis mooniana* Thw.) in Southeast Sulawesi. *Pak J Biol Sci* 18 (1): 1-10.

Melo CD, Walker C, Krüger C, Borges PAV, Luna S, Mendonca D, Fonseca HMA, Machando AC. 2019. Environmental factors driving arbuscular mycorrhizal fungal communities associated with endemic woody plant *Picconia azorica* on native forest of Azores. *Ann Microbiol* 69: 1309-1327

Salim, Mohammad Agus, Sri Wilarso Budi R., Luluk Setyaningsih, Iskandar, Imam Wahyudi, Hifzil Kirmi. Root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in various age classes of revegetation post-coal mine. *BIODIVERSITAS* 21 (10): 5013-5022, October 2020. DOI: 10.13057/biodiv/d211005

Setiadi, Y, 1989, Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan, Depdikbud, Dirjen Pendidikan Tinggi, PAU Bioteknologi IPB, Bogor,

Setiadi, Y, 2002, Bio Organic Application for improvement growth of revegetation trees in post mining site at PT Koba Tin project Area, Bangka, Centre for Biotechnology Research, Bogor Agriculture University (*internal report*)

Setiadi, Y., I, Mansur, S, Wilarso dan Achmad, 1992, Mikrobiologi Tanah Hutan, Petunjuk Laboratorium, Dirjen Pendidikan Tinggi, PAU Bioteknologi IPB, Bogor,

Setyaningsih, Luluk, Arum Sekar Wulandari, Hamim Hamim. 2018. Growth of typha grass (*Typha angustifolia*) on gold-mine tailings with application of arbuscular mycorrhiza fungi *Biodiversitas* Vol19, Number 2, Pages: 504-509 E-ISSN: 2085-4722 ISSN: 1412-033X . DOI: 10.13057/biodiv/d190218

Setyaningsih, Luluk, FA Dikdayatama, AS Wulandari. 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium enhance the growth of Samanea saman (trembesi) planted on gold-mine tailings in Pongkor, West Java, Indonesia. *Biodiversitas* Vol. 21 No. 2 (2020) Pg 611-616 <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210224>

Sieverding E, 1991, Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agro System, Deutsche



ISSN 2797-4502 (elektronik)

ISSN 1412-4696 (cetak)

Jurnal Nusa Sylva Vol.24 No.2 (Desember 2024) : 86-95

- Gesellschaft Fur Technische Zusammenarbiel,
Jerman,
Wasis, Budi., dan A Sandrasari. 2011. Pengaruh pemberian pupuk kompos terhadap pertumbuhan semai mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) pada media tanah bekas tambang emas (Tailing). *Jurnal Silviculture Tropika* 3 (1), 109-112.
- Zangaro W, Alves RA, Lescano LEAM, Ansanelo AP, Nogueira MA. 2012. Investment in fine roots and arbuscular mycorrhizal fungi decrease during succession in three Brazilian ecosystems. *Biotropica* 44: 141-150
- Zhang F, Du P, Song C-X, Wu Q-S. 2015. Alleviation of magnesium deficiency by mycorrhiza in trifoliolate orange: changes in physiological activity. *Emir J Food Agric* 27 (10): 763-769.