



## KAJIAN PERAN MIKROORGANISME TANAH DALAM PERTANIAN BERKELANJUTAN

Listari Harefa1), Natalia Kristiani Lase2)

<sup>1)</sup> Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: [listaharefa41@gmail.com](mailto:listaharefa41@gmail.com)

<sup>2)</sup> Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: [natalialase16@gmail.com](mailto:natalialase16@gmail.com)

### Abstract

Soil serves as the medium for plant growth, where plants absorb nutrients to support their development. Soil fertility is influenced by the availability of nutrients that plants can absorb. These nutrients are essential for physiological processes and plant structure formation. This article discusses the role of soil microorganisms in sustainable agriculture, where the diversity and health of microorganisms contribute to biogeochemical cycles and the balance of the soil ecosystem. Microorganisms such as bacteria, actinomycetes, fungi, algae, and protozoa play a significant role in supplying nutrients for plants.

**Keywords:** Soil Microorganisms, Soil Fertility, Sustainable Agriculture, Nutrients, Soil Ecosystem

### Abstrak

Tanah berperan sebagai media tumbuh bagi tanaman yang menyerap unsur hara untuk mendukung pertumbuhannya. Kesuburan tanah dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara yang dapat diserap tanaman. Unsur hara tersebut diperlukan untuk proses fisiologi dan pembentukan struktur tanaman. Artikel ini membahas peran mikroorganisme tanah dalam pertanian berkelanjutan, di mana keanekaragaman dan kesehatan mikroorganisme berkontribusi pada siklus biogeokimia dan keseimbangan ekosistem tanah. Mikroorganisme seperti bakteri, actinomycetes, jamur, alga, dan protozoa memiliki peran penting dalam penyediaan unsur hara untuk tanaman.

**Kata kunci:** Mikroorganisme Tanah, Kesuburan Tanah, Pertanian Berkelanjutan, Unsur Hara, Ekosistem Tanah.



## PENDAHULUAN

Tanaman adalah organisme, terutama tumbuhan, yang umumnya dibudidayakan oleh manusia (Yassir & Asnah, 2019). Istilah tanaman sering kali dibedakan dari tumbuhan, di mana tumbuhan dibudidayakan untuk dimanfaatkan, seperti dipanen pada waktu tertentu. Beberapa tanaman utama yang dibudidayakan di seluruh dunia antara lain gandum, jagung, beras, kentang, tebu, dan kedelai (Wattimena, 2011). Oleh karena itu, penting untuk memanfaatkan mikroorganisme tanah yang dapat meningkatkan ketersediaan serta penyerapan unsur hara.

Kandungan unsur hara dan respons tanaman adalah hasil interaksi antara aspek kimia, fisika, dan biologi tanah (Sari et al., 2020). Ketiga elemen ini saling berhubungan dalam memengaruhi kesuburan tanah, yang pada gilirannya mempengaruhi bentuk dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman serta kemampuan tanaman untuk menyerapnya. Tanah mengandung dua jenis mineral, yakni mineral primer dan sekunder. Secara umum, semua unsur hara berasal dari batuan induk dan mineral-mineral yang ada di dalamnya (Yassir & Asnah, 2019)

Tanah merupakan tempat hidup bagi berbagai jenis mikroorganisme. Mikroorganisme tanah mencakup makhluk kecil yang hidup di dalam tanah. Beberapa contoh mikroorganisme tanah meliputi tungau, larva serangga, cacing tanah, rayap, semut, kumbang, alga, cyanobacteria, jamur, collembola, nematode, dan protozoa.

Mikroorganisme tanah adalah kelompok biota yang mungkin paling melimpah tetapi terlihat paling sepele, namun demikian mereka memiliki peranan yang sangat krusial dalam fungsi ekosistem tanah (Febriana, 2024). Mereka bertanggung jawab dalam proses dekomposisi senyawa organik, memanfaatkan serta melepaskan unsur hara, dan bahkan berperan dalam peningkatan penyerapan hara oleh tanaman. Dalam ekosistem pertanian, mikroorganisme tanah dapat berperan sebagai biofertiliser, biopesticides dan agen bioremediasi yang bersifat ramah fasilitas. (Tesiana et al., 2024) bahkan mengatakan sampai 40% pencemaran dapat dihindari dan memelihara lingkungan dengan menggunakan sinbiotik termasuk *Bacillus subtilis*.

Selain itu, mikroorganisme tanah dapat membantu mengurangi pencemaran tanah akibat penggunaan bahan kimia pertanian. Dalam (Pratiwi & Asri, 2022) juga menjelaskan bahwa mikroba tanah dapat melakukan degradasi residu pestisida organofosfat sehingga tidak menurunkan kualitas tanah dan lingkungan pertanian. Hal ini juga bukan hanya mendukung pertumbuhan tanaman saja tetapi juga semakin minimalis dampak yang negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, mikroorganisme tanah memiliki kontribusi yang sangat besar untuk

pembangunan siklus pemupukan dan petani yang ramah lingkungan.

Studi terbaru semakin menekankan kebutuhan akan diversifikasi mikroorganisme tanah sebagai langkah Adaptasi terhadap perubahan iklim yang cukup berpengaruh pada petani. Contohnya adalah penelitian (Novendra Cahyo Nugroho et al., 2023) yang menunjukkan bahwa keberadaan simbiosis rekomendasi jam.

## METODE PENELITIAN

Metode yang saya gunakan dalam menyusun jurnal ini, yaitu kajian pustaka. Kajian pustaka adalah proses penelaan terhadap literatur - literatur sebelumnya yang berkaitan dengan topic yang akan diteliti (Amarullah, 2023) Kajian ini juga bisa diartikan sebagai upaya peneliti dalam mencari dan mengumpulkan informasi yang relevan dengan masalah yang sedang diteliti.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Peran Mikroorganisme Tanah dalam Pertanian yang Berkelanjutan

Mikroorganisme memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung kehidupan tanaman. Berikut adalah penjelasan mengenai perannya:

### 1. Dekomposisi

Penguraian bahan organik mati merupakan fungsi utama mikroba tanah. Apabila hewan atau tumbuhan mati di alam liar, ia tidak langsung dikuburkan; sebaliknya, mikroba tanah memecahnya menjadi bahan organik, melepaskan unsur hara makro dan mikro yang dapat diambil oleh tanaman (Risma et al., 2023). Oleh karena itu, bangkai tumbuhan atau hewan tidak berkumpul di alam liar. Cacing, semut, nematoda, dan serangga lainnya merupakan contoh mikroorganisme yang menguraikan makhluk hidup yang sudah mati menjadi potongan-potongan kecil. Bahan mati tersebut kemudian diuraikan oleh bakteri dan jamur, yang melepaskan CO<sub>2</sub>, molekul kecil, molekul organik, dan komponen nitrogen ke dalam tanah (Andini et al., 2022). Selain proses penguraian kimia oleh bakteri dan jamur, rayap juga berperan penting dalam pembusukan kayu. Rayap memakan kayu mati di tanah, sehingga lantai hutan tidak tertutupi. Hal ini memungkinkan tunas tanaman baru tumbuh dan berkembang di lantai hutan yang bebas dari makhluk mati.

### 2. Pendorong pertumbuhan tanaman

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang bekerja di dalam tanah. Menurut (Pusvita et al., 2024) proses pembusukan yang dilakukan oleh bakteri dan jamur mengurai makhluk hidup yang mati dan melepaskan nitrogen ke dalam tanah. Nitrogen merupakan unsur penting yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dengan baik. Tanah yang kaya akan nitrogen mendukung pertumbuhan



tanaman yang lebih subur. Selain itu, keberadaan mikroorganisme seperti cacing, semut, alga, dan serangga lainnya dapat membantu menggemburkan tanah. Tanah yang gembur memungkinkan oksigen untuk lebih mudah masuk, memberikan ruang bagi akar tanaman untuk berkembang dan menyerap air. Oksigen juga berperan dalam mempercepat proses pembusukan makhluk hidup dan melepaskan nitrogen ke dalam tanah. Mikroorganisme lainnya, seperti jamur dan bakteri, juga memiliki peran dalam membantu tanaman menyerap nutrisi. Jamur membantu dalam proses pembentukan fosfor, sementara bakteri dapat mengubah nitrogen dari udara menjadi bentuk yang bisa digunakan tanaman, seperti amonia, nitrat, dan protein yang kemudian diserap untuk menunjang pertumbuhannya (Pusvita et al., 2024)

### 3. Menguraikan polutan tanah

Mikroorganisme yang ada di dalam tanah memiliki peran vital dalam proses penguraian berbagai jenis polutan tanah, baik dalam bentuk padat, cair, maupun bahan kimia (Melati, 2020). Melalui aktivitas enzimatik yang mereka lakukan, mikroorganisme ini mampu mengurai bahan-bahan kimia tersebut, sehingga kualitas dan kesehatan tanah dapat tetap terjaga.

### 4. Menjaga kebersihan air tanah

Mikroorganisme berperan penting sebagai dekomposer, baik untuk mengurai organisme mati maupun polutan di tanah, yang turut menjaga kebersihan air tanah yang berada di dalam batuan akuifer (Pringgenies et al., 2018). Tanpa aktivitas dekomposisi oleh mikroorganisme, polutan dan sisa-sisa organisme mati dapat terperangkap dan terserap ke dalam tanah hingga mencapai batuan akuifer. Proses ini berisiko mencemari air tanah, menyebabkan perubahan bau dan warna, serta dapat menimbulkan bahaya kesehatan bagi manusia jika air tersebut digunakan

Faktor Penting Yang Mendukung Pertanian Berkelanjutan  
Mikroorganisme memiliki berbagai peran penting dalam tanah yang dapat mendukung pertanian berkelanjutan, di antaranya:

#### 1. Menghasilkan Senyawa Bioaktif

Senyawa bioaktif merujuk pada zat yang memiliki pengaruh biologis, seperti antibiotik, enzim, hormon, dan vitamin (Mutik et al., 2022). Senyawa-senyawa ini yang diproduksi oleh mikroorganisme dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki kualitas, struktur, dan kesuburannya. Sebagai contoh, Bakteri *Rhizobium* yang memiliki kemampuan untuk menangkap nitrogen dari udara dan mengonversinya menjadi amonia, yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh tanaman sebagai sumber nitrogen. Jamur mikoriza menjalin hubungan simbiosis dengan akar tanaman untuk mendukung penyerapan fosfor, kalsium, dan nutrisi lainnya. Sementara itu, *Actinomyces*

menghasilkan asam humat yang berfungsi meningkatkan kapasitas tukar kation serta membantu proses agregasi tanah (Pranata & Simanjuntak, 2020).

#### 2. Pemanfaatan Kembali Sampah Organik

Sampah organik mencakup benda-benda seperti bangkai, dedaunan, ranting, kulit buah, dan hewan tanah. Sampah ini berpotensi menimbulkan kontaminasi apabila tidak ditangani dengan baik. Mikroorganisme mempunyai kemampuan sebagai bioaktivator yang mempercepat penguraian bahan sampah organik menjadi unsur hara dasar yang dapat diserap tanaman (Andriany et al., 2018). Misalnya, selulosa, bahan penyusun utama dinding sel tumbuhan, dapat dipecah oleh bakteri yang menghasilkan selulolitik. Jamur yang dikenal sebagai ligninolitik bertugas menguraikan lignin, komponen penting kayu. Melalui fotosintesis, alga menghasilkan oksigen, yang membantu pemecahan bahan organik oleh mikroba aerob internal. Selain itu, ketika protozoa memakan bakteri dan jamur, mereka mengeluarkan nitrogen dan fosfor yang baik untuk pertumbuhan tanaman.

#### 3. Penggunaan Pupuk Kimia dengan tepat

Pupuk kimia adalah zat yang mengandung nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur hara penting lainnya bagi tanaman (Batubara et al., 2024). Kemampuan mikroorganisme untuk mengubah pupuk kimia menjadi bentuk yang lebih mudah diserap tanaman disebut biokonversi. Misalnya, bakteri nitrat mengubah nitrit menjadi nitrat, jenis nitrogen yang paling mudah diakses oleh tanaman, sedangkan bakteri nitrit dapat mengubah amonium menjadi nitrit. Selain itu, jamur fosfat memiliki kemampuan untuk memecah fosfat yang terbungkus dalam zat rumit seperti apatit, mengubahnya menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman.

#### 4. Merangsang Nutrisi Jaringan Meristem

Jaringan meristem merupakan salah satu jenis jaringan yang berpotensi membelah dan menghasilkan sel-sel baru yang berperan penting dalam pertumbuhan tanaman (Oktaviani & Usmadi, 2019)

Jaringan ini terdapat di tempat tumbuhnya pucuk, kuncup, bunga, dan stolon. Mikroorganisme memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai biostimulan, yaitu organisme yang mendorong pertumbuhan dan perkembangan jaringan meristem. Misalnya, bakteri sitokinin menghasilkan hormon tumbuhan yang disebut sitokinin, yang memiliki kemampuan untuk mempercepat pembuatan organ, pembelahan sel, dan diferensiasi. Giberelin, hormon tanaman yang terlibat dalam pemanjangan sel, pembungaan, dan produksi buah, diproduksi oleh jamur giberelin.

#### 5. Menghasilkan Metabolit Yang Mengatur Pertumbuhan

Metabolit adalah zat yang dihasilkan oleh aktivitas metabolisme suatu organisme (Rachmawan & Dalimunthe,



2017). Metabolit pengatur tumbuh adalah sekelompok metabolit yang mengontrol pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Mikroorganisme menghasilkan metabolit ini, yang dapat mencakup zat seperti poliamina, asam salisilat, asam jasmonat, dan hormon tanaman termasuk auksin, etilen, dan asam absisat. Mikroba ini menghasilkan senyawa pengatur pertumbuhan yang mempengaruhi sejumlah proses fisiologis pada tanaman, seperti dominasi apikal, dormansi, perkecambahan, pembentukan akar, pembentukan bunga, pematangan buah, dan respons terhadap stres.

#### 6. Melindungi dari penyakit dan hama

Hama adalah makhluk hidup seperti serangga, nematoda, tikus, dan burung yang mempunyai kemampuan merugikan tanaman secara langsung maupun tidak langsung (Rahayu et al., 2021). Sebaliknya, penyakit adalah suatu kondisi fisiologis yang menyerang tanaman dan disebabkan oleh patogen seperti bakteri, jamur, virus, dan protozoa. Penyakit dan hama dapat menurunkan produksi pertanian baik kuantitas maupun kualitas. Sebagai organisme yang mempertahankan tanaman dari serangan hama dan penyakit, mikroorganisme dikenal sebagai bioprotektor. Misalnya, dengan menghasilkan siderofor, hidrogen peroksida, enzim, dan antibiotik, mikroorganisme yang bermusuhan dapat menghentikan penyebaran infeksi. Pada permukaan tanaman, jamur antagonis menciptakan penghalang yang mencegah patogen menginfeksi tanaman. Selain itu, alga dapat membuat tanaman lebih tahan terhadap tekanan abiotik termasuk salinitas, kekeringan, dan suhu ekstrem.

#### Cara Untuk Meningkatkan Populasi

##### Dan Aktivitas Mikroorganisme Dalam Tanah

1. Memanfaatkan Bahan Organik karena bahan organik menyediakan nutrisi bagi bakteri, jumlah dan variasi mikroorganisme di dalam tanah dapat tumbuh. Pupuk kandang, mulsa, kompos, dan pupuk hijau merupakan beberapa unsur organik yang dapat dimanfaatkan. Selain itu, bahan organik membantu memperbaiki struktur dan porositas tanah, meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air, dan menurunkan kemungkinan erosi dan polusi (Nusantara et al., 2023).

2. Memanfaatkan Mikroorganisme yang Menguntungkan Sekelompok mikroorganisme dengan fungsi khusus yang membantu tanaman dan tanah dikenal sebagai mikroorganisme efektif. Mikroba ini dapat diisolasi dari berbagai sumber, termasuk tanaman, tanah, dan bahan lainnya. Penggunaan Pupuk Kimia dan Pestisida dengan Dosis yang Tepat

3. Meminimalisir penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang berlebihan Karena pupuk kimia dan pestisida mempunyai kemampuan untuk membunuh, menghambat,

atau mengubah komposisi mikroorganisme tanah, penggunaannya yang berlebihan dapat mengganggu keseimbangan makhluk-makhluk ini. Untuk mencegah dampak negatif terhadap ekologi tanah, sangat penting untuk menggunakan pupuk kimia dan pestisida secara hemat, dengan mempertimbangkan kebutuhan tanaman dan kondisi tanah.

4. Menerapkan rotasi tanaman Rotasi tanaman adalah proses pergantian jenis tanaman yang ditanam pada waktu berbeda. Teknik ini meningkatkan keanekaragaman mikroorganisme dalam tanah, menurunkan kemungkinan serangan hama dan penyakit, serta membantu menghentikan penurunan kesuburan tanah. Selain itu, rotasi tanaman dapat meningkatkan kesuburan tanah dan menghentikan penurunan kualitas yang biasanya diakibatkan oleh penanaman monokultur. Rotasi tanaman dapat membantu memulihkan tingkat unsur hara tanah karena berbagai tanaman mempunyai kebutuhan unsur hara yang berbeda-beda (Sugandhi, 2021). Kacang-kacangan seperti kacang hijau dan kedelai, misalnya, dapat meningkatkan kandungan nitrogen dalam tanah, sehingga akan membantu tanaman lain yang membutuhkannya pada musim tanam berikutnya (Borrelli et al., 2021).

5. Meminimalisir pengolahan lahan Pengolahan tanah yang berlebihan dapat melemahkan struktur tanah, menurunkan kandungan bahan organik, dan mengganggu kemampuan mikroorganisme tanah untuk berfungsi. Untuk menghindari dampak buruk terhadap kualitas dan ekosistem tanah, sangat penting untuk melakukan pengolahan tanah secara minimal.

Dasar pemikiran di atas mengarah pada kesimpulan bahwa mikroba tanah bermanfaat bagi tanaman dan lingkungan. Siklus biogeokimia dan keseimbangan ekosistem tanah akan terganggu jika tidak ada mikroorganisme tanah. Oleh karena itu, kita harus melestarikan keanekaragaman mikroorganisme tanah secara bertanggung jawab dan bijaksana. Kita bisa mengembangkan pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan dengan cara ini.

ungsi tanah untuk mendukung kesuburan tanah (siklus nutrisi)

#### 1. Kesuburan dan Produktivitas Tanah

Kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara yang cukup dan seimbang untuk pertumbuhan tanaman yang sehat disebut kesuburan tanah. Karena kesuburan tanah bervariasi tergantung pada jenis tanaman (spesifik tanaman) dan lokasi (spesifik lokasi), tanah yang subur untuk satu jenis tanaman mungkin tidak baik untuk jenis tanaman lainnya. Produktivitas tanah merupakan istilah yang lebih umum yang mengacu pada kapasitas tanah untuk mempertahankan perkembangan tanaman (Rizki et al., 2024). Komponen ekonomi dari produktivitas tanah—yaitu, kapasitas lahan untuk menghasilkan tanaman melalui



pengelolaan yang ideal sehingga dapat menghasilkan tanaman—diberi bobot yang lebih besar.

## 2. Nutrisi Tanah dan Tanaman

Bahan organik berperan penting dalam proses humifikasi dan fiksasi nitrogen udara. Ketiga sifat tanah kimia, fisik, dan biologi berinteraksi dalam berbagai proses pembentukan tanah. Proses-proses tersebut pada akhirnya akan menentukan tingkat kesuburan tanah. Interaksi antara sifat fisik, kimia dan biologi tanah menciptakan kondisi kesuburan tanah yang ideal (Aprilia & Sukur, 2022). Kesuburan tanah yang ideal ini akan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Penilaian kesuburan tanah dapat dilakukan dengan menganalisis sifat-sifat tanah dan mengkorelasikannya dengan hasil pertumbuhan tanaman yang tumbuh di atasnya. Evaluasi kesuburan tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti pengamatan visual gejala defisiensi pada tanaman, analisis tanaman, dan analisis tanah. Analisis tanaman meliputi pengukuran serapan unsur hara makro utama (N, P, dan K) serta uji vegetatif dengan memperhatikan pertumbuhan tanaman. Sedangkan analisis tanah meliputi penilaian terhadap ketersediaan unsur hara makro utama (N, P dan K) di dalam tanah.

## KESIMPULAN

Mikroorganisme tanah mempunyai peranan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan unsur hara tanah. Salah satu aspek utama yang mendukung pertanian berkelanjutan adalah keanekaragaman dan kesehatan mikroorganisme tanah. Meskipun mikroorganisme tanah berukuran sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, namun mereka mempunyai kontribusi yang sangat besar dalam menjaga kelancaran siklus biogeokimia dan keseimbangan ekosistem tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amarullah, A. K., & Pendahuluan, A. (2023). Abstrak. 37–52.
- Andini, P. P. U., Yunisa, Z., Tamala, A. R., Hasanah, N. A., Rizki, M. I. M., Pikoli, M. R., & Sugoro, I. (2022). Pengaruh Kedalaman Sedimen Terhadap Emisi Gas Metana (CH<sub>4</sub>) di Situ Kuru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 579–587. <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.579-587>
- Andriany, A., Fahrudin, F., & Abdullah, A. (2018). PENGARUH JENIS BIOAKTIVATOR TERHADAP LAJU DEKOMPOSISI SERESAH DAUN JATI *Tectona grandis* L.f., DI WILAYAH KAMPUS UNHAS TAMALANREA. *Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 3(2), 31–42. <https://doi.org/10.20956/bioma.v3i2.5820>
- Aprilia, R. L., & Sukur, S. (2022). Kajian Sifat Fisik, Kimia, Dan Biologi Pada Tanah Berpasir Di Beberapa

Wilayah Indonesia. *Agronu: Jurnal Agroteknologi*, 1(02), 71–79.

<https://doi.org/10.53863/agronu.v1i02.475>

- Batubara, S. F., Ulina, E. S., Chairuman, N., Lumban Tobing, J. M., Aryati, V., Manurung, E. D., Purba, H. F., & Parhusip, D. (2024). Evaluasi Status Hara Makro Nitrogen, Fosfor dan Kalium di Lahan Sawah Irigasi Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Agrikultura*, 35(1), 59. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i1.50844>
- Febriana, D. dan D. S. (2024). Pengaruh Keragaman Jenis Organisme Terhadap Kesuburan Tanah. *Agrosience*, 14(1), 5–24.
- Melati, I. (2020). Teknik Bioremediasi: Keuntungan, Keterbatasan Dan Prospek Riset. *Prosiding Seminar Biotik, Rahayu 2005*, 272–286.
- Mutik, M. S., Sibero, M. T., Widianingsih, W., Subagiyo, S., Pribadi, R., Haryanti, D., Ambariyanto, A., & Murwani, R. (2022). Kandungan Senyawa Bioaktif dan Aktivitas Biologis Ekstrak Daun *Rhizophora apiculata* Asal Perairan Teluk Awur, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 378–390. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i3.14287>
- Novendra Cahyo Nugroho, Siti Andarwati, & Ratih Ineke Wati. (2023). Praktik Petani dalam Menghadapi Perubahan Iklim (Studi Petani di Sentra Pertanian Selopamioro Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Triton*, 14(2), 529–542. <https://doi.org/10.47687/jt.v14i2.502>
- Nusantara, T., Unggul, J., Based, N., Ardiansyah, F., Masnang, A., & Jannah, A. (2023). KETERSEDIAAN AIR DAN STABILITAS AGREGAT TANAH BERBASIS AGROFORESTRI JATI UNGGUL NUSANTARA ( Water Availability and Soil Aggregate Stability. 1–11.
- Oktaviani, M. A., & Usmani, U. (2019). PENGARUH BIO-SLURRY DAN FOSFOR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL BUNGA KOL (*Brassica oleracea* L.) DATARAN RENDAH. *Jurnal Bioindustri*, 1(2), 125–137. <https://doi.org/10.31326/jbio.v1i2.304>
- Pranata, A. J., & Simanjuntak, B. H. (2020). Efek Penggunaan Asam Humat Leonardit Sebagai Pelapis Urea Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays*). *Gontor Agrotech Science Journal*, 6(1), 17–33.
- Pratiwi, W. M., & Asri, M. T. (2022). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Pestisida Profenofos dan Klorantraniliprol di Jombang Jawa Timur. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 300–309. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n2.p300-309>



- Pringgenies, D., Widiyadmi, R., Ariyanto, D., Idris, R., & Djunaedi, A. (2018). Bakteri Konsorsium dari Serasah Mangrove untuk Produksi Kompos. *Jurnal Pengelolaan Perairan*, 1(2), 19–26. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jpp/article/download/5464/3199/13912>
- Pusvita, D., Arisma, A., & Soleha, S. (2024). Peran Mikroorganisme Dalam Mendukung Pertumbuhan Tanaman Di Lahan Gambut yang Terdegradasi. 577–586.
- Rachmawan, A., & Dalimunthe, C. I. (2017). Prospek Pemanfaatan Metabolit Sekunder Tumbuhan Sebagai Pestisida Nabati Untuk Pengendalian Patogen Pada Tanaman Karet. *Warta Perkaretan*, 36(1), 15–28. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v36i1.324>
- Rahayu, E., Rizal, S., & Marmaini, M. (2021). Karakteristik Morfologi Serangga Yang Berpotensi Sebagai Hama Pada Perkebunan Kelapa (*Cocos nucifera* L.) di Desa Tirta Kencana Kecamatan Makarti Jaya Kabupaten Banyuasin. *Indobiosains*, 3(2), 39. <https://doi.org/10.31851/indobiosains.v3i2.6208>
- Risma, S., Maryam, & Rahayu, A. Y. (2023). Vol. 12, No. 1, Tahun 2023. Penentuan C-Organik Pada Tanah Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Dan Berkelanjutan Umur Tanaman Dengan Metoda Spektrofotometri UV VIS, 12(1), 11–19. [dewi.a@unidha.ac.id](mailto:dewi.a@unidha.ac.id)
- Rizki, F. C., Wicaksono, P. R., & Wijayanti, F. (2024). Peningkatan Kesuburan Tanah Dan Produktivitas Sebagai Hasil Pengolahan Lahan Di Dusun Ngadilegi, Pandaan. *JIPM:Jurnal Informasi Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 1–9.
- Sari, M., Latief, N., & Massi, M. N. (2020). Bioma , Volume 5 ( 1 ) : 27-33 , Januari – Juni 2020. *Jurnal Biologi Makassar*, 5(1), 27–33.
- Sugandhi, J. R. (2021). Penentuan Rotasi Tanaman yang Paling Menguntungkan dengan Branch and bound. <https://paktanidigital.com/artikel/5-langkah-sukses-budidaya->
- Tesiana, S., Indriani, A. M., & ... (2024). Pemanfaatan Limbah Lumpur yang Distabilisasi Menggunakan MICP Sebagai Lapisan Penutup Sementara Tempat Pembuangan Akhir. *Jurnal Komposit: Jurnal ...*, 8(1), 171–178. <https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/komposit/article/view/15025>  
<https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/komposit/article/download/15025/5127>
- Wattimena, G. A. (2011). Bekerjanya Teori Darwin pada Tumbuhan Menghasilkan Kearifan dan Kedaulatan Pangan Lokal. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Pulau-Pulau Kecil*, 1–10.
- Yassir, M., & Asnah, A. (2019). Pemanfaatan Jenis Tumbuhan Obat Tradisional Di Desa Batu Hamparan Kabupaten Aceh Tenggara. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.22373/biotik.v6i1.4039>