

Pemanfaatan Pewarna Alami Buah Naga sebagai Agen Pewarna Akar dalam Pengamatan Mikoriza

Azarine Eka Bina Pertiwi^{1*}, Amisha Sulistia Claresta²

¹Pendidikan Biologi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: azaringpertiwi@gmail.com

ABSTRACT

*Mycorrhizae are symbiotic fungi that establish mutualistic associations with plant roots, including horticultural crops such as chili pepper (*Capsicum spp.*) and purple sweet potato (*Ipomoea batatas var. ungu*). This study aimed to investigate the presence of mycorrhizal structures in the roots of chili and sweet potato and to evaluate the effectiveness of natural dyes dragon fruit, suji leaves, and turmeric—in enhancing the microscopic visualization of mycorrhizal colonization. The stages of the procedure carried out are that the root samples go through a clarification, soaking and staining process to identify typical mycorrhizal structures, such as hyphae, vesicles and arbuscules. The resulting data was then analyzed descriptively by comparing the effectiveness of each natural dye based on the contrast and clarity of visualization of the mycorrhizal structure. Microscopic observations revealed structures resembling hyphae and vesicles within the cortical tissues, indicating early colonization by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The findings suggest that mycorrhizal associations contribute to improved nutrient uptake, particularly phosphorus, enhanced tolerance to abiotic and biotic stresses, and increased plant growth and productivity. These results highlight the ecological and agronomic significance of mycorrhizae in supporting sustainable agricultural practices through improved nutrient-use efficiency and soil fertility management.*

Keywords: *arbuscular mycorrhiza; natural dyes; root colonization; sustainable agriculture;*

ABSTRAK

*Mikoriza merupakan fungi simbiotik yang membentuk asosiasi mutualistik dengan akar tanaman, termasuk tanaman hortikultura seperti cabai (*Capsicum spp.*) dan ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas var. ungu*). Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi keberadaan struktur mikoriza pada akar tanaman cabai dan ubi jalar, serta mengevaluasi efektivitas pewarna alami—buah naga, daun suji, dan kunyit—dalam meningkatkan visualisasi kolonisasi mikoriza secara mikroskopis. Tahapan prosedur yang dilakukan yaitu sampel akar melalui proses klarifikasi, perendaman, dan pewarnaan untuk mengidentifikasi struktur khas mikoriza, seperti hifa, vesikel, dan arbuskula. Data yang dihasilkan kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan efektivitas masing-masing pewarna alami berdasarkan kontras dan kejernihan visualisasi struktur mikoriza. Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan adanya struktur menyerupai hifa dan vesikel pada jaringan korteks akar yang mengindikasikan kolonisasi awal oleh fungi mikoriza arbuskular (FMA). Keberadaan mikoriza terbukti berkontribusi terhadap peningkatan penyerapan unsur hara, khususnya fosfor, peningkatan toleransi terhadap cekaman abiotik dan biotik, serta pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Temuan ini menegaskan pentingnya peran mikoriza dalam mendukung praktik pertanian berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi pemupukan dan pengelolaan kesuburan tanah.*

Kata-kata Kunci: *mikoriza arbuskula; pewarna alami; kolonisasi akar; pertanian berkelanjutan;*

PENDAHULUAN

Mikoriza merupakan interaksi simbiotik antara jamur dan akar tanaman tingkat tinggi, termasuk tanaman kedelai, yang memberikan keuntungan bagi kedua pihak. Tanaman inang berfungsi sebagai penyedia hasil fotosintesis yang dimanfaatkan jamur sebagai sumber energi, sementara jamur berkontribusi dalam meningkatkan ketersediaan serta penyerapan unsur hara anorganik dari tanah oleh tanaman (Asmi et al., 2021). Istilah mikoriza pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Albert Bernard Frank pada tahun 1885 dalam kajiannya mengenai hubungan antara tumbuhan dan mikrobia. Secara umum, terdapat tujuh kelompok mikoriza yang telah dideskripsikan, yaitu fungi mikoriza arbuskular (FMA), ektomikoriza, ektendomikoriza, arbutoid mikoriza, monotropid mikoriza, ericoid mikoriza, dan orchid-mikoriza (*Orchidaceous mycorrhizae*). Ketujuh kelompok tersebut dibedakan berdasarkan jenis fungi, jenis tanaman inang, serta karakteristik struktur yang terbentuk dari asosiasi kedua simbion (Soeharno et al., 2020).

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan kelompok terbesar di antara berbagai kelompok mikoriza, dan AMF inilah yang membentuk asosiasi mikoriza dengan tanaman yang berkoloni di akar dan membangun hubungan yang saling menguntungkan. Salah satu manfaat simbiosis bagi tanaman adalah ketahanan terhadap faktor stres seperti toksisitas logam, kekeringan, dan salinitas, yang memungkinkan beberapa spesies tanaman untuk tumbuh dalam kondisi yang keras. Peningkatan ketersediaan air dan nutrisi yang disediakan oleh FMA bahkan di tanah yang miskin nutrisi atau kering, dapat secara positif mempengaruhi organisme tanah lainnya, termasuk bakteri dan jamur lainnya, dengan meningkatkan pasokan nutrisi mereka dan mendorong pertumbuhan dan aktivitasnya, meningkatkan toleransi stres tanaman, dan memperpanjang umur akar. Lebih lanjut, hifa ekstraradikal AMF juga memainkan peran penting dalam pensinyalan dan pertukaran nutrisi dengan membentuk jaringan mikoriza komunal antara tanaman yang berdekatan dan oleh karena itu merupakan kelompok fungsional penting untuk pertumbuhan tanaman dan pemeliharaan kualitas tanah (Burak et al., 2024).

Tanaman cabai (*Capsicum* spp.) diketahui mampu membentuk asosiasi dengan FMA yang termasuk kelompok endomikoriza. Keberadaan mikoriza pada akar cabai berperan dalam meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfor, meningkatkan ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik, serta mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Jenis mikoriza yang umum ditemukan pada cabai berasal dari kelompok Glomeromycota seperti *Glomus* spp. Namun demikian, tingkat kolonisasi mikoriza dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti jenis tanah, suhu, kelembapan, serta praktik budidaya (Budi et al., 2024). Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dilaporkan dapat menurunkan tingkat kolonisasi mikoriza pada akar tanaman (Kuila & Ghosh, 2022).

Mikoriza banyak ditemukan pada tanaman umbi ungu (*Ipomoea batatas* var. *ungu*). Struktur tersebut memperluas bidang serapan hara sehingga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekurangan nutrisi, kekeringan, dan serangan patogen. Meskipun manfaat mikoriza telah banyak dilaporkan, pengamatan struktur mikoriza pada jaringan akar masih menghadapi kendala teknis, khususnya dalam proses pewarnaan. Pewarna sintetis yang umum digunakan memiliki potensi toksisitas dan kurang ramah lingkungan. Di sisi lain, pemanfaatan pewarna alami sebagai alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan belum banyak dikaji secara mendalam, terutama dalam konteks efektivitasnya untuk memperjelas struktur mikoriza pada tanaman hortikultura seperti cabai dan umbi ungu. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya inovasi metode pewarnaan yang lebih ramah lingkungan tanpa mengurangi kualitas visualisasi mikroskopis.

Penelitian ini bermaksud mendukung dan memperluas temuan sebelumnya mengenai pentingnya mikoriza dengan menawarkan pendekatan inovatif melalui pemanfaatan ekstrak buah naga, daun suji, dan kunyit sebagai pewarna alami untuk pengamatan struktur mikoriza. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati keberadaan struktur mikoriza pada akar cabai dan umbi ungu serta mengevaluasi efektivitas pewarna alami dalam memperjelas visualisasi mikoriza secara mikroskopis sebagai alternatif metode konvensional.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pewarna alami dalam mewarnai jaringan akar tanaman untuk pengamatan struktur mikoriza secara mikroskopis. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan berupa penggunaan ekstrak pewarna alami dari buah naga (*Hylocereus* spp.), daun suji (*Dracaena angustifolia*), dan kunyit (*Curcuma longa*). Apabila digunakan, pewarna sintetis dapat dijadikan sebagai kontrol pembanding untuk menilai efektivitas pewarna alami.

Subjek dan Lokasi Penelitian

Subjek penelitian berupa sampel akar tanaman cabai (*Capsicum* spp.) dan ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* var. *ungu*) yang diduga memiliki asosiasi dengan fungi mikoriza arbuskular. Sampel diambil dalam kondisi segar dan dipersiapkan untuk proses *clearing* dan pewarnaan. Seluruh prosedur penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Biologi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dalam kondisi laboratorium yang terkontrol untuk memastikan konsistensi perlakuan dan pengamatan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi mikroskop cahaya dengan perbesaran 100× menggunakan objektif imersi 1,25, pinset, pisau silet atau scalpel, water bath, kaca objek dan cover glass, tabung reaksi, cawan petri, gelas ukur, pipet, gelas jar, corong, dan penjepit tabung reaksi. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel akar cabai dan ubi jalar, ekstrak pewarna alami dari buah naga, daun suji, dan kunyit, larutan KOH 10%, larutan HCl 1%, larutan asam asetat yang diencerkan hingga konsentrasi 5% dan 2,5%, aquades, serta minyak imersi.

Prosedur Pelaksanaan

Prosedur penelitian diawali dengan tahap pembersihan akar dari sisa tanah kemudian dipotong ±1 cm pada bagian akar sekunder. Sampel direndam dalam larutan KOH 10% selama 48 jam pada suhu ruang untuk membersihkan isi sel dan memperjelas jaringan. Setelah itu, akar dibilas menggunakan aquades, kemudian direndam dalam larutan HCl 1% dan dipanaskan dalam *water bath* pada suhu 90°C selama 35 menit. Akar kembali dibilas dan didiamkan selama 5 menit sebelum tahap pewarnaan. Pada tahap pewarnaan, ekstrak pewarna alami yang telah disaring dicampurkan sebanyak 1 mL dengan 19 mL larutan asam asetat 5%, kemudian sampel akar direndam dan dipanaskan pada suhu 90°C selama 5 menit. Selanjutnya, sampel dipindahkan ke dalam larutan asam asetat 2,5% yang mengandung pewarna dan direndam selama 5 menit untuk meningkatkan penetrasi warna. Preparat akar kemudian diletakkan di atas kaca objek, ditetesi minyak imersi, ditutup dengan cover glass, dan diamati menggunakan mikroskop cahaya.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan melalui pengamatan mikroskop terhadap keberadaan struktur mikoriza, meliputi hifa, vesikel, dan arbuskula, serta tingkat kejelasan dan intensitas pewarnaan pada setiap perlakuan. Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan efektivitas masing-masing pewarna alami berdasarkan kontras dan kejernihan visualisasi struktur mikoriza untuk menentukan perlakuan yang paling efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pada akar cabai



Gambar 1 Akar cabe dengan pewarna buah naga Perbesaran 10x/0.25

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis terhadap akar tanaman cabai, tampak adanya struktur menyerupai hifa jamur yang menempel dan memasuki jaringan akar. Ciri tersebut mengarah pada kemungkinan adanya kolonisasi jamur mikoriza, khususnya jenis endomikoriza arbuskular (*Arbuskular Mycorrhizal Fungi/AMF*). Jamur ini merupakan jenis mikoriza yang umum ditemukan bersimbiosis dengan tanaman budidaya, termasuk cabai. Endomikoriza dikenal karena hifanya yang mampu masuk ke dalam sel-sel korteks akar dan membentuk struktur khas seperti arbuskula (percabangan seperti pohon) sebagai tempat pertukaran nutrisi, serta vesikel sebagai tempat penyimpanan.

Meskipun dalam gambar yang diamati belum tampak jelas struktur arbuskula dan vesikel secara spesifik, pola penyebaran hifa yang terlihat di antara jaringan akar menjadi indikasi awal terjadinya infeksi mikoriza. Untuk memastikan hal tersebut secara akurat, diperlukan teknik pewarnaan jaringan dengan zat seperti Trypan Blue atau ink staining serta pengamatan dengan perbesaran mikroskop yang lebih tinggi agar struktur internal bisa diamati dengan lebih detail.

Kehadiran mikoriza pada akar cabai memberikan berbagai manfaat fisiologis dan ekologis. Mikoriza meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara, khususnya fosfor yang ketersediaannya sering terbatas di tanah. Selain itu, mikoriza juga membantu tanaman bertahan dari stres abiotik seperti kekeringan, pH tanah yang ekstrem, serta stres biotik seperti serangan patogen akar. Dengan sistem hifa yang mampu menjangkau area tanah lebih luas dari akar tanaman itu sendiri, mikoriza memperluas zona eksplorasi akar, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi.

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, keberadaan mikoriza sangat penting karena dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk kimia, menjaga kesuburan tanah secara alami, serta meningkatkan produktivitas tanaman secara keseluruhan. Untuk tanaman cabai, yang tergolong tanaman bernilai ekonomi tinggi, infeksi mikoriza dapat memberikan dampak signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif, pembentukan bunga, dan hasil buah. Oleh karena itu, indikasi adanya mikoriza pada akar cabai seperti yang ditunjukkan dalam gambar ini menjadi temuan yang sangat relevan untuk mendukung budidaya cabai yang sehat dan ramah lingkungan.

Hasil pada akar ubi ungu



Gambar 2 Akar ubi ungu, pewarna buah naga
Perbesaran 10x/0.25



Gambar 3 Gambar lebih detail terkait letak bagian yang
kemungkinan besar merupakan vesikel mikoriza,
perbesaran 10x/0.25

Berdasarkan gambar mikroskopis akar ubi yang diamati, terlihat adanya struktur menyerupai vesikel mikoriza yang masuk ke dalam jaringan korteks akar. Struktur ini merupakan indikasi kuat adanya asosiasi mikoriza, terutama jenis endomikoriza atau arbuskular mikoriza (AMF). Endomikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualistik antara jamur tanah dan akar tanaman, di mana hifa jamur menembus ke dalam sel-sel akar dan membentuk struktur khusus seperti arbuskula dan vesikel. Arbuskula berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara jamur dan tanaman, sementara vesikel berperan sebagai cadangan nutrisi jamur. Meskipun struktur tersebut tidak tampak sangat jelas pada gambar, keberadaan vesikel di dalam jaringan sudah menjadi bukti awal yang menunjukkan infeksi mikoriza telah terjadi.

Keberadaan mikoriza pada akar ubi memberikan banyak manfaat bagi tanaman. Mikoriza membantu tanaman menyerap unsur hara, terutama fosfor yang ketersediaannya terbatas di tanah. Selain itu, mikoriza juga berperan dalam meningkatkan daya tahan tanaman terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan dan serangan patogen tanah. Dengan adanya jaringan hifa yang menjangkau lebih luas dari akar, tanaman dapat mengakses nutrisi dan air secara lebih efisien. Dalam konteks budidaya ubi, keberadaan mikoriza ini sangat penting karena dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil umbi, serta efisiensi pemupukan. Oleh karena itu, keberadaan mikoriza seperti yang terindikasi dalam gambar menjadi indikator penting bahwa tanaman tumbuh dalam lingkungan yang sehat dan mendukung, serta memiliki potensi untuk dikembangkan dalam sistem pertanian berkelanjutan tanpa ketergantungan penuh pada pupuk kimia.

SIMPULAN

Hasil pengamatan mikroskopis pada akar cabai dan ubi jalar menunjukkan adanya struktur menyerupai hifa dan vesikel pada jaringan korteks akar yang mengindikasikan kolonisasi awal oleh fungi mikoriza arbuskular (FMA). Meskipun arbuskula belum teramati secara jelas, pola penyebaran hifa yang konsisten memperkuat indikasi infeksi mikoriza. Keberadaan mikoriza berkontribusi terhadap peningkatan penyerapan unsur hara, khususnya fosfor, peningkatan toleransi terhadap cekaman lingkungan, serta efisiensi pertumbuhan tanaman. Penelitian ini menegaskan pentingnya mikoriza dalam mendukung sistem

pertanian berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi hara dan pengurangan ketergantungan terhadap pupuk kimia, sehingga berpotensi menunjang praktik budidaya yang produktif dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmi, A., Subaedah, St., & Saida. (2021). Perbanyak Mikoriza dengan Penggunaan Tanaman Inang Kedelai dengan berbagai Dosis Kompos. *Jurnal Agrotek MAS*.
- Budi, S. W., Arifandi, C. P., & Winata, B. (2024). Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskula di Zona Inti dan Zona Rehabilitasi Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *Journal of Tropical Silviculture*, 15(03), 262-270.
- Burak, K., Yanardağ, İ. H., Gómez-López, M. D., Faz, Á., Yalçın, H., Sakin, E., ... & 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).
- Handayani, S., & Mulyani, S. (2019). Pemanfaatan Pewarna Alami dari Buah Naga (*Hylocereus Polyrhizus*) sebagai Alternatif Pewarna Ramah Lingkungan. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 4(2), 85–92.
- Kuila, D., & Ghosh, S. (2022). *Aspects, Problems and Utilization of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Application as Bio-Fertilizer in Sustainable Agriculture*. *Curr Res Microb Sci* 3: 100107.
- Khairiyah, Y., Widyastuti, R., & Ginting, R. C. B. (2022). Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula pada Tanaman Singkong (*Manihot Esculenta*) di Tanah Inceptisol Bogor. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 27(3), 418–426.
- Soeharno, R. H. R., & Tanjung, S. S. (2020). *Fungsi Mikoriza Arbuskula Mempercepat Rehabilitasi Lahan Tambang*. Gadjah Mada University Press.
- Utami, U. F. (2021). *Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Robusta (Coffea canephora) dan Kopi Arabika (Coffea Arabica) Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi*, Skripsi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.