

Peran Mikoriza Powder dan Granul dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*)

*The Beneficial Role of Mycorrhizal Powder and Granule in Improving Growth and Production of Shallot (*Allium cepa* var. *aggregatum*)*

Fahrizal Hazra^{1*}, Fatimah Nur Istiqomah², Bella Auliana Azzahra¹

Diterima 19 Agustus 2024/ Disetujui 12 Desember 2024

ABSTRACT

Increasing productivity of shallots is carried out through proper fertilization including type, form, and dose of fertilizer. Mycorrhiza infects roots to form external hyphae that increase the plant's ability to absorb nutrients so that the growth and development of the host plant become faster. Mycorrhizal biofertilizers can be applied in granular or powdered form to increase production. This research aims to analyze the application of powder and granules of mycorrhiza with different levels of NPK in increasing vegetative and generative phases of shallot. The experimental method was carried out using the Factorial Completely Randomized Design (CRD), the first factor of mycorrhiza type, and the second factor of NPK dosage. The treatment consisted of 12 levels, each replicated six times, resulting in a total of 72 polybags. Granules mycorrhiza + 50% NPK is the most effective combination increasing the highest plant height to reach 46 cm, and the most number of leaves is 39 strands/clumps. The maximum number of tubers was 11 pieces/crump produced by powder mycorrhiza without NPK, while wet and dry weight of the heaviest tubers by the granule mycorrhiza + 75% NPK treatment of 31 g and 13 g. Mycorrhiza is known to reduce the NPK need by 25% since maximum yield can be attained by adding 75% NPK fertilizer.

Keywords: bulb weight, number of bulbs, plant height, root infection, spore density

ABSTRAK

Peningkatan produktivitas bawang merah dilakukan melalui upaya pemupukan yang tepat, termasuk di dalamnya jenis, bentuk, dan dosis pupuk. Pupuk hayati mikoriza menginfeksi akar membentuk hifa eksternal meningkatkan kemampuan tanaman dalam penyerapan unsur hara, sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman inang menjadi lebih cepat. Upaya peningkatan produksi dapat dilakukan melalui aplikasi pupuk hayati mikoriza berbentuk serbuk (*powder*) ataupun granul. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi mikoriza *powder* dan granul dengan taraf pemupukan NPK berbeda dalam meningkatkan fase vegetatif dan generatif tanaman bawang merah. Metode eksperimental dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial, faktor pertama adalah jenis mikoriza (Tanpa Mikoriza, 0.2 g Mikoriza Powder, dan 2 g Mikoriza Granul) dan faktor kedua dosis pupuk anorganik. Perlakuan yang diuji sebanyak 12, masing-masing diulang enam kali sehingga total terdapat 72 *polybag*. Mikoriza granul dengan 50% NPK menjadi kombinasi perlakuan yang paling efektif meningkatkan tinggi tanaman tertinggi mencapai 46 cm dan jumlah daun terbanyak 39 helai per rumpun. Jumlah umbi paling banyak 11 buah per rumpun dihasilkan oleh perlakuan mikoriza *powder* tanpa NPK, sedangkan bobot basah maupun kering umbi terberat oleh perlakuan mikoriza granul dengan 75% NPK sebesar 31 g dan 13 g. Pemberian mikoriza diketahui dapat menghemat kebutuhan NPK sebesar 25% dengan produksi maksimal yang mampu dicapai pada penambahan NPK sebesar 75%.

Kata kunci: bobot umbi, infeksi akar, jumlah spora, jumlah umbi, tinggi tanaman

¹Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia

²PT Anugerah Sarana Hayati, Divisi TIC Saraswanti Group, Jl. Lava Textiles, Citereup, Bogor, Jawa Barat 16810, Indonesia
E-mail: fhazra2011@yahoo.com (*penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Bawang merah berkontribusi besar terhadap produksi hortikultura dan tingkat inflasi (BPS 2022; Priyambodoi dan Dyanasari, 2022). Di lingkup ASEAN, Indonesia menjadi peringkat keempat eksportir bawang merah (Kementan, 2023). Konsumen merata, sementara produksi terkonsentrasi di beberapa wilayah. Produksi tingkat petani bawang merah masih terbilang rendah (BPS, 2022). Usaha peningkatan produksi dilakukan melalui aplikasi pupuk hayati yang sekaligus dapat mengurangi jumlah penggunaan pupuk anorganik (NPK) (Yuniarti *et al.*, 2022; Maftu'ah *et al.*, 2023; Nurfaida *et al.*, 2024).

Pupuk hayati meningkatkan aktivitas mikrob tanah, menciptakan kondisi fisik, biologi, maupun kimia tanah yang baik (Fall *et al.*, 2022; Burak *et al.*, 2024). Populasi dan aktivitas mikrob yang meningkat mengefisiensi sistem pertanian akibat perubahan sifat tanah serta anatomi, morfologi, dan fisiologi tanaman termasuk perubahan anatomi akar dan peningkatan proses fotosintesis (Hristozkova dan Orfanoudakis, 2023). Mikrob berperan meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman, melindungi akar dari gangguan hama dan penyakit, menyediakan metabolit pengatur tumbuh, dan menstimulasi sistem perakaran agar berkembang sempurna (Trianakita, 2019).

Mikoriza ialah simbiosis mutualisme akar tanaman dengan fungi (Hijri dan Ba, 2023). Beberapa penelitian menunjukkan aplikasi mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (Suhartanti *et al.*, 2022), tomat (Safriyani *et al.*, 2021), dan kedelai tumpangsari dengan padi (Maesarah *et al.*, 2022). Fungi mikoriza menginfeksi akar tanaman membentuk hifa eksternal meningkatkan kemampuan tanaman dalam penyerapan unsur hara, sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman inang menjadi lebih cepat (Djauhari *et al.*, 2021). Aplikasi mikoriza dapat berbentuk serbuk (*powder*) ataupun granul dengan bahan pembawa zeolit. Mikoriza *powder* lebih ringan dan dibutuhkan dalam jumlah sedikit dibandingkan mikoriza granul namun penyimpanannya kurang tahan lama karena mudah berjamur pada kondisi basah. Mikoriza granul lebih stabil secara fisik maupun kimia sehingga tidak mudah menggumpal atau mengeras pada kondisi basah. Dari kelebihan dan kekurangan masing-masing bentuk, penting untuk menguji kombinasi aplikasi jenis mikoriza dan dosis NPK yang paling efektif meningkatkan fase vegetatif dan generatif bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*).

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dari bulan September 2023 hingga Maret 2024 di *greenhouse* Kebun Percobaan Cikabayan IPB University. Analisis Biologi Tanah Infeksi Akar, Jumlah, dan Jenis Spora dilakukan di PT. Anugerah Sarana Hayati. Analisis Kimia Tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya

Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University. Media tanam yang digunakan adalah tanah Regosol Dramaga (3 kg *polybag*⁻¹), bibit bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) varietas Bima Brebes berumur 3 bulan sebanyak 216 tanaman, pupuk hayati mikoriza milik PT. Anugerah Sarana Hayati yaitu Fumyco *powder* (0.2 g *polybag*⁻¹) dan granul (2 g *polybag*⁻¹). Pupuk dasar bawang merah berupa pupuk kandang sapi 100 g/*polybag* dan SP-36 3 g *polybag*⁻¹, dolomit, dan bahan uji laboratorium.

Rancangan Percobaan

Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor pertama tiga jenis mikoriza (Tanpa mikoriza, 0.2 g Mikoriza *powder*, 2 g Mikoriza granul). Faktor kedua empat dosis pupuk anorganik (0, 100%, 75%, dan 50% dosis rekomendasi NPK 16-16-16). Dosis rekomendasi NPK 16-16-16 adalah 3 g *polybag*⁻¹. Kombinasi perlakuan 12, diulang 6 kali, sehingga total 72 *polybag*. Tiap perlakuan dalam satu *polybag* terdiri dari tiga tanaman sehingga total terdapat 216 tanaman bawang merah.

Persiapan Media Tanam dan Penanaman

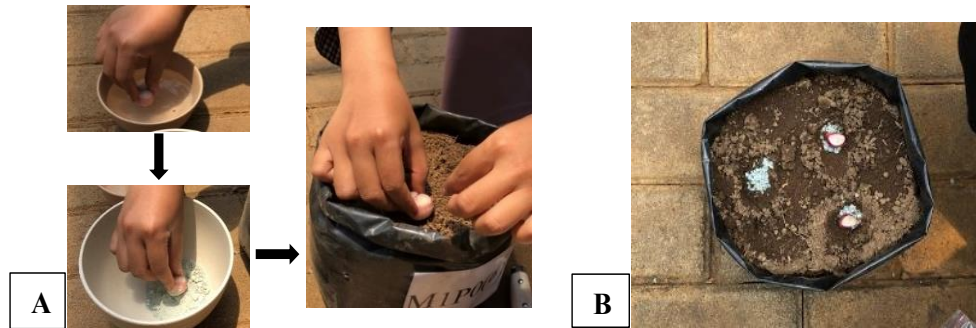
Media tanam dikomposit, dikeringanginkan, dan diayak dengan saringan berukuran 5 mm x 5 mm. Tanah dimasukkan ke *polybag* (3 kg *polybag*⁻¹) 30 cm x 30 cm. Pupuk kandang sapi 100 g *polybag*⁻¹ dan pupuk dasar SP-36 3 g *polybag*⁻¹ diaduk dengan tanah, disiram, dan dibiarkan satu minggu sebelum tanam. Gambar 1 menunjukkan bibit umbi bawang merah varietas Bima yang telah melewati masa dormansi dibersihkan dari kulit yang mengering atau kotoran yang menempel. Ujung bibit umbi dipotong 1/4 bagian untuk mempercepat pertumbuhan tunas. Aplikasi pupuk hayati mikoriza dilakukan sebelum bibit umbi ditanam dengan cara diletakkan di bawah bibit umbi pada rizosfer (zona perakaran) untuk pupuk hayati mikoriza granul, dan dengan dicelupkan ke air kemudian dibubuhi bagian bawah bibit umbi untuk pupuk hayati mikoriza *powder*. Penanaman dilakukan di pagi hari dengan membenamkan 2/3 bibit umbi siap tanam ke media tanam.

Pemeliharaan, Pemupukan, dan Pemanenan

Penyiraman satu hari sekali, akar yang keluar ditutup, gulma disaingi secara manual. Pemupukan NPK 16-16-16 dengan dosis 3 g *polybag*⁻¹ sebagai perlakuan diberikan dua kali pada usia tanaman bawang merah 15 HST dan 35 HST. Panen dilakukan saat tanaman bawang merah berumur 60-90 HST kriteria tanaman rebah, daun umbi menguning, umbi lapis terisi, warna kulit telah merah mengkilap.

Pengumpulan dan Analisis Data

Tinggi (cm) dan jumlah daun (helai per rumpun) diukur 2 hingga 8 MST interval 2 minggu sekali. Jumlah umbi (bua per rumpun) dan bobot basah umbi (g) diukur setelah tanaman dipanen, sedangkan bobot kering umbi (g) yaitu bobot total



Gambar 1. Cara aplikasi pupuk hayati mikoriza (A) *Powder* dan (B) *Granul*

umbi tanpa akar dan daun setelah dioven dengan suhu 60-65 °C. Pengamatan infeksi akar menggunakan metode Phyllip dan Hyman (1970). Perhitungan jumlah spora mikoriza dengan teknik penyaringan basah dan sentrifugasi. Data diolah dengan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) dilanjut uji Duncan pada taraf uji 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Vegetatif

Interaksi mikoriza granul dengan 1.5 g NPK (M2P3) menjadi kombinasi terbaik menghasilkan tinggi tanaman tertinggi 46 cm dibandingkan kontrol terendah 34 cm, serta menghasilkan rata-rata jumlah daun tanaman terbanyak yang mencapai 39 helai per rumpun dibandingkan dengan kontrol 19 helai per rumpun (Tabel 1). Mikoriza membantu tanaman bawang merah mencukupi ketersediaan hara yang dibutuhkannya dengan meningkatkan luas permukaan akar bawang merah (Rozpqdek *et al.*, 2016). Mikoriza efektif menurunkan dosis pupuk anorganik dan menghasilkan parameter vegetatif paling baik pada pengamatan 8 MST.

Input pupuk anorganik berlebih akan menekan aktivitas fiksasi N₂ sehingga berdampak negatif terhadap kelimpahan diazotrof, pemasaman tanah, mengurangi kandungan bahan organik, kandungan humus, organisme bermanfaat, sehingga berdampak negatif bagi pertumbuhan tanaman (Jote, 2023; Sun *et al.*, 2024). Mutiarahma *et al.* (2020) menyatakan akar tanaman membentuk jaringan hifa eksternal tumbuh ekspansif yang menjadi tanda mikoriza telah menginfeksi akar. Melalui hifa eksternal, kapasitas akar dalam menyerap air dan unsur hara utamanya fosfor (P) meningkat (Saleh dan Atmaja, 2017; Ferdi *et al.*, 2023). Melalui penyerapan hara dan air yang lebih baik, serta kelimpahan diazotrof yang lebih tinggi, pertumbuhan tanaman dilihat dari karakter vegetatif perlakuan mikoriza menghasilkan angka tertinggi seperti pada Tabel 1.

Hasil penelitian menunjukkan mikoriza berperan penting dalam mengoptimalkan pertumbuhan vegetatif tanaman bawang merah, yang diukur melalui parameter tinggi tanaman dan jumlah daun. Mikoriza memacu pembentukan hormon

pertumbuhan tanaman seperti auksin, sitokinin, dan giberelin yang mampu mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dalam hal ini tinggi dan jumlah daun tanaman bawang merah (Parnata, 2004). Hormon auksin mendorong perpanjangan dan pembelahan sel, dominansi apical, diferensiasi jaringan xylem dan floem, dan merangsang pembentukan akar yang meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Giberelin meningkatkan laju fotosintesis dengan memacu pertumbuhan tanaman melalui perkembangan daun. Sitokinin esensial bagi tanaman karena bertugas mengontrol seluruh proses perkembangan dan merangsang pembelahan sel (Anjarsari *et al.*, 2021).

Karakter Generatif

Pemberian mikoriza *powder* tanpa pupuk NPK (M2P0) menjadi kombinasi terbaik yang mampu meningkatkan jumlah umbi 275% dibandingkan kontrol (Tabel 2). Bobot umbi basah dan kering terbesar dihasilkan oleh interaksi perlakuan mikoriza granul dan 2.25 g NPK (M2P2). Aplikasi pupuk hayati mikoriza *powder* dan granul diketahui efektif menurunkan dosis pupuk anorganik melalui akumulasi karbohidrat lebih banyak terjadi akibat peningkatan laju fotosintesis, sehingga bobot basah maupun kering umbi pada perlakuan mikoriza meningkat (Kumar *et al.*, 2018). Diperkuat dengan inokulasi FMA pada Wang *et al.* (2020) yang mampu meningkatkan konsentrasi klorofil pada daun tanaman jagung, gandum, beras, sesbania.

Jumlah dan bobot umbi per rumpun dihitung untuk mengetahui biomassa yang dihasilkan selama tanaman melakukan reproduksi. Bagian tanaman berupa umbi membesar menyimpan cadangan makanan. Semakin baik laju fotosintesis tanaman, fotosintat yang dihasilkan akan lebih banyak, termasuk fotosintat yang berguna dalam pembentukan tubuh tanaman pada umbi lapis bawang merah. Pembentukan dan pengisian umbi menjadi tahap perkembangan yang sensitif terhadap cekaman air. Kelembaban tanah yang tinggi melalui pemberian air yang cukup akan menyediakan air dan nutrisi lebih banyak bagi tanaman, sehingga merangsang pembentukan umbi bawang lebih optimal (Gupta, 2017).

Tabel 1. Pengaruh interaksi pemberian pupuk hayati mikoriza dan dosis pupuk anorganik terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada 8 MST

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai/rumpun)
M0P0 : Kontrol	34.18 f	18.50 de
M0P1 : 100% NPK 16-16-16	40.25 cd	13.33 f
M0P2 : 75% NPK 16-16-16	39.33 d	14.33 ef
M0P3 : 50% NPK 16-16-16	36.63 e	13.83 ef
M1P0 : Mikoriza <i>powder</i>	44.10 ab	33.67 ab
M1P1 : Mikoriza <i>powder</i> + 100% NPK	45.27 ab	31.00 bc
M1P2 : Mikoriza <i>powder</i> + 75% NPK	43.43 b	32.83 bc
M1P3 : Mikoriza <i>powder</i> + 50% NPK	44.75 ab	28.67 c
M2P0 : Mikoriza granul	43.70 ab	30.67 bc
M2P1 : Mikoriza granul + 100% NPK	43.75 a	23.67 d
M2P2 : Mikoriza granul + 75% NPK	46.23 a	31.33 bc
M2P3 : Mikoriza granul + 50% NPK	45.85 a	38.67 a

Keterangan: Huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf α 5%.

Tabel 2. Pengaruh interaksi pemberian pupuk hayati mikoriza dan dosis pupuk anorganik terhadap jumlah dan bobot umbi pada 10 MST

Perlakuan	Jumlah Umbi (buah per rumpun)	Bobot Umbi Basah (g per rumpun)	Bobot Umbi Kering (g per rumpun)
M0P0 : Kontrol	4 fg	17.38 de	6.14 de
M0P1 : 1 NPK 16-16-16	3 g	19.79 de	5.97 de
M0P2 : 3/4 NPK 16-16-16	5 f	21.64 de	6.43 de
M0P3 : 1/2 NPK 16-16-16	4 fg	17.32 e	5.92 e
M1P0 : Mikoriza <i>powder</i>	11 a	25.44 b	9.21 bc
M1P1 : Mikoriza <i>powder</i> + 1 NPK	9 cd	22.41 c	8.17 de
M1P2 : Mikoriza <i>powder</i> + 3/4 NPK	8 de	22.43 bc	7.82 de
M1P3 : Mikoriza <i>powder</i> + 1/2 NPK	9 de	19.33 de	6.79 de
M2P0 : Mikoriza granul	10 bc	24.31 bc	10.05 bc
M2P1 : Mikoriza granul + 1 NPK	8 e	21.42 de	8.65 cd
M2P2 : Mikoriza granul + 3/4 NPK	10 ab	30.86 a	13.33 a
M2P3 : Mikoriza granul + 1/2 NPK	10 bc	26.21 ab	9.53 bc

Keterangan: Huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf α 5%.

Kolonisasi Akar

Persentase kolonisasi akar paling tinggi mencapai 100% pada perlakuan mikoriza *powder*, mikoriza *powder* + 50% NPK, mikoriza granul, mikoriza granul + 100% NPK, dan mikoriza granul + 50% NPK dan terendah pada perlakuan 50% NPK (Tabel 3). Infeksi akar yang terdapat pada perlakuan kontrol dengan akar terinfeksi sebesar 40% mengindikasikan terjadinya kontaminasi yang berasal dari perlakuan dengan mikoriza. Husna *et al.* (2015) dalam penelitiannya menjelaskan Struktur fungsi mikoriza arbuskula (FMA) pada

bagian akar pada perlakuan kontrol terjadi akibat kontaminasi yang dibawa oleh angin atau air saat penyiraman.

Tinggi rendahnya akar terkolonisasi dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan faktor lingkungan seperti jenis FMA, pH, temperatur, kelembaban, logam berat, dan kandungan unsur hara (Wirawan, 2014). Akar terinfeksi tidak mutlak sebagai indikator tinggi rendahnya pertumbuhan suatu inang, persentase akar terinfeksi hanya menggambarkan kesesuaian tanaman inang dengan FMA. Perhitungan kolonisasi akar menentukan ada atau tidaknya FMA yang

mengkoloni akar tanaman yang kemudian mencerminkan sebagian kemampuannya membantu tanaman menyerap nutrisi (Pertiwi *et al.*, 2017).

Akar tanaman bawang merah terinfeksi mikoriza ditampilkan pada Gambar 2. Akar yang terinfeksi mikoriza ditandai dengan adanya hifa, vesikula, dan arbuskula atau salah satu dari ketiganya (Pulungan, 2015). Kolonisasi akar tanaman bawang merah 10 MST oleh mikoriza ditandai dengan adanya hifa dan vesikula (Gambar 2) yang diamati menggunakan mikroskop melalui pewarnaan akar. Mikoriza lebih cepat terangsang untuk mengkolonisasi akar pada tanah dengan kadar P yang rendah sesuai dengan fungsi utamanya membantu penyerapan P dalam bentuk tidak tersedia (Siregar dan Rinaldi, 2018). Proses kolonisasi terbagi menjadi empat tahapan diantaranya sebelum infeksi, penetrasi akar tanaman inang membentuk hifa, hifa tumbuh dan berkembang pada sel akar, dan tahap penyerapan air dan hara bagi tanaman inang oleh mikoriza sebagai tahap akhir (Baptista, 2011).

Jumlah dan Jenis Spora

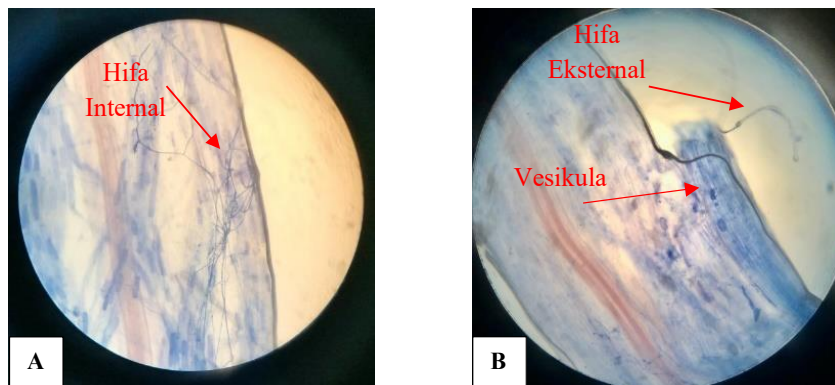
Jumlah spora terbanyak terdapat pada perlakuan mikoriza powder + 1/2 NPK meningkat 117% dibandingkan perlakuan kontrol (Gambar 3). Genus *Glomus* dominan ditemukan pada seluruh perlakuan (Gambar 3). Sejalan dengan El-Sherbeny *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa sebaran FMA yang terekstrasi dalam 1 kg contoh tanah didominasi oleh *Glomus* sp. sebesar 80% dari total spora yang diidentifikasi. Genus *Glomus* dominan karena mempunyai tingkat adaptasi dan penyebaran yang tinggi di berbagai kondisi lingkungan baik masam maupun netral sejalan dengan penelitian (Sukmawaty *et al.*, 2016).

Identifikasi spora yang berasal dari isolat FMA tanaman bawang merah adalah *Glomus* dan *Acaulospora* (Gambar 4). Genus *Glomus* memiliki ciri yang khas dengan bentuk bulat, warna bervariasi dari kuning, kuning kecoklatan, cokelat kekuningan, cokelat muda, cokelat tua, dan kehitaman. Ukuran spora rata-rata 50-100 µm (Nusantara *et al.*, 2012).

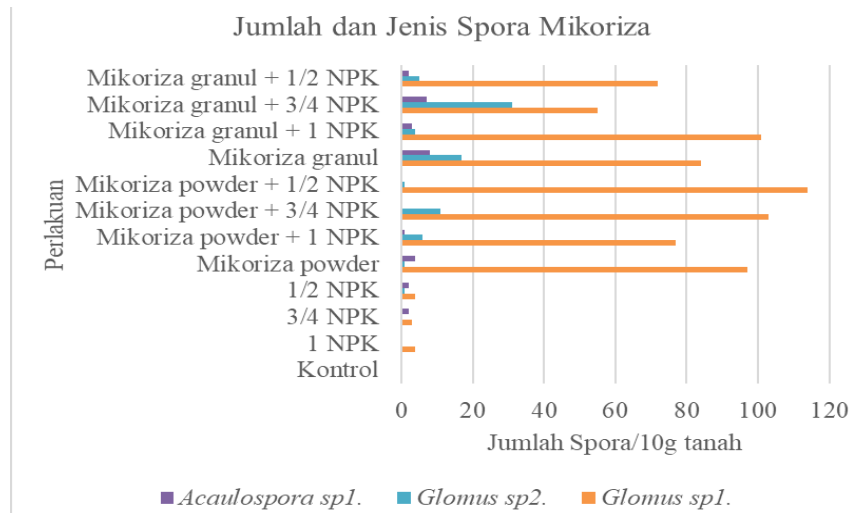
Tabel 3. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap infeksi akar umbi bawang merah pada 10 MST

Perlakuan	Infeksi akar (%)
M0P0 : Kontrol	40
M0P1 : 1 NPK 16-16-16	40
M0P2 : 3/4 NPK 16-16-16	40
M0P3 : 1/2 NPK 16-16-16	30
M1P0 : Mikoriza powder	100
M1P1 : Mikoriza powder + 1 NPK	70
M1P2 : Mikoriza powder + 3/4 NPK	90
M1P3 : Mikoriza powder + 1/2 NPK	100
M2P0 : Mikoriza granul	100
M2P1 : Mikoriza granul + 1 NPK	100
M2P2 : Mikoriza granul + 3/4 NPK	80
M2P3 : Mikoriza granul + 1/2 NPK	100

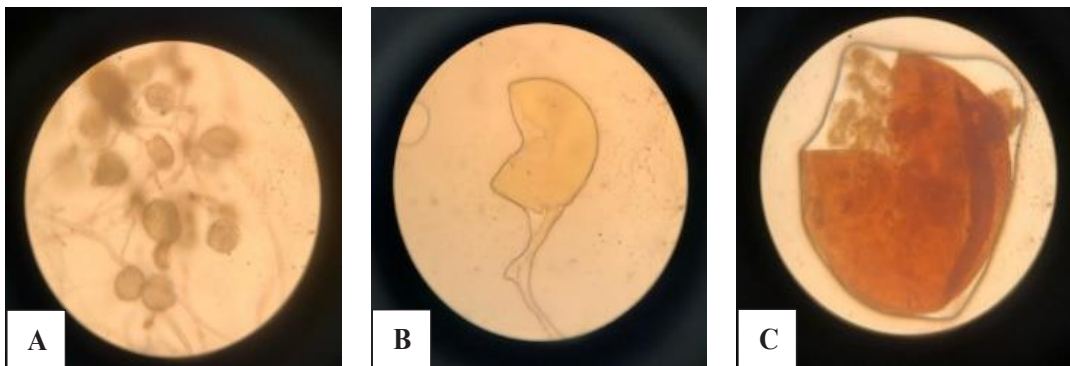
Keterangan: Huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf α 5%.



Gambar 2. Infeksi mikoriza akar bawang merah perbesaran (a) 400x dan (b) 100x



Gambar 3. Pengaruh mikoriza terhadap jumlah spora bawang merah 10 MST



Gambar 4. Jenis spora (a) *Glomus sp1.* (b) *Glomus sp2.* (c) *Acaulospora sp1.*

KESIMPULAN

Perlakuan faktor tunggal atau kombinasi baik mikoriza powder maupun granul meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah umbi, dan bobot basah maupun kering umbi pada bawang merah umur 10 MST dengan menurunkan 25% dosis kebutuhan NPK. Kolonisasi mikoriza pada akar tanaman bawang merah pada tanah mencapai 100%. Genus FMA yang ditemukan yaitu *Glomus* dan *Acaulospora*, genus *Glomus* paling mendominasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Anugerah Sarana Hayati (ASHA) atas kesempatan dan dukungan yang diberikan dalam bentuk fasilitas, alat, dan bahan penelitian. Terimakasih kepada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University sudah mendanai bahan kimia penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjarsari, I.R.D., J.S. Hamdani, C. Suherman, T. Nurmala, H.S. Khomaeni, V.P. Rahadi. 2021. Studi pemangkasan dan aplikasi sitokinin-giberelin pada tanaman teh [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] produktif klon GMB 7. *J. Agron. Indonesia*. 49(1): 89-96. Doi: <https://doi.org/10.24831/jai.v49i1.32046>
- Baptista, P., R.M. Tavares, T Lino-Neto. 2011. Signaling in ectomycorrhizal symbiosis establishment. *Soil Biol.* 25(1): 157-175. Doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15196-5_8
- Burak, K., I.H. Yanardag, M.D.G. Lopez, A. Faz, H. Yalcin, E. Sakin, E. Ramazanoglu, A.B. Orak, A. Yanardag. 2024. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi on biological activity and biochemical properties of soil under vetch growing conditions in calcareous soils. *Heliyon*. 10(1): 1-17. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24820>

- [BPS] Badan Pusat Statistika. 2022. Statistik Hortikultura 2022. Jakarta: BPS RI.
- Djauhari, S., J.D. Eriyono, B.T. Rahardjo. 2021. The effect of inoculum type and mycorrhiza dosage on growth and production of mung bean (*Vigna radiata* L.). J. Trop. Plant Prot. 2(1): 19-25. Doi: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jtpp.2021.002.1.4>
- El-Sherbeny, T.M.S., A.M. Mousa, El-Sayed. 2022. Use of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization to improve the yield of onion (*Allium cepa* L.) plant. Saudi J. Biol. Sci. 29(1): 331-338. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.094>
- Fall, A.F., G. Nakabonge, J. Ssekandi, H.F. Mboup, S.O. Apori, A. Ndiaye, A. Badji, K. Ngom. 2022. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on soil fertility: contribution in the improvement of physical, chemical, and biological properties of the soil. Front. Fungal Biol. 3(1): 1-12. Doi: <https://doi.org/10.3389/ffunb.2022.723892>
- Ferdi, Husna, Namriah, D.E.A Darwis, Zulfikar, Resman. 2023. Application of arbuscula mycorrhizal fungi to increasing N-total and P-available soil for eggplant (*Solanum melongena* L.) growth on ultisol soil. J. Trop. Mycorrhiza. 2(1): 29-36. Doi: <https://journal.ami-ri.org/index.php/JTM>
- Gupta, R., K.P. Mishra, M.K. Hardaha. 2017. Response of garlic (*Allium sativum* L.) cv. G-282 to different watering levels under drip watering system. Int. J. Pure Appl. Biosci. 5(6): 1334-1340. Doi: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.6015>
- Hijri, M., A. Ba. 2023. Editorial: Mycorrhizal fungi and plants in terrestrial ecosystems. Front. Plant Sci. 14(2): 1180884. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1180884>
- Hristozkova, M., M. Orfanoudakis. 2023. Arbuscular mycorrhiza and its influence on crop production. Agriculture. 13(925): 1-3. Doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture13050925>
- Husna, S.W. Budi, I. Mansur, C. Kusmana. 2015. Respon Respon pertumbuhan bibit kayu kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw] terhadap inokulasi fungi mikoriza arbuskula lokal. J. Pemuliaan Tanaman Hutan. 9(3): 131-148. Doi: <https://doi.org/10.20886/jpth.2015.9.3.131-148>
- Jote, C.A. 2023. The impacts of using inorganic chemical fertilizer on the environment and human health. Org. Med. Chem. Int. J. 13(3): 001-008. Doi: <http://dx.doi.org/10.19080/OMCIJ.2023.13.555864>
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2023. Komoditas Pertanian Subsektor Hortikultura Bawang Merah. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Kumar, A., A.K. Singh, D.P. Moharana, A. Kumari, N. Kumar. 2018. RResponse of various strains of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) vis-à-vis biochemical enhancement in onion (*Allium cepa* L.) cv. Agrifound light red. Chem. Sci. Rev. Lett. 7(27): 785-788.
- Maesarah, W. Wangiyana, I.K. Ngawit. 2022. Pengaruh pupuk hayati mikoriza dan tumpangsari dengan kedelai terhadap pertumbuhan dan hasil dua galur padi beras hitam sistem irigasi aerobik. Innofarm: J. Inovasi Petanian. 4(2): 34-43. Doi: <https://doi.org/10.33061/innofarm.v24i2.7370>
- Maftu'ah, E., A Susilawati, Y. Lestari, V. Karolinoerita, M. Mukhlis, Y. Sulaeman. 2023. Application of bio and NPK fertilizer to improve yield soybean and acid sulfate soil properties in Indonesia. Chil. J. Agric. Res. 83(1): 52-62. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392023000100052>
- Nusantara, A.D., Y.H. Bertham, I. Mansur. 2012. Bekerja dengan Fungi Mikoriza Arbuskula. Bogor (ID): Seameo Biotrop.
- Mutiarahma, E.V., C. Solichah, T. Wirawati, L. Baskorowati, N. Hidayati, S.H. Nurrohmah. 2020. Pengaruh mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter semai sengon dari beberapa sumber benih. AGRIVET. 26(1): 23-30. Doi: <https://dx.doi.org/10.31315/agrivet.v26i1.4307>
- Nurfaida, E. Syam'un, F. Ulfa, K. Mantja, M. Faried. 2024. Breaking dormancy of shallot (*Allium ascalonicum* L.) bulb using hydrogen peroxide. J. Teknik Pertanian Lampung. 13(1): 205-212. Doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v13i1.205-212>
- Parnata, A.S. 2004. Pupuk Organik Cair. Jakarta (ID): PT. Agromedia Pustaka.
- Pertiwi, H.I., S.W. Budi, A.S. Wulandari. 2017. Pengaruh fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan mycorrhizal helper bacteria (MHB) terhadap pertumbuhan jabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb.). J. Silvikultur Tropika. 8(3): 147-153. Doi: <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.8.3.147-153>

- Priyambodoi, A.W., Dyanasari. 2022. Price volatility of shallot and garlic and effect on inflation in East Java. *J. Agri Socio Economics and Business*. 4(2): 109-118. Doi: <https://doi.org/10.31186/jaseb.4.2.109-118>
- Pulungan, A.S. 2015. Biodiversity of FMA in red pepper rhizosfer. *J. Biosains*. 1(3): 125-129. Doi: <https://doi.org/10.24114/jbio.v1i3.2933>
- Rozpqdek, P., M.R. Kozik, K. Wezowicz, A. Grandin, S. Karlsson, R. Wazny, T. Anielska, K. Turnau. 2016. Arbuscular mycorrhiza improves yield and nutritional properties of onion (*Allium cepa*). *Plant Physiol. Biochem*. 107(1): 264-272. Doi: <https://doi.org/10.3390%2Fplants9020279>
- Safriyani, E., Merismon, A. Purnamasari. 2021. Aplikasi mikoriza dalam meningkatkan Pertumbuhan dan produksi tanaman tomat. *J. Lansium*. 2(2): 36-39. Doi: <https://doi.org/10.54895/lansium.v2i2.910>
- Saleh, I., I.S.W. Atmaja. 2017. Efektivitas inokulasi cendawan mikoriza arbuskula (CMA) terhadap produksi bawang merah dengan teknik pengairan berbeda. *J. Hort. Indonesia*. 8(2): 120-127. Doi: <https://doi.org/10.29244/jhi.8.2.120-127>
- Siregar, R.A.D., R. Rinaldi. 2018. Inventarisasi mikoriza pada areal tanaman karet di PTPN III kebun Batang Toru. *J. Education and Development*. 4(2): 87-90. Doi: <https://doi.org/10.37081/ed.v4i2.390>
- Siswanto, B. 2018. Sebaran unsur hara N, P, K, dan pH dalam tanah. *Buana Sains*. 18(2): 109-124. Doi: <https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1184>
- Suhartanti, A., O.S. Padmini, H.K. Muhammad. 2022. Pengaruh aplikasi mikoriza dan rock phosphate terhadap Pertumbuhan hasil dan kualitas jagung ketan. *Agrisintech*. 3(2): 58-65. Doi: <https://doi.org/10.31938/agrisintech.v3i2.453>
- Sukmawaty, E., Hafsan, Asriani. 2016. Identifikasi cendawan mikoriza arbuskula dari perakaran tanaman pertanian. *Biogenesis*. 4(1): 16-20. Doi: <https://doi.org/10.24252/bio.v4i1.1115>
- Sun, M., D. Xiao, W. Zhang, K. Wang. 2024. Impacts of managed vegetation restoration on arbuscular mycorrhizal fungi and diazotrophs in karst ecosystems. *J. Fungi*. 10(4): 280. Doi: <https://doi.org/10.3390/jof10040280>
- Wang, H., L. Liang, B. Liu, D. Huang, S. Liu, R. Liu, K.H.M. Siddique, Y. Chen. 2020. Arbuscular mycorrhizas regulate photosynthetic capacity and antioxidant defense systems to mediate salt tolerance in maize. *Plants*. 9(11): 1-17. Doi: <http://dx.doi.org/10.3390/plants9111430>
- Wirawan, G. 2014. Identifikasi fungi mikoriza arbuskular secara mikroskopis pada rhizosfer tanaman alang-alang. Skripsi. Bali (ID): Universitas Udayana.
- Yulina, H., W. Ambarsari. 2021. Hubungan kandungan N-total dan C-Organik tanah terhadap berat panen tanaman pakcoy pada kombinasi kompos sampah kota dan pupuk kandang sapi. *J. Agrowiralodra*. 4(1): 25-30. Doi: <https://doi.org/10.31943/agrowiralodra.v4i1.55>
- Yuniarti, A.R., E. Rokhminarsih, Purwanto. 2022. Uji kemampuan bakteri diazotrof asal perakaran bawang merah dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah. *J. Kultivasi*. 21(2): 181-189. Doi: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.37708>