

PEMBERDAYAAN PETANI JAGUNG MELALUI INTRODUKSI AGEN HAYATI PEROMBAK FOSFAT UNTUK MEWUJUDKAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

Empowerment of Maize Farmers through the Introduction of Phosphate Degrading Biological Agents for Sustainable Agriculture

Sigit Prastowo¹
Ati Kusmiati^{1*}
Indah Ibanah¹
Distiana Wulanjari¹
Lenny Widjyanthi¹
Agung Sih Kurnianto¹

¹Universitas Jember, Jember

*email: ati.faperta@unej.ac.id

Abstrak

Lahan pertanian milik Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera Desa Pontang Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember terindikasi mengandung fosfat dalam jumlah yang sangat tinggi. Pupuk fosfat yang berlimpah dalam tanah perlu dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan kerugian pada pertumbuhan tanaman. Oleh karenanya kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk (1) memperkenalkan jamur pelarut fosfat sebagai solusi berkelanjutan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas jagung, (2) penyuluhan terkait pentingnya mengimplementasikan perombak fosfat di lahan. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan identifikasi eksistensi jagung dan penyuluhan. Pada tahap awal, dilakukan identifikasi permasalahan mitra berdasarkan hasil penelitian Tim Pengabdian yang telah dilakukan. Tahap selanjutnya, para petani ke lapang untuk mengidentifikasi eksistensi budidaya jagung yang telah diusahakan dalam penguraian unsur fosfat dalam tanah. Pada tahap terakhir adalah melakukan penyuluhan sebagai bentuk pendekatan edukatif untuk tindak lanjut dari hasil identifikasi. Kegiatan pengabdian secara partisipatif mulai dari tahap identifikasi eksistensi lahan bersama petani hingga edukasi mendalam melalui penyuluhan terbukti menunjukkan hasil yang efektif dalam meningkatkan pemahaman mitra. Solusi yang diberikan untuk mengatasi kejenuhan unsur hara akibat penggunaan pupuk majemuk yang intensif ini adalah melalui pengenalan inovasi pemanfaatan fungi perombak fosfat, seperti *Metharizium* dan *Trichoderma*, yang dikombinasikan dengan efisiensi dosis pupuk fosfat kimia hingga 50 persen. Implementasi agen hayati ini tidak hanya terbukti secara ilmiah mampu mengoptimalkan perkembangan sistem perakaran dan meningkatkan ukuran lebar daun jagung, melainkan juga memberikan alternatif strategi budidaya yang efisien bagi petani dengan keterbatasan modal demi mewujudkan pertanian semi organik yang sehat dan berkelanjutan di Desa Pontang.

Kata Kunci:

Jamur elarut fosfat
Agen hayati
Kesuburan tanah
Produktivitas jagung
Pertanian berkelanjutan

Keywords:

Phosphate-solubilizing fungi (PSF)
Biological agents
Soil fertility
Maize productivity
Sustainable agriculture

Abstract

Agricultural land owned by the Pontang Makmur Sejahtera Farmers Group Association (Gapoktan) in Pontang Village, Ambulu District, Jember Regency, was identified as containing excessively high levels of phosphate. The accumulation of phosphate fertilizers in the soil required proper management to prevent adverse effects on crop growth and development. Therefore, this community service program aimed to: (1) introduce phosphate-solubilizing fungi as a sustainable solution to improve soil fertility and maize productivity, and (2) provide extension services regarding the importance of implementing phosphate-degrading agents in agricultural land management. The implementation method employed an approach consisting of field identification and agricultural extension activities. In the initial stage, partner-related problems were identified based on the findings of previous research conducted by the Community Service Team. Subsequently, farmers participated in field observations to identify existing maize cultivation practices and evaluate their role in the decomposition and utilization of phosphate compounds in the soil. The final stage involved educational outreach through extension activities as a follow-up to the field identification result. The participatory community service activities, ranging from field assessments conducted jointly with farmers to in-depth educational programs through extension services, prove effective in enhancing farmers' knowledge and understanding. The proposed solution to overcome nutrient saturation caused by the intensive use of compound fertilizers is the introduction of phosphate-degrading fungal innovations, such as *Metharizium* and *Trichoderma*, combined with a reduction in chemical phosphate fertilizer application rates by up to 50%. The implementation of these biological agents is scientifically demonstrated to optimize root system development and increase maize leaf width. Furthermore, this approach provides an efficient cultivation strategy for farmers with limited financial resources while supporting the development of healthy and sustainable semi-organic agriculture in Pontang Village.



PENDAHULUAN

Jagung menjadi salah satu komoditas pangan terbesar kedua di Indonesia. Produksi jagung nasional pada tahun 2022 mencapai 16,53 ton dengan luas panen 2,76 juta hektar (BPS, 2023). Rerata produktivitas jagung nasional mencapai 5,99 ton/ha. Jawa Timur menjadi kawasan produsen jagung pipil kering (JPK) kadar air 14% dan 28% tertinggi nasional hingga tahun 2023 dengan luas lahan panen yang tinggi. Produksi jagung Jawa Timur di tahun 2023 mencapai 4.429.460 ton dengan luas area tanam 817.449 hektar (BPS, 2023), artinya produktivitas jagung di Jawa Timur berkisar pada angka 5,42 ton/ha.

Data di atas mengindikasikan bahwa terdapat selisih produktivitas jagung secara nasional dengan produktivitas jagung di Jawa Timur sebesar 0,57 ton/ha. Upaya peningkatan produktivitas tanaman jagung masih dapat terus dilakukan dengan menerapkan budidaya tanaman jagung sesuai dengan *Good Agriculture Practices* (GAP) Nomor 48/Permentan/OT.140/10/2006.

Pemupukan menjadi salah satu poin penting dalam budidaya jagung. Pemupukan yang dilakukan pada tanaman diupayakan dapat diserap tanaman dengan menimbulkan dampak negatif sekecil mungkin di agroekosistem (Permentan, 2006). Hasil penelitian penulis pada tahun 2022 menunjukkan bahwa lahan pertanaman Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera Desa Pontang Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember terindikasi mengandung fosfat dalam jumlah yang sangat tinggi mencapai 19,69-42,21 ppm pada pH aktual 6,2-6,8. Akumulasi pupuk yang sangat tinggi di dalam tanah disebabkan dari penggunaan pupuk majemuk yang intensif pada pertanaman jagung dengan intensitas tanam lebih dari 2 kali. Pupuk fosfat yang berlimpah dalam tanah perlu dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan kerugian pada pertumbuhan tanaman, seperti menghambat pertumbuhan akar primer, menyebabkan akar tanaman menjadi serabut, mempengaruhi panjang dan jumlah akar (Malhotra et al.,

2018) serta menghambat ketersediaan unsur besi (Fe) dalam tanah. Penguraian unsur fosfat dalam tanah perlu diupayakan.

Budidaya jagung tanpa penambahan pupuk fosfat sangat potensial dilakukan di Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera, namun peniadaan fosfat dalam usaha budidaya harus diimbangi dengan penambahan bakteri/cendawan yang dapat mendegradasi fosfat dalam tanah menjadi fosfat yang siap diserap oleh tanaman. Berbagai penelitian tentang bakteri pelarut fosfat seperti *Bacillus*, *Micrococcus*, *Azotobacter*, dan lain sebagainya telah banyak digunakan antara lain.

Penggunaan mikoriza sebagai penambat fosfat telah banyak dilakukan, namun potensi penggunaan beberapa cendawan seperti *Trichoderma harzianum* (Gorai et al., 2020; Singh et al., 2020 dan Jumadi et al, 2021) dan *Matharizhium anisopliae* (Suleman et al., 2022; Siqueira et al., 2020 dan Jha & Saraf, 2015) untuk memfiksasi fosfat dalam tanah belum banyak diketahui. Penggunaan kedua jenis cendawan ini selain dapat mengurai P tersedia dalam tanah, namun juga dapat bertindak sebagai agen hayati. Penggunaan agensia hayati secara umum bertujuan untuk mengaplikasikan manajemen nutrisi spesifik lokasi sekaligus mendukung praktik pertanian organik di Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera untuk meningkatkan produktivitas tanaman.

Adapun tujuan pengabdian ini adalah (1) memperkenalkan jamur pelarut fosfat sebagai solusi berkelanjutan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas jagung dalam suatu kegiatan identifikasi existing lahan jagung berpotensi dalam penambahan fungsi perombak fosfat terhadap produktivitas tanaman jagung, (2) penyuluhan terkait pentingnya pemberdayaan petani dalam budidaya jagung untuk mengimplementasikan perombak fosfat di lahan yang telah diidentifikasi. Keunikan program ini terletak pada pengintegrasian inovasi ilmiah dengan pemberdayaan petani melalui aplikasi langsung di lapangan dan penyuluhan.

METODE PELAKSANAAN

Lokasi pelaksanaan pengabdian dipilih secara sengaja dengan kriteria adanya hasil penelitian dalam implementasi penggunaan beberapa cendawan seperti *Trichoderma harzianum* dan *Matharizhium anisopliae* untuk memfiksasi fosfat dalam tanah yang belum banyak diketahui di Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera di Desa Pontang.

Metode pelaksanaan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini disusun berdasarkan pendekatan identifikasi eksistensi jagung dan penyuluhan. Pada tahap awal, dilakukan identifikasi permasalahan mitra berdasarkan hasil penelitian Tim Pengabdian. Tahap selanjutnya, para petani ke lapang untuk mengidentifikasi eksistensi budidaya jagung yang telah diusahakan dalam penguraian unsur fosfat dalam tanah. Pada tahap terakhir adalah melakukan penyuluhan sebagai bentuk pendekatan edukatif untuk indak lanjut dari hasil identifikasi.

Adapun rangkaian kegiatan yang dilakukan antar lain: (1) melakukan persiapan meliputi penentuan Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera, penyusunan materi, serta kesiapan alat dan bahan; (2) melakukan identifikasi dan ekistensi jagung yang telah diperlakukan dalam kegiatan penelitian dengan mengikutsertakan petani. (3) melakukan penyuluhan berupa penyampaian materi terkait bagaimana kesuburan tanah dapat terjadi pada tanah yang telah jenuh fosfat.

Bahan dan alat yang digunakan sebagai berikut:

1. *Blocknote* dan pena
2. Labtop dan proyektor
3. Materi penyuluhan

HASIL DAN PEMBAHASAN

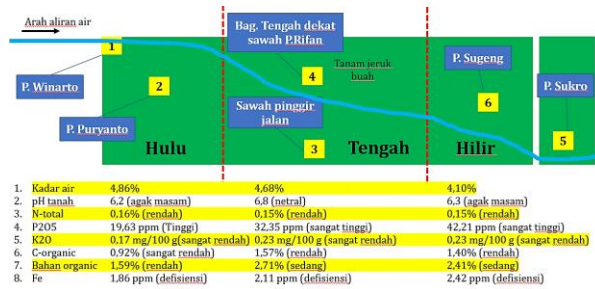
Hasil identifikasi eksistensi di lapang yang dilakukan oleh Tim Pengabdian dan Gapoktan dapat diketahui bahwa kandungan fosfat di Desa Pontang cukup tinggi. Putriani et al., (2022) mengatakan serapan fosfat pada tanaman

jagung manis berkorelasi positif dengan produktivitasnya. Malhotra et al., (2018) menjelaskan total konsentrasi P dalam biomassa kering tanaman mencapai 0,005-0,5%. Sekalipun diambil dalam jumlah yang banyak, namun kelimpahan fosfat dalam tanah dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. menjelaskan bahwa kelebihan unsur fosfat dalam tanah dapat menghambat pertumbuhan akar primer, menyebabkan akar tanaman menjadi serabut, mempengaruhi panjang dan jumlah akar, serta menghambat ketersediaan unsur besi (Fe) dalam tanah.

Dosis yang disarankan dalam penggunaan fosfat (Pupuk P) yaitu 50% dari dosis yang selama ini digunakan petani. Hal ini akan mengakibatkan akar lebih lebat sehingga tanaman dapat menyerap unsur hara dengan optimal. Pemupukan kedua menyebabkan daun menjadi lebar. Jika penggunaan pupuk antara 50 kg sampai 100 kg akan menghasilkan produksi sebesar 9,05 ton. Jika penggunaan pupuk lebih dari 100kg akan menghasilkan produksi jagung sebesar 12 ton. Dari kedua pilihan penggunaan pupuk adalah tergantung dari kebutuhan dan modal petani, jika petani yang memiliki modal besar bisa menggunakan penggunaan pupuk 100%, namun jika petani yang memiliki keterbatasan modal dapat menggunakan pilihan penggunaan pupuk fosfat dengan dosis 50%. Oleh karena itu, pentingnya penambahan fungsi perombak fosfat terhadap produktivitas tanaman jagung pada lahan-lahan yang teridentifikasi banyak mengandung fosfat.



Gambar 1. Identifikasi Existing Lahan Budidaya Jagung



Gambar 2. Mapping Lahan Budidaya Jagung Berpotensi dalam Implementasi Pupuk Perombak

Selanjutnya, Tim pengabdian melakukan penyuluhan agar para petani yang tergabung pada Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera melakukan adopsi inovasi berupa implementasi penggunaan pupuk perombak fosfat. Hal ini dilakukan karena penambahan fungsi *Metharizium* berpengaruh dalam peningkatan lebar daun panaman jagung mencapai 10,14 cm.

Fosfat yang tersedia dalam jumlah cukup akan meningkatkan perkembangan sistem perakaran, melalui peningkatan volume atau kepadatan akar. Hal ini sangat membantu absorpsi unsur hara menjadi lebih optimal. Penambahan 50% fosfat pada fase vegetatif (saat pupuk susulan kedua) menjadikan fosfat berperan penuh sebagai energy transporter (pengangkut energi) berupa ATP untuk pertumbuhan sel. Peningkatan massa sel memberikan dampak pada lebar daun walaupun secara statistik berbeda tidak nyata dengan perlakuan mikoriza, trichoderma, maupun kontrol. Semakin lebar daun yang digunakan untuk area fotosintesis, maka semakin banyak pula fotosintat yang dihasilkan. Hal ini menjadikan fotosintat yang dialirkan pada organ penyimpanan semakin banyak pula.



Gambar 3. Penyuluhan Hasil Identifikasi

Hasil penelitian tahun 2023 menunjukkan bahwa kondisi tanah di Desa Pontang memiliki kandungan unsur fosfat yang tergolong tinggi. Sebagai solusinya, Tim Pengabdian menyarankan petani untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia majemuk demi menjaga keseimbangan ekosistem tanah. Berdasarkan hasil pengujian ilmiah, penggunaan dosis pupuk fosfat sebanyak 50% atau setara 50 kg justru terbukti memberikan struktur akar yang lebih lebat. Akar yang lebat ini membuat tanaman dapat menyerap unsur hara dengan jauh lebih optimal di lapangan. Meskipun penggunaan pupuk 100 kg menghasilkan panen sebesar 12 ton dan dosis 50% menghasilkan 9,05 ton, pilihan ini tetap dikembalikan kepada modal masing-masing petani. Penyesuaian dosis ini sejalan dengan penelitian Prastowo, *et al* (2025) menyatakan bahwa efisiensi pemupukan fosfat dosis rendah yang dikombinasikan dengan pembenah tanah organik mampu menjaga produktivitas tanaman sekaligus mencegah kejenuhan unsur P pada lahan pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, bagi para petani Desa Pontang yang memiliki keterbatasan modal sangat disarankan untuk mengambil opsi efisiensi pupuk fosfat sebesar 50% tersebut.

Penerapan sistem pertanian semi organik di Desa Pontang masih menghadapi tantangan besar dari sudut pandang persepsi dan motif para petani setempat. Berdasarkan pemaparan, aspek sikap petani berada pada kategori sedang karena mereka menganggap proses pembuatan dan pengaplikasian pupuk organik membutuhkan waktu yang terlalu lama. Selain proses pembuatannya dari kotoran sapi dinilai lambat, petani merasa hasilnya tidak setimpal dengan tenaga yang dikeluarkan serta kurangnya apresiasi yang mereka terima di pasar. Secara teknis, pembasmian hama menggunakan metode semi organik ini juga dirasa kurang efektif karena tidak dilakukan secara massal oleh seluruh kelompok tani. Ditambah lagi, kendala ketiadaan subsidi untuk pupuk organik membuat para petani semakin sulit untuk beralih sepenuhnya ke pertanian full organik. Padahal, investasi pupuk organik merupakan

investasi jangka panjang untuk memperbaiki kesehatan tanah tanah yang mulai kritis, bukan sekadar untuk menyuburkan tanaman sesaat saja. Masukan dari penyuluh lapangan menegaskan bahwa pengenalan agen hayati seperti *Trichoderma* dan bakteri pelarut harus dikembangkan secara bertahap agar tanah di Desa Pontang tetap berkelanjutan.

Dalam menghadapi dinamika lingkungan dan perubahan musim, manajemen risiko pertanian di Desa Pontang dipengaruhi oleh karakteristik unik dari unsur hara tanah itu sendiri. Berbeda dengan nitrogen yang mudah larut oleh air hujan, kandungan fosfat di dalam tanah sama sekali tidak dikendalikan oleh musim kemarau maupun penghujan, melainkan dikendalikan oleh tingkat keasaman (pH) tanah. Jika kondisi pH tanah terlalu asam, pupuk fosfat akan mengendap dan tidak dapat bercampur dengan baik kecuali dinetralkan melalui proses penggenangan lahan. Untuk meniyasati risiko kegagalan, para petani menerapkan strategi pola tanam tumpang sari dengan komoditas seperti kacang-kacangan, buncis mitra, dan cabai dalam satu hamparan. Mereka juga mengandalkan sumur bor sebagai sumber pengairan utama serta memprioritaskan pembelian benih berkualitas langsung dari kios resmi. Jika diurutkan, kendala utama yang sering dihadapi di lapangan meliputi jarak tanam, kepastian persediaan pupuk bersubsidi, hingga kelangkaan tenaga kerja. Sebagai langkah penanganan dampak (*ex-post*), petani memilih opsi meminjam modal jika mengalami kerugian, tetap menanam jagung pada musim yang aman, serta sebagian kecil mulai bergantung pada pertanian semi organik.



Gambar 4. Penyuluhan Implementasi Perombak Fosfat di Lahan

Ada pun pertanyaan pada sesi diskusi sebagai berikut:

"Untuk mengurangi Penggunaan P, sementara untuk pengaplikasian pupuk kita menggunakan pupuk majemuk (N,P,K) itu kan susah nggih? Caranya bagaimana nggih Bu?"

Pertanyaan peserta terkait masalah penggunaan pupuk majemuk pada tanah yang sudah jenuh fosfat, memiliki beberapa Solusi alternatif sebagai berikut:

1. Mengubah Pola Pemupukan: Beralih ke Pupuk Tunggal (*Single Fertilizer*)

Solusi paling logis secara kimiawi adalah menghentikan sementara penggunaan pupuk majemuk (NPK) dan menggantinya dengan kombinasi pupuk tunggal, seperti Urea atau ZA (untuk sumber Nitrogen) dan KCl (untuk sumber Kalium).

Dengan menggunakan pupuk tunggal, petani dapat memberikan nutrisi N dan K sesuai kebutuhan tanaman tanpa perlu memasukkan unsur P (Fosfat) lagi ke dalam tanah, sehingga tumpukan fosfat yang mengendap tidak semakin bertambah.

2. Pemanfaatan Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)/ Agen Hayati

Penggunaan mikroorganisme adalah kunci utama untuk mencairkan tabungan fosfat di dalam tanah. Bakteri seperti *Bacillus spp.*, *Pseudomonas striata*, atau jamur *Trichoderma* mampu mengekskresikan asam-asam organik (seperti asam sitrat, glutamat, dan suksinat). Asam organik ini akan mengelat (mengikat) logam pengikat fosfat (seperti Fe, Al, atau Ca), sehingga ikatan fosfat terputus. Fosfat yang awalnya mengendap dan tidak larut akan berubah menjadi bentuk ion bebas yang siap diserap kembali oleh akar tanaman.

3. Aplikasi Mikoriza (Fungi Mikoriza Arbuskular/ FMA)

Mikoriza adalah jamur yang bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman. Benang-benang halus (hifa) dari mikoriza mampu menembus pori-pori tanah yang sangat kecil yang tidak bisa dijangkau oleh akar

rambut tanaman biasa. Mikoriza menghasilkan enzim *fosfatase* yang dapat menghidrolisis fosfat organik di dalam tanah dan memperluas area penyerapan akar hingga berkali-kali lipat, sehingga tanaman dapat memanfaatkan sisa endapan fosfat secara optimal.

4. Pengondisian pH Tanah Melalui Penggenangan dan Pembenh Tanah

Fosfat tidak dikendalikan oleh musim, melainkan oleh pH tanah. Pada tanah yang terlalu asam, fosfat akan diikat kuat oleh Al dan Fe. Melakukan penggenangan berkala (pada budidaya padi) dapat menaikkan pH tanah mendekati netral akibat reduksi kimiawi. Selain itu, pemberian kapur pertanian (Dolomit) atau asam humat (*humic acid*) secara ilmiah dapat melepaskan fosfat yang terperangkap pada kompleks jerapan tanah sehingga menjadi tersedia bagi tanaman.

5. Pemberian Bahan Organik Matang (Kompos/Kotoran Sapi yang Difermentasi)

Meskipun petani di Desa Pontang mengeluhkan prosesnya yang lama, penggunaan pupuk organik secara bertahap adalah investasi jangka panjang untuk memperbaiki struktur tanah.

Dekomposisi bahan organik menghasilkan senyawa humus yang memiliki kapasitas tukar kation (KTK) tinggi. Humus ini akan menyelimuti logam-logam reaktif di dalam tanah agar tidak mengikat fosfat yang baru diaplikasikan maupun fosfat lama yang mengendap.

Oleh karena itu, daripada membeli pupuk NPK majemuk yang terus menambah endapan fosfat di tanah, petani disarankan membeli Urea dan KCl saja, lalu mengombinasikannya dengan Pupuk Organik Padat yang diperkaya bakteri *Bacillus* atau *Trichoderma*. Bakteri inilah yang akan bekerja gratis di dalam tanah untuk "mencairkan" pupuk fosfat yang selama bertahun-tahun mengendap dan mengeras di lahan Desa Pontang.

RENCANA TINDAK LANJUT

Rencana tindak lanjut adalah melakukan pendampingan dan perspsi petani Gapoktan terhadap implementasi pupuk perombak.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berhasil menjawab tantangan penumpukan kadar fosfat tersedia yang tergolong tinggi hingga sangat tinggi pada lahan budidaya jagung milik Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera di Desa Pontang. Solusi yang diberikan untuk mengatasi kejenuhan unsur hara akibat penggunaan pupuk majemuk yang intensif ini adalah melalui pengenalan inovasi pemanfaatan fungi perombak fosfat, seperti *Metharizium* dan *Trichoderma*, yang dikombinasikan dengan efisiensi dosis pupuk fosfat kimia hingga 50 persen. Pendekatan metode pelaksanaan yang diterapkan secara partisipatif mulai dari tahap identifikasi eksistensi lahan bersama petani hingga edukasi mendalam melalui penyuluhan terbukti efektif meningkatkan pemahaman mitra. Implementasi agen hayati ini tidak hanya terbukti secara ilmiah mampu mengoptimalkan perkembangan sistem perakaran dan meningkatkan ukuran lebar daun jagung, melainkan juga memberikan alternatif strategi budidaya yang efisien bagi petani dengan keterbatasan modal demi mewujudkan pertanian semi organik yang sehat dan berkelanjutan di Desa Pontang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Jember, Gapoktan Pontang Makmur Sejahtera Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember, *Research Group: Innovative Sustainable Agriculture (InSA)* Fakultas Pertanian Universitas Jember.

REFERENSI

- BPS. (2023). Berita Resmi Statistik NO. 69/10/Th.XXVI: Luas Panen dan Produksi Jagung 2023 (Angka Sementara). pp.1-16.
- G Gorai, P.S., S. Barman, S.K. Gond, N.C.Mandal. (2020). Trichoderma. Beneficial Microbes in Agro-ecology, : 571-591.
- Jha, C.K and M. Saraf. (2015). Plant Grow Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Review. Agricultural Research and Development, 5(2): 108-119.
- Jumadi, O., M. Junda, M.W. Caronge, dan Syafruddin. (2021). Trichoderma dan Pemanfaatan. Makassar: Biopress Jurusan Biologi FMIPA UNM.
- Malhotra, H., Vandana, S.Sharma, and R. Pandey. (2018). Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance: Chapter 7. Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. Singapore: Springer Nature. pp. 171-190.
- Kementerian Pertanian. (2006). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 48/Permentan/OT.140/10/2006 tentang Pedoman Budaya Tanaman Pangan yang Baik dan Benar (Good Agriculture Practices). Jakarta: Kemeterian Pertanian. pp:1-21.
- Putriani, S.S., S.Yusnaini, L.M.Septiana, dan Dermiyati. (2022). Aplikasi Biochar dan Pupuk P terhadap Ketersediaan dan Serapan P pada Tanaman Jagung Manis (*Zea may saccharate* Sturt.) di Tanah Ultisol. Agrotek Tropika, 10(4):615-626.
- Prastowo S, Wulanjari D, Kurnianto AS, Kusmiati A, Widjayanthi L, Ibanah I. (2025). Integrating phosphate-solubilizing fungi and moderate phosphorus application for sustainable corn production. Indonesian Journal of Agronomy/Jurnal Agronomi Indonesia. 53(2). 201–11.
- Singh, A., N. Shukla, B.C. Kabdawal, A.K. Tewari, and J. Kumar. (2020). Review on Plant Trichoderma Pathogen Interaction. International Journal of Current Microbiology and Applied Science, 7(2):2382-2397.
- Siqueira, A.C.O., G.M. Mascarin, C.R.N.C.B Goncalves, J. Marcon, M.C. Queincine, A. Figueira, and I. Delalibera. (2020). Multi-Trait Biochemical Features of Metharizium Species and Their Activities That Stimulate the Growth of Tomato Plants. Frontoer in Sustainable Food System, 4:1-15.
- Suleman, D., A. Sani, S. Suaib, S. Ambardini, N.A. Yanti, D. Boer, D.N. Yusuf, and H. Faad. (2022). Isolation and Identification of Potential Bio-Inoculants Based on Phosphate Solubilizing Molds From Different Plant Rhizospheres. In First Asean PGPR Indonesian Chapter International e-Conference 2021. KnE Life Science, -: 99-109.