

## SOSIALISASI APLIKASI BIOENZYM PADA TANAMAN KEDELAI DI KAWASAN PESISIR

Yudhi Harini Bertham<sup>1\*</sup>, Yuwana<sup>2</sup>, Agus Susatya<sup>3</sup>, Zainal Arifin<sup>4</sup>,  
Zulfia Memi Mayasari<sup>5</sup>, Nurqutni<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Program Doktor PSDA, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Indonesia  
[yudhyhb@unib.ac.id](mailto:yudhyhb@unib.ac.id)

---

### ABSTRAK

---

**Abstrak:** Pupuk kimia dalam jangka panjang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, merusak ekosistem tanah, serta mengancam keberlanjutan produksi pertanian. Sebagai alternatif ramah lingkungan, bioenzyme hadir sebagai solusi untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pertanian berkelanjutan. Tujuan kegiatan pengabdian ini adalah meningkatkan keterampilan petani melalui pendekatan hard skill dengan memberikan pelatihan teknis mengenai bioenzyme, yang mencakup sosialisasi untuk meningkatkan pengetahuan petani tentang pengertian, manfaat, cara penggunaan, dan penerapan bioenzyme dalam berbagai tahapan pertanian. Kelompok mitra dalam kegiatan ini adalah 25 orang anggota kelompok Wanita Tani di Kecamatan Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu. Kegiatan pengabdian dilaksanakan dilaksanakan dengan metode sosialisasi yaitu pemaparan materi, diskusi, serta pemberian 10 pertanyaan pre-test dan post-test sebagai alat evaluasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebelum kegiatan sosialisasi, hanya 20% peserta yang mengetahui pengertian bioenzyme, 10% yang mengetahui manfaatnya, dan 0% yang memahami cara aplikasinya. Namun, hasil post-test menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan 100% peserta memahami pengertian dan manfaat bioenzyme, serta 88% peserta memahami cara aplikasi bioenzyme.

**Kata Kunci:** Bioenzyme; Kawasan Pesisir; Tanaman Kedelai.

***Abstract:** Chemical fertilizers, in the long term, can cause environmental pollution, damage soil ecosystems, and threaten the sustainability of agricultural production. As an eco-friendly alternative, bioenzymes emerge as a solution to enhance soil fertility and support sustainable agriculture. The objective of this community service activity is to improve farmers' skills through a hard skill approach by providing technical training on bioenzymes, including sessions to enhance farmers' knowledge about the definition, benefits, usage, and application of bioenzymes in various agricultural stages. The target group for this activity consists of 25 members of the Women Farmers Group in Muara Bangkahulu District, Bengkulu City. The community service activities were conducted using a socialization method, involving presentations, discussions, and the use of 10 pre-test and post-test questions as evaluation tools. The evaluation results revealed that before the socialization, only 20% of participants understood the definition of bioenzymes, 10% were aware of their benefits, and 0% knew how to apply them. However, post-test results showed significant improvements, with 100% of participants understanding the definition and benefits of bioenzymes, and 88% demonstrating knowledge of bioenzyme application methods.*

***Keywords:** Bioenzyme; Coastal Area, Soybean Plants.*



#### Article History:

Received: 17-11-2024

Revised : 04-01-2025

Accepted: 07-01-2025

Online : 01-02-2025



This is an open access article under the  
CC-BY-SA license

## A. LATAR BELAKANG

Kelurahan Beringin Raya, yang terletak di Kecamatan Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu, memiliki luas wilayah sekitar ±422 hektar. Meskipun sektor pertanian dan peternakan tidak menjadi sektor utama perekonomian, banyak masyarakat yang menggantungkan hidup sebagai petani, terutama dalam budidaya sayuran dan hortikultura. Letak kelurahan ini yang berada pada kawasan dataran rendah dengan ketinggian 5 mdpl dan berdekatan dengan pesisir pantai menjadikannya rentan terhadap intrusi air laut (Herdyansah & Rahmawati, 2017).

Intrusi air laut yang terjadi di wilayah pesisir dapat menimbulkan dampak serius terhadap sektor pertanian, terutama pada kualitas dan produktivitas lahan. Salinitas tanah yang meningkat akibat intrusi air laut mengakibatkan terganggunya penyerapan air dan nutrisi oleh akar tanaman, sehingga menurunkan pertumbuhan dan hasil panen (Bertham *et al.*, 2019; Otie *et al.*, 2021). Selain itu, salinitas yang tinggi dapat merusak struktur tanah, mengurangi permeabilitas, dan meningkatkan risiko erosi (Tarolli *et al.*, 2024), sehingga dapat mempercepat degradasi kesuburan tanah, mempersulit pengelolaan lahan, dan mengancam keberlanjutan mata pencaharian petani (Devkota *et al.*, 2022).

Masyarakat Kelurahan Beringin Raya selama ini bergantung pada pupuk kimia sebagai sumber utama nutrisi bagi tanaman mereka, dengan fokus pada peningkatan hasil panen jangka pendek. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan telah menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan dan kesuburan tanah. Kandungan bahan organik tanah menurun drastis, yang pada akhirnya memengaruhi kemampuan tanah untuk menahan air dan nutrisi, meningkatkan risiko erosi, dan menekan populasi mikroba yang bermanfaat bagi kesehatan tanah (Krasilnikov *et al.*, 2022; Nsengimana *et al.*, 2023). Selain itu, Pupuk anorganik cenderung menyediakan nutrisi secara langsung tetapi tidak merangsang pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme tanah yang penting bagi keberlanjutan ekosistem tanah (Prisa *et al.*, 2023).

Dalam menghadapi tantangan penurunan kualitas tanah akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan, penting untuk mencari solusi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu teknologi yang menjanjikan adalah penggunaan bioenzyme, yang telah terbukti dapat meningkatkan kesuburan tanah secara alami (Daunoras *et al.*, 2024). Bioenzyme bekerja dengan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, serta merangsang aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman (Mahmud *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023). Penggunaan bioenzyme dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, mengembalikan keseimbangan ekosistem tanah, dan menjaga keberlanjutan produksi pertanian (Andrade *et al.*, 2023; Mokrani *et al.*, 2020). Oleh karena itu, praktik ini dapat menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan daripada penggunaan pupuk kimia secara intensif, yang sering

kali berkontribusi terhadap degradasi tanah dan pencemaran lingkungan (Barbosa *et al.*, 2021).

Implementasi teknologi bioenzyme dalam pertanian di Kelurahan Beringin Raya memiliki potensi besar untuk meningkatkan hasil panen secara berkelanjutan dan ramah lingkungan, sekaligus memberikan dampak positif bagi perekonomian masyarakat setempat. Meskipun demikian, survei awal menunjukkan bahwa pemahaman petani terhadap manfaat dan aplikasi bioenzyme masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan pelatihan dan sosialisasi yang berfokus pada peningkatan keterampilan hard skill petani, khususnya dalam aspek teknis. Pelatihan ini meliputi pengertian, manfaat, cara penggunaan, hingga penerapan bioenzyme dalam kegiatan pertanian. Dengan pendekatan ini, petani tidak hanya mampu mengoptimalkan hasil pertanian, tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan, menjaga kesuburan tanah, dan mendukung ketahanan pangan yang berkelanjutan di wilayah pesisir.

## **B. METODE PELAKSANAAN**

Kegiatan pengabdian dilaksanakan pada 10 November 2024 di Kelurahan Beringin Raya, Kota Bengkulu. Khalayak sasaran dari kegiatan pengabdian ini adalah 25 anggota Kelompok Wanita Tani (KWT) Rezeki Bersama yang berada di Kelurahan Beringin Raya. Kegiatan terdiri 3 tahap yaitu tahap pra kegiatan, pelaksanaan dan evaluasi.

### **1. Tahap Pra Kegiatan**

Tahap persiapan dalam kegiatan pengabdian ini melibatkan serangkaian langkah penting untuk memastikan kelancaran pelaksanaan kegiatan. Langkah pertama adalah melakukan observasi ke lokasi pengabdian untuk memahami keadaan sosial dan ekonomi masyarakat setempat, yang akan menjadi dasar dalam merancang program yang relevan dan efektif. Selanjutnya, koordinasi dengan perangkat desa setempat dilakukan untuk memperoleh dukungan dan memastikan kegiatan berjalan sesuai dengan kebutuhan dan prioritas wilayah tersebut. Proses perizinan dengan perangkat desa juga dilakukan sebagai langkah formalitas untuk mendapatkan izin dan legitimasi untuk melaksanakan kegiatan di wilayah tersebut. Terakhir, persiapan sarana dan prasarana yang diperlukan, seperti materi pelatihan, alat, dan tempat kegiatan, disiapkan dengan matang untuk memastikan kelancaran dan efektivitas pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat.

### **2. Tahap Pelaksanaan**

Tahap pelaksanaan kegiatan pengabdian ini difokuskan pada sosialisasi dan demonstrasi penggunaan bioenzyme sebagai alternatif ramah lingkungan dalam pertanian. Sosialisasi dilakukan untuk memberikan pemahaman kepada petani mengenai manfaat bioenzyme dalam meningkatkan kesuburan tanah dan hasil pertanian secara berkelanjutan.

Pada sesi ini, peserta akan diberikan informasi tentang pengertian bioenzyme, cara pembuatan, serta penerapannya dalam berbagai tahap pertanian. Setelah sosialisasi, dilanjutkan dengan demonstrasi langsung tentang cara penggunaan bioenzyme, sehingga peserta dapat melihat dan mempraktekkan langkah-langkah aplikasinya.

### **3. Tahap Evaluasi**

Tahap evaluasi dilakukan dengan membagikan kuesioner kepada kelompok mitra untuk mengukur perubahan pengetahuan dan keterampilan masyarakat terkait peranan dan cara aplikasi asam humat. Untuk mendapatkan data yang akurat, dilakukan pretest sebelum edukasi dan posttest setelah edukasi. Indikator ketercapaian dilihat dari perubahan nilai tes antara sebelum dan sesudah pelatihan, yang mencerminkan sejauh mana peningkatan pemahaman peserta. Selain itu, evaluasi hasil tes juga bertujuan untuk mengetahui tingkat pemahaman peserta terhadap materi yang disampaikan. Evaluasi oleh mitra dilakukan dengan menyesuaikan materi yang diberikan dengan kebutuhan peserta agar relevan dan efektif. Hasil analisis secara kuantitatif akan memberikan gambaran objektif mengenai perubahan pengetahuan dan keterampilan peserta setelah mengikuti program edukasi ini.

## **C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Tahap Pra Kegiatan**

Tahap persiapan dalam kegiatan pengabdian ini melibatkan serangkaian langkah penting untuk memastikan kelancaran pelaksanaan. Langkah pertama adalah melakukan observasi ke lokasi pengabdian guna memahami keadaan sosial dan ekonomi masyarakat setempat. Hasil pra-survey di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar anggota kelompok mitra berprofesi sebagai petani, baik yang mengelola tanaman hortikultura maupun tanaman pangan. Namun, masyarakat masih bergantung pada penggunaan pupuk anorganik yang dapat membahayakan keberlanjutan pertanian, menyebabkan penurunan kualitas tanah, serta berdampak negatif terhadap lingkungan. Selanjutnya, koordinasi dengan perangkat kelurahan setempat dilakukan untuk memperoleh dukungan dan memastikan kegiatan ini sesuai dengan kebutuhan dan prioritas wilayah. Proses perizinan dengan perangkat kelurahan juga dilaksanakan sebagai langkah formalitas untuk mendapatkan izin serta legitimasi dalam melaksanakan kegiatan di wilayah tersebut.

Terakhir, persiapan sarana dan prasarana yang diperlukan, seperti materi pelatihan, bioenzyme, alat, dan tempat kegiatan, disiapkan dengan matang untuk memastikan kelancaran dan efektivitas pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat. Keberadaan sarana dan prasarana yang memadai sangat penting untuk mendukung kelancaran dan efektivitas pelaksanaan kegiatan. Dengan persiapan yang baik, semua materi dan alat

yang diperlukan dapat tersedia dan digunakan secara maksimal, sehingga tujuan pengabdian untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam penerapan teknologi bioenzyme dapat tercapai secara optimal.

## 2. Tahap Pelaksanaan

Kegiatan sosialisasi kepada Kelompok Tani Wanita (KWT) Rezeki Bersama dilaksanakan pada tanggal 10 November 2024 di rumah Ketua KWT, yang dihadiri oleh 25 anggota KWT. Acara dimulai dengan sambutan dari Ketua KWT yang mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu atas kehadiran tim pengabdian kepada masyarakat. Beliau mengungkapkan rasa syukur atas pendampingan yang telah diberikan oleh tim pengabdian sejak tahun 2019 hingga saat ini, yang telah memberikan manfaat besar dalam meningkatkan pengetahuan serta kondisi finansial keluarga anggota KWT. Ketua KWT juga menambahkan bahwa kegiatan-kegiatan sebelumnya, seperti penerapan teknologi bioenzyme, telah terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan kualitas lingkungan, sehingga anggota kelompok tani sangat antusias mengikuti sosialisasi ini. Beliau menekankan bahwa bioenzyme sebagai materi pengabdian kali ini merupakan topik baru bagi anggota KWT, dan mereka sangat berharap dapat memanfaatkan pengetahuan yang akan dibagikan untuk meningkatkan hasil pertanian. Ketua KWT mengungkapkan bahwa kegiatan sosialisasi ini sangat dinantikan karena manfaat dari program pengabdian yang berkelanjutan, yang diharapkan dapat mendorong anggota KWT untuk terus berinovasi dalam praktik pertanian, meningkatkan keterampilan bertani, serta kesejahteraan keluarga mereka.

Setelah sambutan selesai, kegiatan dilanjutkan dengan pemaparan materi sosialisasi oleh ketua tim pengabdian. Dalam penyampaian materi tersebut, dijelaskan secara rinci mengenai penerapan bioenzyme dalam pertanian, termasuk cara pembuatan dan manfaatnya untuk kesuburan tanah dan kesehatan tanaman. Dokumentasi dari pemaparan materi dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pemaparan materi oleh ketua tim pengabdian

Bioenzyme merupakan teknologi yang berfungsi untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman dengan cara mengurangi penggunaan pupuk kimia, meningkatkan hasil panen, serta melindungi tanaman dari serangan hama dan penyakit. Selain itu, bioenzyme juga dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik menjadi kompos berkualitas tinggi (*tailored compost*) yang mengandung mikroorganisme bermanfaat, serta dapat digunakan untuk menghilangkan bau pada kandang atau kotoran ternak (Mardiyono *et al.*, 2024).

Aplikasi biofertilizer bioenzim efektif dalam mendukung aktivitas mikroba yang terlibat dalam siklus hara tanah. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan mikroba pelarut hara dapat meningkatkan ketersediaan hara, meningkatkan produktivitas tanaman, dan pada gilirannya meningkatkan keberlanjutan sistem pertanian (Kumar *et al.*, 2024). Dengan meningkatnya fokus pada pertanian berkelanjutan, penggunaan bioenzim menjadi semakin relevan dalam strategi pengelolaan lahan yang bertujuan untuk meningkatkan kesuburan tanah, meminimalkan ketergantungan pada pupuk kimia, dan mengurangi dampak lingkungan dari praktik pertanian konvensional (Chaudhary *et al.*, 2022).

PROVIBIO®, salah satu contoh produk bioenzyme, mengandung sembilan jenis mikroorganisme bermanfaat yang masing-masing memiliki peran spesifik dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan kesehatan tanah. Mikroorganisme tersebut antara lain bakteri penambat nitrogen (*Azospirillum lipoferum* dan *Azotobacter vinelandii*), bakteri bintil akar (*Bradyrhizobium japonicum*), serta mikroba yang menghasilkan hormon tumbuh (*Lactobacillus* sp). Selain itu, PROVIBIO® juga mengandung mikrob anti bau (*Saccharomyces cerevisiae*), perombak selulosa (*Microbacterium lactium*), perombak lignin (*Phanerochaete* sp.), dekomposer (*Paenibacillus macerans*), dan bakteri pengendali hama (*Bacillus thuringiensis*). Kombinasi mikroorganisme ini bekerja sinergis untuk mendukung dekomposisi bahan organik, memperbaiki kualitas tanah, dan melindungi tanaman dari penyakit dan hama, sehingga meningkatkan hasil pertanian secara berkelanjutan (Atieno *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2024).

Aplikasi bioenzyme dilakukan dengan cara melarutkan bioenzyme ke dalam air dengan perbandingan 1:40, yaitu satu bagian bioenzyme dicampurkan dengan empat puluh bagian air. Larutan ini kemudian disemprotkan ke tanah sekitar dua hari sebelum proses penanaman. Penyemprotan dilakukan untuk memastikan bahwa mikroorganisme yang terkandung dalam bioenzyme dapat menyebar secara merata ke dalam tanah, sehingga dapat mulai bekerja memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kesuburan, dan mendukung pertumbuhan akar tanaman. Dengan aplikasi ini, tanah menjadi lebih siap untuk mendukung perkembangan tanaman, memaksimalkan penyerapan nutrisi, dan mengurangi penggunaan pupuk kimia, sehingga meningkatkan hasil panen secara berkelanjutan.

Sosialisasi ini tidak hanya memberikan pengetahuan teknis, tetapi juga membuka kesempatan bagi anggota KWT untuk berdiskusi dan berbagi pengalaman terkait penggunaan teknologi baru ini dalam praktik pertanian mereka. Dengan demikian, diharapkan kegiatan ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas pertanian dan kehidupan anggota KWT Rezeki Bersama. Kegiatan diskusi dan tanya jawab tim pengabdian dan kelompok mitra dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Suasana diskusi dan tanya jawab tim pengabdian dengan peserta

### 3. Tahap Evaluasi

Evaluasi kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta mengenai bioenzyme melalui pre-test dan post-test yang dilakukan sebelum dan sesudah kegiatan sosialisasi. Berdasarkan hasil evaluasi yang disajikan dalam tabel, terdapat perubahan signifikan dalam pemahaman peserta tentang bioenzyme setelah mengikuti kegiatan sosialisasi. Hasil pre-test menunjukkan bahwa hanya 20% peserta yang mengetahui pengertian bioenzyme, 10% peserta yang mengetahui manfaat bioenzyme, dan 0% peserta yang memahami cara aplikasi bioenzyme. Namun, setelah sosialisasi dilakukan, hasil post-test menunjukkan peningkatan yang luar biasa, dengan 100% peserta mengetahui pengertian dan manfaat bioenzyme, serta 88% peserta mengerti cara aplikasi bioenzyme (Tabel 1).

**Tabel 1.** Hasil evaluasi pre test dan post test

Variabel Pengukuran	Pre Test (%)	Post Test (%)
Pengetahuan tentang pengertian bioenzyme	20	100
Pengetahuan tentang manfaat bioenzyme	10	100
Cara apliasi bioenzyme	0	88

Peningkatan signifikan ini menggambarkan bahwa kegiatan sosialisasi berhasil mencapai tujuannya dalam memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai bioenzyme kepada peserta. Peningkatan pengetahuan tentang pengertian dan manfaat bioenzyme yang mencapai 100% menunjukkan bahwa peserta tidak hanya memahami dasar teori tentang

bioenzyme tetapi juga menyadari pentingnya peranan teknologi ini dalam bidang pertanian. Hal yang sama dilaporkan oleh tim pengabdian ditempat lain bahwa kegiatan sosialisasi efektif dapat meningkatkan pengetahuan dan pemahaman kelompok mitra (Bertham *et al.*, 2022, 2023).

Sementara itu, meskipun terdapat peningkatan yang sangat baik dalam pemahaman tentang pengertian dan manfaat bioenzyme, pemahaman peserta tentang cara aplikasi bioenzyme mengalami peningkatan yang sedikit lebih rendah, yaitu 88%. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh faktor kompleksitas teknis dalam penerapan bioenzyme dalam pertanian, yang membutuhkan keterampilan praktis dan pemahaman lebih mendalam terkait dengan teknik aplikasi yang tepat. Beberapa peserta yang menyatakan agak faham. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun informasi tentang teori bioenzyme berhasil disampaikan, pemahaman praktis mengenai penerapannya dalam konteks pertanian mungkin masih memerlukan pelatihan lebih lanjut dan bimbingan lebih intensif. Penggunaan bioenzyme dalam pertanian melibatkan teknik tertentu yang mungkin baru bagi sebagian peserta, sehingga mereka membutuhkan demonstrasi langsung atau latihan praktik agar dapat mengaplikasikannya dengan benar dan efektif.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa kegiatan sosialisasi berhasil meningkatkan pengetahuan peserta secara signifikan tentang bioenzyme. Peningkatan tersebut tidak hanya terbatas pada pemahaman teoretis tetapi juga mencakup keinginan peserta untuk mengaplikasikan bioenzyme dalam praktik pertanian mereka. Oleh karena itu, penting untuk terus melakukan sosialisasi dan pendampingan agar peserta dapat lebih memahami cara aplikasi bioenzyme dan memanfaatkannya secara maksimal dalam upaya meningkatkan kualitas hasil pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

#### **D. SIMPULAN DAN SARAN**

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini memberikan manfaat yang signifikan kepada kelompok sasaran, khususnya dalam hal peningkatan pengetahuan dan keterampilan mengenai pemanfaatan bioenzyme yang ramah lingkungan. Hasil evaluasi yang dilakukan menunjukkan perubahan yang sangat positif, di mana sebelum kegiatan sosialisasi hanya 20% peserta yang mengetahui pengertian bioenzyme, 10% yang mengetahui manfaatnya, dan 0% yang memahami cara aplikasinya. Namun, setelah sosialisasi, hasil post-test menunjukkan peningkatan yang luar biasa, dengan 100% peserta memahami pengertian dan manfaat bioenzyme, serta 88% peserta memahami cara aplikasi bioenzyme. Meskipun demikian, berdasarkan permasalahan yang dihadapi selama kegiatan budidaya tanaman, disarankan untuk melakukan sosialisasi lanjutan guna memastikan bahwa pemahaman dan keterampilan peserta dapat diterapkan secara praktis di

lapangan, sehingga pemanfaatan bioenzyme dapat memberikan hasil yang optimal dalam pertanian ramah lingkungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini melalui program Hibah Doktor tahun anggaran 2024 dengan nomor kontrak 5801/UN30.11/PM/2024 sehingga terlaksana dengan baik.

## DAFTAR RUJUKAN

- Atieno, M., Herrmann, L., Nguyen, H. T., Phan, H. T., Nguyen, N. K., Srean, P., Than, M. M., Zhiyong, R., Tittabutr, P., Shutsrirung, A., Bräu, L., & Lesueur, D. (2020). Assessment of biofertilizer use for sustainable agriculture in the Great Mekong Region. *Journal of Environmental Management*, *275*, 111300. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111300>
- Barbosa, J. Z., Hungria, M., Sena, J. V. da S., Poggere, G., dos Reis, A. R., & Corrêa, R. S. (2021). Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil. *Applied Soil Ecology*, *163*, 103913. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103913>
- Bertham, Y. H., Arifin, Z., & Dipo Nusantara, A. (2019). The Improvement of Yield and Quality of Soybeans in a Coastal Area Using Low Input Technology Based on Biofertilizers. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, *9*(3).
- Bertham, Y. H., Gonggo, B., & Utami, K. (2022). Peningkatan Pengetahuan Masyarakat dalam Pemberian Pupuk Organik dan Anorganik Untuk Produktivitas Tanaman. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, *6*(4), 2961–2972.
- Bertham, Y. H., Yuwana, Romeida, A., Indarwanto, & Ermayendri, D. (2023). Pemanfaatan Asam Humat untuk Budidaya Tanaman Sayuran Ramah Lingkungan. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, *7*(1), 897–905.
- Chaudhary, P., Singh, S., Chaudhary, A., Sharma, A., & Kumar, G. (2022). Overview of biofertilizers in crop production and stress management for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.930340>
- Daunoras, J., Kačergius, A., & Gudiukaitė, R. (2024). Role of Soil Microbiota Enzymes in Soil Health and Activity Changes Depending on Climate Change and the Type of Soil Ecosystem. *Biology*, *13*(2), 85. <https://doi.org/10.3390/biology13020085>
- de Andrade, L. A., Santos, C. H. B., Frezarin, E. T., Sales, L. R., & Rigobelo, E. C. (2023). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Sustainable Agricultural Production. *Microorganisms*, *11*(4), 1088. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041088>
- Devkota, K. P., Devkota, M., Rezaei, M., & Oosterbaan, R. (2022). Managing salinity for sustainable agricultural production in salt-affected soils of irrigated drylands. *Agricultural Systems*, *198*, 103390. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103390>
- Herdyansah, A., & Rahmawati, D. (2017). Dampak Intrusi Air Laut pada Kawasan Pesisir Surabaya Timur. *Jurnal Teknik ITS*, *6*(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25863>
- Krasilnikov, P., Taboada, M. A., & Amanullah. (2022). Fertilizer Use, Soil Health and Agricultural Sustainability. *Agriculture*, *12*(4), 462. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040462>

- Kumar, A., Saharan, B. S., Parshad, J., Gera, R., Choudhary, J., & Yadav, R. (2024). Revolutionizing Indian agriculture: the imperative of advanced biofertilizer technologies for sustainability. *Discover Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00037-y>
- Mahmud, A. A., Upadhyay, S. K., Srivastava, A. K., & Bhojiya, A. A. (2021). Biofertilizers: A Nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100063. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100063>
- Mardiyono, M. S., Nugroho, J. D., & Massora, M. (2024). The Effectiveness of Bio-enzymes Made from Fruit Waste and Mixture of Fruit Waste and Chicken Intestinal Content as Composting Activators. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 14(2), 288. <https://doi.org/10.29244/jpsl.14.2.288>
- Mokrani, S., Nabti, E., & Cruz, C. (2020). Current Advances in Plant Growth Promoting Bacteria Alleviating Salt Stress for Sustainable Agriculture. *Applied Sciences*, 10(20), 7025. <https://doi.org/10.3390/app10207025>
- Nsengimana, V., de Dieu Nsenganeza, J., Hagenimana, T., & Dekoninck, W. (2023). Impact of chemical fertilizers on diversity and abundance of soil-litter arthropod communities in coffee and banana plantations in southern Rwanda. *Current Research in Environmental Sustainability*, 5, 100215. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2023.100215>
- Otie, V., Udo, I., Shao, Y., Itam, M. O., Okamoto, H., An, P., & Eneji, E. A. (2021). Salinity Effects on Morpho-Physiological and Yield Traits of Soybean (*Glycine max L.*) as Mediated by Foliar Spray with Brassinolide. *Plants*, 10(3), 541. <https://doi.org/10.3390/plants10030541>
- Prisa, D., Fresco, R., & Spagnuolo, D. (2023). Microbial Biofertilisers in Plant Production and Resistance: A Review. *Agriculture*, 13(9), 1666. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091666>
- Tarolli, P., Luo, J., Park, E., Barcaccia, G., & Masin, R. (2024). Soil salinization in agriculture: Mitigation and adaptation strategies combining nature-based solutions and bioengineering. *IScience*, 27(2), 108830. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.108830>
- Wang, L., Hamel, C., Lu, P., Wang, J., Sun, D., Wang, Y., Lee, S.-J., & Gan, G. Y. (2023). Using enzyme activities as an indicator of soil fertility in grassland - an academic dilemma. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1175946>
- Zhao, G., Zhu, X., Zheng, G., Meng, G., Dong, Z., Baek, J. H., Jeon, C. O., Yao, Y., Xuan, Y. H., Zhang, J., & Jia, B. (2024). Development of biofertilizers for sustainable agriculture over four decades (1980–2022). *Geography and Sustainability*, 5(1), 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.09.006>