

## Uji Infektivitas dan Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Meningkatkan Ketersediaan Unsur Hara P dan Total Mikroba pada Bibit Akasia (*Acacia mangium*)

*Infectivity and Effectiveness Test of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Increasing the Availability of P Nutrients and Total Microbes in Acacia Seedlings (*Acacia mangium*)*

Fahrizal Hazra<sup>1\*</sup>, Fatimah Nur Istiqomah<sup>2</sup>, Ardina Nurul Fadilla<sup>1</sup>,  
Ibrahim Dhiaulhaq Firdaus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>PT. Anugerah Sarana Hayati, Bogor, Indonesia

\*Corresponding author, Email: fhazra2011@yahoo.com

### Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 05/06/2024  
Disetujui : 30/09/2024

### Abstract

*Acacia* (*Acacia mangium* Willd.) is one of the types of plants that has superior priority in the development of industrial plantation forests (HTI) in Indonesia, one of which is in reforestation activities in potentially less productive forest areas. The provision of biological fertilizers can be an alternative in improving, increasing, and maintaining soil quality so that it can support growth, wood yields, and the quality of various plants. This study aims to test root infection and mycorrhizal spore types and to determine the effect of the combination of mycorrhizal biological fertilizers with various doses of NPK fertilizers on soil biological properties such as total soil microbes and soil chemical properties such as soil available P levels. This study used a completely randomized design (CRD) single factor with six treatment levels and twelve replications so that there were 72 experimental units. The treatments in this study included control (without NPK and mycorrhizal fertilizers) (A); 100% standard NPK (15-15-15) (B); 1 mycorrhiza (C); 100% NPK + 10 g mycorrhizae (D); 75% NPK + 10 g mycorrhiza (E); and 50% NPK + 10 g mycorrhiza (F). The infectivity test of Fumyco mycorrhiza biofertilizer on acacia plants showed a root infection of 40-60%. The best treatment for infecting acacia plant roots was the 10 g mycorrhiza treatment. The most common types of spores found came from the genus *Acaulospora* sp. and *Glomus* sp. with the highest number of spores being the 10 g mycorrhiza treatment. The application of mycorrhiza and NPK had a significant effect on increasing the total microbial population and the availability of phosphorus in the soil. The best treatment for increasing total microbes and available nutrients was 100% NPK + 10 g mycorrhiza.

**Key Words:** *effectiveness, infectivity, nutrients soil microbes*

### Abstrak

Akasia (*Acacia mangium* Willd.) merupakan salah satu jenis tanaman yang memiliki prioritas unggul dalam pengembangan hutan tanaman industri (HTI) di Indonesia, salah satunya dalam kegiatan reboisasi pada potensi kawasan hutan kurang produktif. Pemberian pupuk hayati dapat menjadi salah satu alternatif dalam memperbaiki, meningkatkan, dan mempertahankan kualitas tanah sehingga mampu menunjang pertumbuhan, hasil kayu, serta kualitas berbagai tanaman. Penelitian ini bertujuan uji infeksi akar dan jenis spora mikoriza serta mengetahui pengaruh pemberian kombinasi pupuk hayati mikoriza dengan berbagai dosis pupuk NPK terhadap sifat biologi tanah seperti total mikroba tanah dan sifat kimia tanah seperti kadar P-tersedia tanah. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal dengan enam taraf perlakuan dan dua belas ulangan, sehingga terdapat 72 satuan percobaan. Perlakuan pada penelitian ini antara lain, kontrol (tanpa pupuk NPK dan mikoriza) (A); 100% NPK standar (15-15-15) (B); 1 mikoriza (C); 100% NPK + 10 g mikoriza (D); 75% NPK + 10 g mikoriza (E); serta 50% NPK + 10 g mikoriza (F). Uji infektivitas pupuk hayati mikoriza Fumyco pada tanaman akasia menunjukkan infeksi akar sebesar 40-60%. Perlakuan paling baik dalam menginfeksi akar tanaman akasia adalah perlakuan mikoriza 10 g. Jenis spora yang paling banyak ditemukan berasal dari jenis genus *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp dengan jumlah spora terbanyak adalah perlakuan mikoriza 10 g. Aplikasi mikoriza dan NPK berpengaruh nyata dalam meningkatkan populasi total mikroba, dan ketersediaan fosfor dalam tanah. Perlakuan paling baik dalam meningkatkan total mikroba dan unsur hara tersedia adalah 100% NPK + mikoriza 10 g.

**Kata kunci:** *efektivitas, infektivitas, mikroba tanah, unsur hara*

## PENDAHULUAN

Akasia (*Acacia mangium* Willd.) merupakan salah satu jenis tanaman yang memiliki prioritas unggul dalam pengembangan hutan tanaman industri (HTI) di Indonesia, salah satunya dalam kegiatan reboisasi pada potensi kawasan hutan yang kurang produktif (Syamani *et al.* 2012). Akasia merupakan salah satu jenis pohon cepat tumbuh yang dikembangkan dalam pembangunan hutan tanaman untuk memenuhi kebutuhan bahan baku kayu serat. Daur tebang tanaman akasia yang ditetapkan adalah 8-9 tahun dan dianggap cukup aman dari segi ekologis. Saat ini, penebangan terjadi dengan rentang 5-6 tahun karena kebutuhan bahan baku yang mendesak, sehingga diduga akan mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan (Mindawati *et al.* 2008). Akasia memiliki nilai ekonomi yang baik karena bermanfaat sebagai dasar pembuatan industri kayu dan perabot rumah tangga, sehingga diperlukan banyak bibit akasia yang berkualitas melalui pemberian pupuk hayati mikoriza untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dan industri.

Mikoriza adalah salah satu jenis fungi yang dapat berasosiasi dengan sebagian besar spesies tumbuhan. Pengelompokan mikoriza didasarkan atas morfologi dan cara menginfeksi pada tanaman inang, yaitu Endomikoriza, Ektomikoriza, dan Ektendomikoriza. Jenis endomikoriza memiliki penyebaran yang lebih luas dan mampu berasosiasi dengan hampir 90% spesies tanaman di permukaan bumi. Mikoriza bekerja dengan cara menginfeksi akar tanaman yang menjadi inangnya dan membantu proses pertukaran dan penyerapan hara dari tanah ke tanaman (Wang *et al.* 2021). Manfaat utama yang diperoleh tanaman bagi tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza ialah adanya peningkatan penyerapan fosfor (P) dari dalam tanah (Nouri *et al.* 2014).

Pemberian mikoriza mampu melindungi tanaman inang dari patogen, meningkatkan ketahanan tanaman dan mampu meningkatkan serapan air, serta unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Menurut Brundrett dan Tederso (2018), Sebagian besar tanaman yang tumbuh di permukaan bumi dapat berasosiasi dengan mikoriza. Asosiasi antara mikoriza dengan perakaran tanaman bersifat simbiosis mutualisme. Hubungan simbiosis antara mikoriza dengan tanaman dapat dipengaruhi oleh beragam faktor lingkungan, seperti jenis tanah, jenis tanaman inang, dan ekosistem daerah rhizosfer (Raya-Hernandez *et al.* 2020). Mekanisme simbiosis mikoriza diawali dengan masuknya hifa ke dalam jaringan akar dan berkembang membentuk jaringan hifa, arbuskula, dan vesikula (Rahmayanti *et al.* 2013). Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan mikoriza dengan tambahan beragam dosis pupuk NPK dalam menginfeksi akar bibit

akasia dan mengetahui peran mikoriza dalam meningkatkan ketersediaan unsur P dan total mikrob pada bibit akasia.

## MATERI DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah Regosol Dramaga, benih akasia, pupuk hayati mikoriza fumyco asal PT. Anugerah Sarana Hayati, dan pupuk NPK standar 15-15-15. Bahan pewarnaan akar untuk mengamati infeksi mikoriza pada akar tanaman akasia antara lain alkohol, aquades, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, KOH 2,5%, HCL 0,1 N, *trypan blue* 0,02%, gliserin 50%, larutan glukosa 60% asam laktat dan larutan Melzer. Media tumbuh total mikrob menggunakan *Nutrient Agar* dengan komposisi media 28 g/liter. Analisis kimia tanah menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCL 25%, PA (Bray1), PB, PC dan bahan kimia lainnya untuk kebutuhan analisis. Lokasi penanaman dilakukan di rumah kaca Kebun Percobaan Cikabayan IPB Dramaga, Kabupaten Bogor. Analisis sifat biologi tanah dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, sedangkan analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah. Identifikasi kolonisasi mikoriza pada akar oleh mikoriza dilakukan di Laboratorium Mikoriza PT. Anugerah Sarana Hayati (ASHA) Bogor.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) tunggal dengan 6 perlakuan dan 12 ulangan, sehingga total satuan percobaan adalah 72 polybag. Perlakuan pada penelitian ini antara lain, kontrol (tanpa pupuk NPK dan mikoriza) (A); 100% NPK standar (15-15-15) (B); 10 g mikoriza (C); 100% NPK + 10 g mikoriza (D); 75% NPK + 10 mikoriza (E); serta 50% NPK + 10 g mikoriza (F). Menurut penelitian Wasis dan Fathia (2010), Pemberian pupuk NPK 10 g memberikan pengaruh paling nyata terhadap peningkatan pertumbuhan tinggi semai gmelina sebesar 109,72% dibandingkan dosis 0 g, 5 g, dan 15 g, sehingga dosis NPK standar yang dibuat adalah 10 g. Uji efektivitas menggunakan dasar pemupukan efisiensi sesuai pedoman uji efikasi endomikoriza pada Pementan No. 1 Tahun 2019 yaitu: 100% NPK; 75% NPK; dan 50% NPK dari dosis standar yaitu 10 g/polybag dengan ditambah pupuk hayati mikoriza fumyco dosis 10 g.

### Persiapan media dan pupuk dasar

Sterilisasi tanah dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh inokulasi mikroba tertentu tanpa ada pengaruh mikroba *indigenus* (Cahyani *et al.* 2009). Tanah yang sudah dikering udarkan kemudian diayak, lalu diautoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C. Tanah hasil autoklaf merupakan

tanah yang digunakan sebagai kontrol tanpa adanya penambahan bahan lain. Media semai yang digunakan adalah tanah Regosol Dramaga yang dimasukkan dalam bak kecambah dan sudah disterilisasi. Benih akasia disemai dalam media tersebut dan dipelihara selama 2 minggu sampai siap saph. Pupuk NPK dasar (15-15-15) dicampur dengan media tanam kurang lebih dua hari sebelum penyapihan tanaman agar meminimalisir tanaman mengalami kematian. Pemberian NPK sesuai dosis perlakuan dengan cara menaburkan pada media tanam lalu dikompositkan.

### Inokulasi mikoriza

Inokulasi mikoriza dilakukan bersamaan dengan penyapihan bibit akasia. Media tanah di dalam polybag dibuat lubang sedalam 5 cm, kemudian masukan pupuk hayati mikoriza Fumyco ke dalam lubang tersebut. Setelah itu, semai akasia dipindahkan ke dalam lubang dengan akar menghadap ke bawah, bersentuhan dengan mikoriza di bagian bawah dan pinggir lubang tanam. Lubang ditutup kembali dengan tanah dan disiram.

### Jumlah spora dan infeksi akar mikoriza (Infektivitas)

Pengamatan jumlah dan jenis spora dilakukan pada media tanah bibit akasia masing-masing perlakuan. Isolasi dari tanah dengan metode tuang saring basah menggunakan saringan bertingkat dan perhitungan spora menggunakan mikroskop berdasarkan ukuran, warna, dan bentuk. Persentase kolonisasi akar merupakan data yang digunakan untuk melihat efektivitas mikoriza dalam menginfeksi akar. Persentase kolonisasi akar dapat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{Kolonisasi akar} = \frac{\sum \text{bidang pandang terkolonisasi}}{\sum \text{keseluruhan bidang pandang}}$$

### Unsur hara P dan Total mikroba tanah (Efektivitas)

Sampel tanah dikering udarkan kemudian diayak dengan saringan 0,5 mm untuk mengukur P-total dan P-tersedia di dalam tanah. Analisis kimia tanah yang dilakukan meliputi P-total (metode HCl) dan P-tersedia (metode Bray 1). Total mikrob tanah dilakukan menggunakan metode cawan hitung dengan faktor pengenceran yang digunakan adalah  $10^5$  dan  $10^6$ . Media pertumbuhan yang digunakan adalah nutrient agar. Jumlah populasi total mikroba tanah dihitung dengan rumus:

$$\text{Total Populasi (SPK/g BKM tanah)} = \frac{\sum \text{bid Jumlah koloni} \times 1/\text{fp}}{\text{BKM tanah}}$$

### Analisa data

Data pertumbuhan dan hasil tanaman disajikan dalam bentuk grafik/kurva dan diolah secara statistik dengan uji Analysis of Variances (ANOVA) dilanjutkan dengan perbandingan antar perlakuan dengan uji Duncan pada taraf uji 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

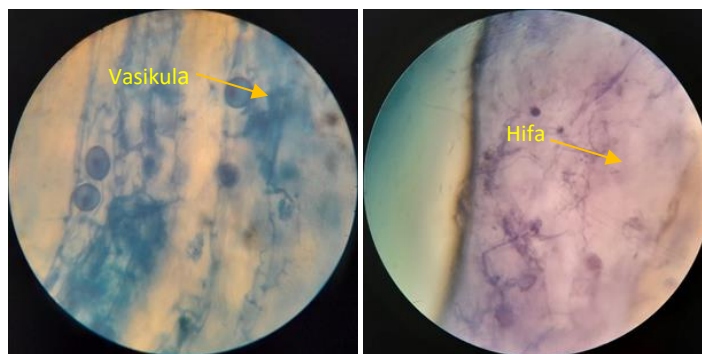
### Infektivitas Pupuk Hayati Mikoriza Fumyco

Infektivitas mikoriza adalah kemampuan mikoriza dalam menginfeksi akar tanaman yang dapat dihitung dengan mengukur persen infeksi akar. Persentase infeksi akar merupakan jumlah akar yang terinfeksi pada setiap bidang pandang yang dilihat menggunakan mikroskop. Hasil persen infeksi akar diklasifikasikan berdasarkan kriteria kurang dari 5% sangat rendah, 6 - 25% rendah, 26 - 50% sedang, 51 - 75% tinggi, dan di atas 75% sangat tinggi (Rajapakse & Miller 1992). Hasil infeksi akar bibit akasia dapat dilihat pada Tabel 1.

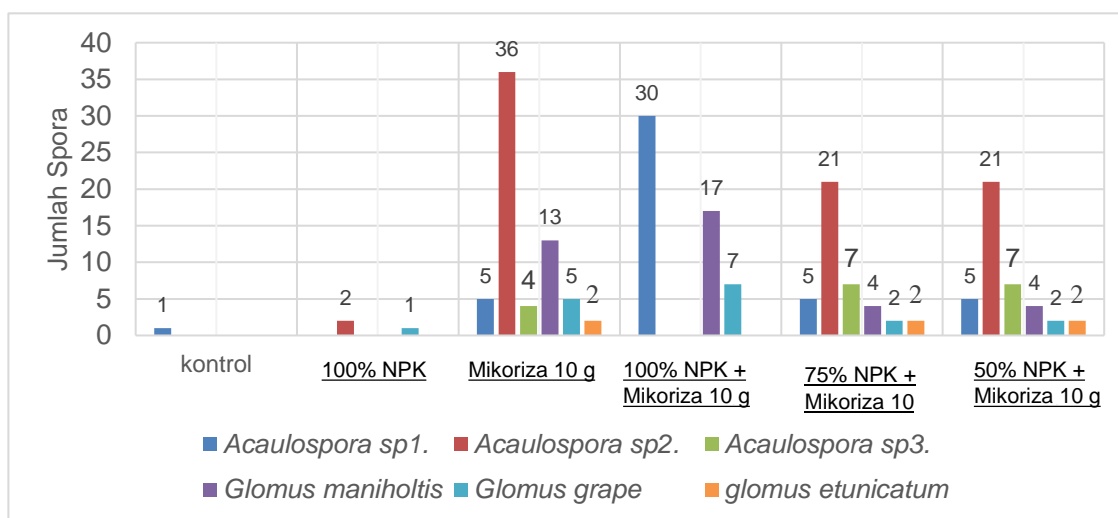
Tabel 1. Infeksi akar bibit akasia 12 MST

Perlakuan	Infeksi akar (%)
Kontrol	0 b
100% NPK	0 b
Mikoriza 10 g	60 a
100% NPK + mikoriza 10 g	40 a
75% NPK + mikoriza 10 g	40 a
50% NPK + mikoriza 10 g	40 a

Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan mikoriza 10 g dan mikoriza + 100% NPK, 75% NPK, dan 50% NPK berbeda nyata dengan perlakuan 100% NPK dan kontrol terhadap infeksi pada akar tanaman akasia, namun masing-masing diantaranya tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan yang diberikan pupuk hayati mikoriza berhasil menginfeksi akar dengan baik. Persentase infeksi akar tertinggi dimiliki oleh perlakuan mikoriza 10 g yaitu sebesar 60%. Menurut Hazra *et al.* (2021), akar yang terinfeksi oleh mikoriza ditandai dengan adanya arbuskula, vesikula, spora atau salah satunya yang terlihat jika akar terinfeksi dengan baik, ciri-ciri tersebut akan terlihat pada mikroskop. Menurut Wicaksono *et al.* (2014), tingkat kolonisasi mikoriza pada akar dapat dipengaruhi oleh beragam faktor seperti jenis fungi, karakteristik tanaman, serta faktor lingkungan seperti ketersediaan hara dalam tanah, pH tanah, dan kelembaban tanah. Hasil pengamatan pada akar yang terinfeksi mikoriza dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Infeksi mikoriza pada akar akasia (perbesaran 100x)



**Gambar 2.** Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap jumlah spora mikoriza bibit akasia 12 MST



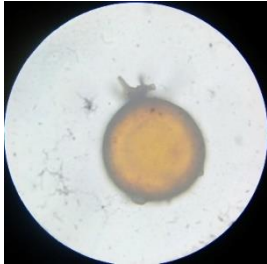
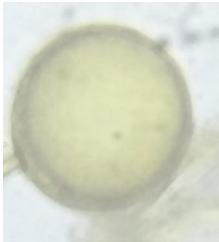


Terlihat pada Gambar 1 penampang akar akasia yang telah terinfeksi oleh mikoriza, yang mana pada gambar tersebut terlihat jaringan mikoriza yang terkolonisasi, yaitu vesikula dan hifa. Hifa merupakan salah satu struktur dari mikoriza berbentuk seperti benang-benang halus yang berfungsi sebagai penyerap unsur hara dari luar, sedangkan vesikula berfungsi sebagai organ reproduksi atau organ yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan yang kemudian diangkut ke dalam sel (Delvian 2003). Vesikula merupakan bagian hifa yang membengkak pada bagian ujung dan berbentuk oval. Hasil pengamatan kolonisasi akar penelitian ini masih belum terlihat keberadaan dari arbuskula, dimana menurut Yusriadi *et al.* (2018), Arbuskula berperan sebagai tempat kontak dan transfer hara antara fungi dan tanaman inang. Arbuskula merupakan struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon-pohon kecil pada korteks akar tanaman yang terinfeksi, berfungsi sebagai tempat

pertukaran zat-zat metabolit primer antara mikoriza dan akar tanaman (Novtiar 2019).

### Jumlah dan Jenis Spora

Hasil pengamatan jumlah spora yang ditemukan pada sampel tanah di perakaran tanaman akasia dapat dilihat pada Gambar 2. Terlihat pada Gambar 2, jumlah spora sangat bervariasi pada setiap perlakuan yang diberikan pupuk hayati mikoriza. Perlakuan 1/2 NPK + 1 pupuk hayati memiliki kandungan spora yang paling tinggi, yaitu 67 spora/10 g tanah. Perlakuan 1 pupuk hayati dan 3/4 NPK + 1 pupuk hayati memiliki jenis spora yang paling beragam, yaitu 6 jenis spora dari genus *Glomus* dan *Acaulospora*. Perlakuan kontrol dan NPK standar 10 g masih terdapat jumlah spora meskipun hanya sedikit. Hasil identifikasi jenis spora pada bibit akasia 12 MST dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Identifikasi jenis spora mikoriza bibit akasia 12 MST

No	Jenis Spora	Ciri morfologis	Gambar perbesaran 400x
1	<i>Acaulospora</i> sp1.	Berwarna oranye, ukuran sekitar 250-300 $\mu\text{m}$ , terdapat <i>mother</i> spora yang mulai terlepas	
2	<i>Acaulospora</i> sp2.	Berwarna kuning, ukuran sekitar 250-300 $\mu\text{m}$ , di bagian tengah spora terdapat bulatan kecil seperti pruntul isi jeruk	
3	<i>Acaulospora</i> sp3.	Berwarna oranye kecoklatan, ukuran sekitar 250-300 $\mu\text{m}$ , di bagian tengah spora terdapat lapisan yang apabila ditetesi Melzer akan berubah menjadi warna hitam.	
4	<i>Glomus maniholtis</i>	Berwarna kuning bening, ukuran sekitar 200-250 $\mu\text{m}$ , dinding spora tebal	
5	<i>Glomus grape</i>	Berwarna coklat dengan dinding luar berwarna hitam, ukuran sekitar 200-250 $\mu\text{m}$ , membentuk gerombol spora, terdapat substending hifa (struktur memanjang dari spora untuk menghubungkan dengan spora lain)	
6	<i>Glomus etunicatum</i>	Berwarna kuning buram, ukuran sekitar 200-250 $\mu\text{m}$ , berbentuk lonjong, terdapat substending hifa (struktur memanjang dari spora untuk menghubungkan dengan spora lain)	

Tabel 2 menunjukkan jenis-jenis spora yang berhasil berasosiasi dengan akar akasia. Spora mikoriza dari genus *Acaulospora* dan *Glomus* merupakan jenis spora yang berhasil teridentifikasi berdasarkan morfologinya. Jenis *Acaulospora* yang berhasil teridentifikasi ditemukan sebanyak 3 jenis yang berbeda berdasarkan morfologinya, antara lain *Acaulospora* sp1., *Acaulospora* sp2., dan *Acaulospora* sp3. Jenis *Glomus* juga berhasil ditemukan sebanyak 3 jenis berdasarkan morfologinya, antara lain *Glomus etunicatum*, *Glomus grape*, dan *Glomus maniholtis*. Hasil penelitian Anggreiny *et al.* (2017) menunjukkan hasil yang berbeda, tanaman akasia ditemukan sebanyak 4 genus spora FMA dengan genus *Glomus* yang paling banyak jumlah spora yang ditemukan. Jumlah spora yang ditemukan pada tanaman akasia adalah 37 spora/ 50 g tanah. Menurut Rengganis (2013), faktor yang memengaruhi jumlah dan keragaman spora antara lain kesuburan tanah, jenis tanah, kandungan hara organik seperti N dan P, pH tanah, dan mikroba tanah. Jenis tanah tanaman inang merupakan salah satu faktor yang memengaruhi keefektifan mikoriza dalam mengkoloni akar (Brundrett *et al.* (1996).

#### Analisis kimia tanah sebelum perlakuan

Analisis tanah dilakukan sebelum penanaman terhadap jenis tanah Regosol Dramaga dengan parameter antara lain, pH tanah, C-organik (%), N-total (%), P-tersedia, P-total, dan K-total, serta analisis biologi tanah meliputi populasi total mikroba dan respirasi tanah. Menurut Prabowo dan Subantoro (2018), analisis tanah dilakukan sebelum penanaman dengan tujuan melihat diagnosa unsur hara dalam tanah dan rekomendasi pemupukan. Tanah dapat dikatakan subur apabila tanaman yang ditanam di atasnya dapat tumbuh dan berkembang dengan baik serta produksinya tinggi setiap tahun (Swastika *et al.* 2014). Kualitas tanah yang baik untuk pertanian ditentukan oleh sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sebagai media/habitat akar tanaman. Sumber kriteria parameter yang digunakan dari Balai Penelitian Tanah (Balittanah) (2009). Hasil analisis kimia tanah dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil analisis tanah Regosol Dramaga sebelum penanaman tergolong agak masam dengan pH H<sub>2</sub>O rendah yaitu 5,81. Tanah dengan pH rendah (masam) ini sangat berpotensi dimanfaatkan dengan baik dan disukai oleh mikoriza. Menurut Helmi *et al.* (2015), mikoriza memiliki sifat archidophylis yaitu menyukai kondisi dan lingkungan yang relatif asam. Mikoriza mampu beradaptasi dengan kondisi dan lingkungan pH rendah yang memungkinkan semakin banyaknya spora yang tumbuh dan berkembang (Alayya dan

**Tabel 3.** Hasil analisis tanah Regosol Dramaga sebelum penanaman tanaman akasia

Parameter	Hasil	Kriteria
pH H <sub>2</sub> O	5,81	Agak masam
C-organik (%)	1,60	Rendah
N-total (%)	0,13	Rendah
P-tersedia (ppm)	8,48	Sedang
P-total (ppm)	342,00	Sangat tinggi
K-total (ppm)	258,00	Sangat tinggi

Prasetya 2022). Hasil analisis N-total tanah Regosol Dramaga adalah 0,13% atau tergolong rendah. Fungsi dari unsur nitrogen (N) bagi tanaman adalah sebagai perangsang pertumbuhan tanaman. Menurut Prihantoro (2007), unsur N merangsang pertumbuhan dari daun, dan batang tanaman, serta membentuk lemak, protein, dan senyawa organik lainnya. Fosfor (P) berfungsi sebagai perangsang pembungaan, pematangan, dan pembentukan biji. Unsur P berperan sebagai perangsang pertumbuhan akar terutama pada biji dan tanaman muda, sedangkan unsur K berfungsi untuk memperkuat batang tanaman agar tidak mudah tumbang (Muzakir 2010). Hasil analisis C-organik Regosol Dramaga adalah tergolong rendah dengan persentase 1,60%, sedangkan K-total pada tanah ini tergolong sangat tinggi yaitu 258 ppm. Pupuk organik perlu ditambahkan ke dalam tanah ini seperti daun kering ataupun kompos guna meningkatkan kadar persentase C-organik. Kadar P-tersedia pada tanah Regosol Dramaga tergolong sedang yaitu 8,48 ppm, sedangkan P-total tanah ini tergolong sangat tinggi yaitu 342 ppm. Hasil analisis tanah Regosol yang digunakan sebelum penanaman menunjukkan bahwa tanah ini tergolong kurang produktif sehingga diperlukan pemberian pupuk hayati mikoriza guna meningkatkan produktifitas tanah

Kondisi tanah yang relatif masam memengaruhi sebagian unsur P menjadi terikat sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman dalam bentuk ion. Penambahan pupuk hayati mikoriza mampu mengubah P terikat menjadi P tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Mikoriza memiliki miselium yang menjulur sampai ke luar akar untuk menyerap hara bagi tanaman. Mikoriza menghasilkan asam organik dan enzim fosfatase yang mampu meningkatkan P terlarut, selanjutnya P terlarut disalurkan kepada tanaman inang melalui hifa eksternal mikoriza. Mekanisme ini yang mengakibatkan mikoriza dapat meningkatkan pengambilan fosfat dari sumberdaya sehingga tersedia bagi tanaman (Muis dan Ridwan 2021).

**Tabel 4.** Pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap ketersediaan unsur P dan total mikroba tanah

Perlakuan	P-total (ppm)	P-tersedia (ppm)	Total Mikroba ( $\times 10^5$ SPK/ g tanah BKM)
Kontrol	448,34 a	8,19 c	2,46 b
100% NPK	602,92 a	91,12 a	3,24 b
Mikoriza 10 g	536,38 a	43,33 b	3,01 b
100% NPK + mikoriza 10 g	529,66 a	92,32 a	15,09 a
75% NPK + mikoriza 10 g	468,49 a	81,33 a	10,40 ab
50% NPK + mikoriza 10 g	492,69 a	67,32 ab	7,92 ab

#### **Analisis Kimia dan Biologi Tanah setelah perlakuan**

Analisis kimia tanah yang dilakukan untuk mengetahui kadar P-Total dan P-Tersedia di dalam tanah. Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara esensial yang berperan dalam pertumbuhan tanaman (Sari *et al.*, 2017). Keberadaan fosfor (P) tersedia di dalam tanah yang rendah dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pemberian mikoriza terhadap unsur hara fosfor (P) pada tanah dan yang dapat diserap oleh tanaman. Analisis biologi tanah dilakukan untuk melihat populasi total mikroba tanah dari setiap perlakuan.

Berdasarkan Tabel 4, kadar P-tersedia tanah tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan 100% NPK + mikoriza 10 g yaitu sebesar 92,32 ppm. Perlakuan ini berbeda nyata dengan kontrol dan mikoriza 10 g, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Pengaplikasian mikoriza dengan berbagai dosis NPK memiliki kadar P-tersedia lebih tinggi dibandingkan kontrol dan perlakuan mikoriza tunggal. Hal ini dikarenakan pupuk NPK standar mengandung unsur hara tambahan yang tersedia, sehingga mampu diserap tanaman, sedangkan mikoriza mampu membantu penyerapan hara dan melepaskan unsur P yang difiksasi menjadi tersedia bagi tanaman. Hasil analisis P-tersedia pada perlakuan mikoriza 10 g berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Aplikasi mikoriza terbukti ampuh dapat meningkatkan kadar P-tersedia sebesar 43,33 ppm, dibandingkan kontrol hanya 8,19 ppm. Hal ini dapat disebabkan karena keberadaan mikoriza yang berkembang di dalam tanah. Hifa eksternal mikoriza di dalam tanah dapat meningkatkan kadar P-tersedia tanah. Hifa eksternal di luar perakaran tanaman dapat menghasilkan enzim fosfatase (Khairuna *et al.* 2015). Menurut Scrase *et al.* (2019), pemberian hara fosfor (P) oleh tanaman akan semakin meningkat dengan keberadaan mikoriza pada tanaman. Pemberian mikoriza dapat meningkatkan serapan air dan hara yang dibutuhkan tanaman, serta meningkatkan bioavailabilitas hara fosfor (P) agar dapat diserap oleh tanaman inang (Golubkina *et al.* 2020).

Tabel 4 populasi total mikroba terbanyak diperoleh sebesar  $15,09 \times 10^5$  SPK/g tanah BKM pada perlakuan 100% NPK + mikoriza 10 g, tidak berbeda nyata dengan perlakuan 75% NPK dan 50% NPK + mikoriza 10 g. Aplikasi mikoriza dan NPK dapat meningkatkan total mikroba tanah. Perlakuan 100% NPK dan kontrol menunjukkan total mikroba  $3 \times 10^5$  SPK/g tanah BKM, sedangkan pada perlakuan NPK dan mikoriza total mikroba meningkat 7,9 hingga  $15 \times 10^5$  SPK/g tanah BKM. Menurut Purwaningsih *et al.* (2004), faktor kesuburan tanah, reaksi tanah (pH), kondisi fisik, kimia, biologi lingkungan, ketersediaan energi dan sumber hara juga merupakan faktor yang memengaruhi populasi mikroba di sekitar perakaran tanaman.

#### **SIMPULAN**

Uji infektivitas pupuk hayati mikoriza Fumyco pada tanaman akasia menunjukkan infeksi akar sebesar 40-60%. Perlakuan paling baik dalam menginfeksi akar tanaman akasia adalah perlakuan mikoriza 10 g. Jenis spora yang paling banyak ditemukan berasal dari jenis genus *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp dengan jumlah spora terbanyak adalah perlakuan mikoriza 10 g. Aplikasi mikoriza dan NPK berpengaruh nyata dalam meningkatkan populasi total mikroba, dan ketersediaan fosfor dalam tanah. Perlakuan paling baik dalam meningkatkan total mikroba dan unsur hara tersedia adalah 100% NPK + mikoriza 10 g.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor yang telah menyediakan fasilitas laboratorium dan mendanai pelaksanaan penelitian. Terima kasih kepada PT. Anugerah Sarana Hayati atas bahan dan fasilitas penelitian.

#### **DAFTAR REFERENSI**

- Adji, F.F., Damanik, Z., Yulianti, N., Birawa, N., Handayani, F., Sinaga, A.N., Teguh, R., Dohong, S. 2016. Dampak alih fungsi lahan terhadap sifat fisik tanah dan emisi karbon

- gambut transisi di Desa Kanamit Barat Kalimantan Tengah. *Jurnal Pedon Tropika*, 3(1), pp. 79–88.
- Al-Qarni, V.R. 2015. Validasi Metode Respirasi Tanah pada Tanah Sawah Tasikmalaya dan Gambut Riau. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Alayya, N. P., Prasetya, B. 2022. Kepadatan spora dan persen koloni Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA) pada beberapa tanaman pangan di Lahan Pertanian Kecamatan Jabung Malang. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan*, 9(2), pp. 270.
- Anggreiny, Y., Khoirun, N., Didi, S.J. 2017. Identifikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada rhizosfir tanaman di Kawasan revegetasi lahan penambangan timah di kecamatan merawang kabupaten bangka. *Jurnal Pertanian*, 1(1), pp. 78-92.
- Ardi, R. 2010. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah Pada Berbagai Kelerengan dan Kedalaman Hutan Alami. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Brundrett, M.C., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., Malajczuk, N. 1996. *Working with Mycorrhizal in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU). Pirie Printers.
- Brundrett, M.C., Tedersoo, L. 2018. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, 220(4), pp. 1108-1115.
- Delvian. 2003. Keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di hutan pantai dan potensi pemanfaatannya (studi kasus di hutan cagar alam Leuweung Sancang, Kabupaten Garut, Jawa Barat) [disertasi]. Bogor (ID): Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Golubkina, N., Krivenkov, L., Sekara, A., Vasileva, V., Tallarita, A., Caruso, G. 2020. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi utilization in the production of Allium plants. *Plants*, 9(1), pp. 279-291.
- Hazra, F., Istiqomah, F. N., & Firdaus, I. D. (2024). Potensi pupuk hayati mikoriza fumyco dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman akasia (*Acacia mangium* Willd.) di nursery. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 11(1), pp. 143-149.
- Helmi, H., Abdurrani, M. dan Reine, S.W. 2015. Kelimpahan fungi mikoriza arbuskula pada tegakan Eukaliptus (*Eucalyptus pellita*) berdasarkan tingkat kedalaman di lahan gambut. *Jurnal Hutan Lestari*, 3(1), pp. 124 – 132.
- Khairuna, Syafruddin, Marlina. 2015. Pengaruh fungi mikoriza arbuskular dan kompos pada tanaman kedelai terhadap sifat kimia tanah. *J Floratek*, 10(1), pp.1- 9.
- Mindawati, Nina, and Pratiwi Pratiwi. 2008. Kajian penetapan daur optimal hutan tanaman Acacia mangium ditinjau Dari Kesuburan Tanah. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 5(2), pp. 109-118.
- Muis dan Ridwan. 2021. Prospek penggunaan isolat FMA lokal di lahan pasang surut untuk meningkatkan produktivitas kedelai. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 21(2), pp. 922-926.
- Musafa, M.K., Aini, L.Q., Prasetya, B. 2015. Peran mikoriza arbuskula dan bakteri pseudomonas fluorescens dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung pada Andisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), pp. 191- 197.
- Nouri, E., Breuillin-Sessoms, F., Feller, U., Reinhardt, D., 2014. Phosphorus and nitrogen regulate arbuscular mycorrhizal symbiosis in petunia hybrida. *PLoS One*, 9(1), pp. 101-117.
- Prabowo, R., Subantoro, R. 2018. Analisis tanah sebagai indikator tingkat kesuburan lahan budidaya pertanian di Kota Semarang. *Cendekia Eksakta*, 2(2), pp. 143-159.
- Prihantoro, H. 2007. *Memupuk Tanaman Buah*. Jakarta(ID): Penebar Swadaya.
- Purwaningsih, S. 2004. Isolasi, Enumerasi, Dan Karakterisasi Bakteri Rhizobium Dari Tanah Kebun Biologi Wamena, Papua. Jurnal dipublikasikan. Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Lipi), Bogor.
- Raya-Hernández, A.I., Jaramillo-López, P.F., López-Carmona, D.A., Díaz, T., CarreraValtierra, J.A., Larsen, J. 2020. Field evidence for maize-mycorrhiza interactions in agroecosystems with low and high P soils under mineral and organic fertilization. *Appl Soil Ecol*, 14(9), pp. 259-278.
- Rahmayanti, A.Y., Rini, M.V., Arif, M.A.S., Yasnaini, S. 2013. Pengaruh pemberian fungi mikoriza



- arbuskular dan kompos kulit buah kakao pada pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *JAT.*, 1(2), pp. 121-127.
- Rajapakse, S., Miller, J.C. 1992. 15 Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. *Method In Microbiology*, (24), pp. 301-316.
- Rengganis, D. 2013. Studi Keanekaragaman Genus Fungi Mikoriza Arbuskula di Sekitar Perakaran Pohon Jabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb Miq.) Alami. [Skripsi]. Bogor: Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Sari, M.N., Sudarsono., Darmawan. 2017. Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan fosfor pada tanah-tanah kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan*, 1(1), pp. 65-71.
- Scrase, F.M., Fergus, L. Sinclair, John, F.F., Paulo, S.P., Davey, L.J. 2019. Mycorrhizas improve the absorption of non-available phosphorus by the green manure *Tithonia diversifolia* in poor soils. *Rhizosphere*, (9), pp. 27-33. doi: 10.1016/j. rhisph.2018.11.001.
- Swastika. 2014. Pengelolaan Tanah dan Hara untuk Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Semarang.
- Syamani, Firda A., and Wida B. Kusumaningrum. 2012. Karakteristik Film Komposit PVA-Pulp Putih Akasia Terfibrilasi (Characteristics of the Composite Film of PVA-Fibrillated Acacia Bleached Pulp). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 11(1), pp. 1-10.
- Wang, J., Wang, J, He, J.Z., Jing, Z., Xu, Y., Ge, Y. 2021. Arbuscular mycorrhiza fungi increase soil denitrifier abundance relating to vegetation community. *Applied Soil Ecology*, 17(1), pp. 104-125.
- Wasis, B., Fathia, N. 2010. Pengaruh pupuk NPK dan kompos terhadap pertumbuhan semai gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) pada media tanam bekas tambang emas (tailing). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 16 (2), pp. 123-129.
- Wicaksono, M.I., Rahayu, M., Samanhudi. 2014. Pengaruh pemberian mikoriza dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bawang putih Caraka Tani. *J Ilmu-ilmu Pertanian*, 29(1), pp. 35-44.
- Xu, X., Luo, Y., Zhou, J. 2012. Carbon quality and the temperature sensitivity of soil organic carbon decomposition in a tallgrass prairie. *Soil Biology and Biochemistry*, 50(1), pp. 142-148.
- Yusriadi, Pata'dungan, Y. S., Hasanah, U. 2018. Kepadatan dan keragaman spora fungi mikoriza arbuskula pada daerah perakaran beberapa tanaman pangan di lahan pertanian Desa Sidera. *J Agroland*, 25(1), pp. 64-73.