



IDENTIFIKASI JENIS DAN POPULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR (*ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI*) PADA LAHAN TEBU PG. REJO AGUNG BARU MADIUN

Abrorurizal Laduni¹, Moch. Arifin^{1*}, Rossyda Priyadarshini¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294

*Corresponding Author: arifin.agro@upnjatim.ac.id

ABSTRACT

[IDENTIFICATION OF SPECIES AND POPULATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN SUGARCANE PLANTATIONS AT PG. REJO AGUNG BARU, MADIUN]. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) play an important role in enhancing plant root capacity for nutrient uptake. This study aimed to identify the species and determine the population of AMF in sugarcane fields at PG. Rejo Agung Baru, Madiun. Observations were conducted on four fields with different productivity levels: very high, high, moderate, and low. The research employed a quantitative descriptive approach with an exploratory method. Soil and root samples were analyzed to determine AMF species and population density, while the relationships between AMF populations and soil properties were examined using simple linear regression and t-tests. The results revealed that all sites contained the same AMF species, *Glomus* sp., which exhibited a high adaptability to various soil fertility conditions. The highest AMF population was observed in the very high productivity field (1.01×10^7 spores/ha), whereas the lowest was found in the moderate productivity field (0.06×10^7 spores/ha). Population variations were influenced by interactions among soil physical and chemical properties, particularly pH, organic carbon, total nitrogen, and clay fraction. Overall, this study demonstrates that the occurrence and population density of AMF, especially *Glomus* sp., are strongly affected by soil conditions. Optimal AMF populations were associated with soils characterized by near-neutral pH, high organic matter content, low clay fraction, and moderate nitrogen levels, suggesting that these factors are critical for enhancing AMF activity in sugarcane cultivation.

Keyword: *arbuscular mycorrhizal fungi, Glomus* sp., *population, soil properties, sugarcane*

ABSTRAK

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) berperan penting dalam meningkatkan penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan menentukan populasi FMA pada lahan tebu di PG. Rejo Agung Baru Madiun. Pengamatan dilakukan pada empat lahan dengan tingkat produktivitas berbeda: sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode eksploratif. Sampel tanah dan akar dianalisis untuk menentukan jenis dan populasi FMA, serta diuji keterkaitannya dengan sifat fisika dan kimia tanah menggunakan analisis regresi linear dan uji t. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada semua lahan ditemukan jenis FMA yang sama, yaitu *Glomus* sp., yang memiliki kemampuan adaptasi tinggi pada berbagai kondisi kesuburan tanah. Populasi tertinggi ditemukan pada lahan produktivitas sangat tinggi, mencapai $1,01 \times 10^7$ spora/ha, sedangkan populasi terendah terdapat pada lahan produktivitas sedang, yaitu $0,06 \times 10^7$ spora/ha. Variasi populasi dipengaruhi oleh interaksi sifat fisika dan kimia tanah, terutama pH, kandungan C-organik, N-total, dan fraksi liat. Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan bahwa keberadaan dan populasi FMA, khususnya *Glomus* sp., sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah. Kombinasi pH mendekati netral, kandungan bahan organik tinggi, fraksi liat rendah, dan kadar nitrogen moderat menjadi kondisi optimal untuk meningkatkan populasi dan aktivitas FMA pada lahan tebu.

Kata kunci: *fungi mikoriza arbuskular, Glomus* sp., *populasi, sifat tanah, tebu*

PENDAHULUAN

Pabrik Gula (PG) Rejo Agung Baru yang berlokasi di Kota Madiun merupakan salah satu produsen gula terbesar di Jawa Timur, Indonesia. Dengan luas area produksi mencapai 8.250 hektar, pabrik ini mampu menghasilkan sekitar 760.000 ton tebu per tahun, menjadikannya salah satu penopang utama pasokan gula nasional. Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan komoditas strategis penghasil gula di Indonesia, baik untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga maupun industri. Sebagian besar produksi gula nasional masih bergantung pada tanaman tebu, sehingga produktivitas lahan tebu berperan langsung dalam menjaga ketahanan pasokan gula dalam negeri.

Namun, praktik budidaya tebu di lahan yang sama secara berulang tanpa diimbangi dengan perbaikan kualitas tanah berpotensi menyebabkan penurunan kesuburan dan degradasi lahan. Kondisi ini memerlukan upaya pengelolaan lahan yang lebih efektif, salah satunya melalui pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). FMA memiliki peran penting dalam meningkatkan penyerapan unsur hara melalui perpanjangan hifa eksternal dan aktivitas enzimatis pada sistem perakaran (Gloria *et al.*, 2022). Populasi dan keragaman FMA dipengaruhi oleh berbagai faktor biotik dan abiotik, termasuk sifat fisika dan kimia tanah. Misalnya, tekstur tanah berpengaruh terhadap jenis FMA yang dapat berkembang: tanah bertekstur liat cenderung didominasi *Glomus mosseae*, sedangkan tanah bertekstur pasir menunjukkan aktivitas *Gigaspora* sp. yang lebih tinggi (Alhudaya *et al.*, 2023).

Faktor lain yang memengaruhi keberadaan FMA adalah pengolahan tanah dan kandungan bahan organik. Metode pengolahan tanah yang berbeda dapat memengaruhi tingkat pemadatan serta ketersediaan bahan organik yang berperan penting dalam mendukung populasi FMA (Fabilla *et al.*, 2023). Selain itu, suhu tanah juga memengaruhi aktivitas FMA. Suhu optimal perkecambahan spora bervariasi antar spesies, namun suhu tinggi hingga 35°C umumnya tidak menghambat perkembangan akar dan aktivitas fisiologis FMA. Akan tetapi, pada suhu ekstrem di atas 40 °C, peran FMA dapat menurun signifikan (Wahid, 2018).

Penelitian sebelumnya oleh Fatmawati *et al.* (2025) mengeksplorasi keberadaan FMA pada lahan tebu di PG. Madubaru, Bantul, Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan jumlah spora antar varietas tebu, terlihat varietas Kidang Kencana memiliki jumlah spora tertinggi, yaitu 269 spora per 100 g tanah. Studi tersebut menegaskan adanya hubungan erat antara varietas tebu, sifat fisik dan kimia tanah, serta populasi FMA.

Sebagai salah satu produsen tebu terbesar di Jawa Timur, PG. Rejo Agung Baru Madiun menjadi lokasi strategis untuk memahami peran FMA dalam produktivitas lahan tebu. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan menentukan populasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada lahan tebu di PG. Rejo Agung Baru Madiun sebagai dasar pengelolaan lahan yang lebih berkelanjutan dan produktif.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan waktu

Penelitian dilaksanakan di lahan produksi Pabrik Gula Rejoagung Baru, pada bulan Januari 2025 – Februari 2025. Analisa data dilakukan di Laboratorium Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur dan Laboratorium Mikro PG. Rejo Agung Kota Madiun Maret 2025 – April 2025.

Rancangan penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksploratif (Sugiyono, 2018). Penelitian deskriptif kuantitatif bertujuan untuk menggambarkan kondisi nyata di lapangan secara objektif melalui pengukuran data numerik, seperti jumlah spora dan populasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). Pendekatan eksploratif dipilih karena kajian mengenai jenis dan populasi FMA pada lahan tebu di PG. Rejo Agung Baru Madiun masih terbatas, sehingga diperlukan eksplorasi awal untuk memetakan keberadaan FMA dan hubungannya dengan sifat tanah (Creswell & Creswell, 2017).

Penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran faktual tentang jenis FMA yang ditemukan, besarnya populasi spora per satuan luas lahan, serta kecenderungan hubungan antara populasi FMA dengan sifat fisika dan kimia tanah tanpa melakukan manipulasi variabel.

Pengambilan sampel tanah dan akar

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada titik-titik lokasi tanaman tebu yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada setiap lahan, sampel diambil dari 5–10 titik pengamatan pada empat kategori lahan berbeda, yaitu lahan dengan produktivitas sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah. Tanah diambil pada zona rizosfer tanaman tebu sebanyak 1 kg untuk masing-masing kedalaman, yaitu 0–30 cm dan 30–60 cm.

Sampel tanah dari titik yang sama kemudian dikomposit berdasarkan kedalaman yang seragam untuk setiap ulangan. Selanjutnya, sampel dimasuk-

kan ke dalam kantong plastik, diberi label identitas yang mencakup lokasi pengambilan, nomor titik sampel, kedalaman tanah, dan tanggal pengambilan.

Pengambilan sampel akar dilakukan dengan memilih satu tanaman tebu utuh pada setiap kategori lahan, sehingga diperoleh total 4 sampel tanaman. Masing-masing tanaman, diambil 10 potongan akar untuk keperluan analisis, yang selanjutnya dibagi menjadi dua preparat sesuai prosedur laboratorium.

Pengamatan sifat fisik dan kimia tanah

Sifat fisik yang diamati meliputi tekstur tanah dengan metode pipet dan kadar air menggunakan metode gravimetri. Sedangkan untuk sifat kimia tanah meliputi pH dengan metode konduktometri, C-Organik dengan metode Walkey & Black, N-Total dengan metode Kjeldahl, C/N Rasio, P-Tersedia dengan metode ekstraksi HCl 25%.

Ekstraksi dan identifikasi spora fungi mikoriza arbuskular (FMA)

Sampel media dari masing-masing perlakuan seberat 50 g dimasukkan ke dalam gelas beaker dan mencampurkan dengan 500 mL air, lalu diaduk hingga homogen. Suspensi media kemudian disaring menggunakan saringan mikro bertingkat yaitu berukuran 500 μm , 200 μm , dan 50 μm yang disusun bertingkat dengan ukuran terbesar berada di bagian paling atas. Selanjutnya dimasukkan kedalam testube dan disentrifugasi. Hasil dari sentrifugasi ini berupa supernatan yang akan diamati pada mikroskop. Pengamatan jenis FMA dilakukan dengan melakukan pengamatan hasil super natan yang terbentuk dari proses sentrifugasi. Karakter morfologi spora mikoriza diamati untuk mendapatkan klasifikasi genus mikoriza. Pengamatan yang dilakukan meliputi: bentuk spora, warna spora, dan ukuran atau diameter spora. Keane-karagaman dan populasi spora dihitung menggunakan rumus frekuensi relatif (Alayya & Prasetya, 2022) :

$$\text{Kepadatan spora} = \frac{\sum \text{Spora}}{\text{massa tanah yang diamati}} \times 100\%$$

Pada sampel akar tanaman, diawali dengan menyiapkan akar yang sudah dibersihkan dengan air mengalir. Memotong akar tanaman sepanjang 2 cm, kemudian merendamnya dengan larutan KOH 10% selama 30 menit. Kemudian membersihkannya dengan alkohol dan merendamnya kembali dengan *trypan blue* selama 3 jam. Hasil dari perendaman *trypan blue* digunakan untuk analisa kolonisasi FMA terhadap akar.

Pewarnaan dan pengamatan kolonisasi FMA

Pada sampel akar tanaman, diawali dengan menyiapkan akar yang sudah dibersihkan dengan air mengalir. Memotong akar tanaman sepanjang 2 cm, kemudian merendamnya dengan larutan KOH 10% selama 30 menit. Kemudian membersihkannya dengan alkohol dan merendamnya kembali dengan *trypan blue* selama 3 jam. Hasil dari perendaman *trypan blue* digunakan untuk analisa kolonisasi FMA terhadap akar. Kolonisasi terhadap akar meliputi pengamatan dengan mikroskop cahaya dan dihitung jumlah kolonisasi mikoriza pada setiap akarnya. Perhitungan kolonisasi akar oleh FMA menggunakan metode % jumlah akar terkoloni dari total seluruh sampel. Berikut rumus yang dapat digunakan (Maulana *et al.*, 2022) :

$$\text{Persentase akar yang terinfeksi} = \frac{\sum \text{akar terkoloni}}{\sum \text{akar pada setiap preparat}} \times 100\%$$

Analisis data dan perangkat lunak

Data yang telah diperoleh dari analisa laboratorium ditabulasi yang selanjutnya akan dianalisa regresi linear sederhana dan ditampilkan dalam bentuk kurva hubungan. Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk mendapatkan model hubungan populasi mikoriza dan sifat-sifat tanah (Iba & Wardhana, 2024) . Analisis ini dilakukan dengan program *IBMSPSS.26* yang diawali dengan uji t untuk menentukan perbedaan hasil analisa pada setiap sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik lokasi penelitian

Tekstur tanah merupakan perbandingan fraksi liat, debu, dan pasir yang mengacu pada proporsi relatif (%) pada partikel tanah berdiameter kurang dari 2,0 mm (Maydayana *et al.*, 2023). Kondisi fisik tanah yang ideal terbentuk dari perpaduan karakteristik tanah yang seimbang. Tekstur tanah berupa debu dan lempung dinilai paling sesuai karena dapat mempertahankan air dan udara dalam jumlah yang memadai untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Dulur *et al.*, 2020).

Hasil analisis tekstur di lokasi penelitian (Tabel 1.) menunjukkan adanya tiga kelas tekstur tanah yang berbeda, yaitu debu, liat berdebu, dan lempung liat berdebu. Tekstur lempung liat berdebu ditemukan pada hampir semua titik pengamatan dan kedalaman. Pada lahan dengan produktivitas sangat

tinggi didapatkan kelas tekstur lempung liat berdebu, dan liat berdebu. Hal yang sama juga ditemukan pada lahan dengan produktivitas tinggi, dan rendah. Semua tingkat produktivitas lahan menunjukkan rata-rata % fraksi liat yang cukup tinggi yaitu 30%. Kandungan liat lebih dari 30% di seluruh titik sampel mengindikasikan ciri khas tanah vertisol Sesuai dengan pernyataan Lele, (2023), bahwa ciri-ciri tanah vertisol salah satunya ialah memiliki tekstur lempung liat sampai liat dengan kandungan liat >30%.

Tabel 1. Hasil analisa tekstur tanah di lokasi penelitian

Lahan	Kode Sampel	Fraksi %			Kelas Tekstur
		Pasir	Debu	Liat	
Sangat Tinggi	ST 1.1	5,31	67,38	27,31	Lempung liat berdebu
Tinggi	ST 1.2	4,81	59,5	35,69	Lempung liat berdebu
Sedang	ST 2.1	8,13	59,4	32,44	Lempung liat berdebu
Rendah	ST 2.2	5,29	58,08	36,64	Lempung liat berdebu

Sifat kimia lokasi penelitian

Berdasarkan hasil analisis laboratorium (Tabel 2), pH tanah pada lahan dengan produktivitas sangat tinggi dan sedang menunjukkan nilai netral, masing-masing sebesar 7,02 dan 6,62. Sebaliknya, lahan dengan produktivitas tinggi dan rendah menunjukkan pH agak masam. Uji t menunjukkan bahwa lahan dengan produktivitas sangat tinggi berbeda nyata dibandingkan dengan lahan produktivitas tinggi, serta sangat berbeda nyata dibandingkan dengan lahan produktivitas sedang dan rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa pH tanah memegang peranan penting dalam meningkatkan produktivitas lahan. Sejalan dengan hal tersebut, Sarah *et al.* (2024) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman optimal dicapai pada kondisi pH tanah yang sesuai.

Seluruh kelas produktivitas lahan menunjukkan kandungan bahan organik yang rendah (Tabel 2). Kisaran nilai kandungan bahan organik antara 0,87% hingga 1,04%. Pada lahan dengan produktivitas sangat tinggi, tinggi, dan rendah, rata-rata nilai C-organik tercatat sebesar 1,02% dan tergolong dalam kelas rendah. Sementara itu, lahan dengan produktivitas sedang menunjukkan nilai lebih rendah yaitu 0,87%, masuk dalam kategori sangat rendah. Hasil uji t menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antar kelas produktivitas. Namun, penelitian oleh Mualif & Kusumawati (2021) menunjukkan bahwa kandungan C-organik

secara signifikan berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas lahan tebu.

Analisis terhadap kandungan N total tanah menunjukkan bahwa seluruh kelas produktivitas memiliki nilai N yang tergolong rendah hingga sangat rendah. Lahan dengan produktivitas sangat tinggi, tinggi, dan sedang masing-masing memiliki kadar N sebesar 0,06%, 0,07%, dan 0,08%. Kondisi ini mencerminkan karakteristik vertisol yang umumnya memiliki kadar N rendah akibat tingkat pencucian yang tinggi. Hal ini sejalan dengan temuan Lele (2023), yang melaporkan bahwa vertisol mengandung N-total sebesar 0,17%, kapasitas tukar kation (KTK) sebesar 50,84 me/100 g, dan pH sebesar 6,8. Hasil uji t kembali menunjukkan bahwa perbedaan kadar N antar kelas produktivitas tidak signifikan. Meskipun demikian, keberadaan unsur hara N sangat penting karena mendukung laju pertumbuhan tanaman, terutama dalam proses fotosintesis, yang pada akhirnya berpengaruh langsung terhadap bobot segar dan produktivitas tanaman (Pangaribuan *et al.*, 2020 In Jeni *et al.*, 2025).

Tabel 2. Sifat kimia tanah di lokasi penelitian

Produktivitas Lahan	pH	C-Organik	N-Total
Sangat Tinggi	7,02(N) ^a	1,19(R) ^a	0,06(SR) ^a
Tinggi	6,57(AM) ^b	1,01(R) ^a	0,07(SR) ^a
Sedang	6,62(N) ^b	0,87(SR) ^a	0,08(SR) ^a
Rendah	6,47(AM) ^b	1,04(R) ^a	0,10 (R) ^a

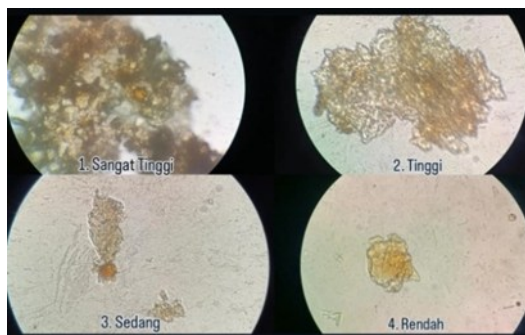
Keterangan: (N)=Netral; (AM)=Agak Masam; (SR)=Sangat Rendah; (R)=Rendah; Huruf (a,b) menunjukkan hasil uji t

Populasi FMA

Hasil pengamatan terhadap karakteristik mikoriza arbuskula (FMA) pada rhizosfer tanaman tebu menunjukkan tingkat keragaman yang relatif serupa pada empat lokasi berbeda pengambilan sampel. Mikoriza dari genus *Glomus* sp. teridentifikasi di seluruh lokasi penelitian (Gambar 1). Identifikasi *Glomus* sp. dilakukan berdasarkan ciri morfologinya, yaitu berbentuk bulat, berwarna kuning kecoklatan, dan memiliki diameter sekitar 70 µm.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Gloria *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa genus *Glomus* sp. memiliki karakteristik spora berbentuk bulat dengan variasi warna mulai dari kuning, kuning tua, kuning kecoklatan, coklat muda, coklat kemerahan, hingga coklat tua kehitaman, serta berdiameter antara 45–180 µm. Genus *Glomus* sp. ditemukan di seluruh lokasi menunjukkan bahwa mikoriza ini memiliki daya adaptasi yang tinggi, sebaran yang luas, serta kemampuan berasosiasi yang baik dengan perakaran tanaman tebu. Selain itu, genus ini juga tercatat

sebagai yang paling dominan dibandingkan dengan genus mikoriza lainnya.



Gambar 1. Hasil Eksplorasi FMA pada lahan (a). Produktivitas Sangat Tinggi; (b). Produktivitas Tinggi; (c). Produktivitas Sedang; (d). Produktivitas Rendah.

Hasil eksplorasi FMA (Tabel 3) menunjukkan adanya variasi tingkat populasi *Glomus* sp. pada lahan tebu dengan tingkat produktivitas yang berbeda. Populasi FMA tertinggi ditemukan pada lahan dengan produktivitas sangat tinggi, yaitu mencapai $1,01 \times 10^7$ spora/ha.

Tabel 3. Hasil analisa populasi FMA tanah

Kedalaman (cm)	Titik	Populasi FMA (spora/ha) pada lahan tebu			
		Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah
0-30	1	$1,09.10^7$	$0,17.10^7$	0	$0,07.10^7$
	2	$0,55.10^7$	$0,17.10^7$	$0,04.10^7$	$0,07.10^7$
	3	$0,18.10^7$	$0,35.10^7$	$0,04.10^7$	$0,27.10^7$
30-60	1	$1,47.10^7$	$0,43.10^7$	$0,06.10^7$	$0,21.10^7$
	2	$1,65.10^7$	$0,44.10^7$	$0,06.10^7$	0
	3	$1,10.10^7$	$0,61.10^7$	$0,14.10^7$	$0,21.10^7$
Rata-Rata		$1,01.10^7$	$0,36.10^7$	$0,06.10^7$	$0,14.10^7$

Sebaliknya, populasi terendah terdapat pada lahan dengan produktivitas sedang, yaitu hanya $0,06 \times 10^7$ spora/ha. Menariknya, lahan dengan produktivitas sangat tinggi, tinggi, dan rendah memiliki populasi FMA yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan produktivitas sedang.

Rendahnya populasi mikoriza pada lahan dengan produktivitas sedang diduga disebabkan oleh kadar bahan organik yang sangat rendah, sehingga ketersediaan sumber nutrisi bagi mikoriza menjadi terbatas. Hal ini sejalan dengan temuan Putra *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa kandungan C-organik dapat memengaruhi proses mineralisasi, yang pada gilirannya menyediakan unsur hara penting bagi simbiosis FMA dengan tanaman serta merangsang pertumbuhan hifa.

Perbedaan yang signifikan antar lokasi penelitian, yang diduga disebabkan oleh variasi peubah fisik

dan kimia tanah pada setiap lahan. Dengan demikian, perbedaan populasi FMA pada berbagai tingkat produktivitas lahan menunjukkan bahwa keberadaan mikoriza arbuskula, khususnya *Glomus* sp., berperan penting dalam mendukung produktivitas lahan tebu.

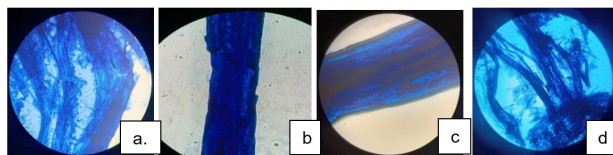
Kolonisasi FMA terhadap akar

Kolonisasi merupakan bentuk asosiasi simbiotik antara FMA dan tanaman inang, spora mikoriza berinteraksi dengan eksudat perakaran tanaman untuk membentuk hubungan yang saling menguntungkan. Semakin tinggi persentase kolonisasi, semakin besar tingkat kecocokan antara eksudat perakaran tanaman inang dengan spora mikoriza, sehingga meningkatkan keberhasilan pembentukan simbiosis.

Kolonisasi akar dapat dipahami sebagai proses bertahap yang melibatkan interaksi fisik dan fisiologis antara akar tanaman inang dan FMA. Secara umum, proses kolonisasi akar dibagi menjadi empat tahapan utama, yaitu (Genre *et al.*, 2008) : (1) Tahap pra-infeksi → spora mikoriza mendeteksi sinyal kimia dari eksudat akar tanaman inang; (2) Tahap penetrasi → hifa mikoriza mulai menembus permukaan akar tanaman inang melalui epidermis. (3) Tahap pertumbuhan hifa → hifa berkembang di dalam jaringan korteks akar dan membentuk struktur khusus seperti arbuskula dan vesikula. (4) Tahap fungsi simbiosis FMA berperan aktif membantu penyerapan unsur hara (terutama fosfor) dan air dari tanah, sedangkan tanaman inang menyediakan sumber karbon bagi mikoriza.

Dengan demikian, proses kolonisasi FMA tidak hanya membentuk hubungan struktural pada akar tanaman, tetapi juga meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan air, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman inang.

Berdasarkan hasil perhitungan (Gambar 2), tingkat kolonisasi FMA tertinggi ditemukan pada lahan dengan produktivitas sangat tinggi, yaitu mencapai 40%, yang termasuk dalam kategori sedang. Sebaliknya, tingkat kolonisasi terendah terdapat pada lahan dengan produktivitas rendah, yaitu hanya 8%, yang diklasifikasikan dalam kategori rendah.



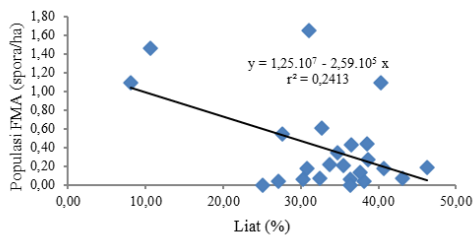
Gambar 2. Hasil perhitungan kolonisasi FMA terhadap akar [a]. lahan produktivitas sangat tinggi (40%); [b]. lahan produktivitas tinggi (26); [c]. lahan produktivitas sedang (16); [d]. lahan produktivitas rendah (8%)

Perbedaan tingkat kolonisasi ini diduga dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah bentuk dan sistem perakaran tanaman. Tanaman dengan

sistem perakaran yang luas dan dalam memiliki peluang lebih besar untuk membentuk koloni mikoriza dibandingkan dengan tanaman yang memiliki sistem perakaran sempit dan dangkal. Prayoga & Prasetya (2021) menyatakan bahwa kerapatan dan distribusi perakaran tanaman berperan penting dalam meningkatkan peluang terjadinya asosiasi simbiotik antara akar tanaman dan FMA.

Hubungan fraksi liat tanah dan populasi FMA

Hubungan antara fraksi liat tanah dan populasi FMA (Gambar 3), ditunjukkan oleh model regresi $y = 1,25 \cdot 10^7 - 2,59 \cdot 10^5 x$ ($r^2 = 0,24$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap peningkatan fraksi liat sebesar 1% akan menurunkan populasi mikoriza rata-rata sebesar $2,59 \times 10^5$ spora/ha. Dengan demikian, pada tanah dengan kandungan fraksi liat yang lebih rendah, populasi mikoriza cenderung lebih tinggi.



Gambar 3. Kurva hubungan antara fraksi liat dan populasi FMA

Kondisi ini terlihat jelas pada lahan dengan produktivitas rendah, yang menunjukkan kandungan fraksi liat yang lebih tinggi menyebabkan mikrohabitat tanah menjadi kurang optimal bagi perkembangan FMA. Tingginya kandungan liat dapat memengaruhi ketersediaan oksigen di zona perakaran, sehingga menurunkan kemampuan mikoriza untuk beradaptasi dan berkolonisasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Aryanto *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa dominasi fraksi liat dapat mengurangi ketersediaan oksigen pada daerah perakaran, sehingga menurunkan efektivitas aktivitas mikoriza.

Lebih lanjut, penelitian Bouskout *et al.* (2025) menjelaskan bahwa kandungan liat yang tinggi dapat menghambat aktivitas mikoriza pada beberapa genus, seperti *Gigaspora* sp., *Acaulospora* sp., *Paraglomus* sp., dan *Sclerocystis* sp. Namun, genus *Glomus* sp. relatif lebih toleran terhadap kondisi tanah dengan kandungan liat tinggi, karena memiliki daya adaptasi yang lebih baik pada kondisi lingkungan ekstrem.

Hubungan sifat kimia tanah terhadap populasi FMA

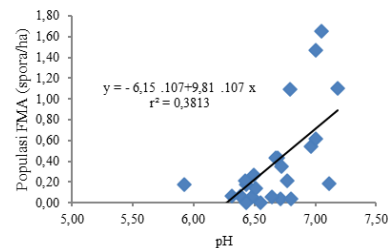
Hubungan antara pH tanah dan populasi FMA (Gambar 4), menunjukkan bahwa pH berpengaruh nyata terhadap keberadaan mikoriza.

Persamaan regresi yang dihasilkan adalah: $y = -6,15 \cdot 10^7 + 9,81 \cdot 10^7 x$ ($r^2 = 0,38$)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa setiap peningkatan pH sebesar 1 satuan akan meningkatkan populasi mikoriza sebesar $9,81 \cdot 10^7$ spora/ha. Nilai $r^2 = 0,38$ menunjukkan bahwa variasi pH tanah memberikan kontribusi sebesar 38% terhadap variasi populasi FMA.

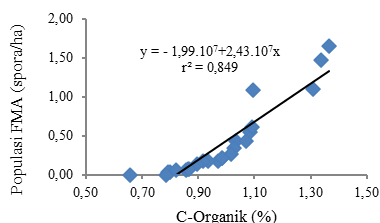
Hasil analisis juga menunjukkan bahwa pada lahan dengan produktivitas sangat tinggi, yang memiliki pH relatif lebih tinggi, ditemukan populasi FMA yang lebih banyak dibandingkan lahan dengan pH rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi pH tanah merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kemampuan FMA untuk tumbuh dan berkolonisasi.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Nugroho & Prasetya (2023) yang menunjukkan bahwa populasi FMA terbanyak ditemukan pada kondisi pH tanah berkisar antara agak masam hingga netral. Selain itu, Burak *et al.* (2024) juga menegaskan bahwa aktivitas mikoriza lebih optimal pada kondisi pH mendekati netral, karena kondisi tersebut mendukung pertumbuhan hifa, pembentukan spora, serta efisiensi penyerapan unsur hara oleh FMA.



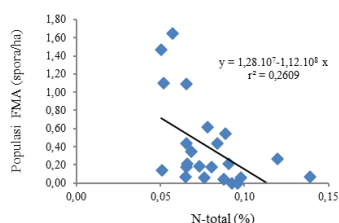
Gambar 4. Kurva hubungan antara pH dan populasi FMA

Hubungan antara C-organik dan populasi mikoriza (Gambar 5) dinyatakan dalam model persamaan $y = -1,99 \cdot 10^7 + 2,43 \cdot 10^7 x$ ($r^2 = 0,849$). Model ini dapat diartikan sebagai, setiap penambahan 1% bahan organik dapat meningkatkan populasi FMA secara nyata rata-rata sebanyak $2,43 \cdot 10^7$ spora/ha dalam tanah. Lahan dengan produktivitas yang rendah juga menghasilkan populasi mikoriza yang rendah. Nilai C organik yang tinggi dapat mengakibatkan jumlah spora dan persen koloni mikoriza pada akar tanaman akan meningkat pula. Hal tersebut sejalan dengan penelitian (George & Ray, 2025) bahwa peningkatan bahan organik dalam tanah akan diikuti oleh peningkatan mikroba tanah, termasuk FMA. Mikoriza memerlukan karbon organik (C-organik) untuk mendukung proses mineralisasi (Alayya & Prasetya, 2022). Mikoriza juga mempengaruhi dekomposisi bahan organik. Penelitian (Fall *et al.*, 2022) menunjukkan bahwa mikoriza dapat meningkatkan 15% C-Organik dalam tanah.



Gambar 5. Kurva hubungan antara C-Organik dan populasi FMA

Hubungan antara unsur hara nitrogen (N) dan populasi FMA (Gambar 6) ditunjukkan oleh model persamaan $y = 1,28.10^7 - 1,12.10^8 x$ ($r^2 = 0,26$). Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan 1% N total dalam tanah dapat mengurangi populasi FMA secara nyata rata-rata sebanyak $1,12.10^8$ spora/ha dalam tanah. Hubungan tersebut sesuai dengan penelitian (Masebo *et al.*, 2023) yang menjelaskan bahwa meningkatnya C – Organik tanah dan rendahnya N-total akan memudahkan mikoriza dalam melakukan penyerapan bahan organik dan memaksimalkan aktivitas FMA. Temuan ini terlihat pada data laboratorium, yang menunjukkan lahan dengan tingkat produktivitas rendah memiliki kadar N total tertinggi namun populasi mikoriza terendah. Rendahnya kandungan N yang sangat rendah pada semua lahan produksi akibat adanya pencucian dari vertisol yang tinggi (Pangaribuan *et al.*, 2020).



Gambar 6. Kurva hubungan antara N-total tanah dan populasi FMA

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada seluruh lahan dengan tingkat produktivitas sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah, ditemukan jenis Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) yang sama, yaitu *Glomus* sp. Jenis mikoriza ini memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dan mampu berkembang dengan baik meskipun pada kondisi tanah dengan tingkat kesuburan rendah. Populasi FMA tertinggi ditemukan pada lahan dengan produktivitas sangat tinggi, yaitu mencapai $1,01.10^7$ spora/ha, sedangkan populasi terendah dijumpai pada lahan produktivitas sedang dengan nilai hanya $0,06.10^7$ spora/ha. Perbedaan populasi ini menunjukkan bahwa keberadaan FMA sangat

dipengaruhi oleh sifat fisika dan kimia tanah. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa keberadaan dan populasi FMA, khususnya *Glomus* sp., dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara sifat fisika tanah (tekstur) dan sifat kimia tanah (pH, C-organik, dan N-total). Kombinasi kondisi tanah dengan pH mendekati netral, kandungan bahan organik tinggi, fraksi liat rendah, serta kadar nitrogen moderat merupakan lingkungan yang paling optimal untuk meningkatkan populasi dan aktivitas mikoriza pada lahan budidaya tebu.

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 Sumberdaya Lahan*, 9(2), 267–276. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.7>.
- Alhudaya, S., Syafruddin & Marliah, A. (2023). Pengaruh jenis mikoriza dan kombinasi media tanam terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) pada tanah Entisol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 47–54.
- Aryanto, R., Rozy, M. F., Purwiyono, T. T. & Yulianti, R. (2022). Analisis laju infiltrasi berbagai penggunaan lahan. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 5(1), 17–23. DOI: <https://doi.org/10.25105/imej.v5i1.13777>.
- Bening Jiwa Jeni, K., Maroeto, Solekhah, B. A., Sholikah, D. H. & Rosmala, K. I. (2025). Kesesuaian lahan untuk komoditas tebu, matao, vanili, dan jagung di wilayah Wonosalam, Jombang, Jawa Timur. *Agroteknika*, 1(2), 231–247.
- Bouskout, M., ElJebri, S., Khan, Y., Saleh, I. A., Okla, M. K., Al-Amri, S. S., Ahmed, S., Dounas, H. & Ouahmane, L. (2025). Unveiling native mycorrhizal fungi diversity: Insights into growth performance, nutrient uptake, and root system robustness in caper-bush (*Capparis spinosa* L.) seedlings. *Journal of Agriculture and Food Research*, 21, 101984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101984>.
- Burak, K., Yanardağ, İ. H., Gómez-López, M. D., Faz, Á., Yalçın, H., Sakin, E., Ramazanoğlu, E., Orak, A. B., & Yanardağ, A. (2024). The effect of arbuscular mycorrhizal fungi on biological activity and biochemical properties of soil under vetch growing conditions in calcareous soils. *Heliyon*, 10(3), e24820. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24820>
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed*

- methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Dulur, N. W. D., Wangiyana, W., Farida, N. & Kusnarta, I. G. M. (2020). Growth and yield of soybean direct-seeded following conventional and aerobic rice intercropped with peanut and amended with organic wastes. *International Journal of Horticulture, Agriculture and Food Science*, 4(5), 189–195. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijhaf.4.5.2>.
- Fabilla, N., Astiko, W. & Fauzi, M. T. (2023). Pengaruh berbagai teknik pengolahan tanah yang ditambahkan bioamelioran terhadap pertumbuhan dan hasil tumpangsari jagung dan kedelai di lahan kering. *E-Prints Unram*, 1, 1–17.
- Fall, A. F., Nakabonge, G., Ssekandi, J., Founoune-Mboup, H., Apori, S. O., Ndiaye, A., Badji, A. & Ngom, K. (2022). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on soil fertility: Contribution in the improvement of physical, chemical, and biological properties of the soil. *Frontiers in Fungal Biology*, 3, 723892. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffunb.2022.723892>.
- Fatmawati, Z., Widada, J., Widiyanto, D. & Cahyaningtyas, A. (2025). Keragaman jamur mikoriza arbuskular pada rizosfer tiga varietas tanaman tebu. *[Manuskrip tidak dipublikasikan]*.
- George, N. P. & Ray, J. G. (2025). Arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) diversity and population dynamics in organic vs chemicalized fields concerning soil types, agroclimatic zones and different organic farming practices over seasons, in South India. *Geoderma Regional*, 42, e00992. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e00992>.
- Genre, A., Chabaud, M., Faccio, A., Barker, D. G. & Bonfante, P. (2008). Prepenetration apparatus assembly precedes and predicts the colonization patterns of arbuscular mycorrhizal fungi within the root cortex of both *Medicago truncatula* and *Daucus carota*. *The Plant Cell*, 20(5), 1407–1420.
- Gloria, S., Hasairin, A. & Edi, S. (2022). Mengenal spora mikoriza hutan kampus Universitas Negeri Medan berbasis literasi sains. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Iba, Z. & Wardhana, A. (2024). *Analisis regresi dan analisis jalur untuk riset bisnis menggunakan SPSS 29.0 & SMART-PLS 4.0* (1st ed.). Eureka Media Aksara.
- Lele, O. K. (2023). Peran endomikoriza dan tingkat ketersediaan air pada tanah Vertisol terhadap peningkatan serapan fosfor dan hasil paprika. *Savana Cendana*, 8(1), 1–5. DOI: <https://doi.org/10.32938/sc.v8i01.1935>.
- Masebo, N., Birhane, E., Takele, S., Belay, Z., Lucena, J. J., Pérez-Sanz, A. & Anjulo, A. (2023). Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi under different agroforestry practices in the drylands of Southern Ethiopia. *BMC Plant Biology*, 23 (1), 634. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04645-6>.
- Maulana, M., Ritaqwin, Z. & Mawaddah, F. (2022). Pertumbuhan dan kolonisasi fungi mikoriza terhadap cekaman tanah salin pada tanaman cabai. *Jurnal Biologi Tropis*, 16(1), 1–12.
- Maydayana, A., Kusumo, B. H., Bakti, L. A. A. & Dewi, R. A. S. (2023). Pengaruh pemberian biochar terhadap perubahan sifat kimia tanah Vertisol dan pertumbuhan kacang hijau (*Vigna radiata* L.): The impact of biochar application on alterations in chemical properties of Vertisol soil and the growth of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 9(4), 663–674. DOI: <https://doi.org/10.29303/jstl.v9i4.478>.
- Mualif, M. S. & Kusumawati, A. (2021). Pengaruh sifat kimia tanah terhadap produktivitas tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Pengelolaan Perkebunan (JPP)*, 2(2), 66–72. DOI: <https://doi.org/10.54387/jpp.v1i1.5>.
- Nugroho, W. A. & Prasetya, B. (2023). Eksplorasi mikoriza arbuskular pada beberapa sistem penggunaan lahan pertanian di Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 25–35. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.3>.
- Pangaribuan, E. A. S., Darmawati, A. & Budiyanto, S. (2020). Pertumbuhan dan hasil tanaman pakchoy pada tanah berpasir dengan pemberian biochar dan pupuk kandang sapi. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 22(2), 72. DOI: <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v22i2.42093>.
- Prayoga, M. H. & Prasetya, B. (2021). Eksplorasi mikoriza arbuskula indigenous pada rizosfer vegetasi lahan pascatambang batubara. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 349–357. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.6>.
- Putra, T. K., Afany, M. R. & Widodo, R. A. (2020). Pengaruh bahan organik dan tanah Vertisol sebagai pembenah tanah terhadap ketersediaan dan pelindian kalium di tanah Regosol pasir pantai. *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal)*, 17(1), 20. DOI: <https://doi.org/10.31315/jta.v17i1.4007>.
- Sarah, S., Ab, B. & Bustan, B. (2024). Sebaran nilai kapasitas tukar kation (KTK) dan kemasaman (pH) tanah di tanah Vertisol Kecamatan Sakra Kabupaten Lombok Timur. *Journal of Soil*

- Quality and Management*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.29303/jsqm.v3i1.145>
- Sugiyono. (2018). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (Cetakan ke-27). Alfabeta.
- Wahid, I. (2018). Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula di kawasan manifestasi geothermal Ie Jueseulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum sebagai referensi mata kuliah ekologi tumbuhan. *Jurnal Biologi Edukasi*, 6(1), 1–7.