

Serapan Hara dan Pertumbuhan Bibit Pinang (*Areca catechu* L.) pada Perlakuan Pupuk Hayati Mikoriza

^{*1}Rudi Hartawan, ²M. Ridwan Daulay, ²Ridawati Marpaung, dan ³Adilla Adistya

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Adiwangsa,
Jl. Sersan Muslim No. 24, Jambi. 36138 Telp. +62741575510

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Batanghari,
Jl. Slamet Riyadi-Broni, Jambi. 36122 Telp +620741666473

³Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Batanghari,
Jl. Slamet Riyadi-Broni, Jambi. 36122 Telp +620741666473

^{*}1 e-mail korespondensi : rudi.hartawan@unaja.ac.id

Abstract. *Areca nut (Areca catechu L.) is a palm species widely known in Indonesia for its various benefits; its seeds are utilized in the pharmaceutical, cosmetic, and textile industries, as well as in the tradition of betel nut chewing. Jambi Province—specifically the East and West Tanjung Jabung Regencies—is recognized as a major center for areca nut production in Indonesia. This study aimed to determine the effect of mycorrhizal biofertilizer application on the growth of areca nut seedlings. Field research was conducted at the Faculty of Agriculture's Experimental Station. Growth analysis was performed at the Faculty of Agriculture's Basic Laboratory, while soil and plant tissue chemical analyses were carried out at the Institute for Agricultural Technology Application and Modernization Laboratory. The study took place from November 2025 to March 2026. A single-factor Completely Randomized Design (CRD) was employed, featuring five dosage levels of mycorrhizal fertilizer: m0 (control), m1 (5 g), m2 (10 g), m3 (15 g), and m4 (20 g). Each treatment was replicated three times, resulting in 15 experimental units. Each unit comprised six seedlings—four of which served as samples—totaling 90 plants. Observed parameters included root infection, leaf nutrient content (N, P, K), total leaf area, plant dry weight, root volume, seedling quality index, and chemical analysis of the growing medium. Data were analyzed using anova and the DNMR test at the 5% significance level. The results indicated that the mycorrhizal biofertilizer treatment significantly affected the measured parameters. The 20 g dosage (m4) increased phosphorus content by 58.14%, nitrogen by 26.36%, potassium by 53.29%, total leaf area by 32.55%, total dry weight by 25.57%, root volume by 69.94%, and the seedling quality index by 76.54%. The use of mycorrhizal biofertilizer is highly recommended for producing high-quality areca nut seedlings.*

Keywords : *Areca nut; mycorrhizal biofertilizer; ultisol soil.*

Abstrak. *Areca nut (Areca catechu L.) merupakan tanaman palma yang dikenal luas di Indonesia karena berbagai manfaatnya, terutama bijinya yang digunakan dalam bidang farmasi, kosmetik, industri tekstil, serta dalam tradisi mengunyah sirih. Provinsi Jambi, khususnya Kabupaten Tanjung Jabung Timur dan Barat, dikenal sebagai salah satu sentra produksi pinang utama di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan bibit tanaman pinang. Penelitian lapangan dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian. Analisis tumbuh dilakukan di Laboratorium Dasar Fakultas Pertanian. Analisis kimia tanah dan jaringan tanaman di Laboratorium Balai Penerapan dan Modernisasi Pertanian. Penelitian dilaksanakan bulan November 2025 sampai Maret 2026. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap satu faktor dengan lima taraf perlakuan dosis pupuk mikoriza: m0 (kontrol), m1 (5 g), m2 (10 g), m3 (15 g), dan m4 (20 g), masing-masing diulang tiga kali, menghasilkan 15 satuan percobaan. Setiap unit mencakup enam bibit; empat di antaranya dijadikan sampel, total 90 tanaman. Parameter yang diamati meliputi infeksi akar, kandungan hara daun (N, P, K), luas daun total, bobot kering tanaman, volume akar, dan indeks kualitas bibit, dan analisis kimia media tanam. Analisis data menggunakan anova dan uji DNMR pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan pupuk hayati mikoriza berpengaruh nyata terhadap parameter yang diukur. Dosis 20 g (m4) dapat meningkatkan kandungan posfor sebesar 58,14%; nitrogen sebesar 26,36%; kalium sebesar 53,29%; luas daun total 32,55%; bobot kering tanaman 25,57%; volume akar 69,94%; dan indeks kualitas bibit 76,54%. Penggunaan pupuk hayati mikoriza sangat disarankan untuk menyiapkan bibit pinang yang berkualitas tinggi.*

Kata kunci : *Pupuk hayati mikoriza; tanah ultisol; tanaman pinang*

PENDAHULUAN

Tanaman pinang (*Areca catechu* L.) merupakan tumbuhan yang terkenal di kalangan masyarakat Indonesia karena memiliki beragam manfaat, seperti tanaman hias, bahan obat tradisional, tanaman penghijauan, bahan konstruksi, industri farmasi, kosmetik, bahan pewarna dalam industri, serta sebagai campuran untuk mengunyah sirih (Riono dan Apriyanto 2021). Indonesia adalah produsen dan pengeksport pinang terbesar di dunia, dengan nilai ekspor mencapai US\$ 357 juta pada tahun 2021, yang sebagian besar berasal dari Jambi, terutama Kabupaten Tanjung Jabung Timur dan Tanjung Jabung Barat. Luas lahan di Kabupaten Tanjung Jabung Timur mengalami peningkatan pada tahun 2018–2020, yaitu 8.760 – 9.247 hektar, namun mengalami penurunan luas lahan pada tahun 2021, yaitu 9.242 hektar

lalu meningkat pada tahun 2022 dengan luas lahan 9.521 hektar. Di Kabupaten Tanjung Jabung Barat, luas lahan tertinggi tercatat pada tahun 2022 yaitu 13.406 hektar (Direktorat Jendral Perkebunan, 2023). Usahatani pinang terus bergairah karena pasar dari komoditi ini tersedia sehingga tidak ada kekhawatiran hasil panen tidak dapat dijual. Kegairahan usahatani ini dibuktikan dengan pembukaan areal baru dan mengganti tanaman tua dan tanaman rusak. Proses ini membutuhkan bibit pinang yang berkualitas agar tanaman dapat tumbuh baik di lapangan.

Proses pembibitan menggunakan media tanam tanah jenis ultisol karena jenis tanah inilah yang banyak tersedia. Berdasarkan penelitian mengenai tanah ultisol, ditemukan permasalahan berupa kejenuhan basa dan KTK yang rendah, kandungan N, P, K yang minim, dan kejenuhan Al yang tinggi (Subekti et al, 2017). Tanah ultisol mempunyai kadar organik yang sedikit dan rasio karbon terhadap nitrogen yang rendah. Cara memperbaiki sifat kimia dan biologis tanah adalah memperkenalkan mikroorganisme dan memberikan nutrisi pada tanah menggunakan pupuk anorganik. Untuk mengatasi kekurangan unsur fosfor (P) pada tanah ultisol, bisa dilakukan pemupukan dengan menggunakan pupuk mikoriza (Tamin & Puri, 2020). Mikoriza akan bersimbiosis dengan akar pinang, dan akan membekali bibit pinang dengan tambahan kemampuan menyerap unsur hara dari dalam tanah.

Mikoriza adalah kerja sama antara jamur, akar tanaman, dan tanah. Dalam kerja sama ini, jamur membantu tanaman menyerap nutrisi dari tanah dan mengembalikan senyawa karbon dari tanaman ke tanah. Proses ini menyebabkan terbentuknya fosfat organik yang dilepaskan ke dalam sel tanaman. Selain itu, jamur mikoriza juga ikut dalam daur ulang nutrisi dan menyerap unsur fosfor. Phytat yang ada di dalam tanah berfungsi sebagai sumber fosfat. Dengan bantuan enzim fosfatase, fitat dapat diubah menjadi mioinositol, fosfor yang tidak terikat, dan beberapa mineral. Proses ini membantu memenuhi kebutuhan fosfor serta mineral yang terdapat di dalam tanah (Zulkoni, et al., 2020).

Keunggulan tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza adalah kemampuannya untuk meningkatkan penyerapan hara tanaman, khususnya fosfor (P) dan unsur hara lain, seperti Zn, Co, S, K, dan N, memperkuat ketahanan pada kekeringan, mendorong pertumbuhan mikroba tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman inang, memperbaiki struktur tanah, sekaligus melindungi tanaman dari infeksi patogen akar (Alfandi, 2015).

Hasil penelitian Fadli (2015) menunjukkan bahwa perlakuan mikoriza pada pembibitan kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap parameter derajat infeksi akar. Perlakuan mikoriza (10 g/ bibit) menghasilkan derajat infeksi tertinggi yaitu sebesar 70%. Hasil penelitian Erizal (2022) menunjukkan bahwa perlakuan pupuk mikoriza berpengaruh tidak nyata terhadap pertambahan diameter bibit kelapa sawit. Meskipun demikian, data yang dihasilkan menunjukkan terjadi pertambahan diameter dengan adanya aplikasi mikoriza pada bibit Sriwijaya 2 yang diberi 5 g/polybag memiliki diameter terbaik dengan nilai 6,13 cm. Hasil penelitian Amirullah et al. (2021) menunjukkan mikoriza berasosiasi dengan baik pada bibit tanaman kayu putih. Demikian juga hasil penelitian Nengsih et al. (2024) menunjukkan bahwa mikoriza berasosiasi dengan baik pada akar bibit kelapa sawit dan secara signifikan meningkatkan penyerapan unsur hara fosfor. Frahat et al. (2021) menyatakan bahwa selain membantu penyerapan unsur hara, simbiosis mikoriza mampu meningkatkan daya tahan bibit *Moringa oleifera* terhadap cekaman salinitas.

Berdasarkan keterangan dan pendapat di atas, telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk melihat respons bibit terhadap pemberian pupuk hayati mikoriza. Akar bibit pinang yang telah diinfeksi oleh jamur mikoriza sangat berguna saat bibit tersebut dipindahkan ke lapangan. Semakin tinggi tingkat infeksi semakin meningkatkan kemampuan bibit untuk menyerap unsur hara dan pada akhirnya akan menunjang kesuksesan tanaman pinang dalam tumbuh kembang dan berproduksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian lapangan dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian di Kelurahan Mayang Mangurai, Kota Jambi. Analisis sifat kimia tanah serta pengujian kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dilaksanakan di Laboratorium BSIP (Badan Standardisasi Instrumen Pertanian). Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung dari November 2025 sampai Februari 2026.

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan yang meliputi bibit pinang berumur 3 bulan berasal dari penangkar TRI, pupuk hayati mikoriza, pupuk NPK, tanah ultisol untuk media tanam dan polybag ukuran 25 cm x 30 cm (ukuran 3 kg), cairan destruksi, larutan KOH 10%, larutan HCl 1% dan Metilen blue 0,1%, jangka sorong, gelas beaker, meteran, gelas ukur, timbangan analitik, cangkul, kamera, oven, mikroskop, kompor listrik, erlenmeyer, leaf areal meter, tali rafia, pinset, jaring pagar, sedotan tetes, corong, dan ember.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor perlakuan. Faktor perlakuan yang diuji adalah pemberian pupuk mikoriza (m) ke dalam media tanam seberat 3 kg, dengan lima tingkat dosis, yaitu: m0 (kontrol), m1 (5 g), m2 (10 g), m3 (15 g), dan m4 (20 g). Masing-masing dari perlakuan diulang 3 kali, sehingga jumlah total plot area penelitian adalah 15. Di setiap plot terdapat 6 tanaman pinang dan 4 tanaman sebagai sampel, sehingga total keseluruhan menjadi 90 tanaman.

Sebelum memulai penelitian, lahan yang dipilih dibersihkan terlebih dahulu dari semua tanaman yang tumbuh liar. Lahan penelitian diratakan dan dipilih dekat dengan sumber air. Lahan penelitian dibatasi dengan pagar yang

terbuat dari paranet agar tidak diganggu hewan. Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah jenis ultisol. Langkah awal yang dilakukan adalah menggemburkan tanah ultisol dan membersihkannya dari kotoran atau bahan asing. Sebanyak 3 kg tanah kemudian dimasukkan ke dalam polybag berukuran 3 kg, yang sebelumnya telah dicampur dengan pupuk hayati mikoriza sesuai dosis perlakuan yang telah ditetapkan. Media tanam tersebut didiamkan selama satu minggu. Setelah masa inkubasi selama satu minggu, dilakukan penanaman bibit pinang ke dalam polybag. Selanjutnya, satu minggu setelah bibit pinang ditanam, dilakukan pemberian pupuk NPK sebanyak 5 gram per polybag, yang ditaburkan di sekitar tanaman.

Bibit yang digunakan berusia tiga bulan, tumbuh secara merata dengan tinggi sekitar 30 hingga 35 cm, memiliki 3 hingga 4 daun, dan bebas dari serangan hama atau penyakit. Sebelum memulai proses penanaman bibit di media yang telah disiapkan, penting untuk memastikan tidak ada bekas tanah atau kotoran dari media yang sebelumnya. Hal ini dilakukan dengan cara membilasnya menggunakan air yang mengalir. Cara menanam bibit adalah dengan mengeluarkan sedikit tanah dari media tanam dalam polybag yang sudah disimpan selama seminggu. Lalu, bibit dimasukkan ke dalam tanah tersebut sambil memastikan akar-akarnya tertutup rapi agar tidak rusak. Setelah itu, tanah yang sudah diambil sebelumnya ditutup kembali di sekitar bibit.

Penyiraman dilakukan setiap pagi hari pukul 08.00 WIB. Volume air penyiraman didapat dengan cara menguji kebutuhan air untuk media 3 kg tanah. Caranya media sampel disiram dengan 1 liter air lalu biarkan 1 x 24 jam dan ditampung. Air yang turun kepenampungan sebanyak ± 750 ml, maka dapatlah hasil untuk penyiraman bibit tanaman pinang sebanyak ± 250 ml/air. Jumlah air diberikan sama untuk seluruh sampel. Saat hujan dan tanah terlihat basah, media tanam tidak akan disiram. Gulma yang ada di dalam polibag akan dibersihkan dengan menggunakan tangan, dan gulma di sekeliling polibag dibersihkan menggunakan cangkul. Kegiatan ini dilakukan setiap minggu.

Paramater yang diamati dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Persentase akar terinfeksi dilakukan pada akhir penelitian (12 minggu setelah tanam). Metode yang digunakan adalah pewarnaan akar. Sebelum dilakukan pewarnaan, akar tanaman pinang dicuci terlebih dahulu hingga bersih dari tanah/pasir yang masih menempel. Kemudian akar lateral dipilih, dipotong dan dikumpulkan. Secara acak diambil sebanyak 12 akar dari kumpulan akar lateral tersebut, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi alkohol 50%. Akar dimasukkan ke dalam larutan KOH 10% direndam selama 24 jam, kemudian bilas dengan air selama 5 menit. Jika akar masih berwarna hitam rendam 1-2 menit dalam larutan H_2O_2 10%. Setelah itu akar direndam dalam larutan HCl 2% selama 24 jam. Selanjutnya akar dimasukkan ke dalam larutan pewarnaan yang terdiri dari 100 ml asam laktat, 100 ml gliserin, 50 ml akuades, dan 0,13 g asam fuchsin, kemudian direndam selama 24 jam. Akar akhir direndam kembali dalam larutan pewarnaan yang terdiri dari 100 ml asam laktat, 100 ml gliserin, dan 50 ml akuades, direndam selama 24 jam dan akar siap untuk diamati. Sebelum pengamatan dilakukan, Akar yang telah dipotong dengan panjang 1 cm diletakkan di atas kaca objek, ditutup dengan kaca penutup, dan diberi label sesuai perlakuan. Selanjutnya diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10-40 kali (Nengsih, et al 2024). Persentase akar terinfeksi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase infeksi} = \frac{\text{Jumlah akar yang terinfeksi}}{\text{Jumlah akar terinfeksi} + \text{Jumlah akar tidak terinfeksi}} \times 100\%$$

2. Uji kandungan fosfor pada daun tanaman dilakukan pada akhir penelitian (12 minggu setelah tanam). Pengukuran uji kandungan fosfor pada daun dilakukan di BSIP (Badan Standardisasi Instrumen Pertanian) dengan mengirim sampel setiap perlakuan.
3. Uji kandungan kalium pada daun tanaman (12 minggu setelah tanam). Pengukuran uji kandungan kalium pada daun dilakukan di BSIP (Badan Standardisasi Instrumen Pertanian) dengan mengirim sampel setiap perlakuan.
4. Uji kandungan nitrogen pada daun tanaman (12 minggu setelah tanam). Pengukuran uji kandungan nitrogen pada daun dilakukan di BSIP (Badan Standardisasi Instrumen Pertanian) dengan mengirim sampel setiap perlakuan.
5. Pengukuran volume akar (ml) diukur pada akhir penelitian (12 minggu setelah tanam). Dengan cara memasukan akar ke dalam gelas ukur yang telah diisi dengan 500 ml air, kemudian akar dimasukkan ke dalam gelas dan dilihat berapa pertambahan volume air yang ada.
6. Pengukuran berat kering tanaman (g) diukur pada akhir penelitian (12 minggu setelah tanam). Dengan cara menjumlahkan berat kering tajuk dengan berat kering akar.
7. Pengukuran luas daun (cm^2) diukur pada akhir penelitian (12 minggu setelah tanam). Menggunakan leaf area meter dengan cara leaf area meter distandarkan terlebih dahulu, lalu daun dimasukkan kedalam penjepit leaf area meter dan ditarik, maka yang tercatat merupakan angka luas semua daun, kemudian ditambahkan dengan daun berikutnya sampai selesai dan dijumlahkan untuk mendapatkan luas daun total.
8. Perhitungan indeks kualitas bibit dihitung pada akhir penelitian (12 minggu setelah tanam). Dengan menggunakan data berat kering tajuk, berat kering akar, tinggi tanaman dan diameter batang. Diindikasikan bibit semakin baik bila nilai IK terus meningkat. Nilai IK sebagai syarat bibit ketika dipindahkan kelapangan adalah 0,09. Indeks Kualitas (IK) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$IK = \frac{\text{Bobot Kering Tajuk}}{\left(\frac{\text{Tinggi Tanaman}}{\text{Diameter Batang}}\right)} + \frac{\text{Bobot Kering Akar}}{\left(\frac{\text{Bobot Kering Tajuk}}{\text{Bobot Kering Akar}}\right)}$$

9. Analisis kimia tanah dilakukan pada awal dan akhir penelitian yaitu : pH H₂O, C-Organik, N Total, P tersedia (Metode Bray), dan K HCL 25%. dengan cara tanah dikeringkan, kemudian dihancurkan agar lebih halus, lalu diaduk secara merata dan diayak dengan ayakan kehalusan saringan 0,5 x 0,5 cm. Untuk persiapan sampel tanah analisis tanah awal, diambil satu sampel tanah yang belum dicampur dengan perlakuan mikoriza. Sedangkan analisis tanah akhir penelitian diambil tanah masing masing perlakuan dicampur secara merata dari setiap perlakuan sehingga diperoleh 5 sampel tanah. Berat untuk setiap sampel tanah adalah 500 g. Selanjutnya tanah siap untuk di analisis di laboratorium BSIP (Badan Standardisasi Instrumen Pertanian).

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, data hasil penelitian dianalisis menggunakan metode statistik anova dan dilanjutkan dengan uji DN MRT pada taraf $\alpha = 5\%$. Bila dalam penelitian diperoleh koefisien keragaman $> 15\%$, maka data ditransformasikan dengan rumus $\sqrt{x}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada semua analisis sifat kimia tanah relatif mengalami perubahan. Tabel 1 memperlihatkan bahwa hasil analisis sifat kimia tanah terhadap pH tanah mengalami peningkatan walaupun masih dalam kategori sangat masam. pH tertinggi ditunjukkan pada perlakuan m₂. Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa unsur P mengalami peningkatan sampai akhir penelitian jika dibandingkan dengan analisis awal (kategori sangat rendah menjadi sangat tinggi), unsur P tertinggi ditunjukkan pada perlakuan m₁, pada unsur K mengalami peningkatan sampai akhir penelitian jika dibandingkan dengan hasil analisis awal (kategori sangat rendah menjadi rendah), unsur K tertinggi ditunjukkan pada perlakuan m₀ tanpa pemberian perlakuan dan dengan pemberian perlakuan tertinggi ditunjukkan pada perlakuan m₂, pada unsur C-Organik dari awal penelitian sampai akhir penelitian tidak mengalami perubahan (kategori sangat rendah) tetapi pada analisis akhir hanya perlakuan m₄ yang mengalami peningkatan (kategori sangat tinggi), unsur N mengalami peningkatan sampai akhir penelitian jika dibandingkan dengan analisis awal (kategori rendah), unsur N tertinggi ditunjukkan pada perlakuan m₄.

Tabel 1. Hasil analisis sifat kimia tanah ultisol dan analisis sifat kimia media tanam pupuk hayati mikoriza

No	Sifat Kimia Tanah	Tanah Awal	Akhir Penelitian				
			m ₀	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄
1	pH (H ₂ O)	4,64 (SM)	4,61 (SM)	4,63 (SM)	4,66 (SM)	4,97 (SM)	4,85 (SM)
2	P (Bray) (ppm)	2,28 (SR)	243,29 (ST)	345,43 (ST)	266,17 (ST)	302,80 (ST)	255,53 (ST)
3	K (HCL 25%) (mg K ₂ O 1000g ⁻¹)	3,46 (SR)	12,40 (R)	7,37 (R)	9,73 (R)	3,39 (R)	9,02 (R)
4	C-Organik (%)	0,60 (SR)	0,32 (SR)	0,25 (SR)	0,44 (SR)	0,53 (SR)	5,24 (ST)
5	N (Total) (%)	0,02 (SR)	0,05 (SR)	0,11 (R)	0,02 (SR)	0,14 (R)	0,18 (R)

Keterangan : (SM)= Sangat Masam (S)= Sedang (SR)= Sangat Rendah
(T)= Tinggi (R)= Rendah (ST)= Sangat Tinggi

Kandungan unsur P meningkat dikarenakan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur P melalui hubungan simbiosis antara jamur mikoriza dan akar tanaman. Mikoriza membentuk hifa eksternal yang memperluas daerah penyerapan akar, memungkinkan tanaman menyerap fosfor dalam jumlah lebih besar, terutama pada tanah yang miskin unsur P. Selain itu, mikoriza menghasilkan enzim seperti fosfatase yang membantu menghidrolisis senyawa organik yang mengandung fosfor, sehingga meningkatkan ketersediaan P dalam tanah, sejalan dengan penelitian Sutrisno et al. (2017) yang menunjukkan aplikasi pupuk hayati mikoriza pada tanaman nanas dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah.

Unsur K meningkat sejalan dengan peningkatan hara P dikarenakan unsur K dan terangkut bersama air yang di serap oleh mikoriza melalui hifanya, sehingga dapat meningkatkan unsur K dalam tanah. Menurut An et al. (2025); Barznjy et al. (2025); dan Bi et al. (2026) bahwa kandungan unsur C-Organik meningkat dikarenakan jamur mikoriza dapat meningkatkan kandungan C-organik karena adanya eksudat akar dan senyawa hasil metabolisme yang dilepaskan ke dalam tanah selama proses simbiosis, serta melalui dekomposisi hifa dan spora mikoriza yang mati. Hal ini diperkuat oleh Sutarman et al. (2017) yang menyebut bahwa inokulasi mikoriza meningkatkan populasi mikroba tanah dan aktivitas dekomposer, sehingga mendukung peningkatan kandungan bahan organik termasuk karbon organik tanah. Kandungan unsur N meningkat, dikarenakan kemampuan Mikoriza dalam memperluas area penyerapan akar

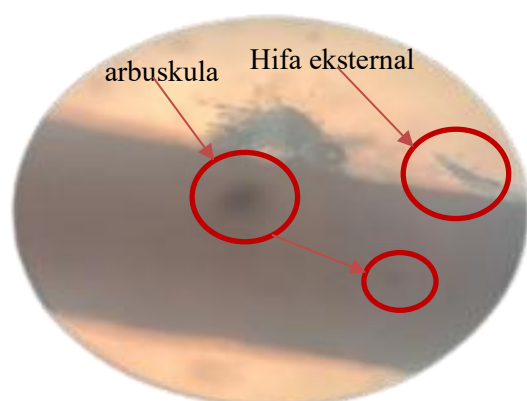
dan penyerapan air melalui hifa, sehingga unsur N terangkut bersama air yang menyebabkan peningkatan unsur N dalam tanah.

Perlakuan pupuk hayati mikoriza memberikan perbedaan pada parameter persentase akar terinfeksi. Persentase akar terinfeksi tertinggi terdapat pada perlakuan m_4 yaitu sebesar 50%, hal ini dikarenakan pupuk hayati mikoriza mengandung propagul mikoriza. Propagul ini tumbuh dekat akar karna propagul memang membutuhkan akar untuk berkembang dan membentuk simbiosis dengan akar tanaman (Gambar 1). Propagul mengeluarkan sinyal dan enzim untuk memulai kolonisasi. Infeksi dapat terjadi karena adanya respon positif dari tanaman yang kekurangan hara. Sedangkan pada perlakuan m_0 dengan infeksi akar sebesar 0% (tidak adanya infeksi akar) hal ini dikarenakan tidak terdapat propagul atau sinyal penginduksi, sehingga akar tidak mengalami infeksi atau kolonisasi.

Tabel 2. Kandungan N, P, dan K pada bibit pinang dengan perlakuan pupuk hayati mikoriza

Perlakuan	Akar Terinfeksi (%)	Kandungan Hara pada pada Tanaman (ppm)		
		Nitrogen	Posfor	Kalium
m_0 (kontrol)	00,00 a	20,86	7,43	8,50
m_1 (5 g)	30,56 b	21,84	7,28	8,32
m_2 (10 g)	33,33 b	23,51	7,69	9,88
m_3 (15 g)	50,00 b	24,43	10,31	11,46
m_4 (20 g)	27,00 b	26,36	11,75	13,06

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama dan dibaca secara vertikal berbeda tidak nyata menurut uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%



Gambar 1. Infeksi mikoriza pada akar bibit pinang

Perlakuan pupuk hayati mikoriza menunjukkan perbedaan pada parameter kandungan P, K dan N pada daun tanaman pinang. Kandungan P pada daun tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan m_2 yaitu sebesar 11,75 ppm, kandungan K pada daun tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan m_4 yaitu sebesar 13,06 ppm, dan kandungan nitrogen pada daun tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan m_4 yaitu sebesar 26,36 ppm. Hal ini dikarenakan pupuk hayati mikoriza meningkatkan kandungan P daun karena jamur mikoriza menghasilkan enzim fosfatase P_2O_5 yang mampu menghidrolisis senyawa P organik dan P yang terikat menjadi bentuk anorganik yang larut sehingga lebih mudah diserap oleh tanaman. selain itu hifa eksternal mikoriza memperluas daerah serapan akar, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan P.

Peningkatan ketersediaan P ini juga berkaitan erat dengan penyerapan air, karena sistem hifa mikoriza juga berperan dalam meningkatkan volume dan kecepatan penyerapan air oleh tanaman. Air yang lebih banyak terserap memungkinkan transportasi unsur hara lain seperti K dan N ke jaringan tanaman menjadi lebih lancar. Sehingga dengan meningkatnya penyerapan air akibat simbiosis mikoriza, ketersediaan dan akumulasi unsur N dan K dalam jaringan tanaman juga meningkat. Mekanisme peningkatan serapan P, N, dan K dijelaskan sebagai berikut:

Mekanisme pertama adalah perluasan daerah eksplorasi tanah oleh hifa eksternal. Hifa mikoriza berukuran sangat kecil, dengan diameter hanya beberapa mikrometer, sehingga dapat memasuki pori-pori tanah yang tidak dapat dijangkau oleh akar atau rambut akar. Hifa tersebut berkembang dari akar ke dalam tanah dan membentuk jaringan ekstraradikal yang luas. Karena P merupakan unsur yang relatif tidak mobil, penyerapan P oleh akar dapat menyebabkan terbentuknya zona deplesi P di sekitar akar. Hifa mikoriza mampu tumbuh melampaui zona deplesi tersebut dan mengambil fosfat dari bagian tanah yang belum mengalami pengurasan P. Hifa mikoriza bertindak seperti perpanjangan sistem perakaran, tetapi dengan diameter yang jauh lebih kecil dan luas eksplorasi yang lebih besar

Mekanisme kedua berkaitan dengan kemampuan hifa fungi menyerap fosfat secara efisien. Hifa mikoriza memiliki transporter fosfat berafinitas tinggi yang memungkinkan fungi mengambil ion fosfat anorganik (Pi), terutama ketika konsentrasi Pi di dalam larutan tanah sangat rendah. Setelah diserap, P dapat dikonversi dan disimpan sementara dalam bentuk polifosfat (polyphosphate) di dalam jaringan fungi. Bentuk penyimpanan ini memungkinkan fungi mempertahankan konsentrasi Pi internal yang rendah sehingga penyerapan P dari tanah tetap dapat berlangsung. P kemudian ditranslokasikan melalui jaringan hifa menuju bagian fungi yang berada di dalam akar.

Mekanisme ketiga adalah pelarutan atau peningkatan ketersediaan P yang semula sulit tersedia. Jaringan hifa mikoriza dan mikroorganisme yang berasosiasi dengannya dapat menghasilkan senyawa dan enzim, termasuk fosfatase, yang membantu melepaskan P dari senyawa organik. Beberapa fungi juga dapat memengaruhi lingkungan

mikro di sekitar hifa melalui pelepasan senyawa organik sehingga meningkatkan mobilitas atau ketersediaan sebagian bentuk P yang terikat. Manfaat mikoriza bukan hanya karena fungi mampu menjangkau volume tanah yang lebih luas, tetapi juga karena aktivitas biologis di sekitar hifa dapat membantu mengubah sebagian P yang kurang tersedia menjadi bentuk yang dapat diserap

Menurut Yang et al. (2022), setelah fosfat diserap oleh hifa eksternal, P tersebut ditranslokasikan menuju akar melalui jaringan hifa. Di dalam akar, fungi membentuk struktur arbuskula yang bercabang seperti pohon kecil di dalam sel korteks. Arbuskula menyediakan permukaan yang sangat luas untuk terjadinya pertukaran hara antara fungi dan tanaman. Polifosfat yang ditranslokasikan di dalam fungi kemudian diuraikan kembali menjadi Pi di daerah arbuskula. Pi selanjutnya dilepaskan pada ruang antarmuka antara membran fungi dan membran tanaman, yang disebut periarbuscular space/interface. Tanaman kemudian mengambil Pi tersebut melalui transporter fosfat yang terdapat pada membran periarbuskular.

Peningkatan penyerapan P pada tanaman bermikoriza bukan semata-mata karena akar menjadi lebih besar, tetapi terutama karena fungi menyediakan jalur penyerapan tambahan. Hifa dapat mengeksplorasi volume tanah yang lebih luas, mencapai sumber P di luar zona deplesi akar, memiliki transporter fosfat berafinitas tinggi, membantu mobilisasi sebagian P yang terikat, serta mengangkut P secara efisien menuju akar. Beberapa kajian bahkan menunjukkan bahwa laju penyerapan P oleh hifa dapat jauh lebih tinggi dibandingkan rambut akar pada kondisi tertentu. Namun, besarnya manfaat tersebut tidak selalu sama pada semua tanaman dan kondisi tanah karena dipengaruhi oleh jenis tanaman, spesies/isolat AMF, ketersediaan P, pH tanah, serta kondisi lingkungan. Peningkatan hara tersebut tercermin dari parameter yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata luas daun total, bobot kering tanaman, volume akar, dan indeks kualitas bibit pinang dengan perlakuan pupuk hayati mikoriza

Perlakuan	Parameter			
	Luas Daun Total (cm ²)	Bobot Kering Tanaman (g)	Volume Akar (cm ³)	Indeks Kualitas Bibit
m ₀ (kontrol)	452,64 a	10,40 a	16,67 a	1,62 a
m ₁ (5 g)	452,87 a	10,62 a	17,50 a	2,07 ab
m ₂ (10 g)	490,49 a	10,98 a	18,33 a	2,05 ab
m ₃ (15 g)	567,76 ab	11,46 ab	21,67 ab	2,23 b
m ₄ (20 g)	600,69 b	13,06 b	28,33 b	2,86 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama dan dibaca secara vertikal berbeda tidak nyata menurut uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%

Perlakuan pupuk hayati mikoriza berbeda nyata antara perlakuan m₀ dan m₂ pada parameter berat kering tanaman pinang. Pada perlakuan m₄ (mikoriza 20 g) dapat meningkatkan berat kering sebesar 59,57% jika dibandingkan dengan kontrol (m₀). Hal ini dikarenakan pupuk hayati mikoriza mampu membentuk hubungan simbiosis mutualisme dengan akar tanaman, dalam hubungan ini hifa mikoriza memperluas area jelajah akar dalam menyerap unsur hara, khususnya unsur P dan N. Selain itu mikoriza juga meningkatkan efisiensi serapan air dan memperbaiki struktur tanah di sekitar rizosfer. Dengan peningkatan serapan nutrisi dan air, pertumbuhan akar menjadi lebih optimal yang secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan berat kering akar (Putra et al, 2020).

Pupuk hayati mikoriza dapat meningkatkan volume akar bibit tanaman pinang. Pada perlakuan m₄ (mikoriza 20 g) dapat meningkatkan volume akar sebesar 69,94% jika dibandingkan dengan kontrol (m₀). Hal ini dikarenakan perkembangan jaringan hifa eksternal yang meluas dari akar ke dalam tanah. Hifa-hifa ini memperluas area eksplorasi akar, memungkinkan penyerapan air dan unsur hara, sehingga menghasilkan sistem perakaran yang lebih besar, bercabang, dan subur, yang secara signifikan meningkatkan volume akar secara keseluruhan (Sakti, et al 2020). Peningkatan volume akar tersebut pada dasarnya merupakan hasil dari perbaikan penyerapan hara, perubahan arsitektur akar, stimulasi pertumbuhan akar lateral, serta peningkatan kondisi fisiologis bibit. Setelah inokulum mikoriza diberikan ke media pembibitan, spora atau propagul fungi berkecambah dan menghasilkan hifa yang kemudian melakukan kontak dan mengkolonisasi jaringan akar. Di dalam akar, mikoriza membentuk struktur khusus yang disebut arbuskula, sedangkan di luar akar fungi menghasilkan jaringan hifa eksternal yang menyebar ke dalam media tanah. Jaringan hifa tersebut berfungsi sebagai perpanjangan sistem perakaran sehingga volume tanah yang dapat dieksplorasi untuk memperoleh air dan unsur hara menjadi jauh lebih luas dibandingkan apabila tanaman hanya mengandalkan akar dan rambut akar. Dengan demikian, mikoriza tidak hanya menambah fungsi akar, tetapi juga mengubah lingkungan tempat akar memperoleh hara.

Mikoriza juga dapat mengubah arsitektur akar, terutama dengan merangsang pembentukan akar lateral. Kolonisasi mikoriza telah diketahui berhubungan dengan peningkatan percabangan akar pada banyak spesies tanaman. Mekanisme ini melibatkan interaksi antara status fosfor, distribusi karbon/fotosintat, serta hormon tumbuhan seperti

auksin, sitokinin, etilen, dan strigolactone. Auksin, khususnya, merupakan hormon penting dalam inisiasi dan perkembangan akar lateral. Pada tanaman bermikoriza, perubahan kadar dan sensitivitas terhadap auksin dapat mendorong pembentukan lebih banyak akar lateral sehingga sistem perakaran menjadi lebih bercabang dan volumenya meningkat.

Perlakuan m₄ (mikoriza 20 g) dapat meningkatkan berat kering tanaman sebesar 22,98% jika dibandingkan dengan kontrol (m₀). Pengaruh pupuk mikoriza yang lebih dominan pada sistem perakaran. Pada fase awal pertumbuhan, energi tanaman lebih di fokuskan untuk adaptasi dan pembentukkan akar, hal ini sejalan dengan penelitian (Nurbaiti et al, 2020) yang menunjukkan bahwa mikoriza lebih berpengaruh terhadap parameter akar dibandingkan dengan tinggi tanaman atau tajuk tanaman pada masa awal pertumbuhan. Hal ini menyebabkan berat kering tajuk tidak signifikan, sehingga total berat kering tanaman juga tidak signifikan.

Hifa pada sistem perakaran bibit pinang mampu mengeksplorasi volume tanah yang lebih luas daripada akar dan rambut akar sehingga meningkatkan akses tanaman terhadap fosfat yang mobilitasnya rendah. Fosfor yang diserap oleh hifa kemudian ditranslokasikan menuju akar dan ditransfer kepada tanaman melalui struktur arbuskula. Peningkatan ketersediaan P sangat penting karena P diperlukan untuk pembentukan ATP, asam nukleat, membran sel, dan berbagai proses metabolisme yang menunjang pertumbuhan. Menurut Fan et al. (2025), dengan status P yang lebih baik, tanaman mempunyai kapasitas lebih besar untuk membentuk jaringan baru sehingga akumulasi biomassa kering meningkat.

Pada parameter luas daun total, pupuk hayati mikoriza menunjukkan perbedaan yang nyata antara perlakuan m₀, m₁, m₂, m₃, dan m₄. Pada perlakuan m₄ (mikoriza 20 g) dapat meningkatkan luas daun sebesar 31,64% jika dibandingkan dengan kontrol (m₀). Hal ini dikarenakan tanaman lebih banyak mengalokasikan hasil fotosintesis ke akar untuk memperkuat simbiosis daripada memperluas daun, jadi penambahan hara tidak otomatis memicu pertumbuhan daun.

Kadar air media tanam tidak dipengaruhi oleh pupuk hayati mikoriza dimana perlakuan m₀ dan m₂, m₃, m₄ berbeda tidak nyata satu dengan lainnya. Perlakuan m₄ (mikoriza 20 g) dapat meningkatkan kadar air media tanam sebesar 49,25% jika dibandingkan dengan kontrol (m₀). Hal ini dikarenakan mikoriza membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan retensi air melalui jaringan hifa yang menyebar luas di dalam tanah, Hal ini membuat media tanam jadi lebih mampu menahan air, sehingga kadar air meningkat secara signifikan. Namin demikian, bibit mampu menyerap air lebih banyak karena hifa eksternal dapat menyerap air lebih banyak. Menurut Wang et al. (2025) hifa eksternal mikoriza mempunyai diameter yang sangat kecil sehingga mampu menjangkau pori-pori tanah yang tidak dapat dijangkau oleh akar. Menurut Laanisto et al. (2025) jaringan hifa tersebut dapat meningkatkan kemampuan tanaman memperoleh air, terutama ketika distribusi air dalam media tidak merata atau tanaman mengalami cekaman kekeringan. Status air yang lebih baik membantu mempertahankan turgor sel, pembukaan stomata, aktivitas enzim, dan proses fotosintesis. Akibatnya, tanaman dapat mempertahankan produksi fotosintat lebih baik dan mengalokasikannya untuk pembentukan akar, batang, dan daun, sehingga bobot kering meningkat.

Pada parameter indeks kualitas bibit, perlakuan pupuk hayati mikoriza berbeda nyata antar perlakuan m₀, m₁, dan m₃. Pada perlakuan m₄ (mikoriza 20 g) dapat meningkatkan indeks kualitas bibit sebesar 76,54% jika dibandingkan dengan kontrol (m₀). Nilai dari indeks kualitas bibit ini telah memenuhi kriteria bibit siap dipindahkan ke lapangan karena bernilai > 0,09. Hal ini dikarenakan parameter pendukung indeks kualitas bibit seperti diameter batang, berat kering akar, tinggi tanaman dan berat kering tajuk berkembang dan berkontribusi terhadap kenaikan indeks kualitas bibit secara signifikan. Salah satu indikator terpenting bahwa bibit sudah siap ditanam adalah kemampuan bertahan hidup setelah dipindahkan ke lapangan. Inokulasi mikoriza pada tahap persemaian dapat memberikan keuntungan karena tanaman sudah memiliki hubungan simbiotik dengan fungi ketika memasuki lingkungan lapangan. Artinya, bibit tidak harus menunggu kolonisasi mikoriza dari tanah lapangan terlebih dahulu untuk mendapatkan manfaat simbiosis tersebut. Mikoriza dapat dipandang sebagai salah satu teknologi “biologisasi” bibit. Bibit tidak hanya dibuat lebih besar secara fisik, tetapi juga dipersiapkan secara fisiologis dan biologis agar lebih mampu menghadapi lingkungan lapangan. Namun, perlu ditekankan bahwa bibit yang tinggi belum tentu merupakan bibit yang berkualitas. Kualitas sebaiknya dinilai secara lebih menyeluruh berdasarkan pertumbuhan akar, diameter batang, biomassa, keseimbangan akar–tajuk, status hara, tingkat kolonisasi mikoriza, dan kemampuan bertahan setelah transplanting.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan pupuk hayati mikoriza dosis 20 g mampu meningkatkan kandungan posfor sebesar 58,14%; nitrogen 26,36%; kalium 53,29% pada bibit pinang. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pupuk hayati mikoriza memberikan pengaruh nyata pada parameter persentase infeksi akar, luas daun total, bobot kering total, volume akar, dan indeks kualitas bibit. Dosis pupuk 20 g mampu meningkatkan luas daun total sebesar 32,55%; bobot kering tanaman 25,57%; volume akar 69,94%; dan indeks kualitas bibit 76,54% bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Penggunaan pupuk hayati mikoriza dapat menyiapkan bibit tanaman dengan kondisi akar yang telah bersimbiosis dengan jamur mikoriza.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfandi, 2015. Kajian Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.) Akibat Pemberian Pupuk P dan Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA). *Jurnal Agrijati* 28 (1): 158-171
- Amirullah, A., Payung, D., & Dwi Pujawati, E. (2021). Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan kayu putih (*Melaleuca leucadendron* Linn.). *Jurnal Sylva Scientiae*, 4(3), 383. <https://doi.org/10.20527/jss.v4i3.3734>
- An, X. P., Zhang, Z. Z., Zhou, L. J., Feng, H. D., Sun, R. T., Hashem, A., ... & Wu, Q. S. (2025). Phosphorus absorption by mycorrhizal extraradical hyphae accelerates plant growth and active ingredient production in *Polygonum BalaiBacuspdatum*. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12(1), 123.
- Barznjy, L. G., Fattah, O. A., Mohammed, D. J., Mohammed, H. J., & Mahmood, A. M. (2025). Influence of mycorrhizal inoculation and different phosphorus levels on broad bean (*Vicia faba* L.) growth, nutrient uptake and yield. *Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences*, 16(1).
- Bi, Y., Wang, K., Ma, S., Zhou, Y., & He, Y. (2026). Role of common arbuscular mycorrhizal networks in crop phosphorus uptake and biomass in a maize–soybean intercropping system. *Archives of Microbiology*, 208(6), 286.
- Direktorat Jendral Perkebunan, (2016). Budidaya Tanaman Pinang. Penebar Swadaya.
- Direktorat Jendral Perkebunan, (2023). Luas Lahan Perkebunan Provinsi Jambi. Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2020). Statistik Perkebunan Non Unggulan Nasional 2020-2022. Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan, 1–572.
- Fan, J. W., Chen, M., Tian, F., Yao, R., Qin, N. N., Wu, W. H., ... & Du, Y. L. (2025). Root morphology, exudate patterns, and mycorrhizal symbiosis are determinants to improve phosphorus acquisition in alfalfa. *Journal of Experimental Botany*, 76(12), 3543-3559.
- Frahat, M. G. S., & Shehata, M. R. A. (2021). Effect of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal (VAM) Fungus and Rock-Phosphate Application on the Growth and Biomass of *Moringa oleifera* Lam. Seedlings under Salinity Stress. *Alexandria Science Exchange Journal*, 42(2), 307–325. <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2021.167455>
- Putra et al, (2020). Pengaruh Pemberian Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan Bibit Pinang, *Jurnal Agrikultura*
- Laanisto, L., Pavanetto, N., Puglielli, G., Gerz, M., & Bueno, C. G. (2025). Contrasting mycorrhizal functionality in abiotic stress tolerance of woody species. *Scientific Reports*, 15(1), 10123.
- Nengsih, Y., R. Hartawan., A. Adistya, & A. Pasaribu (2024). Enhancement Phosphorus Nutrient Uptake and Quality Palm Oil Seedling (*Elaeis guineensis* Jacq.) on Mycorrhizal Planting Media. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. Issue 3(147): 108-116
- Riono, Y., & Apriyanto, M. 2021. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Tandan Kelapa Untuk Pertumbuhan Bibit Pinang (*Areca Catechu* L) Di Tanah Gambut. Selodang Mayang: *Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*, 7(2), 112-119.
- Sakti, A., Ramadhani, S. N., & Firmansyah, M. H. (2020). Jamur Mikoriza Sebagai Mitra Mikroorganisme yang Mendukung Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Hidroponik*, 3(1), 152-158.
- Subekti et al. (2017). Pertumbuhan dan Produksi Jagung pada tanah utisol. *Agroteknologi*, 1(3).
- Sutarman, S., Widawati, S., & Wulandari, D. (2017). Peran Mikoriza dan Bahan Organik Terhadap Karbon Tanah dan Serapan Fosfor. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 4(2), 717-725.
- Sutrisno, D., Kusuma, Z., & Cahyono, P. (2017). Pengaruh Pupuk Hayati Mikoriza Berbasis Arbuskula Terhadap Peningkatan P Tersedia dan Pertumbuhan Tanaman Nanas (*Ananas Comosus* (L.) Merr) Pada Tanah Masam. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*
- Tamin, R. P., & Puri, S. R. (2020). Efektifitas fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit malapari (*Pongamia Pinnata* (L.) Pierre) pada tanah ultisol. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 4(1), 50–58.
- Wang, L., Zhou, J., George, T. S., & Feng, G. (2025). Trade-offs between arbuscular mycorrhizal symbiosis and root hairs in phosphorus source utilization are determined by functional divergence of the rhizosphere bacterial microbiome in barley. *Soil Biology and Biochemistry*, 209, 109887.
- Yang, Y., et al. (2022). The roles of phosphorus and nitrogen nutrient transporters in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Zulkoni, A., Rahyuni, D., & Nasirudin, N. (2020). Pengaruh Bahan Organik Dan Jamur Mikoriza Arbuskula Terhadap Harkat Tanah Pasir Pantai Selatan Yogyakarta Yang Menjadi Medium Pertumbuhan Jagung (*Zea Mays*). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(1), 8–15. <https://doi.org/10.33084/mitl.v5i1.1348>.