

POTENSI PUPUK HAYATI MIKORIZA PADA BAWANG DAUN (*Allium fistulosum* L.) DI ANDOSOL WONOBOYO, TEMANGGUNG - JAWA TENGAH

Fahrizal Hazra^{*1}, Indri Hapsari Fitriyani², Sayyidatul Alfi Syifa³

^{1,2,3}Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia. KP16680

E-Mail : fhazra2011@yahoo.com (*Corresponding author)

Submit: 20-07-2025

Revisi: 17-10-2025

Diterima: 27-10-2025

ABSTRAK

Potensi Pupuk Hayati Mikoriza pada Bawang Daun (*Allium Fistulosum* L.) di Andosol Wonoboyo, Temanggung-Jawa Tengah. Bawang daun (*Allium fistulosum* L.) merupakan komoditas bernilai ekonomi tinggi dengan potensi ekspor, terutama ke pasar Asia Timur. Namun, budidayanya pada tanah andosol menghadapi tantangan berupa rendahnya ketersediaan fosfor akibat fiksasi oleh mineral tanah dan sistem perakaran tanaman yang dangkal. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh aplikasi pupuk hayati mikoriza dan pupuk P terhadap pertumbuhan serta produktivitas tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) yang ditanam pada andosol di Kec. Wonoboyo, Temanggung, serta mengevaluasi perubahan kandungan hara NPK tanah, tingkat infeksi mikoriza pada akar tanaman, juga jumlah sporanya. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dua faktor: dosis mikoriza (0 dan 500 kg/ha) dan pupuk P (0 dan 200 kg/ha). Hasil menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada 12 dan 13 MST berbeda nyata antar perlakuan, di mana perlakuan mikoriza tanpa pupuk P (M1P0) menghasilkan tinggi tanaman secara signifikan lebih tinggi dibanding kontrol dan kombinasi M1P1. Parameter kimia tanah setelah penanaman juga tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan. Perlakuan M1P0 memberikan respon terbaik terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman, serta menghasilkan jumlah spora mikoriza dan tingkat infeksi akar tertinggi dengan genus spora dominan adalah *Glomus*.

Kata kunci : Andosol, Bawang Daun, Mikoriza, Pupuk Fosfor.

ABSTRACT

Mycorrhizal Biofertilizer Potential on Scallion (*Allium Fistulosum* L.) in Andosol Of Wonoboyo, Temanggung – Central Jawa. Scallion (*Allium fistulosum* L.) is a horticultural commodity with high economic value and export potential, particularly to East Asian markets. However, its cultivation on andosol soils faces challenges due to low phosphorus availability caused by fixation by soil minerals and the plant's shallow root system. This study aimed to determine the effect of applying of mycorrhizal biofertilizer and phosphorus fertilizer on the growth and productivity of scallion (*Allium fistulosum* L.) cultivated on andosol soil in Wonoboyo, Temanggung. It also aimed to evaluate changes in soil NPK nutrient content, the level of root colonization by mycorrhiza, and the number of spores produced. The experiment was arranged in a factorial randomized block design with two factors: mycorrhiza (0 and 500 kg/ha) and P fertilizer (0 and 200 kg/ha). The results showed that plant height at 12 and 13 weeks after planting (WAP) differed significantly among treatments, with the treatment using mycorrhiza without P fertilizer (M1P0) producing significantly taller plants compared to the control and M1P1 combination. Soil chemical properties after planting also showed no significant differences among treatments. The M1P0 treatment provided the best response in plant growth and productivity, and also resulted in the highest number of mycorrhizal spores and root colonization, with *Glomus* identified as the dominant spore genus.

Key words : Andosol, Mycorrhiza, Phosphorus Fertilizer, Scallion.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk hayati berbasis mikoriza menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan dalam meningkatkan

efisiensi serapan hara, khususnya fosfor, pada lahan dengan ketersediaan P rendah seperti tanah andosol. Mikoriza mampu melepaskan P terikat (Al-P, Fe-P, Ca-P, P



yang terjerap oleh mineral amorf, dan P-organik) ke dalam bentuk tersedia melalui pelepasan asam organik serta mengaktifkan enzim fosfatase yang berfungsi dalam mengurai senyawa P-organik, dengan demikian tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza mampu menyerap P lebih banyak dibandingkan dibandingkan tanaman tanpa inokulasi mikoriza, terutama pada tanah dengan ketersediaan P rendah (Robifahmi et al., 2020). Selain itu, mikoriza juga diketahui mampu meningkatkan penyerapan hara makro dan mikro, aktivitas enzim antioksidan, kandungan pigmen fotosintetik, serta kualitas dan hasil panen tanaman (Alam et al., 2023; Vilcatoma-Medina et al., 2024).

Salah satu komoditas hortikultura yang potensial mendapat manfaat dari aplikasi mikoriza adalah bawang daun (*Allium fistulosum* L.), anggota famili Alliaceae yang umum digunakan sebagai bumbu penyedap dalam masakan Indonesia. Permintaan terhadap bawang daun terus meningkat, baik di tingkat rumah tangga maupun industri makanan instan (Fera et al., 2019). Data Direktorat Jenderal Hortikultura (2023) mencatat luas panen bawang daun selama 2019-2023 sebesar 49.005 ha dengan produksi 603,321 ton dan rata-rata produktivitas 10,08 ton/ha. Konsumsi nasional mencapai 551,2 ton per tahun pada periode 2016-2020 (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2020). Varietas hibrida unggul bawang daun yang dikembangkan saat ini memiliki karakter morfologis seragam, berukuran besar, hijau tua, tegap, dan genjah, serta memenuhi standar mutu ekspor ke negara-negara Asia Timur seperti Tiongkok, Jepang, dan Korea Selatan (Kim et al., 2023). Bawang daun umumnya dibudidayakan di dataran tinggi dan hasilnya akan optimal jika budidaya dilakukan pada ketinggian >1000 mdpl. Jenis tanah yang banyak dijumpai di

daerah dataran tinggi adalah andosol, tanah ini terbentuk dari bahan vulkanik dan kaya bahan organik. Andosol memiliki sifat andik dan mampu menyimpan air serta unsur hara, namun juga memiliki tantangan berupa rendahnya ketersediaan fosfor akibat fiksasi oleh mineral alofan, Al, dan Fe, khususnya pada pH rendah (Sukarman & Dariah, 2014; Sari et al., 2017). Padahal, fosfor sangat penting dalam mendukung pertumbuhan akar, pembentukan bunga, dan jaringan penguat tanaman, serta meningkatkan ketahanan terhadap rebah dan serangan patogen (Virgiawan et al., 2023). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk bertujuan mengetahui pengaruh aplikasi pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan serta produktivitas tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) pada andosol Wonobojo, Temanggung, serta mengevaluasi perubahan kandungan hara NPK tanah, tingkat infeksi mikoriza pada akar, dan jumlah sporanya.

2. METODA PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Desa Wates, Kec. Wonobojo, Kab. Temanggung, Jawa Tengah, yang secara geografis terletak pada 7°13'27" LS dan 109°57'21" BT dengan ketinggian tempat ±1746 mdpl. Memiliki curah hujan tahunan 3.765,03 mm, suhu udara 21,27%, kelembaban udara 73%, dan intensitas cahaya 39,953 lux. Kegiatan analisis infeksi akar dan identifikasi spora dilakukan di PT. Anugerah Sarana Hayati (ASHA) Bogor, sementara analisis kimia tanah dan tanaman dilaksanakan di Laboratorium Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan diantaranya adalah bibit bawang daun varietas TM Plaza, pupuk NPK 15:15:15 dan pupuk kandang ayam pedaging sebagai pupuk dasar, kemudian pupuk P (Fertiphos: P_2O_5 20%, MgO 0,1%, CaO 15%, S 1%, B 0,5%, dan SiO_2 10%), dan pupuk hayati mikoriza (Fumyco mengandung 3 genus spora: *Glomus*, *Acaulospora*, dan *Entrophospora*) sebagai perlakuan yang diujikan, serta bahan kimia penunjang analisis laboratorium. Alat yang digunakan diantaranya alat kerja lapangan seperti cangkul, gelas ukur, penggaris, jangka sorong, timbangan, spidol, plastik, dan alat tulis, higrometer, dan lux meter. Alat kerja laboratorium yang digunakan diantaranya saringan bertingkat 225, 125, dan 60 μm , gelas piala, cawan petri, gunting, pinset, kaca pereparat dan *cover glass*, mikroskop stereo, mikroskop binokuler, oven, pH meter, spektrofotometer, AAS, dan alat penunjang analisis lainnya.

2.3. Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor. Faktor pertama adalah dosis pupuk hayati mikoriza (0 kg/ha dan 500 kg/ha), faktor kedua adalah pupuk P (0 kg/ha dan 200 kg/ha). Terdapat 4 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 5 kali, sehingga terdapat 20 satuan percobaan. Dilakukan juga pengaplikasian pupuk kandang sebanyak 10 ton/ha dan pupuk NPK 15:15:15 500 kg/ha pada seluruh perlakuan sebagai pupuk dasar

2.4. Teknik Budidaya dan pemeliharaan

Lahan diolah dengan kultivator dan ditanam bawang daun varietas TM Plaza (usia 2 bulan persemaian), dengan jarak tanam 15 × 60 cm. Pemupukan dasar menggunakan NPK 15:15:15 sebanyak 500 kg/ha dan pupuk kandang 5 ton/ha pada persiapan lahan. Penanaman

dilakukan secara tugal (2-4 bibit/lubang). Satu bulan setelah tanam, diberikan pupuk kandang susulan sebanyak 5 ton/ha, serta aplikasi pupuk hayati mikoriza dan P sesuai perlakuan. Pemeliharaan meliputi penyiraman sebanyak 3 kali/minggu, penyiraman tersebut dilakukan selama 8 jam menggunakan irigasi sprinkler. Penyiangan gulma dilakukan bersamaan dengan pembumbunan dan dilakukan sebanyak 6 kali selama masa tanam. Pengendalian penyakit dilakukan dengan penyemprotan fungisida berbahan aktif Klorotalonil 75%, Difenokanozol, dan Azoksistrobil sebanyak 15 kali selama masa tanam, dimana dosis fungisida disesuaikan dengan usia tanaman dan intensitas serangan penyakit.

2.5. Pengumpulan Data

Parameter vegetatif yang diukur adalah tinggi tanaman dan diameter batang, dengan pengamatan mingguan dari 5 hingga 13 MST. Tinggi tanaman diukur mulai dari permukaan tanah hingga pucuk, ditambah 4 cm kedalaman akibat pembumbunan, sedangkan diameter batang diukur pada bagian putih tanaman. Pada saat panen (13 MST), diamati parameter generatif meliputi panjang batang (*white part*), luas daun, panjang dan berat akar, volume akar, bobot tajuk, bobot brankasan basah dan kering, bobot batang (*white part*), bobot panen per petak, dan bobot panen per hektar. Pengamatan dilakukan pada seluruh tanaman sampel dari semua perlakuan dan ulangan. Infeksi akar dianalisis menggunakan metode Phyllip dan Hyman (1970), dan jumlah spora mikoriza dihitung melalui teknik penyaringan bertingkat (225, 125, dan 60 μm). Dilakukan juga analisis kimia tanah sebelum dan setelah penanaman, serta analisis serapan hara tanaman.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kimia Tanah Sebelum Penanaman



Tanah di lokasi penelitian termasuk jenis andosol yang memiliki karakteristik khas akibat dominasi unsur aktif seperti Fe, Al, dan mineral amorf (alofan, imogolit, ferihidrit). Sifat khas andosol meliputi daya tahan air tinggi,

kemampuan mengikat P yang kuat, bobot isi rendah, agregat stabil, dan tekstur tanah yang gembur (Anda & Dahlgren, 2020; Takahashi & Dahlgren, 2016). Hasil analisis kimia tanah sebelum penanaman disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat kimia tanah sebelum penanaman.

Parameter	Hasil	Kriteria
pH H ₂ O	6,78	Netral
N-Total (%)	0,468	Sedang
P-Total (mg/100g)	1584,181	Sangat Tinggi
P-Tersedia (ppm)	8,374	Sedang
K-Total (mg/100g)	4,832	Sangat Rendah
K ⁺ (me/100g tanah)	0,496	Sedang
C-organik (%)	4,798	Tinggi
KTK (me/100g tanah)	16,489	Rendah

Keterangan: Kriteria berdasarkan Petunjuk Teknis Tabel Kriteria Penilaian Hasil Analisis Kimia Tanah Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023)

Berdasarkan hasil analisis kimia tanah sebelum penanaman (Tabel 1), tanah di lokasi penelitian memiliki pH netral, netralnya pH tanah berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara. Selain itu, pH juga menjadi faktor penting yang memengaruhi ketersediaan unsur mikro maupun makro. pH terlalu rendah atau tinggi dapat menurunkan ketersediaan P pada andosol (Siswanto, 2018). Kandungan N total sebesar 0,468% termasuk sedang dan menunjukkan potensi cukup baik untuk mendukung pertumbuhan. Kandungan C-organik sebesar 4,798% tergolong tinggi, sehingga rasio C/N adalah 10,25, menunjukkan kondisi ideal untuk mineralisasi nitrogen (Sukmawati et al., 2022). P-total tergolong sangat tinggi namun ketersediaan P sedang, hal ini dapat terjadi karena P terikat oleh mineral amorf seperti alofan dan imogolit (Rizqiyah et al., 2023). K-total hanya 4,832 mg/100g dan tergolong sangat rendah, mencerminkan terbatasnya kalium dalam tanah baik itu yang tersedia maupun terikat. KTK tanah sebesar 16,489 me/100g tergolong rendah, meskipun demikian, kadar K⁺ tergolong sedang (0,496 me/100g), hal tersebut

kemungkinan ditopang oleh tingginya kandungan C-organik (Hanudin et al. 2025). Secara umum, tanah menunjukkan potensi kesuburan yang baik melalui pH optimal, kandungan C-organik tinggi, dan N-total sedang.

3.2. Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Bawang Daun

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengamatan menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza, baik dengan maupun tanpa pupuk P, cenderung meningkatkan tinggi tanaman bawang daun secara nyata dibanding perlakuan tanpa mikoriza. Perlakuan MOP1 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi pada 13 MST sebesar 80,75 cm. Hal ini menunjukkan bahwa mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman bahkan tanpa tambahan fosfor anorganik, melalui simbiosis mutualistik dengan akar yang mendukung peningkatan serapan hara P, N, K, Zn, dan S, di samping juga memperbaiki daya tahan tanaman terhadap kekeringan. (Rosmiah et al., 2024). Mikoriza juga memicu produksi hormon pertumbuhan seperti auksin dan sitokinin yang mendukung pemanjangan

sel dan pertumbuhan tinggi tanaman (Mutiarahma et al., 2020). Namun, tidak terdapat perbedaan nyata antara kontrol dan beberapa perlakuan lain, kemungkinan karena pupuk dasar yang diberikan merata dan dalam jumlah cukup tinggi, sehingga kebutuhan hara tanaman telah terpenuhi. Penambahan pupuk P juga

tidak meningkatkan tinggi tanaman secara nyata, Hal ini diduga karena kebutuhan P tanaman telah tercukupi, sehingga penambahan lebih lanjut justru dapat menyebabkan stagnasi atau bahkan meningkatkan resiko keracunan (Nuryani, 2019).

Tabel 2. Hasil pengamatan pertumbuhan vegetatif tanaman bawang daun.

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)							
	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST	9 MST	10 MST	11 MST	12 MST
Kontrol	40,27	44,53	48,97	53,05	56,12	58,03	61,97 b	66,23 b
M1P0	38,27	42,20	47,12	53,90	56,71	58,64	61,53 ab	65,96 b
M0P1	37,63	42,08	46,13	51,33	53,73	55,09	58,72 a	61,89 a
M1P1	37,27	40,83	45,15	51,19	54,49	56,87	59,35 a	64,17 a

Perlakuan	Diameter batang/white part (mm)							
	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST	9 MST	10 MST	11 MST	12 MST
Kontrol	6,75	8,75	10,79	13,55	15,62	17,16	19,06	20,17
M1P0	6,96	9,49	10,99	13,67	15,84	17,56	19,26	20,65
M0P1	6,83	9,13	10,92	13,93	16,14	18,05	19,57	20,49
M1P1	6,75	9,07	10,70	13,80	15,29	17,39	19,43	20,54

Keterangan: Huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji duncan taraf 95%

Diameter batang bawang daun pada Tabel 2 juga menunjukkan tren yang relatif seragam antar perlakuan, dengan nilai tertinggi sebesar 22,90 mm pada 13 MST oleh perlakuan M0P1, meskipun tidak berbeda nyata secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa diameter batang tidak responsif terhadap perlakuan mikoriza maupun pupuk P. Temuan ini sejalan dengan Prihantoro et al., (2023) yang menyatakan bahwa efektivitas mikoriza dipengaruhi oleh berbagai faktor abiotik seperti kadar hara, pH, dan suhu, serta faktor biotik seperti jenis mikoriza dan interaksi mikroba. Diameter batang juga berkorelasi dengan laju fotosintesis yang sangat tergantung pada pencahayaan. Secara umum, seluruh perlakuan menghasilkan diameter batang yang cukup besar dan mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman.

3.3. Pertumbuhan Generatif Tanaman Bawang Daun

Tabel 3 menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza, pupuk P, maupun kombinasinya tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap parameter pertumbuhan generatif, sejalan dengan hasil vegetatif pada Tabel 2. Meskipun tidak berbeda nyata, produktivitas tertinggi diperoleh pada perlakuan mikoriza tanpa pupuk P (M1P0), sedangkan terendah pada kombinasi mikoriza dan pupuk P (M1P1). Fenomena tersebut sesuai dengan Penelitian yang dilakukan oleh Rosa et al., (2024), di mana ketika mikoriza dikombinasikan dengan pemberian pupuk P 75%, produktivitasnya lebih rendah dibandingkan produktivitas tanaman yang menggunakan dosis pupuk P 50% dan tanpa pupuk P, selain itu, tanaman yang diinokulasi mikoriza menunjukkan

produktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinokulasi. Fenomena ini diduga terjadi karena ketersediaan P yang tinggi dari pupuk anorganik dapat menurunkan efektivitas simbiosis mikoriza. Ketika tanah mengandung fosfor yang cukup tinggi, tanaman akan mengurangi ketergantungannya pada mikoriza, sehingga koloni mikoriza menjadi kurang aktif dan kontribusinya terhadap penyerapan hara menurun. Unsur P pada dasarnya memiliki peran penting dalam berbagai proses seluler pada tanaman,

seperti menjaga fungsi membran, sintesis biomolekul, dan produksi energi untuk pembentukan ATP, dan menjadi sumber energi utama dalam metabolisme tumbuhan misalnya pembelahan sel dan fotosintesis. Kekurangan P dapat menghambat pertumbuhan tanaman, dan pemberian P dapat mendorong pertumbuhan dan produktivitas tanaman pada tanah yang miskin fosfor. Namun, ketika ketersediaan P tanah telah mencukupi, perlakuan tambahan tidak lagi memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. (Rosa et al., 2024).

Tabel 3. Hasil pengamatan pertumbuhan generatif tanaman bawang daun pada 13 MST.

Perlakuan	Panjang batang/ <i>white part</i> (cm)	Luas permukaan daun (cm ²)	Bobot tajuk (g)	Panjang akar (cm)
Kontrol	25,59	863,86	220,66	27,89
M1P0	26,79	947,74	244,87	29,41
M0P1	25,24	851,12	226,08	29,15
M1P1	25,41	789,44	214,31	28,63
Perlakuan	Bobot akar (g)	Volume akar (ml ³)	Bobot brangkasan basah (g)	Bobot brangkasan kering (g)
Kontrol	10,43	10,80	231,09	11,49
M1P0	11,09	11,70	255,97	12,47
M0P1	10,14	9,80	236,22	12,23
M1P1	8,72	9,20	223,04	11,12
Perlakuan	Bobot batang/ <i>white part</i> (g)	Indeks panen (%)	Bobot panen/petak (kg)	Bobot panen/ha (ton)
Kontrol	122,19	53,53	31,01	61,10
M1P0	136,85	55,06	33,61	65,14
M0P1	125,43	53,70	31,73	62,32
M1P1	116,83	52,89	30,81	59,95

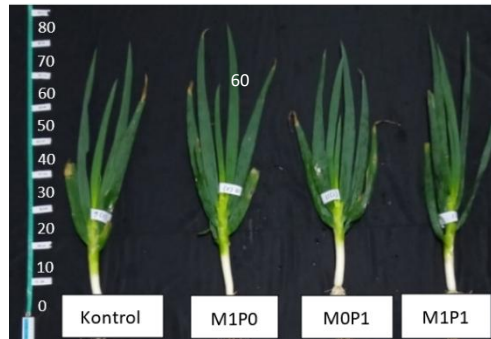
Keterangan: Huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji duncan taraf 95%.

Penelitian yang dilakukan oleh Pu et al., (2022) juga menyatakan hasil yang sama, bahwa pengaplikasian P dapat mengurangi manfaat mikoriza untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. pemberian pupuk P dan mikoriza tidak dapat meningkatkan bobot segar tanaman secara signifikan, dan penambahan pupuk P dapat menghambat pertumbuhan mikoriza, karena akumulasi senyawa bioaktif oleh mikoriza dapat dihambat oleh pupuk P. Pada dasarnya simbiosis

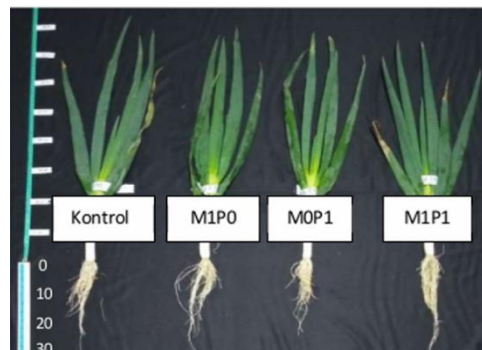
tanaman dengan mikoriza dapat membantu dan meningkatkan kemampuan inang untuk menahan kondisi lingkungan yang merugikan, mendorong pertumbuhan tanaman, serta mendukung kelangsungan hidup jamur mikoriza (Wang et al., 2024), namun berdasarkan penelitian El-Sherbeny et al., (2022) menemukan bahwa terdapat korelasi terbalik antara kadar P di rhizosfer dengan tingkat kolonisasi mikoriza, dimana ketika kondisi P dianggap cukup untuk

pertumbuhan tanaman, hal tersebut dapat menurunkan kolonisasi mikoriza dan menghambat pertumbuhan tanaman. Perbedaan respon tanaman terhadap

kombinasi perlakuan tersebut tercermin pada morfologi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi tajuk 13 MST.



Gambar 2. Morfologi 13 MST

Tidak terdapat perbedaan nyata pada perakaran antar perlakuan (Gambar 2), kemungkinan karena kandungan hara tanah sudah mencukupi untuk pertumbuhan tanaman. Pernyataan ini didukung oleh (Umam et al., 2021) bahwa peningkatan dosis mikoriza dan pupuk dapat menambah berat dan volume akar, namun efeknya menurun saat dosis berlebih. Infeksi mikoriza pada akar juga dipengaruhi oleh ketersediaan hara, terutama fosfor. Jika hara melimpah, infeksi akar oleh mikoriza cenderung menurun, sementara dalam kondisi hara terbatas, infeksi meningkat (Hartini et al., 2019).

3.4. Analisis Kimia Tanah Setelah Penanaman

Berdasarkan Tabel 4, perlakuan mikoriza dan pupuk P menunjukkan pengaruh terhadap perubahan beberapa sifat kimia tanah terutama pada unsur N, P, dan K. Ketersediaan fosfor (P-tersedia) mengalami peningkatan setelah perlakuan, hal ini sejalan dengan peningkatan P-total. Peningkatan ini terutama terjadi pada perlakuan mikoriza, dimana salah satu mekanisme mikoriza dalam mendukung penyerapan fosfor oleh tanaman adalah melalui pelepasan asam organik, khususnya untuk melarutkan P yang terikat kuat pada mineral tanah. Asam-asam tersebut bekerja dengan melonggarkan ikatan antara fosfor dengan logam, sehingga P dapat tersedia dan mudah diambil tanaman (Andrino et al., 2021). Pelepasan fosfor juga dapat berlangsung secara biologis melalui

sekresi enzim fosfatase dan fitase oleh mikoriza, baik dari akar tanaman maupun mikroorganisme. Enzim fosfatase kemudian berfungsi dalam mineralisasi bahan organik dengan memecah senyawa fosfat organik menjadi fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman. (Musafa et al., 2015).

Kalium total (K-total) yang awalnya sangat rendah meningkat setelah perlakuan, dengan nilai tertinggi pada perlakuan mikoriza dan terendah pada perlakuan tanpa mikoriza. Seiring dengan peningkatan nilai K-total, kadar K^+ juga mengalami peningkatan, temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas mikoriza dalam meningkatkan penyerapan hara, khususnya kalium, sangat dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara tanaman inang, kapasitas

tanah, kebutuhan hara tanaman, serta kemampuan jamur dalam menginfeksi dan menyediakan hara bagi inangnya. (Nuridayati et al., 2019). Sebaliknya, kandungan nitrogen total (N-total) sedikit menurun setelah penanaman, akan tetapi penurunan tersebut tidak signifikan dan tetap berada dalam kategori sedang. Penurunan ini diduga akibat sifat nitrogen yang mobile dan mudah hilang melalui pencucian, denitrifikasi, volatilisasi, dikonsumsi oleh mikroorganisme, serta diserap oleh tanaman (Hartono et al., 2021; Nariratih et al., 2013). Secara umum, aplikasi mikoriza bersama pupuk P dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara esensial, terutama P dan K, yang berkontribusi terhadap perbaikan kesuburan tanah serta pertumbuhan tanaman.

Tabel 4. Kandungan hara NPK tanah setelah penanaman.

Parameter	Perlakuan			
	Kontrol	M1P0	M0P1	M1P1
N-Total (%)	0,46	0,45	0,43	0,46
P-Total (mg/100g)	1.627,80	1.824,41	1.647,68	1.814,97
P-Tersedia (ppm)	11,84	12,56	8,92	11,08
K-Total (mg/100g)	5,21	6,77	5,58	6,23
K^+ (me/100g tanah)	1,22	1,60	1,36	1,45

Keterangan: Huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji duncan taraf 95%

3.5. Kolonisasi Akar oleh Mikoriza

Salah satu indikator keberhasilan interaksi mikoriza adalah tingkat kolonisasi akar tanaman oleh mikoriza serta derajat infeksi. Semakin tinggi

tingkat kolonisasi dan infeksi, umumnya akan berbanding lurus dengan peningkatan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dari tanah melalui mikoriza.

Tabel 5. Infeksi akar tanaman bawang daun oleh mikoriza pada 13 MST.

Perlakuan	Infeksi Akar (%)	Kriteria
Kontrol	50	Sedang
M1P0	70	Tinggi
M0P1	50	Sedang
M1P1	46	Sedang

Infeksi akar tanaman oleh mikoriza diklasifikasikan berdasarkan kriteria Rajapakse dan Miller, (1992) dan derajat infeksi akar dihitung berdasarkan rumus Giovannetti dan Mosse, (1980).

Tabel 5 menyajikan hasil pengamatan persentase kolonisasi akar oleh mikoriza, kolonisasi tertinggi adalah pada perlakuan M1P0 yaitu 70% dan termasuk pada kriteria tinggi dan kolonisasi terendah adalah pada perlakuan M1P1 yaitu sebesar 46%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Liu et al., (2022) tingkat kolonisasi mikoriza meningkat seiring dengan penurunan input P pada tanaman. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat input P yang

optimal untuk tanaman dapat memaksimalkan kinerja potensial mikoriza sehingga dapat meningkatkan P dan kolonisasi akar tanaman oleh mikoriza. Inokulasi mikoriza pada akar dapat diidentifikasi dari munculnya hifa, spora, vesikula, dan arbuskula. Kolonisasi akar oleh mikoriza diukur melalui persentase infeksi, yang dalam penelitian ini terlihat dari adanya hifa internal serta eksternal. (Gambar 3).



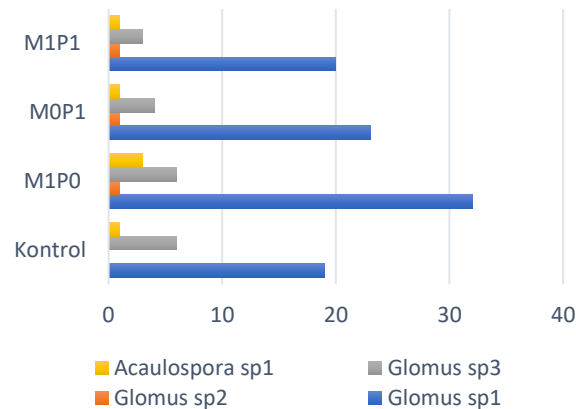
Gambar 3. Infeksi mikoriza pada akar tanaman 13 MST.

Hifa internal yang dibentuk oleh mikoriza memiliki fungsi dalam membentuk arbuskula, yang memiliki peran penting sebagai tempat pertukaran unsur hara dan karbon antara mikoriza dan tanaman (Muryati et al., 2016). Penambahan pupuk P dengan dosis yang tinggi pada banyak penelitian dan berbagai jenis tanaman telah membuktikan bahwa keadaan tersebut dapat menurunkan kolonisasi mikoriza terhadap tanaman inangnya seperti pada perlakuan M1P1 yang

memiliki kolonisasi akar paling rendah (Tabel 5). Fenomena tersebut terjadi karena sistem perakaran tanaman sangat plastis dalam merespon kondisi lingkungan dan kandungan nutrisi pada tanah, ketika ketersediaan P meningkat, maka tanaman tidak dapat menghasilkan sinyal yang diperlukan untuk pembentukan simbiosis dengan mikoriza. Pembentukan asosiasi mikoriza pada ketersediaan hara P yang tinggi justru dapat menghambat pertumbuhan tanaman

karena mikoriza terus memakan karbon dari tanaman tanpa memberikan kontribusi untuk memenuhi nutrisi tanaman, sehingga dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Trejo et al., 2020).

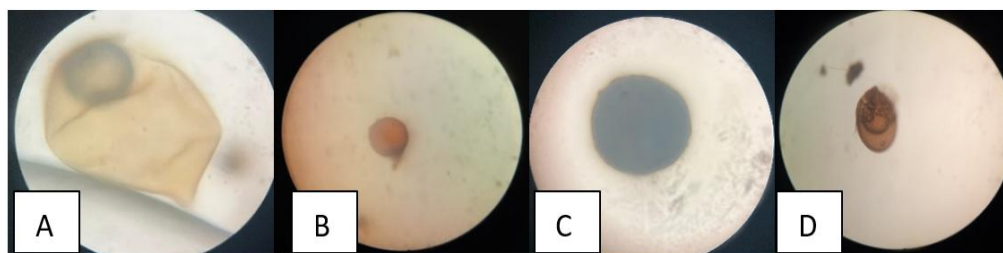
3.6. Jumlah dan Jenis Spora



Gambar 4. Jumlah dan jenis spora mikoriza pada tanaman 13 MST.

Gambar 4 menunjukkan jumlah spora terbanyak pada perlakuan M1P0 dan terendah pada M1P1. Genus dominan di semua perlakuan adalah *Glomus*, yang dikenal memiliki daya adaptasi tinggi dan toleran terhadap kondisi lingkungan ekstrim (Hazra et al., 2025). Ditemukan dua genus spora mikoriza yang berasosiasi dengan tanaman bawang daun yaitu *Glomus* dan *Acaulospora*. *Glomus* berperan dalam penyerapan hara seperti P, Ca, Fe, Mn, Zn, dan N, serta mendukung

ketahanan tanaman terhadap stres dan berperan sebagai agen bioremediasi (Rodrigues dan Rodrigues, 2020). *Acaulospora* merupakan genus kedua yang paling sering ditemukan pada area terganggu dan memiliki indeks keanekaragaman tinggi. Sama halnya dengan *Glomus*, *Acaulospora* juga memiliki peran penting dalam pemanfaatan dan pengelolaan tanah, khususnya pada daerah semi kering. (Silva et al., 2022).



Gambar 5. Jenis spora (a) *Glomus* sp 1. (b) *Glomus* sp 2. (c) *Glomus* sp 3. (d) *Acaulospora* sp 1.

4. KESIMPULAN

Perlakuan yang diujikan menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada 12 dan 13 MST berbeda nyata antar

perlakuan, di mana perlakuan mikoriza tanpa pupuk P (M1P0) menghasilkan tinggi tanaman secara signifikan lebih tinggi dibanding kontrol dan kombinasi

M1P1. Parameter kimia tanah setelah penanaman juga menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antar perlakuan. Perlakuan M1P0 memberikan respon terbaik terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman, serta menghasilkan jumlah spora mikoriza dan tingkat infeksi akar tertinggi dengan genus spora dominan adalah *Glomus*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada PT. Kelola Agro Makmur, Temanggung dan PT. Anugerah Sarana Hayati (ASHA), Bogor atas kesempatan dan dukungan yang diberikan dalam bentuk fasilitas, alat, dan bahan penelitian. Terimakasih juga kepada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University yang sudah memfasilitasi kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. Z., Choudhury, T. R., & Mridha, M. A. U. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance biomass growth, mineral content, and antioxidant activity in tomato plants under drought stress. *Journal of Food Quality*, 2023. DOI: 10.1155/2023/2581608
- Anda, M., & Dahlgren, R. A. (2020). Mineralogical and surface charge characteristics of Andosols experiencing long-term, land-use change in West Java, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(5), 702–713. DOI: 10.1080/00380768.2020.1820758
- Andrino, A., Guggenberger, G., Kernchen, S., Mikutta, R., Sauheitl, L., & Boy, J. (2021). Production of organic acids by arbuscular mycorrhizal fungi and their contribution in the mobilization of phosphorus bound to iron oxides. *Frontiers in Plant Science*, 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.661842
- Direktorat jenderal Hortikultura. (2024). *Angka Tetap Hortikultura Tahun 2023*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- El-Sherbeny, T. M. S., Mousa, A. M., & El-Sayed, E. S. R. (2022). Use of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization to improve the yield of onion (*Allium cepa* L.) plant. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(1), 331-338.
- Fera, A. R., Sumartono, G. H., Tini, E. W., Pertanian, A. F., & Soedirman, J. (2019). Pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) pada jarak tanam dan pemotongan bibit yang berbeda. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 19(1), 11-18. DOI: 10.25181/jppt.v19i1.783
- Giovannetti, M., & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol*, 84: 489-500.
- Hartini, Linda, R., & Rahmawati. (2019). Kepadatan jamur mikoriza vesikular arbuskular (MVA) di kawasan hutan mangrove Desa Peniti Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat. *Protobiont*, 8(3), 12–18.
- Hartono, A., Nugroho, B., Nadalia, D., & Ramadhani, A. (2021). Dinamika pelepasan nitrogen empat jenis pupuk urea pada kondisi tanah tergenang. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 23(2), 66–71. DOI: 10.29244/jitl.23.2.66-71
- Hazra, F., Rosita, R., & Siregar, R. T. F. Br. (2025). Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dari Rizosfer Tanaman Hias:

- Karakterisasi Morfologi dan Seleksi. *COMSERVA*, 4(11), 5107–5119.
- Kim, S. H., Yoon, J. B., Han, J., Seo, Y. A., Kang, B. H., Lee, J., & Ochar, K. (2023). Green Onion (*Allium fistulosum*): An Aromatic Vegetable Crop Esteemed for Food, Nutritional and Therapeutic Significance. *Food*, 12(24). DOI: 10.3390/foods12244503
- Liu, Z., Li, M., Liu, J., Wang, J., Lin, X., & Hu, J. (2022). Higher diversity and contribution of soil arbuscular mycorrhizal fungi at an optimal P-input level. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 337. DOI: 10.1016/j.agee.2022.108053
- Muryati, S., Mansur, I., Sri, D., & Budi, W. (2016). Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (fma) pada rhizosfer *Desmodium* sp. asal PT. Cibaliung Sumberdaya, Banten. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 07(3), 188–197.
- Musafa, K. M., 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): 191-197.
- Mutiarahma, E. V., Solichah, C., Wirawati, T., Baskorowati, L., Hidayati, N., & Norrohman, S. H. (2020). Pengaruh mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter semai sengon dari beberapa sumber benih. *AGRIVET*, 26:23-30.
- Nariratih, I., Damanik, M., & Sitanggang, G. (2013). Ketersediaan nitrogen pada tiga jenis tanah akibat pemberian tiga bahan organik dan serapannya pada tanaman jagung. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(3), 479-488.
- Nuridayati, S. S., Prasetya, B., & Kurniawan, S. (2019). Perbanyakan berbagai jenis mikoriza arbuskula di berbagai jenis tanaman inang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 6(2), 1375–1385. DOI: 10.21776/ub.jtsl.2019.006.2.18
- Nuryani, E. (2019). *Pengaruh dosis dan saat pemberian pupuk P terhadap hasil tanaman buncis (Phaseolus vulgaris, L.) tipe tegak* (Skripsi, Universitas Tidar).
- Prihantoro, I., Karti, P. D., Aditia, E. L., & Nisabillah, S. (2023). Kualitas Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) yang Diproduksi dengan Teknik Fortifikasi dan Fertigasi Berbeda pada Pertumbuhan *Indigofera zollingeriana*. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(3), 377–385. DOI: 10.18343/jipi.28.3.377
- Pu, C., Yang, G., Li, P., Ge, Y., Garran, T. A., Zhou, X., Shen, Y., Zheng, H., Chen, M., & Huang, L. (2022). Arbuscular mycorrhiza alters the nutritional requirements in salvia miltiorrhiza and low nitrogen enhances the mycorrhizal efficiency. *Scientific Reports*, 12(1). DOI: 10.1038/s41598-022-17121-2
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2020). *Statistik Konsumsi Pangan 2020*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- 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.

- Rizqiyah, E. L., Utami, S. N. H., & Purwanto, B. H. (2023). Retention and availability of andisol soil phosphorus in monocultural and policultural crop patterns in Ngablak and Getasan Subdistrict, Magelang and Semarang, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 80. DOI: 10.1051/bioconf/20238003016
- Robifahmi, N., Anas, I., Setiadi, Y., Citraresmini, A. (2020). Uji kemampuan mikoriza dalam meningkatkan serapan p, efisiensi pupuk dan hasil tanaman sorgum pada tanah latosol menggunakan teknik Isotop 32P. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 16, 47–57.
- Rodrigues, K. M., & Rodrigues, B. F. (2020). *Glomus. In Beneficial Microbes in Agro-Ecology: Bacteria and Fungy*. India: Academic Press.
- Rosa, E. de F. F. da, Andrade, C. do N., Luz, S. da, Kaseker, J. F., Nohatto, M. A., & Nagel, L. E. T. (2024). Evaluation of the interaction between phosphate-solubilizing bacteria and mycorrhizae, with phosphorus doses in corn crop. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, 23(2), 265–274. DOI: 10.5965/223811712322024265
- Rosmiah, Paridawati, I., Marlina, N., Iskandar, S., Dali, Alfando, F., & Ezward, E. (2024). Respon cabai (*Capsicum annum* L.) terhadap penggunaan pupuk organik cair dan pupuk hayati mikoriza. *Jurnal Agro Indragiri*, 9(2), 96–2. DOI: 10.32520/jai.v4i1
- 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.
- Silva, K. J. G. da, Fernandes, J. A. L., Magurno, F., Leandro, L. B. A., Goto, B. T., & Theodoro, R. C. (2022). Phylogenetic Review of *Acaulospora* (Diversisporales, Glomeromycota) and the Homoplastic Nature of Its Ornamentations. *Journal of Fungi*, 8(9). DOI: 10.3390/jof8090892
- Siswanto, B. (2018). Sebaran unsur hara N, P, K dan pH dalam tanah. *Buana Sains*, 18(2), 109–124.
- Sukarman, & Dariah, A. (2014). *Tanah Andosol Di Indonesia: Karakteristik, Potensi, Kendala, dan Pengelolaannya untuk Pertanian*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sukmawati, Razie, F., & Haris, A. (2022). Mineralisasi nitrogen pada komposisi bahan gambut dan kotoran ayam. *Acta Solum*, 1(1), 16-20.
- Takahashi, T., & Dahlgren, R. A. (2016). Nature, properties and function of aluminum-humus complexes in volcanic soils. *Geoderma*, 263, (Vol. 110–121. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.08.032
- Trejo, D., Bañuelos, J., Gavito, M. E., & Sangabriel-Conde, W. (2020). High phosphorus fertilization reduces mycorrhizal colonization and plant biomass of three cultivars of pineapple. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 853–858. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.701>
- Umam, Q., Wiyono, Harieni, S., Daryanti, & Budiyono, A. (2021). The effect of cow manure and mycorrhizae doses on the growth of

maize (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmiah Agrineca*, 21, 55–61.

- Vilcatoma-Medina, C., Dolinski, M. A., Mendoza-Cortez, J. W., Campos De Azeredo, A. A., & Zanette, F. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus affect *Araucaria angustifolia* seedling growth. *Ciencia e Investigación Agraria: Revista Latinoamericana de Ciencias de la Agricultura*, 51(1), 44–56. DOI: 10.7764/ijanr.51i1.2438
- Virgiawan, Y. G., Andayani, N., & Kautsar, V. (2023). Pengaruh dosis pupuk P terhadap pertumbuhan bibit *Turnera subulata* pada jenis tanah yang berbeda. *AGROFORETECH*, 1(3), 1553–1559.
- Wang, Q., Liu, M., Wang, Z., Li, J., Liu, K., & Huang, D. (2024). The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in plant abiotic stress. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1323881.