



Uji Infektivitas Dan Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Dalam Meningkatkan Ketersediaan Unsur Hara P, Total Mikrob, Dan Respirasi Tanah Pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

*Infectiveness And Effectiveness Tests Of Arbuscula Mycorrhizal Fungi (AMF) In Increasing The Availability Of Nutrient P, Total Microbes, And Soil Respiration In Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) Seeds*

Fahrizal Hazra^{1*}, Fatimah Nur Istiqomah², Praditya Rizqi Novanto², dan Ardina Nurul Fadilla¹

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis infeksi akar dan jenis spora oleh mikoriza serta mengkaji pengaruh pemberian pupuk hayati dan kombinasi pupuk NPK terhadap sifat biologi dan kimia tanah. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan dan 10 ulangan. Perlakuan pengujian pupuk hayati yaitu Kontrol (A); Pupuk NPK standar (15-15-15) 2,5 g (B); 20 g pupuk hayati (C); 1 NPK standar+20 g pupuk hayati (D); 3/4 NPK standar+20 g pupuk hayati (E); dan 1/2 NPK standar+20 g pupuk hayati (F). Hasil penelitian menunjukkan perlakuan 3/4 NPK standar+20 g pupuk hayati (E) mampu membentuk kolonisasi pada akar bibit kelapa sawit sebesar 100%. Jumlah spora paling tinggi yaitu 94 spora/10 gr terdapat pada perlakuan 1 NPK standar+20 g pupuk hayati (D) dengan 6 jenis spora yaitu; *Glomus sp1*, *Glomus sp2*, *Glomus sp3*, *Acaulospora sp1*, *Acaulospora sp2*, dan *Acaulospora sp3*. Pemberian mikoriza dan berbagai dosis NPK pada bibit kelapa sawit menunjukkan adanya peningkatan ketersediaan fosfor, total mikrob, dan respirasi di dalam tanah. Perlakuan 1 NPK standar+20 g pupuk hayati (D) merupakan perlakuan paling baik dalam meningkatkan ketersediaan P, yaitu 68,98 ppm. Total populasi mikrob tertinggi terdapat pada perlakuan pupuk hayati mikoriza 1/2 NPK + 20 g pupuk hayati (E), yaitu 31,76 x 10⁵ SPK/g. Respirasi tertinggi terdapat pada perlakuan 3/4 NPK + 20 g pupuk hayati

(F), yaitu 7,94 g C/hari.

Kata kunci: biologi tanah, infeksi akar, jumlah spora, kimia tanah, mikoriza

Abstract This study aims to analyze root infection and spore types by mycorrhiza and examine the effect of biofertilizers on soil biological and soil chemical properties. The study used a single-factor Randomized Blok Design (RBD) with 6 treatment levels and 10 replications. Biofertilizer test treatments are control (A); standard NPK fertilizer (15-15-15) 2,5 g (B); 20 gr biofertilizer (C); 1 standard NPK+20 g biofertilizer (D); 3/4 standard NPK+20 g biofertilizer (E); and 1/2 standard NPK+20 g biofertilizer (F). The results showed that treatment with 3/4 standard NPK + 20 g of biological fertilizer (E) was able to colonize the roots of oil palm seedlings by 100%. The highest number of spores 94 spores/10 g, was found in the treatment of 1 standard NPK + 20 g of biological fertilizer with 6 types of spores, they were; *Glomus sp1*, *Glomus sp2*, *Glomus sp3*, *Acaulospora sp1*, *Acaulospora sp2*, and *Acaulospora sp3*. Application of mycorrhiza and various doses of NPK to oil palm seedlings showed an increase in the availability of phosphorus, total microbes, and respiration in the soil. Treatment of 1 standard NPK + 20 g of biological fertilizer was the best treatment in increasing the availability of P, which was 68,98 ppm. The highest total microbial population was found in the treatment of mycorrhizal biofertilizer 1/2 NPK + 20 g of biofertilizer, which was 31,76 x 10⁵ SPK/g. The highest respiration was found in the treatment of 3/4 NPK + 20 g of biological fertilizer, which was 7,94 g C/day.

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Fahrizal Hazra^{1*} (✉)

¹Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University

²PT Anugerah Sarana Hayati, Divisi TIC Saraswanti Group

Email: fhazra2011@yahoo.com

Keywords: *mycorrhiza, number of spore, root infection, soil biology, soil chemistry*

PENDAHULUAN

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara akar tanaman dengan jamur yang berlangsung seumur hidup (Prihantoro *et al.*, 2023). Fungi mikoriza arbuskula merupakan jenis endomikoriza yang dapat bersimbiosis dengan 90% jenis tanaman kehutanan, hortikultura, dan perkebunan, termasuk tanaman kelapa sawit (Miska *et al.*, 2016). Infeksi mikoriza pada bibit kelapa sawit umur 3 bulan dengan perlakuan mikoriza 40 g adalah 48,33% (Priwiratama *et al.*, 2017) dan pada umur 6 bulan dengan perlakuan mikoriza 40 g < 1 tahun adalah 81,40% (Istiqomah dan Novanto 2023). Menurut Hendarjanti & Sukorini (2022), infeksi akar mikoriza akan terus meningkat seiring waktu umur tanam dari umur 3 bulan sampai TBM 2. Jumlah spora mikoriza pada tanaman kelapa sawit bervariasi. Menurut Wijayani dan Wirianata (2021), jumlah spora di beberapa kebun kelapa sawit rakyat berkisar antara 42 – 161 spora/10 g tanah dan jenis spora yang paling banyak ditemukan adalah *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp.

Menurut Basri (2018), peran FMA antara lain meningkatkan serapan unsur hara, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, patogen dan unsur *toxic*, memproduksi senyawa perangsang pertumbuhan, serta merangsang aktivitas mikroorganisme yang menguntungkan. Peran mikoriza di perkebunan kelapa sawit sudah banyak diteliti terutama dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif berupa tinggi tanaman, diameter bonggol dan luas daun (Lubis *et al.*, 2019; Sodikin *et al.*, 2022). Pemberian pupuk hayati mikoriza dengan berbagai dosis NPK mampu meningkatkan tinggi bibit, diameter, jumlah daun, bobot kering tajuk dan bobot kering akar bibit kelapa sawit pada umur 12 MST, dibandingkan dengan kontrol dan pupuk NPK standar (Hazra *et al.*, 2023). Penelitian tentang pengaruh mikoriza dan kombinasi pupuk NPK terhadap aspek biologi dan kimia tanah pada bibit kelapa sawit belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran mikoriza dan berbagai dosis pupuk NPK terhadap inektivitas mikoriza dalam menginfeksi akar bibit kelapa sawit, serta

mengetahui peran mikoriza dalam meningkatkan ketersediaan unsur P, total mikrob, dan respirasi tanah pada bibit kelapa sawit *pre nursery*.

BAHAN DAN METODE

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop stereo, oven, *autoclave*, neraca analitik, *polybag* ukuran 22 cm x 14 cm, gembor, cawan petri, saringan bertingkat berukuran 250 µm, 125 µm, dan 63 µm, gelas ukur, sudip, gunting, kamera digital, label, alat tulis, sendok, pinset, cangkul, dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah Regosol Dramaga, Kabupaten Bogor Jawa Barat, kecambah sawit dari PPKS Marihat varietas DxP Simalungun, pupuk hayati mikoriza, dan pupuk NPK 15-15-15. Bahan pewarnaan akar untuk mengamati infeksi mikoriza pada akar tanaman kelapa sawit antara lain alkohol, aquades, H₂O₂, 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 NA/liter. Analisis respirasi tanah menggunakan larutan KOH 0,2 N, HCl 1 N, aquades, indikator PP, dan indikator MO. Analisis kimia tanah menggunakan larutan H₂SO₄, HCl 25%, PA (Bray1) dan bahan kimia lainnya untuk kebutuhan analisis.

2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2022 hingga Maret 2023. Lokasi penanaman dilakukan di *greenhouse* Cikabayan IPB Dramaga, Kabupaten Bogor. Analisis sifat biologi tanah dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Tanah dan analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Identifikasi kolonisasi mikoriza

pada akar dilakukan di Laboratorium mikoriza PT. Anugerah Sarana Hayati (ASHA) Bogor.

3. Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal dengan 6 taraf perlakuan dan 10 ulangan, sehingga total satuan percobaan adalah 60 *polybag*. Perlakuan pengujian pupuk hayati adalah sebagai berikut: A) Kontrol, B) NPK Standar (15-15-15) 2,5 g, C) 20 g Pupuk hayati, D) 1 NPK Standar + 20 g Pupuk hayati, E) 3/4 NPK Standar + 20 g Pupuk hayati, F) 1/2 NPK Standar + 20 g Pupuk hayati. Menurut JUKNIS PPKS (Pusat Penelitian Kelapa Sawit) pemupukan tanaman standar bibit *pre nursery* adalah 2,5 g NPK/*polybag* satu kali di awal penanaman benih.

4. Tahapan Penelitian

Pupuk hayati mikoriza sebelum diinokulasi ke tanaman dilakukan pengecekan jumlah spora/10 g dan diperoleh hasil jumlah spora 75 spora/10 g. Dosis pupuk hayati mikoriza pada penelitian ini adalah 20 g/*polybag*. Inokulasi mikoriza dilakukan bersamaan dengan penyapihan semai kelapa sawit. Media tanah di dalam *polybag* dibuat lubang dengan kedalaman 5 cm, kemudian pupuk hayati mikoriza dimasukkan dalam lubang tersebut. Selanjutnya semai kelapa sawit dipindahkan ke dalam lubang tersebut dengan posisi akar menghadap ke bawah bersentuhan dengan mikoriza di dasar dan pinggir lubang tanam. Lubang ditutup kembali dengan tanah dan disiram. Pupuk NPK dasar (15-15-15) diberikan setelah bibit sawit berumur 2 minggu setelah tanam setelah semai kelapa sawit beradaptasi dalam *polybag*. Pemberian NPK sesuai dosis perlakuan dengan cara menaburkan di sekeliling *polybag* dengan jarak 5 cm dari bibit. Bibit kelapa sawit dipelihara selama 3 bulan di rumah kaca. Penyiraman dan pengendalian rumput atau gulma dilakukan 2 hari

sekali. Suhu dan kelembaban juga diukur setiap 2 minggu untuk mengetahui kondisi rumah kaca.

5. Pengumpulan Data Jumlah dan Jenis Spora Mikoriza dan Persentase Infeksi Akar

Pengamatan jumlah dan jenis spora dilakukan pada media tanah bibit kelapa sawit masing-masing perlakuan. Pengambilan sampel tanah dan sampel akar dilakukan pada akhir pengamatan yaitu 12 minggu setelah tanah (MST). Tanah sampel diambil 10 g kemudian disaring menggunakan saringan bertingkat mengikuti metode (Brundrett *et al.*, 1996). Perhitungan spora dilakukan secara manual menggunakan *hand counter* dan dilakukan identifikasi berdasarkan ukuran, warna, dan bentuk.

Sampel akar mikoriza diambil dengan cara menggunting seluruh akar kelapa sawit, kemudian dilakukan pewarnaan akar mengikuti metode (Rajapakse & Miller 1992) yang dimodifikasi. Pengamatan infeksi mikoriza pada akar dilakukan dengan pewarnaan akar menggunakan larutan KOH 10% selama 3 hari. Akar kemudian dicuci menggunakan air mengalir dan dicelupkan ke dalam larutan HCl 1%. Akar kemudian direndam dalam larutan pewarna (*Trypan blue*) selama 24 jam untuk selanjutnya dibuat preparat dan diamati di bawah mikroskop. Persentase infeksi akar merupakan data yang digunakan untuk melihat efektivitas mikoriza dalam menginfeksi akar. Persentase infeksi akar dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Infeksi akar} = \frac{\sum \text{bidang pandang terkolonisasi}}{\sum \text{keseluruhan bidang pandang}} \times 100\%$$

Hasil persen infeksi akar diklasifikasikan berdasarkan kriteria kurang dari 5% sangat rendah, 6 - 25% rendah, 26 - 50% sedang, 51 - 75% tinggi, dan diatas 75% sangat tinggi (Rajapakse & Miller 1992)

6. Analisis Data Data Statistik

Data pertumbuhan dan hasil tanaman disajikan dalam bentuk grafik dan diolah secara

statistik dengan uji *Analysis of Variances* (ANOVA) dilanjutkan dengan perbandingan antar perlakuan dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf uji 5%.

7. Analisis Kimia Tanah

Analisis tanah dilakukan sebelum penanaman kelapa sawit dengan tujuan melihat diagnosa unsur hara dalam tanah dan rekomendasi pemupukan (Prabowo & Subantoro, 2018). Kesuburan tanah merupakan kualitas tanah untuk pertanian yang ditentukan oleh sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang menjadi habitat akar tanaman (Swastika *et al.*, 2014; Trisnawati, 2022). Sampel tanah dikeringkan dan diayak dengan saringan 0,5 mm untuk mengukur P-total, P-tersedia di dalam tanah. Analisis kimia tanah yang dilakukan meliputi P-total (metode HNO₃; HClO₄), dan P-tersedia (metode Bray 1). Berdasarkan hasil analisis, tanah yang digunakan dalam penelitian tergolong agak

masam dengan pH 5,81.

8. Analisis Biologi Tanah

Total mikrob tanah dilakukan menggunakan metode cawan hitung dengan faktor pengenceran yang digunakan adalah 10⁵ dan 10⁶. Media pertumbuhan yang digunakan adalah *nutrient agar*. Jumlah populasi total mikrob tanah dihitung dalam satuan per koloni (SPK) per berat kering mutlak tanah (BKM) dikali dengan faktor pengenceran (fp).

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

Pengukuran respirasi tanah dilakukan dengan menggunakan metode *Verstraete* dengan waktu inkubasi yang dilakukan selama 7 hari di ruangan yang gelap. Selanjutnya, dilakukan titrasi menggunakan HCl dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Respirasi} = \frac{\text{ml HCl untuk contoh tanah} - \text{ml HCl untuk blanko} \times \text{Normalitas} \times 120}{\text{Jumlah hari inkubasi}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Infektivitas Mikoriza

Infektivitas mikoriza merupakan kemampuan

mikoriza dalam menginfeksi akar tanaman inang. Hasil infeksi akar bibit kelapa sawit pada 12 minggu setelah tanam (MST) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Infeksi akar bibit kelapa sawit 12 MST (Minggu Setelah Tanam)
Table 1. Root infection of oil palm seedlings 12 WAP (Week After Plant)

Perlakuan	Infeksi akar (%)	Kriteria
A (Kontrol)	0	Sangat rendah
B (NPK 2,5 g)	0	Sangat rendah
C (20 g Pupuk hayati)	30 c	Sedang
D (1 NPK + 20 g Pupuk hayati)	40 b	Sedang
E (3/4 NPK + 20 g Pupuk hayati)	100 a	Sangat Tinggi
F (1/2 NPK + 20 g Pupuk hayati)	40 b	Sedang

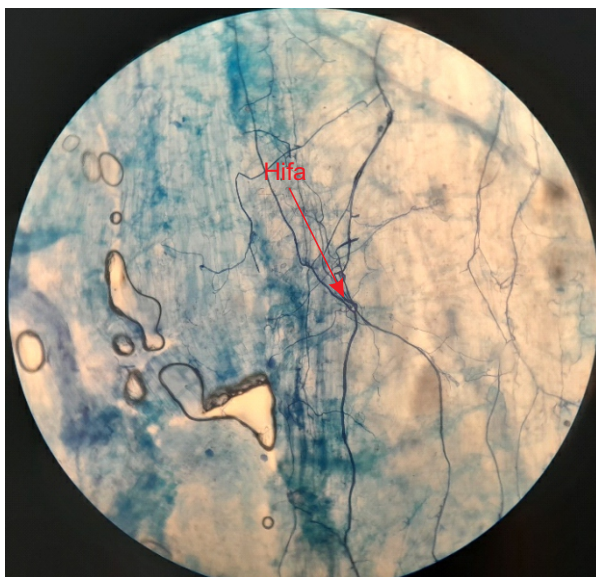
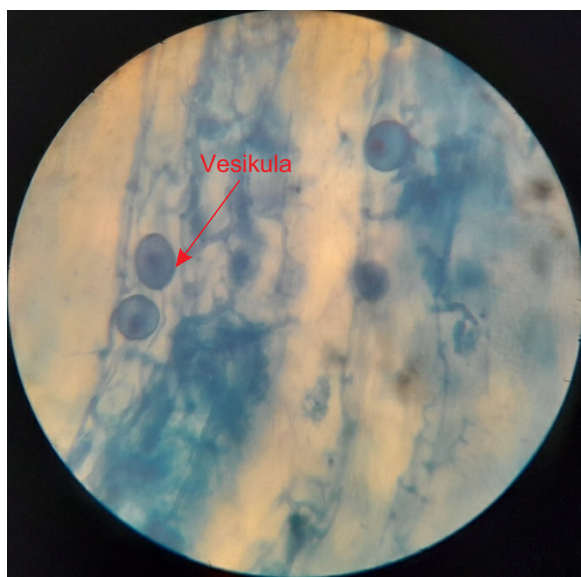
Keterangan = Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata jarak berganda Duncan pada taraf α 5%

Note = Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different based on Duncan's multiple distance significant different test at the α level of 5%

Berdasarkan data pada Tabel 1, perlakuan E (3/4 NPK + 20 g pupuk hayati) menghasilkan persen infeksi akar tertinggi yaitu 100%, perlakuan ini berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan D (1 NPK + 20 g Pupuk hayati) menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan F (1/2 NPK + 20 g Pupuk hayati) namun berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan C (20 g Pupuk hayati). Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan

yang menggunakan pupuk hayati mikoriza berhasil menginfeksi akar dengan baik.

Hazra *et al.* (2021) menyatakan akar yang terinfeksi mikoriza ditandai dengan adanya hifa, arbuskula, vesikula, spora atau salah satunya akan terlihat, jika akar terinfeksi dengan baik, ciri-ciri tersebut akan terlihat pada mikroskop. Hasil pengamatan pada akar yang terinfeksi mikoriza dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Infeksi mikoriza pada akar tanaman kelapa sawit (perbesaran 400x)
Figure 1. Mycorrhizal infection in the roots of oil palm plants (400x magnification)

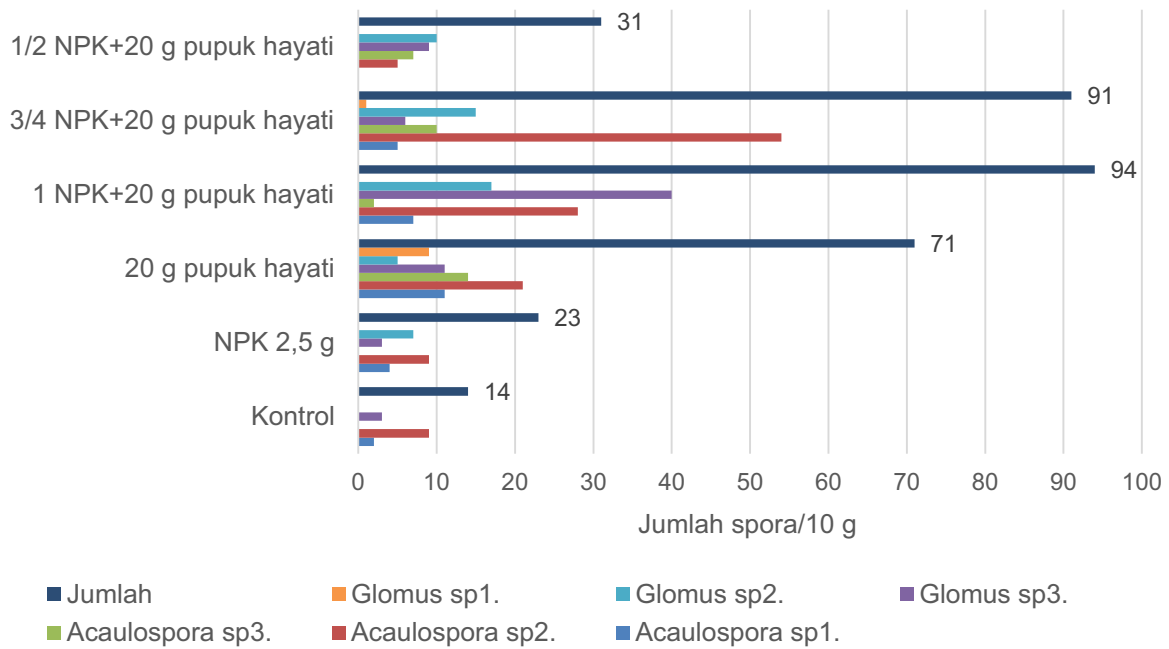
Gambar 1 terlihat dua organ di dalam jaringan FMA yang terkolonisasi, yaitu hifa dan vesikula pada penampang akar yang diidentifikasi. Hifa merupakan bagian mikoriza yang berbentuk seperti akar halus dan dapat menembus ke bagian luar akar tanaman inang. Messa *et al.* (2020) menyatakan bahwa hifa berfungsi sebagai perpanjangan akar tanaman inang mikoriza dalam menyerap unsur hara dan nutrisi lain yang dibutuhkan tanaman. Vesikula terbentuk akibat pembengkakan hifa yang berbentuk oval dan berfungsi sebagai organ reproduksi atau organ yang berfungsi sebagai penyimpan makanan yang kemudian diangkut ke dalam sel (Anggiani *et al.* 2021). Arbuskula merupakan struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon kecil pada korteks akar tanaman yang terinfeksi, namun pada penelitian ini tidak ditemukan adanya arbuskula. Arbuskula berfungsi

sebagai tempat pertukaran metabolit primer antara mikoriza dengan akar tanaman (Hazra *et al.* 2022).

Jumlah dan Jenis Spora

Hasil pengamatan jumlah spora yang ditemukan pada sampel tanah di perakaran tanaman kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan jumlah spora bervariasi pada setiap perlakuan yang diberi pupuk hayati mikoriza. Perlakuan D (1 NPK + 20 g pupuk hayati) memiliki kandungan spora yang paling tinggi, yaitu 94 spora/10 g. Perlakuan E (3/4 NPK + 20 g pupuk hayati) dan C (20 g pupuk hayati) memiliki jenis spora yang paling banyak, yaitu 6 jenis spora dari genus *Glomus* dan *Acaulospora*. Hasil identifikasi jenis spora pada bibit kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2 Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap jumlah spora mikoriza bibit kelapa sawit 12 minggu setelah tanam.

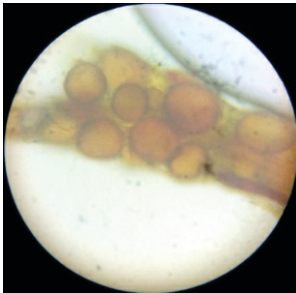
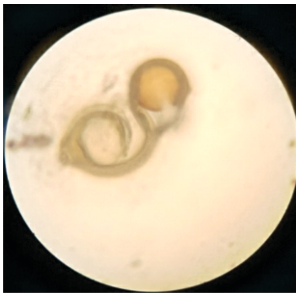
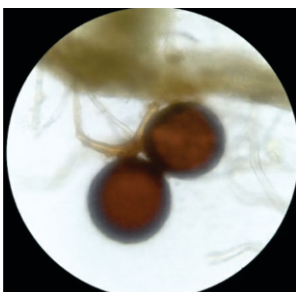
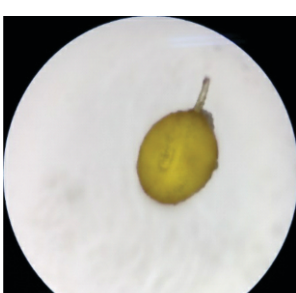
Figure 2 Effect of mycorrhizal biofertilizer on the number of mycorrhizal spores of oil palm seedlings 12 weeks after planting.

Tabel 2 Identifikasi jenis spora mikoriza akar bibit kelapa sawit 12 minggu setelah tanam.

Table 2 Identification types of mycorrhizal spores of oil palm seedlings 12 weeks after planting.

No	Jenis spora	Ciri morfologis	Gambar Perbesaran 400x
1	<i>Acaulospora</i> sp1	Berwarna orange, ukuran sekitar 250-300 μ m, terdapat <i>mother spore</i> yang mulai terlepas	
2	<i>Acaulospora</i> sp2	Berwarna kuning, ukuran sekitar 250-300 μ m, di bagian tengah spora terdapat bulatan kecil seperti pruntul isi jeruk	

(continued)

No	Jenis spora	Ciri morfologis	Gambar Perbesaran 400x
3	<i>Acaulospora</i> sp3	Berwarna oren kecoklatan, ukuran sekitar 250-300 μm , di bagian tengah spora terdapat lapisan spora yang apabila ditetesi larutan <i>Melzer</i> akan berubah warna menjadi hitam. Spora berkembang dari dalam akar.	
4	<i>Glomus</i> sp1	Berwarna kuning bening, ukuran sekitar 200-250 μm , dinding spora tebal	
5	<i>Glomus</i> sp2	Berwarna coklat dengan dinding luar berwarna hitam, ukuran sekitar 200-250 μm , membentuk gerombol spora, terdapat substending hifa (struktur memanjang dari spora untuk menghubungkan dengan spora lain)	
6	<i>Glomus</i> sp3	Berwarna kuning buram, ukuran sekitar 200-250 μm , berbentuk lonjong, terdapat substending hifa (struktur memanjang dari spora untuk menghubungkan dengan spora lain)	

Tabel 2 merupakan spora yang berhasil berasosiasi dengan akan tanaman kelapa sawit. Hasil identifikasi secara morfologis yang dilakukan menunjukkan jenis spora mikoriza berasal dari genus *Acaulospora* yang terdiri dari 3 jenis dan genus *Glomus* yang terdiri dari 3 jenis. Hasil penelitian yang sama yaitu *Glomus* dan *Acaulospora* ditemukan pada perkebunan kelapa sawit umur 5 tahun di PT Lembah

Bhakti Rawa Singkil, kepadatan spora 65 spora per 50 g tanah (Anhar & Fikrinda 2017). *Glomus* merupakan genus spora yang paling banyak ditemui di ekosistem kelapa sawit. Keragaman spora di lahan gambut alami maupun gambut untuk perkebunan kelapa sawit ditemukan 12 jenis spora dari genus *Glomus*. Jumlah spora di lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit ditemukan 320 spora/100 g tanah dan di hutan gambut

alami ditemukan 152 spora/100 g tanah (Rahmawati *et al.*, 2020).

Analisis Kimia Tanah

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; Firmansyah *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. Hasil analisis kimia dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap ketersediaan unsur P
Table 3 Effect of mycorrhizal biofertilizer on the availability of P elements

Perlakuan	P-Total (ppm)	P-Tersedia (ppm)
Sebelum Perlakuan	342	8,48
A (Kontrol)	757,58 b	11,28 c
B (NPK 2,5 g)	961,54 a	29,59 bc
C (20 g pupuk hayati)	751,75 b	11,58 c
D (1 NPK + 20 g pupuk hayati)	879,95 ab	68,98 a
E (3/4 NPK + 20 g pupuk hayati)	920,75 ab	49,97 ab
F (1/2 NPK + 20 g pupuk hayati)	900,35 ab	35,76 b

Keterangan = Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata jarak berganda Duncan pada taraf α 5%

Note = Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different based on Duncan's multiple distance significant different test at the α level of 5%

Tabel 3 menunjukkan Kadar P-tersedia pada tanah sebelum perlakuan didapatkan sebesar 8,48 ppm, sedangkan kandungan P total tanah dengan nilai 342 ppm. Kondisi tanah asam menyebabkan sebagian unsur P terikat, sehingga tidak bisa diserap oleh tanaman dalam bentuk ion. Hal ini sesuai dengan hasil analisis yang dilakukan yaitu tanah yang digunakan mengandung pH 5,81 dengan kriteria agak masam. Penambahan pupuk hayati mikoriza cocok digunakan pada tanah ini, karena fungsi mikoriza mampu mengubah P terikat menjadi P tersedia sehingga bisa diserap oleh tanaman.

Berdasarkan Tabel 3, kadar P-tersedia tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan D (1 NPK + 20 g pupuk hayati). Perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan E (3/4 NPK + 20 g pupuk hayati) namun berbeda nyata

dengan perlakuan lainnya. Perlakuan pupuk hayati mikoriza dan berbagai dosis NPK memiliki kadar P-tersedia lebih tinggi dibandingkan kontrol dan aplikasi tunggal pupuk hayati. Hal ini karena pupuk NPK mengandung unsur hara tambahan yang tersedia, sehingga bisa langsung diserap tanaman. Aplikasi kombinasi pupuk hayati mikoriza dengan NPK mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara P bagi bibit kelapa sawit, dibandingkan perlakuan NPK tunggal. Keberadaan P total di dalam tanah juga sangat penting, mikoriza berperan melepaskan unsur P yang terikat di dalam tanah menjadi tersedia bagi tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian Scrase *et al.* (2020), penyerapan unsur hara fosfor oleh tanaman akan meningkat dengan adanya mikoriza pada tanaman.

Aplikasi mikoriza dapat meningkatkan ketersediaan P pada tanah Ultisol sebesar 38,57% dibandingkan dengan kontrol (Rajmi *et al.*, 2018) dan pada tanah Andisol sebesar 24% (Musafa *et al.*, 2015). Mikoriza dapat menyerap fosfat organik dan mengubahnya menjadi P anorganik yang dapat diserap tanaman dengan bantuan enzim fosfatase (Same, 2011). Fosfatase merupakan enzim yang akan dihasilkan apabila ketersediaan fosfat rendah. Fosfatase diekspresikan oleh akar tanaman dan mikroorganisme, dari keduanya tersebut mikroorganisme lebih dominan dalam menghasilkan fosfat (Joner *et al.*, 2000).

Simbiosis antara FMA dan tumbuhan bersifat mutualistik karena daerah serapan akar diperluas

oleh miselium FMA, sehingga serapan hara terutama P menjadi lebih besar. Kecepatan masuknya P ke dalam hifa FMA bisa enam kali lebih cepat daripada kecepatan masuknya P melalui rambut akar. Selain serapan hara melalui aliran massa, serapan P yang tinggi juga disebabkan oleh hifa jamur yang juga mengeluarkan enzim fosfatase mampu melepaskan P dari ikatan spesifik sehingga tersedia bagi tanaman (Basri, 2018).

Analisis Biologi Tanah

Analisis biologi tanah dilakukan untuk melihat populasi total mikrob dan tingkat respirasi pada tanah dari setiap perlakuan. Hasil analisis biologi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap total mikrob dan respirasi tanah
Table 4 Effect of mycorrhizal biofertilizer on total microbial and soil respiration

Perlakuan	Total Mikrob (x 10 ⁵ SPK /g tanah BKM)	Respirasi Tanah (g C/hari)
Sebelum perlakuan	3,10	4,34
A (Kontrol)	13,98 b	4,91 b
B (NPK 2,5 g)	17,49 b	5,09 b
C (20 g Pupuk hayati)	17,65 b	5,49 b
D (1 NPK + 20 g Pupuk hayati)	31,76 a	6,97 a
E (3/4 NPK + 20 g Pupuk hayati)	28,67 a	7,94 a
F (1/2 NPK + 20 g Pupuk hayati)	30,57 a	7,83 a

Keterangan = Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata jarak berganda Duncan pada taraf α 5%

Note = Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different based on Duncan's multiple distance significant different test at the α level of 5%

Tabel 4 menunjukkan, total mikrob sebelum perlakuan didapatkan sebesar 3,10 x 10⁵ SPK/g tanah BKM. Populasi total mikrob terbaik yaitu 31,76 x 10⁵ SPK/g tanah BKM pada perlakuan D (1/2 NPK + 20 g Pupuk hayati). Perlakuan D tidak berbeda nyata dengan perlakuan E maupun F, namun berbeda nyata dengan perlakuan kontrol, NPK standar, dan pupuk

hayati. Faktor yang berpengaruh terhadap populasi total mikrob diantaranya faktor kesuburan tanah, reaksi tanah (pH), kondisi fisik, kimia, ketersediaan sumber hara dan biologi tanah (Purwaningsih *et al.*, 2004). Faktor biologi tanah salah satunya adalah spora mikoriza di dalam tanah. Perkembangan mikrob di sekitar perakaran dipengaruhi oleh aktivitas

metabolisme akar, akar tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza mengeluarkan senyawa metabolit yang dapat mempengaruhi mikrob tanah.

Respirasi tertinggi terdapat pada perlakuan E (3/4 NPK + 20 g Pupuk hayati), meskipun tidak berbeda nyata terhadap perlakuan D dan F. Respirasi tanah lebih tinggi pada perlakuan pupuk hayati mikoriza dan kombinasi pupuk NPK, dibandingkan kontrol, pupuk hayati tunggal, dan NPK tunggal (Tabel 5). Semakin aktif mikrob yang berada di dalam tanah, maka respirasi yang diperoleh akan tinggi pula. Faktor yang mempengaruhi respirasi tanah antara lain adalah suhu, kelembaban, pH, vegetasi, dan mikroorganisme (Setiawan & Hanum 2014). Mikoriza merupakan salah satu mikroorganisme tanah yang dapat meningkatkan respirasi tanah. Mikoriza membentuk simbiosis mutualisme dengan akar tanaman, mikoriza membantu penyerapan unsur hara di dalam tanah dan tanaman memberikan hasil fotosintesis kepada spora mikoriza. Akar tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza mengeluarkan eksudat akar di daerah *rizhosfer* yang dapat menarik mikroba lainnya untuk hidup di daerah perakaran. Menurut (Pulungan, 2018), eksudat akar dapat mempengaruhi komunitas mikroba pada *rhizosfer*.

KESIMPULAN

Perlakuan 3/4 NPK standar+20 g pupuk hayati (E) mampu membentuk kolonisasi pada akar bibit kelapa sawit sebesar 100%. Jumlah spora paling tinggi yaitu 94 spora/10 g terdapat pada perlakuan 1 NPK standar+20 g pupuk hayati (D) dengan 6 jenis spora yaitu; *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Glomus* sp3, *Acaulospora* sp1, *Acaulospora* sp2, dan *Acaulospora* sp3. Pemberian mikoriza dan berbagai dosis NPK pada bibit kelapa sawit menunjukkan adanya peningkatan ketersediaan fosfor, total mikrob, dan respirasi di dalam tanah. Perlakuan 1 NPK standar+20 g pupuk hayati (D) merupakan perlakuan paling baik dalam meningkatkan ketersediaan P, yaitu 68,98 ppm. Total populasi mikrob tertinggi terdapat pada perlakuan pupuk hayati mikoriza 1/2 NPK + 20 g pupuk hayati (E), yaitu $31,76 \times 10^5$ SPK/g. Respirasi tanah tertinggi terdapat pada perlakuan 3/4 NPK + 20 g pupuk hayati (F), yaitu 7,94 g C/hari.

SARAN

Perlakuan 3/4 NPK + 20 g pupuk hayati (E) dapat dijadikan acuan untuk penerapan di lapangan, hal ini karena infeksi akar dan respirasi tanah memiliki nilai tertinggi, sedangkan P tersedia dan total mikrob menunjukkan hasil yang baik dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan mikoriza lainnya.

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 PUSTAKA

- 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): 270.
- Anggiani, A.A.Y., Proborini, M.W., Muksin, I.K., Narayani, I. 2021. Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula *Glomus* sp. and *Trichoderma* sp. Sebagai Pupuk Hayati dan Biostimulator of Tomatoes Growth (*Solanum Lycopersicum* L.). *Jurnal Biologi Udayana*. 25(2): 117
- Anhar, A. and Fikrinda, F., 2017. Eksplorasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Perkebunan Kelapa Sawit PT. Lembah Bhakti di Rawa Singkil dengan Kultur Trapping. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2(3): 38-48.
- Basri, A.H.H., 2018. Kajian peranan mikoriza dalam bidang pertanian. *Agrica Ekstensi*. 12(2): 74-78.
- Brundrett MC, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N. 1996. *Working with Mycorrhizal in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU). Pirie Printers.
- Chaiyasen, A., Leardwiryakool, C., Douds, D.D., Lumyong, S. 2017. Influence of host plants and soil diluents on arbuscular mycorrhizal fungus propagation for on-farm inoculum production

- using leaf litter compost and agrowastes. *Biol Agric Hortic.* (33): 52–62.
- Firmansyah, I., Syakir, M., Lukman, L. 2017. Pengaruh Kombinasi Dosis Pupuk N, P, dan K Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.). *J. Hort.* 27 (1): 69-78.
- Hazra, F., Istiqomah, F.N., Adriani, L. 2021. Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza Pada tanaman Bawang Merah (*Allium Cepa* var. *aggregatum*) di Tanah Latosol Dramaga. *Jurnal Tanah Lingkungan.* 23(2): 65.
- Hazra, F., Istiqomah, F.N., Agus, H.N., 2022. Aplikasi mikoriza granul dan powder menggunakan Teknik coating pada jagung manis (*Zea mays saccharate* L.) di tanah latosol dan regosol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan.* 9(2): 311-320
- Hazra, F., Istiqomah, F.N., Fadilla, A.N., 2023. Potensi fumyco (fungi mikoriza arbuskula) dalam meningkatkan pertumbuhan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan. *J. Pen. Kelapa Sawit.* 31(3): 153-162.
- Hendarjanti, H., & Sukorini, H. (2022). Controlling Basal Stem Rot in Oil Palm Plantations by Applying Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Trichoderma spp. *KnE Life Sciences*, 7(3), 206 – 227. <https://doi.org/10.18502/cls.v7i3.11121>.
- Istiqomah, N. I., Novanto, P. R. (2023). Pengaruh Dosis Dan Daya Simpan Mikoriza Terhadap Efektivitas dan Invektivitas pada Bibit Kelapa Sawit Pre dan Main Nursery. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 28(3), 154-163. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v28i3.123>.
- Joner, E.J., Aarle, I.M. and Vosatka, M. 2000. Phosphatase activity of extraradical arbuscularmycorrhiza hyphae: a review. *Plant and Soil.* (226): 199 - 210.
- Lubis, Y.H., Panggabean, E.L. and Azhari, A., 2019. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang dan Mikoriza terhadap Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pembibitan Pre-Nursery. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian* 3(2): 85-98.
- Messa, V.R., Costa, A.C.T.D., Kuhn, O.J., Stroze, C.T. 2020. Nematophagous and endomycorrhizal fungi in the control of *Meloidogyne incognita* in soybean Fungo nematófago e endomicorrizicos no controle de *Meloidogyne incognita* na soja. *Rhizosphere.* 15.
- Miska, M.E.E., Junaedi, A., Wachjar, A., Mansur, I. 2016. Karakterisasi fungi mikoriza arbuskula pada rhizosfer aren (*Arenga pinnata* (Wrm) Merr.) dari Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Silviculture Tropika.* 07(1): 18-23.
- Musafa, M.K., Aini, L.Q.L.Q. and 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): 191-197.
- Prabowo, R., Subantoro, R. 2018. Analisis tanah sebagai indikator tingkat kesuburan lahan budidaya pertanian di Kota Semarang. *Cendekia Eksakta.* 2(2).
- Prihantoro, I., Soewondo, P.D.M., Aditia, E.L., Nisabillah, S. Kualitas fungi mikoriza arbuskula (FMA) yang diproduksi dengan teknik fortifikasi dan fertigasi berbeda pada pertumbuhan *Indigofera zollingeriana*. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI):* 28(3): 377-385.
- Priwiratama, H., Pradana, M.G., Susanto, A., Rozziansha, T.A.P. and Istiqomah, F.N., 2022. Dampak Aplikasi Konsorsium Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman dan Perkembangan Penyakit Ganoderma di Pembibitan Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit.* 30(3): 123-140.
- Pulungan, A.S.S., 2018. Tinjauan ekologi fungi mikoriza arbuskula. *JBIO: jurnal biosains (the journal of biosciences).* 4(1): 17-22.
- 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.*
- Rahmawati, R., Putir, P.E., Damiri, M. and Tanduh, Y., 2020. Keragaman fungi mikoriza arbuskula (fma) di lahan gambut konversi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit: Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (FMA) in

- Peatland Conversion Forest Nature Become A Palm Oil Plantation. *Hutan Tropika*, 15(1): 8-19.
- Rajapakse, S., Miller, J.C. 1992. 15 Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. *Methods In Microbiology*. (24): 301-316.
- Rajmi, S.L., Margaretha, M. and Refliati, R., 2018. peningkatan ketersediaan P ultisol dengan pemberian fungi mikoriza arbuskular. *Jurnal Agroecotania: Publikasi Nasional Ilmu Budidaya Pertanian*, 1(2): 42-48.
- 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): 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: 27-33. doi: 10.1016/j.rhisph.2018.11.001.
- Setiawan D, Hanum H. 2014. Respirasi Tanah sebagai Indikator Kepulihan Lahan Pascatambang Batubara di Sumatera Selatan. *Jurnal Lahan Suboptimal*. Vol. 3, No.1: 71-75.
- Sodikin, E., Sulaiman, F., Amar, M., Achadi, T., Yakup, Y., Sefrila, M., & Apria, A. (2022). Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Hayati Mikoriza pada Pertumbuhan Bibit Dua Varietas Kelapa Sawit di Pembibitan Awal. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 141-152.
- Swastika. 2014. *Pengelolaan Tanah dan Hara untuk Pertanian*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Semarang.
- Trisnawati, A. 2022. Analisis status kesuburan tanah pada kebun petani Desa Ladogahar Kecamatan Nita Kabupaten Sikka. *Journal Locus Penelitian dan Pengabdian*. 1(2): 68-80.
- Wijayani, S., Wirianata, H. 2021. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula pada perkebunan kelapa sawit rakyat. *Agrin*. 25(2): 165-177.