

Pengaruh Mikroorganisme terhadap Ketersediaan Nutrisi pada Tanaman Jagung : Kajian Literatur

Tiesland Zebua^{1*}, Natalia Kristiani Lase², Putra Hidayat Telaumbanua³

¹⁻³ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Indonesia

Alamat : Jln. Yos Sudarso No. 18 E/S Gunungsitoli, Nias

Email Korespondensi : tieslandzebua@gmail.com

Abstract. Soil microorganisms play an important role in increasing nutrient availability for maize plants through the processes of nitrogen fixation, phosphate solubilization, and humic acid production. These processes not only increase maize productivity but also reduce dependence on synthetic chemical fertilizers, thus supporting agricultural sustainability. This study explores the benefits of microorganisms such as *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, and arbuscular mycorrhizal fungi in enhancing nutrient uptake, protecting plants from environmental stress, and improving soil quality. Challenges in the application of microorganism technology include adaptation to diverse environmental conditions and low farmer adoption. However, advances in genomic technology and biotechnology open up opportunities to optimize the benefits of soil microorganisms. The implementation of this microorganism-based technology has the potential to support efficient, environmentally friendly and sustainable maize farming.

Keywords: microorganisms, nutrition, maize, crop.

Abstrak. Mikroorganisme tanah memainkan peran penting dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman jagung melalui proses fiksasi nitrogen, solubilisasi fosfat, dan produksi asam humat. Proses ini tidak hanya meningkatkan produktivitas jagung tetapi juga mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis, sehingga mendukung keberlanjutan pertanian. Studi ini mengeksplorasi manfaat mikroorganisme seperti *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, dan jamur mikoriza arbuskula dalam meningkatkan penyerapan nutrisi, melindungi tanaman dari stres lingkungan, dan memperbaiki kualitas tanah. Tantangan dalam penerapan teknologi mikroorganisme termasuk adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang beragam dan rendahnya adopsi petani. Meskipun demikian, kemajuan teknologi genomik dan bioteknologi membuka peluang untuk mengoptimalkan manfaat mikroorganisme tanah. Implementasi teknologi berbasis mikroorganisme ini berpotensi mendukung pertanian jagung yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Kata kunci: mikroorganisme, nutrisi, tanaman, jagung.

1. PENDAHULUAN

Salah satu makanan utama di Indonesia adalah jagung. Untuk memenuhi kebutuhan pangan, meningkatkan produktivitas tanaman jagung ini menjadi prioritas utama. Ketersediaan nutrisi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas tanaman jagung ini. Mikroorganisme tanah ini bertanggung jawab atas transformasi nutrisi tanah menjadi bentuk yang dapat diserap tanaman. Menurut (Pusvita et al., 2024), mikroorganisme tanah seperti bakteri *Rhizobia* dan jamur mikoriza memiliki kemampuan untuk meningkatkan jumlah nutrisi yang tersedia untuk tanaman jagung. Bakteri *Rhizobia* memiliki kemampuan untuk fiksasi nitrogen, dan jamur mikoriza memiliki kemampuan untuk membantu absorpsi fosfor dan kalium. Studi lain (Wahditiya et al., 2024) menemukan bahwa mikroorganisme tanah dapat

menghasilkan asam humat, yang membantu meningkatkan jumlah nutrisi yang tersedia untuk tanaman.

Mikroorganisme tanah meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman jagung dengan memecah bahan organik dan melepaskan unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium ke dalam tanah. Proses ini meningkatkan kesuburan tanah dan menyediakan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan yang optimal dari tanaman jagung (Biologi et al., 2020).

Hubungan antara mikroorganisme dan tanaman jagung memiliki dampak positif pada ekologi dan fisiologi tanaman (Sefano et al., 2023). Tanah dengan keanekaragaman atau perbedaan mikroba yang tinggi lebih baik mendukung pertumbuhan jagung daripada tanah dengan keanekaragaman mikroba yang rendah, menunjukkan bahwa pengelolaan mikroorganisme tanah sangat penting untuk sistem pertanian yang berkelanjutan.

Mikroorganisme ini meningkatkan ketersediaan nutrisi dan efisiensi penggunaan pupuk. Inokulan mikroba pada tanaman jagung dapat menurunkan kebutuhan pupuk nitrogen hingga 30%. Ini meningkatkan efisiensi ekonomi dan mengurangi dampak negatif lingkungan seperti pencemaran air tanah dan emisi gas rumah kaca. Menurut Sriwahyuni dan Parmila (2019).

Mikroorganisme tanah juga dapat membantu tanaman lebih tahan terhadap stres, seperti serangan patogen dan kekeringan. Mikroorganisme tertentu dapat mendorong sistem perakaran tanaman untuk tumbuh lebih dalam, yang meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap air dan nutrisi dari tanah (Stapert, 1995). Hal ini menjadi pendekatan penting untuk menangani masalah perubahan iklim yang semakin nyata.

Tidak ada yang lebih kompleks daripada hubungan antara mikroorganisme dan tanaman; keberhasilan mikroorganisme dalam mendukung pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk pH tanah, suhu, dan ketersediaan bahan organik (Wahditiya et al., 2024). Ketidaksesuaian antara kebutuhan mikroorganisme dan kondisi lingkungan dapat menghambat kemampuan mikroorganisme untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi. Oleh karena itu, pengelolaan tanah yang baik sangat penting untuk memaksimalkan manfaat mikroorganisme. Selain faktor lingkungan, jenis mikroorganisme yang digunakan juga penting. Penggunaan kombinasi bakteri pelarut fosfat dan mikoriza memberikan hasil yang lebih baik daripada penggunaan satu mikroorganisme. Sinergi mikroorganisme ini dapat meningkatkan serapan kalium, fosfor, dan nitrogen, yang menghasilkan biomassa yang lebih besar pada tanaman jagung (Asril et al., 2023a).

Penggunaan mikroorganisme tanah sebagai agen biologis memiliki banyak manfaat untuk aspek agronomis; penggunaan biofertilizer berbasis mikroorganisme dapat mengurangi jejak karbon dalam sistem produksi jagung hingga 20% (Herlambang et al., 2022). Ini sejalan dengan upaya global untuk mengurangi dampak perubahan iklim melalui praktik pertanian berkelanjutan. Gopalakrishnan et al. (2019) menemukan bahwa bakteri *Rhizobia* dapat memfiksasi nitrogen atmosfer (N_2) menjadi bentuk yang dapat digunakan tanaman jagung, seperti amonia (NH_3) atau nitrat (NO_3^-). Kumar et al. (2020) menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas* memiliki kemampuan untuk menghidrolisis fosfat, sehingga meningkatkan ketersediaan fosfor untuk tanaman jagung serta meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman jagung. Cavagnaro et al. (2020) menemukan bahwa jamur mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, meningkatkan kualitas buah dan biji, mengurangi kebutuhan pupuk kimia, meningkatkan keseimbangan nutrisi tanah, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan.

Dengan mikroorganisme dan nutrisi yang terus berkembang, masih ada masalah untuk menerapkannya di lapangan. Keberlanjutan mikroorganisme di tanah, tingkat adopsi petani, dan biaya produksi biofertilizer semuanya harus diperhatikan (Sudarta, 2022). Oleh karena itu, kerja sama antara peneliti, praktisi pertanian, dan pembuat kebijakan sangat penting untuk mendukung adopsi teknologi berbasis mikroorganisme secara lebih luas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan memahami pengaruh mikroorganisme terhadap ketersediaan nutrisi pada tanaman Jagung. Pendekatan ini bertujuan untuk mekanisme dan manfaat penggunaan mikroorganisme tanah dalam pertanian jagung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan mempengaruhi ketersediaan nutrisi tanaman, mikroorganisme memainkan peran penting dalam ekosistem tanah. Mereka dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman dengan berbagai cara, seperti melalui simbiosis dengan akar tanaman dan meningkatkan absorpsi nutrisi. Mikroorganisme tanah memainkan peran yang sangat penting dalam memastikan bahwa tanaman jagung memiliki cukup nutrisi. Mereka berkontribusi pada berbagai proses biologis, termasuk fiksasi nitrogen, solubilisasi fosfat, dan dekomposisi bahan organik, yang menghasilkan peningkatan kualitas tanah. Sebagai contoh, *Azospirillum* dan

Rhizobium, bakteri pemfiksasi nitrogen, memiliki kemampuan untuk mengubah nitrogen atmosfer menjadi bentuk yang dapat diserap tanaman. Tanaman jagung sangat beruntung karena mereka membutuhkan banyak nitrogen untuk mendukung pertumbuhan dan produksinya (Romadhon et al., 2023).

Peran Mikroorganisme Tanah Dalam Fiksasi Nitrogen, Solubilisasi Fosfat, Dan Produksi Asam Huma

Mereka memainkan peran penting dalam fiksasi nitrogen, proses mengubah nitrogen bebas dari udara menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman, seperti amonia. Bakteri pemfiksasi nitrogen, seperti Rhizobium yang bersimbiosis dengan akar tanaman legum atau Azotobacter yang hidup bebas di tanah, membantu tanaman, termasuk jagung, mendapatkan nitrogen tanpa bergantung pada pupuk sintetis. Selain mengurangi biaya produksi, proses ini membantu menjaga keseimbangan ekosistem. Mikroorganisme tanah memainkan peran penting dalam solubilisasi fosfat, selain nitrogen. Fosfat sulit diserap oleh tanaman karena seringkali terjebak di tanah dalam bentuk yang tidak larut. Tanaman jagung, yang membutuhkan fosfat untuk pembentukan akar yang kuat dan peningkatan hasil biji, dapat tumbuh lebih baik di tanah dengan kadar fosfat rendah dengan bantuan mikroorganisme yang menghasilkan enzim dan senyawa organik yang membuat fosfat menjadi bentuk larut yang lebih mudah diambil oleh akar tanaman (Asril et al., 2023b).

Sebaliknya, mikroorganisme tanah juga bertanggung jawab atas produksi asam humat, yang merupakan senyawa kompleks yang dihasilkan dari dekomposisi mikroba bahan organik. Untuk meningkatkan struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air dan nutrisi, asam humat sangat penting (Rosniawaty et al., 2022). Mikroorganisme seperti jamur tanah dan aktinomisetes memecah bahan organik menjadi bagian kecil yang kemudian membentuk asam humat. Asam humat ini juga dapat merangsang pertumbuhan akar tanaman jagung, yang memungkinkan tanaman menyerap lebih banyak nutrisi.

Secara keseluruhan, fungsi mikroorganisme tanah dalam fiksasi nitrogen, solubilisasi fosfat, dan produksi asam humat sangat penting untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Petani dapat meningkatkan produktivitas tanaman jagung sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan memanfaatkan kemampuan alami mikroorganisme ini. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya menjaga populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah di ekosistem pertanian.

Interaksi Antara Mikroorganisme Tanah Dan Tanaman Jagung

Sinyal biokimia dan perubahan lingkungan mikro di sekitar akar (rizosfer) memainkan peran penting dalam hubungan kompleks antara mikroorganisme tanah dan tanaman jagung. Mikroorganisme tertentu, seperti mycorrhiza arbuskula, meningkatkan penyerapan nutrisi, terutama fosfat, dengan membuat ikatan simbiotik dengan akar tanaman. Dalam hubungan ini, tanaman memperoleh akses ke nutrisi yang sulit dijangkau, dan mikroorganisme menerima karbon dari tanaman dalam bentuk senyawa organik yang dihasilkan oleh fotosintesis (Agoes, 1994).

Menurut Zahir et al. (2004), bakteri pemacu pertumbuhan tanaman atau rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR), seperti *Azospirillum* dan *Pseudomonas*, berperan penting dalam hubungan ini. Mereka menghasilkan fitohormon seperti auksin, yang berpotensi merangsang pertumbuhan akar tanaman jagung. Jagung dapat menyerap nutrisi dan air dari tanah dengan lebih efisien dengan sistem perakaran yang lebih luas dan kuat. PGPR juga membantu tanaman mengurangi stres yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak mendukung, seperti kekeringan atau tingkat salinitas tinggi. Mikroorganisme tanah dapat membantu tanaman jagung melawan patogen juga.

Beberapa bakteri tanah, seperti *Bacillus subtilis* dan *Trichoderma* spp., membuat zat antimikroba yang dapat melindungi akar dari bakteri atau jamur patogen. Selain itu, mereka merangsang mekanisme pertahanan tanaman dengan mengaktifkan resistensi sistemik, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Mikroorganisme tanah membantu nutrisi dan perlindungan tanaman dan meningkatkan ketahanan mereka terhadap stres lingkungan. Vessey (2003) menyatakan bahwa beberapa mikroorganisme tanah dapat membantu tanaman mengatasi kondisi lingkungan yang berbeda dengan mengatur ketersediaan nutrisi secara lebih efisien dan meningkatkan penyerapan air. Ini sangat relevan untuk tanaman jagung, yang sering ditanam di lingkungan yang beragam.

Manfaat Penggunaan Mikroorganisme Tanah Dalam Pertanian Jagung

Dalam pertanian jagung, penggunaan mikroorganisme tanah memiliki banyak manfaat. Salah satunya adalah mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis, yang mahal dan dapat merusak lingkungan jika digunakan terlalu banyak. Petani dapat meningkatkan keberlanjutan sistem pertanian mereka tanpa mengurangi hasil panen dengan memanfaatkan mikroorganisme tanah (Pradana et al., 2022). Karena proses biologis yang mereka fasilitasi lebih ramah lingkungan daripada proses industri, mikroorganisme tanah juga membantu

mengurangi emisi gas rumah kaca. Dalam pertanian jagung, penggunaan mikroorganisme tanah memberikan banyak keuntungan, termasuk peningkatan produktivitas dan peningkatan keberlanjutan sistem pertanian. Bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR) dan jamur mikoriza adalah mikroorganisme tanah yang berfungsi untuk meningkatkan pasokan nutrisi, memperbaiki struktur tanah, dan melindungi tanaman dari patogen dan stres lingkungan. Dengan cara ini, mikroorganisme tanah dapat digunakan sebagai alternatif alami, mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan pestisida.

Bakteri *Azospirillum* dan *Pseudomonas* dapat meningkatkan pertumbuhan jagung dengan menghasilkan hormon tanaman seperti auksin dan membantu penyerapan nutrisi. Hormon-hormon ini juga merangsang perkembangan sistem perakaran, sehingga akar jagung dapat menyerap air dan nutrisi dengan lebih baik (Vessey, 2003). Bakteri ini juga memproduksi senyawa organik yang memperkuat agregasi partikel tanah, yang membantu memperbaiki struktur tanah. Melalui simbiosisnya dengan akar tanaman, jamur mikoriza arbuskula memainkan peran penting. Jaringan yang halus memperluas area penyerapan akar tanaman, memungkinkan tanaman jagung menyerap nutrisi seperti fosfor dan mineral dari lapisan tanah yang sulit dijangkau. Simbiosis ini sangat penting, terutama di daerah dengan tanah yang tidak subur. Salah satu keuntungan utama dari penggunaan mikroorganisme tanah adalah keberlanjutan sistem pertanian.

Mikroorganisme tanah ini meningkatkan hasil panen dan menjaga keseimbangan ekosistem (Glick 2012). Mereka mengurangi ketergantungan kita pada bahan sintesis seperti pupuk dan pestisida, yang seringkali merusak lingkungan jika digunakan terlalu banyak. Petani dapat menerapkan pertanian berbasis mikroorganisme yang lebih ramah lingkungan dan hemat biaya. Selain itu, mikroorganisme tanah membantu tanaman lebih tahan terhadap cuaca buruk seperti kekeringan atau tingkat garam tinggi. Penggunaan mikroorganisme tanah juga dapat memperbaiki kesehatan tanah secara keseluruhan. Senyawa humat dibuat oleh mikroorganisme setelah bahan organik didekomposisi, yang membantu penyimpanan nutrisi dan meningkatkan kapasitas tukar kation tanah. Penggunaan mikroorganisme tanah dalam pertanian jagung meningkatkan hasil panen, mengurangi input kimia, melindungi tanaman, dan membuat lingkungan lebih baik. Para ahli setuju bahwa mikroorganisme tanah adalah bagian penting dari sistem pertanian kontemporer yang dapat bertahan lama. Petani dapat meningkatkan produktivitas sambil menjaga ekosistem tetap sehat dengan memasukkan mikroorganisme tanah ke dalam metode pertanian mereka.

Tantangan Dan Kesempatan Pengembangan Teknologi Mikroorganisme Tanah

Peluang baru untuk pengembangan mikroorganisme tanah yang lebih efektif muncul berkat kemajuan dalam teknologi genomik dan bioteknologi. Rekayasa genetika memungkinkan para peneliti untuk meningkatkan ketahanan mikroorganisme terhadap kondisi ekstrim atau meningkatkan efisiensi penyediaan nutrisi untuk tanaman. Potensi ini dapat mengubah pertanian jagung, terutama di wilayah yang tanahnya kekurangan nutrisi. Teknologi berbasis mikroorganisme tanah menawarkan banyak peluang dalam pertanian kontemporer, tetapi juga menghadapi banyak tantangan. Di antara tantangan ini adalah meningkatkan keberagaman kondisi tanah, kesulitan mempertahankan efektivitas mikroorganisme di lapangan, dan bagaimana petani menerima teknologi baru.

Namun, berkat kemajuan teknologi dan pemahaman yang lebih baik tentang mikroorganisme tanah, ada kesempatan untuk membuat solusi baru yang mendukung keberlanjutan dan produktivitas pertanian. Keanekaragaman kondisi tanah dan lingkungan, yang berdampak pada aktivitas mikroorganisme, merupakan kendala utama (Dan et al., 2022). Kemampuan mikroorganisme untuk bertahan dan berfungsi dengan baik dapat dipengaruhi oleh variabel seperti pH, suhu, kadar air, dan kandungan bahan organik dalam tanah. Sebagai contoh, bakteri pemfiksasi nitrogen mungkin tidak berfungsi dengan baik di tanah yang sangat asam atau kekurangan bahan organik. Tanpa penyesuaian yang tepat, sulit bagi mikroorganisme untuk menyebar di berbagai tempat.

Selain itu, stabilitas produk mikroorganisme dalam skala besar adalah masalah. Mikroorganisme adalah makhluk hidup yang harus hidup dalam lingkungan tertentu. Formulasi mikroba untuk aplikasi komersial memerlukan teknik khusus, menurut Malusá et al. (2012), agar mikroba tetap hidup selama penyimpanan dan distribusi dan tetap efektif ketika diterapkan ke tanah. Proses ini seringkali membutuhkan investasi besar karena membutuhkan banyak penelitian dan pengembangan.

Petani juga menghadapi tantangan saat menggunakan teknologi mikroorganisme. Petani cenderung lebih percaya pada teknologi yang hasilnya dapat dilihat dalam waktu singkat, sementara penggunaan mikroorganisme di tanah sering kali membutuhkan waktu untuk menunjukkan hasil yang signifikan, terutama di tanah yang kurang subur. Selain itu, hambatan lain dalam pengadopsian teknologi ini adalah kurangnya pengetahuan dan instruksi tentang penggunaan mikroorganisme tanah.

Namun, ada peluang besar untuk mengembangkan teknologi berbasis mikroorganisme tanah di balik kesulitan tersebut. Kemajuan dalam teknologi genomik dan bioteknologi merupakan kesempatan besar. Selain itu, peningkatan fokus pada pertanian berkelanjutan menghasilkan peluang tambahan. Dengan meningkatnya kesadaran tentang efek negatif pestisida dan pupuk kimia di seluruh dunia, banyak orang mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan. Pengembangan metode aplikasi yang lebih efisien dan hemat biaya merupakan peluang tambahan. Teknologi kontemporer seperti bioenkapsulasi dan pelapis benih memungkinkan pengaplikasian mikroorganisme langsung ke lahan atau benih jagung dengan lebih efektif.

4. KESIMPULAN

Keterlibatan nutrisi tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh mikroorganisme tanah melalui proses fiksasi nitrogen, solubilisasi fosfat, dan produksi senyawa organik seperti asam humat. Mikroorganisme tanah juga berfungsi sebagai penyedia nutrisi alami yang mendukung pertumbuhan dan produktivitas jagung. Bahkan di tanah yang kurang subur, penyerapan nutrisi tanaman lebih baik oleh mikroorganisme seperti *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan jamur mikoriza arbuskula. Selain itu, mikroorganisme tanah melindungi tanaman jagung dari tekanan biotik dan abiotik serta meningkatkan daya tahannya terhadap kondisi lingkungan yang tidak ideal. Dengan menggunakan kemampuan mikroorganisme, petani dapat mengurangi ketergantungan mereka pada pupuk kimia, mengurangi biaya produksi, dan menjaga keseimbangan lingkungan. Tetapi pemanfaatan mikroorganisme ini sangat bergantung pada pengelolaan tanah yang baik dan lingkungan yang mendukung. Untuk mencapai pertanian yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan, penerapan teknologi berbasis mikroorganisme tanah dalam praktik pertanian modern menjadi langkah penting.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoes, D. (1994). Berbagai jenis media tanam dan penggunaannya. Penebar Swadaya.
- Asril, M., Lestari, W., Basuki, S., Sanjaya, M., Firgiyanto, R., Manguntungi, B., Swandi, M., Paulina, M., & Kunusa, W. (2023a). Mikroorganisme pelarut fosfat pada pertanian berkelanjutan.
- Asril, M., Lestari, W., Basuki, S., Sanjaya, M., Firgiyanto, R., Manguntungi, B., Swandi, M., Paulina, M., & Kunusa, W. (2023b). Mikroorganisme pelarut fosfat pada pertanian berkelanjutan (pp. 1–170).

- Biologi, D., Sains, F., & Analitika, D. A. N. (2020). Potensi Azotobacter untuk komposting blotong dari pabrik gula.
- Dan, P., Pemanfaatan, T., & Hayati, P. (2022). 77-Article Text-813-1-10-20220215. 27(1), 1–8.
- Herlambang, S., Yudhiantoro, D., Gomareuzzaman, M., & ... (2022). Biochar inovasi zero-waste organik. http://eprints.upnyk.ac.id/33640/1/Biochar_Inovasi_Zero_Water_Organik.pdf
- Koryati, T., Fatimah, & Dolly, S. (2022). Peranan Rhizobium dalam fiksasi N tanaman legum. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*, 20(3), 8–17.
- Pradana, T. G., Putra, A., Kurniawan, M. A., & Wicaksono, A. (2022). Penyusunan media poster dalam pembelajaran biologi: Mikroorganisme lokal (Mol) pada tanaman jagung sebagai bioaktivator pakan ternak. *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, 8(2), 91–100. <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v8i2.13654>
- Pusvita, D., Arisma, A., & Soleha, S. (2024). Peran mikroorganisme dalam mendukung pertumbuhan tanaman di lahan gambut yang terdegradasi. 577–586.
- Romadhon, N., Ni'matuzahroh, N., Purnobasuki, H., Rohmayani, V., Arimurti, A. R. R., Riandi, M. I., & Juniawan, M. F. (2023). Fitoremediasi mangrove dalam penurunan kadar logam Pb, Hg dan Cu.
- Rosniawaty, S., Naufal, A., Ariyanti, M., & Suherman, C. (2022). Aplikasi asam humat dan pupuk NPK tablet untuk meningkatkan hasil tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomika*, 20(1), 72–79. www.journal.uniba.ac.id
- Sefano, M. A., Maira, L., & Darwis, I. (2023). Kajian aktivitas mikroorganisme tanah pada rhizosfir jagung (*Zea mays* L.) dengan pemberian pupuk organik pada ultisol. *Journal of Top Agriculture (Top Journal)*, 1(1), 31–39. http://repo.unand.ac.id/50013/1/OK_4.%2BKajian%2BAktivitas%2BMikroorganisme%2BTanah%2Bpada%2BRhizosfir%2BJagung_Sefano%2Bet%2Bal..pdf
- Sriwahyuni, P., & Parmila, P. (2019). Peran bioteknologi dalam pembuatan pupuk hayati. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 2(1), 46–57. <https://doi.org/10.37637/ab.v2i1.369>
- Stapert, D. (1995). No title על העיוורון. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE*, 120(11), 259.
- Sudarta. (2022). 済無No title No title No title (Vol. 16, Issue 1).
- Wahditiya, A. A., Kurniawan, A., Nendissa, J. I., Meyuliana, A., Yora, M., Jamilah, Ilham, D. J., Mufaidah, I., Alaydrus, A. Z. A., Hidayati, F., & Andaria, A. C. (2024). Teknologi produksi tanaman pangan. https://repository.unitas-pdg.ac.id/id/eprint/403/3/TPTP_khusus_jamilah.pdf