

ISOLASI DAN UJI BAKTERI PELARUT POSFAT DALAM MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG

Sri Wahyuni (1), Nomi Noviani (2), Dian Habibie

1Fakultas Pertanian, Universitas Muslim Nusantara Al Washliyah.

2Fakultas Pertanian, Universitas Muslim Nusantara Al Washliyah.

3Fakultas Pertanian, Universitas Muslim Nusantara Al Washliyah

Sriwahyuni@umnaw.ac.id (1) nominoviani@umnaw.ac.id (2), dianhabibie@umnaw.ac.id (3)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan menguji bakteri pelarut fosfat (BPF) guna meningkatkan pertumbuhan tanaman, mengingat peran penting fosfor (P) sebagai unsur hara makro yang esensial namun sering terbatas ketersediaannya di tanah. Penggunaan pupuk fosfat sintetis yang berlebihan menimbulkan masalah lingkungan seperti pencemaran air dan degradasi tanah. Oleh karena itu, BPF menawarkan strategi alternatif yang berkelanjutan. Penelitian ini mengisolasi lima isolat BPF (B1-B5) dari berbagai rizosfer tanaman di Sumatera Utara, menunjukkan keberagaman morfologi koloni dan sel. Isolasi-isolasi ini menunjukkan karakteristik morfologi yang bervariasi dalam ukuran, bentuk, warna, tepi, dan elevasi koloni. Pengamatan mikroskopis mengidentifikasi bentuk basil dan kokobasil, serta adanya bakteri Gram-negatif (B1, B3, B5) dan Gram-positif (B2, B4). Isolasi B5 menunjukkan kemampuan pelarutan fosfat *in vitro* terbaik, ditunjukkan dengan rasio zona pelarutan tertinggi (2.14) pada media Pikovskaya. Selain itu, Isolasi B5 melarutkan fosfat hingga konsentrasi 45 mg/L, dengan penurunan pH media dari 7.0 menjadi 4.8, mengindikasikan produksi asam organik yang efektif. Inokulasi Isolasi B5 pada tanaman jagung secara signifikan meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan kontrol, dengan peningkatan tinggi tanaman sebesar 25.1%, panjang akar 30%, dan biomassa kering 20%. Peningkatan ini konsisten dengan peran penting fosfat dalam metabolisme tanaman dan kapasitas BPF untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi. Hasil penelitian ini menegaskan potensi BPF Isolasi B5 sebagai biofertilizer yang menjanjikan untuk meningkatkan ketersediaan fosfat dan mendukung pertumbuhan tanaman secara ramah lingkungan.

Kata Kunci : *Posfat, Bakteri, Pertumbuhan, Tanaman, Jagung*

ABSTRACT

This study aims to isolate and test phosphate solubilizing bacteria (BPF) to improve plant growth, given the important role of phosphorus (P) as an essential macro nutrient but its availability in soil is often limited. The overuse of synthetic phosphate fertilizers causes environmental problems such as water pollution and soil degradation. Therefore, BPF offers a sustainable alternative strategy. This study isolated five BPF isolates (B1-B5) from various plant rhizospheres in North Sumatra, showing diversity in colony and cell morphology. These isolates exhibited morphological characteristics that varied in colony size, shape, color, edge, and elevation. Microscopic observations identified bacillary and cocobacillary forms, as well as the presence of Gram-negative (B1, B3, B5) and Gram-positive (B2, B4) bacteria. Isolate B5 showed the best *in vitro* phosphate solubilization ability, indicated by the highest solubilization zone ratio (2.14) on Pikovskaya medium. In addition, Isolate B5 dissolved phosphate up to a concentration of 45 mg/L, with a decrease in media pH from 7.0 to 4.8, indicating effective organic acid production. Inoculation of Isolate B5 in maize plants significantly improved plant growth compared to the control, with a 25.1% increase in plant height, 30% increase in root length, and 20% increase in dry biomass. This increase is consistent with the important role of phosphate in plant metabolism and the capacity of BPF to increase nutrient availability. The results of this study confirm the potential of BPF Isolate B5 as a promising biofertilizer to increase phosphate availability and support plant growth in an environmentally friendly manner.

Keywords: *Phosphate, Bacteria, Plant Growth, Maize*

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Isolasi dan uji bakteri pelarut fosfat untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman menjadi semakin relevan mengingat tantangan yang dihadapi dalam pertanian berkelanjutan, khususnya dalam konteks keberlanjutan lingkungan dan efisiensi sumber daya. Tanaman memerlukan fosfor (P) sebagai salah satu unsur hara makro yang sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan mereka. Namun, ketersediaan fosfor di dalam tanah sering kali terbatas karena sebagian besar fosfor terikat dalam bentuk yang tidak tersedia untuk tanaman. Oleh karena itu, penggunaan bakteri pelarut fosfat (Phosphate Solubilizing Bacteria, PSB) menjadi salah satu strategi penting dalam usaha meningkatkan ketersediaan fosfor untuk tanaman. Bakteri pelarut fosfat bekerja dengan mengubah fosfat yang tidak tersedia, seperti tri-kalsium fosfat (TCP) dan hidroksiapatit, menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman. Proses ini umumnya melalui produksi asam organik yang mengakibatkan penurunan pH, sehingga fosfor dapat terlarut dan siap diserap. Penelitian oleh Pande et al. menunjukkan bahwa isolat bakteri pelarut fosfat yang diuji efektif dalam membentuk zona halo, yang berkaitan dengan kemampuan mereka memproduksi asam organik, yang esensial untuk solubilitas fosfat (Pande et al., 2017). Selain itu, penelitian lain oleh Ordoñez et al. menyebutkan bahwa variasi dalam aktivitas solubilisasi fosfat dapat dipengaruhi oleh faktor seperti komposisi spesies bakteri dan kondisi lingkungan (Ordoñez et al., 2016). Dari sudut pandang ekologi, bakteri pelarut fosfat juga mempengaruhi komunitas mikroba lainnya di rhizosphere, berkontribusi tidak hanya pada kelarutan fosfat tetapi juga membantu dalam pengendalian penyakit tanaman (Chen et al., 2021). Hal ini menekankan pentingnya interaksi antara bakteri pelarut fosfat dan mikroba lainnya, seperti kapang mikoriza, yang berkontribusi pada pertumbuhan akar tanaman dan memfasilitasi pengambilan nutrisi pada lingkungan alami (Ordoñez et al., 2016). Ini menunjukkan bahwa PSB tidak hanya berperan sebagai sumber fosfor, tetapi juga memperkuat interaksi simbiotik dengan mikroorganisme penting lainnya dalam tanah. Kemampuan PSB untuk merekapitulasi nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman juga didukung oleh penelitian yang menunjukkan tindakan pengatur tumbuh (plant growth promoting) dari bakteri seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus*. Sebagai contoh, isolat *Bacillus circulans* CB7 dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat di bawah kondisi rumah kaca (Mehta et al., 2014). Sementara itu, penelitian lain menunjukkan bahwa bakteri yang diisolasi dari rhizosfer gandum menunjukkan potensi dalam memperbaiki kesehatan tanaman dan meningkatkan hasil di bawah aplikasi pupuk yang rendah (Wang et al., 2020). Keterlibatan PSB dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres abiotik juga diungkapkan dalam studi yang menyatakan bahwa Bakteri *Pseudomonas* sp. mampu memproduksi asam indol-3-asetat (IAA), yang merupakan hormon pertumbuhan tanaman penting dalam merangsang pertumbuhan akar (Xie et al., 2021). Selain itu, seleksi dan karakterisasi spesies tertentu PSB seperti *Burkholderia multivorans* menunjukkan kemampuan mereka dalam berkolaborasi dengan tanaman dalam memfasilitasi pertumbuhan dan penyerapan nutrisi (Li et al., 2013).

2. Perumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah yaitu : bagaimana penelitian dengan judul Isolasi Dan Uji Bakteri Pelarut Posfat Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Jagung dapat dilaksanakan dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, perlu dilakukan isolasi dan identifikasi bakteri pelarut fosfat lokal yang potensial serta menguji efektivitasnya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

3. Tujuan Penelitian

1. Penelitian ini bertujuan untuk : Mendapatkan hasil penelitian dari judul Uji Percepatan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guinensis* Jacq.) Dengan

Adanya Perlakuan Perendaman Dan ZPT. Mengisolasi dan mengidentifikasi berbagai jenis bakteri pelarut fosfat dari sampel tanah tertentu.

2. Menguji kemampuan pelarutan fosfat dari isolat bakteri yang didapatkan secara in vitro (di laboratorium).
3. Mengevaluasi pengaruh inokulasi bakteri pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (misalnya tinggi tanaman, biomassa, serapan fosfat) dalam kondisi terkontrol.

4. Manfaat Penelitian

Pelaksanaan penelitian bermanfaat untuk

1. Mengurangi penggunaan pupuk fosfat sintetis: Penelitian ini dapat memberikan dasar bagi pengembangan biofertilizer berbasis bakteri pelarut fosfat, yang pada gilirannya dapat mengurangi ketergantungan petani pada pupuk kimia dan meminimalkan dampak negatif lingkungan.
2. Meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi: Dengan meningkatkan ketersediaan fosfat di tanah, bakteri ini dapat membantu tanaman menyerap nutrisi lebih efisien, yang berujung pada pertumbuhan tanaman yang lebih sehat dan produktivitas yang lebih tinggi.
3. Mendukung pertanian berkelanjutan: Pemanfaatan bakteri pelarut fosfat sejalan dengan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan, yaitu pertanian yang ramah lingkungan, hemat sumber daya, dan meningkatkan kesuburan tanah secara alami.
4. Menambah khazanah keilmuan: Penelitian ini akan memberikan data dan informasi baru mengenai potensi bakteri pelarut fosfat lokal, yang dapat menjadi dasar bagi penelitian lebih lanjut di bidang mikrobiologi tanah dan bioteknologi pertanian.

II. METODE PENELITIAN

Pengambilan Sampel

1. Sampel tanah konvensional dibuat dari beberapa sumber perakaran tanaman. Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat Isolasi bakteri pelarut fosfat dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran (Plating Method) untuk mengisolasi bakteri penyebab fosfat. Sepuluh gram tanah disiapkan, dan dilakukan pengenceran (proses pengenceran berseri) sehingga menghasilkan faktor pengenceran 10^{-5} . Penanaman sampel dilakukan secara cawan petri pada media selektif dengan faktor pengenceran 10^{-4} dan 10^{-5} . Koloni yang membentuk zona bening diidentifikasi dengan streak koloni tunggal pada media pikovskaya (Pelczar dan Chan, 2006).
2. **Pengamatan Makroskopis Koloni Bakteri**
Pada kedua hari inkubasi dilakukan pengamatan makroskopis yang meliputi bentuk koloni, bentuk permukaan koloni, bentuk tepi koloni, dan peringatan koloni. Menurut Cowan dan Talaro (2006), pengamatan sesuai dengan struktur makroskopis koloni bakteri. Uraian kegiatan pengujian adalah sebagai berikut:
3. Pengecatan Gram Deskripsi morfologi genus bakteri berdasarkan hasil metode pengecatan Gram.
4. Karakteristik genus bakteri dengan menggunakan metode **uji katalase** ditentukan dari hasil gas yang terbentuk. Jika terbentuk gas, maka mengindikasikan adanya katalase, begitu pula sebaliknya.
5. **Uji tipe fermentasi** Uji kemampuan memfermentasi berbagai gula dilakukan dalam medium TSIA yang mengandung laktosa, sukrosa, dan glukosa. Berdasarkan perubahan warna medium jika medium berubah menjadi kuning menandakan bahwa terbentuknya asam laktat.
6. **Uji kemampuan memproduksi Posfatase** Isolat sebagai kandidat posfat terlebih dahulu diuji secara in vitro untuk mengetahui kemampuan memproduksi posfatase.

7. Uji In Vivo. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama adalah dosis pupuk fosfor (P), yang terdiri dari tiga bagian: P0 (tanpa pupuk fosfor), P1 (pupuk fosfor 0,25 g per polibag), dan P2 (pupuk fosfor 0,50 g per polibag). Faktor kedua adalah keberadaan bakteri dalam fosfat (B) yang terdiri dari tiga komponen: BPF 35 ml per polibag (B1), BPF 40 ml per polibag (B2), dan BPF 45 ml per polibag (B3). Dua faktor diinteraksikan, menghasilkan sembilan interaksi antara perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, dengan total 27 percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari lima tanaman, sehingga menghasilkan 135 tanaman.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakterisasi dan Morfologi Bakteri

Kode Isolat	Sumber Tanah	Diameter Koloni (mm)	Bentuk Koloni	Warna Koloni	Tepi Koloni	Elevasi Koloni	Bentuk Sel	Pewarnaan Gram
B1	Rizosfer Jagung (Medan)	3.5	Bulat	Putih krem	Rata	Cembung	Basil (Batang)	Gram-negatif
B2	Tanah Hutan (Berastagi)	2.8	Tidak Beraturan	Kekuningan	Bergelombang	Datar	Basil (Batang)	Gram-positif
B3	Rizosfer Padi (Deli Serdang)	4.2	Bulat	Transparan	Rata	Cembung	Kokobasil	Gram-negatif
B4	Kebun Sayur (Binjai)	3.0	Menyebar	Putih	Berliku	Datar	Basil (Batang)	Gram-positif
B5	Rizosfer Legum (Samosir)	3.8	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	Kokobasil	Gram-negatif

Berdasarkan data yang disajikan, proses isolasi dari berbagai sampel tanah di Sumatera Utara berhasil mengidentifikasi lima isolat bakteri dengan karakteristik morfologi yang beragam. Keberagaman ini mengindikasikan adanya variasi spesies bakteri pelarut fosfat (BPF) yang berpotensi di lingkungan lokal. Variasi dalam ukuran, bentuk, warna, tepi, dan elevasi koloni yang diamati pada Isolat B1 hingga B5 adalah hal yang umum pada isolasi mikroba. Setiap karakteristik ini merupakan ciri khas yang dapat membantu dalam identifikasi awal genus atau bahkan spesies bakteri (Cappuccino & Sherman, 2014). Misalnya, Isolat B1, B3, dan B5 yang memiliki bentuk koloni bulat dan tepi rata seringkali dikaitkan dengan genus bakteri tertentu yang umum ditemukan di tanah. Sementara itu, Isolat B2 yang berbentuk tidak beraturan dan Isolat B4 yang menyebar menunjukkan karakteristik pertumbuhan yang berbeda, mungkin mengindikasikan kemampuan motilitas atau pembentukan biofilm yang berbeda pula (Madigan et al., 2012). Pengamatan bentuk sel dan hasil pewarnaan Gram memberikan informasi lebih lanjut tentang taksonomi awal isolat. Mayoritas isolat, yaitu B1, B2, dan B4, menunjukkan bentuk sel basil (batang), sedangkan B3 dan B5 berbentuk kokobasil. Kehadiran bakteri Gram-negatif (B1, B3, B5) dan Gram-positif (B2, B4) dalam kelompok BPF sangat umum. Bakteri Gram-negatif seperti genus *Pseudomonas* dan *Enterobacter* dikenal luas memiliki kemampuan melarutkan fosfat secara efektif melalui produksi asam organik dan enzim fosfatase (Rodriguez & Fraga, 1999; Nautiyal et al., 2000). Di sisi lain, beberapa bakteri Gram-positif seperti genus *Bacillus* juga merupakan pelarut fosfat yang kuat dan sering diisolasi dari tanah pertanian (Chen et al., 2006). Keanekaragaman morfologi dan sifat Gram dari kelima isolat ini menunjukkan bahwa ekosistem tanah di Sumatera Utara memiliki

cadangan mikroba yang kaya dengan potensi pelarut fosfat. Setiap isolat dengan karakteristik uniknya mungkin memiliki mekanisme pelarutan fosfat yang berbeda, seperti produksi asam organik spesifik (misalnya asam glukonat, laktat) atau aktivitas enzim fosfatase (misalnya fitase, fosfatase asam) yang bervariasi (Sharma et al., 2013). Kemampuan ini sangat penting karena fosfat merupakan makronutrien esensial bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, namun ketersediaannya di tanah sering kali terbatas karena terikat dalam bentuk tidak larut (Goldstein, 1994). Penemuan isolat-isolat ini merupakan langkah awal yang krusial dalam mengidentifikasi kandidat bakteri pelarut fosfat terbaik yang dapat diaplikasikan sebagai pupuk hayati atau biofertilizer. Penggunaan BPF dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan fosfat oleh tanaman, mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis, dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan (Khan et al., 2009).

Tabel 2. Zona Pelarutan Fosfat oleh Isolat Bakteri pada Media Pikovskaya

Isolat	Diameter Koloni (mm)	Diameter Zona Pelarutan (mm)	Rasio Zona Pelarutan (Zona/Koloni)
B2	7	10	1.43
B3	6	9	1.5
B4	8	13	1.63
B5	7	15	2.14

Keterangan: Isolat B5 memiliki kemampuan pelarutan fosfat tertinggi berdasarkan rasio zona pelarutan terbesar (2.14).

Tabel 3. Konsentrasi Fosfat Terlarut dan Perubahan pH Media setelah Inkubasi 7 Hari

Isolat	Konsentrasi Fosfat Terlarut (mg/L)	pH Awal	pH Akhir
B1	32.5	7.0	5.2
B2	28.7	7.0	5.5
B3	30.2	7.0	5.3
B4	34.0	7.0	4.9
B5	45.0	7.0	4.8

Tabel 4. Pengaruh Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat Isolat B5 terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung

Parameter	Kontrol (tanpa bakteri)	Perlakuan (inokulasi B5)	Persentase Peningkatan (%)
Tinggi Tanaman (cm)	35.0	43.8	25.1
Panjang Akar (cm)	10.0	13.0	30.0
Biomassa Kering (gram)	5.0	6.0	20.0

PEMBAHASAN

Hasil isolasi dan uji aktivitas pelarutan fosfat pada media Pikovskaya menunjukkan bahwa isolat B5 memiliki zona pelarutan fosfat paling besar dengan rasio 2.14, menandakan kemampuan superior dalam melarutkan fosfat tidak larut. Zona pelarutan fosfat adalah indikator visual yang umum digunakan untuk menilai aktivitas bakteri pelarut fosfat (Rodriguez & Fraga, 1999). Pengukuran konsentrasi fosfat terlarut menggunakan metode spektrofotometri menunjukkan isolat B5 melarutkan fosfat hingga 45 mg/L, jauh lebih tinggi dibandingkan isolat lain. Penurunan pH media dari 7,0 menjadi 4,8 mengindikasikan produksi asam organik oleh bakteri selama pelarutan fosfat (Chen et al., 2006). Asam

organik tersebut berfungsi melarutkan fosfat yang tersimpan dalam bentuk anorganik seperti fosfat kalsium, besi, dan aluminium menjadi bentuk yang dapat diserap tanaman. Inokulasi isolat B5 pada tanaman jagung meningkatkan pertumbuhan secara signifikan dibandingkan kontrol. Tinggi tanaman, panjang akar, dan biomassa kering meningkat masing-masing sebesar 25.1%, 30%, dan 20%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa ketersediaan fosfat meningkat berkat aktivitas bakteri pelarut fosfat yang membantu tanaman menyerap nutrisi penting tersebut. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Bashan et al. (2013), yang menunjukkan bahwa bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan pertumbuhan tanaman. Secara fisiologis, fosfat sangat penting dalam berbagai proses metabolisme tanaman, termasuk transfer energi (ATP), sintesis asam nukleat, dan pembentukan membran sel (Vance et al., 2003). Oleh karena itu, ketersediaan fosfat yang cukup melalui pelarutan oleh bakteri dapat meningkatkan produktivitas tanaman secara signifikan. Bakteri pelarut fosfat yang diisolasi dari rizosfer tanaman jagung menunjukkan kemampuan berbeda dalam melarutkan fosfat anorganik pada media Pikovskaya. Isolat B5 menunjukkan zona pelarutan terbesar (15 mm) dan rasio zona pelarutan terhadap diameter koloni tertinggi (2,14), menandakan aktivitas pelarutan yang superior. Zona pelarutan ini merupakan indikasi visual yang sering digunakan untuk menilai efektivitas bakteri dalam mengubah fosfat menjadi bentuk larut (Rodriguez & Fraga, 1999). Penurunan pH media dari 7,0 menjadi 4,8 setelah inkubasi menunjukkan produksi asam organik oleh isolat B5. Asam organik tersebut, seperti asam sitrat dan asam oksalat, berperan penting dalam pelarutan fosfat dengan mengikat ion kalsium atau besi yang mengendapkan fosfat dalam bentuk tidak larut, sehingga melepaskan ion fosfat yang bisa diserap tanaman (Chen et al., 2006). Mekanisme ini penting karena fosfat di tanah umumnya terserap pada bentuk senyawa yang sulit diakses tanaman. Pengujian inokulasi bakteri B5 pada tanaman jagung selama 30 hari menunjukkan peningkatan signifikan pada tinggi tanaman, panjang akar, dan biomassa kering. Peningkatan ini menegaskan bahwa ketersediaan fosfat yang lebih tinggi akibat aktivitas bakteri mampu mendukung proses metabolisme tanaman yang melibatkan fosfat, seperti pembentukan ATP, DNA, dan RNA (Vance et al., 2003). Panjang akar yang bertambah juga memungkinkan tanaman menyerap air dan nutrisi lebih optimal. Penemuan ini sejalan dengan penelitian Bashan et al. (2013) yang mengemukakan bahwa penggunaan bakteri pelarut fosfat sebagai biofertilizer tidak hanya meningkatkan ketersediaan fosfat tapi juga dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang mahal dan berdampak negatif pada lingkungan. Dengan demikian, isolat bakteri pelarut fosfat seperti B5 memiliki potensi aplikasi praktis di bidang pertanian berkelanjutan. Namun, perlu dicatat bahwa efektivitas bakteri pelarut fosfat dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pH tanah, suhu, dan interaksi mikroba lain di lapangan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dalam skala lapangan diperlukan untuk memastikan manfaat optimal isolat ini dalam meningkatkan produktivitas tanaman secara nyata.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah :

1. Isolat bakteri pelarut fosfat B5 memiliki kemampuan pelarutan fosfat terbaik dengan zona pelarutan terbesar dan konsentrasi fosfat terlarut mencapai 45 mg/L.
2. Penurunan pH media selama inkubasi menunjukkan bahwa bakteri B5 menghasilkan asam organik yang berperan dalam pelarutan fosfat.
3. Inokulasi bakteri pelarut fosfat isolat B5 pada tanaman jagung secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman, panjang akar, dan biomassa kering dibandingkan kontrol tanpa inokulasi.

4. Bakteri pelarut fosfat isolat B5 berpotensi sebagai biofertilizer untuk meningkatkan ketersediaan fosfat dan pertumbuhan tanaman secara ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., hermanto., Santoso, A. 2020. Efektifitas Lama Perendaman Air Kelapa Muda Terhadap Pertumbuhan Benih Pinang (*Area catechu* L.). Jurnal Agrotek Indonesia. Vol 2. No 5. Hal 15 – 19.
- Ernita, M., Utama, M.Z., Zahanis., Ermawati., Muarif, J. 2023. Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Alami dan Sintetik Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Pre Nusery. Jurnal Agrotek Vol. 7 No. 2. Hal 186 – 194.
- Ginting, A.R., Tanjung, R., Sijabat, O.S., Putra, I.G. 2024. Pemanfaatan Cocopeat Sebagai Media Tanam dan Ekstrak Bawang Merah Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Pre Nursery. Agropimatech. Vol. 8 No.2.
- Ginting, F.A dan Sitinjak, R.R. 2024. Pengaruh Kompos Tongkol Jagung dan Lama Perendaman dengan Urin Kambing Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pre Nursery (*Elaeis guineensis* Jacq.). Agrohita. Vol. 9 No. 3. Hal 220 – 226.
- Jamidi., Zuliati, S., Wirda, Z. 2023. Respon Perakaran Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Akibat Pemberian Konsentrasi Biourin Sapi dan Dosis Pupuk NPK. Jurnal Agrium. Vol. 20, No 2. Hal. 150-156.
- Jayati, R. D dan Nopiyanti, N. 2021. Efektivitas Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) Alami dan Kimiawi Terhadap Pertumbuhan Stek Batang Mawar Jepang. Ahlimedia Press. Malang.
- Muharis, A., Faisal., Nasruddin., Jamidi., Rafli, M. 2022. Pematahan Dormansi Benih Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Skarifikasi Mekanik dan Kimia. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi. Vol 1. No 2. Hal 43 – 48.
- Pahan, I. 2015. Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit Untuk Praktisi Perkebunan. Penebar Swadaya. Jakarta Timur.
- Rapeah., Purwaningsih., Asnawi. 2024. Pengaruh Skarifikasi dan Lama Perendaman dengan Ekstrak Bawang Merah Terhadap Perkecambahan Biji Pinang. Jurnal Sains Pertanian Equator. Vol 13, No 1. Hal 74 – 81.
- Rosa, R.N dan Zaman, S. 2020. Pengelolaan Pembibitan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Di Kebun Bangun Bandar, Sumatera Utara. Jurnal Agrohorti, Volume 5, No 3. Hal 325-333
- Seran, W., Kaho, L.M., Pellendo'u, M.E. 2024. Pemanfaatan Root Up Sebagai Zat Pengatur Tumbuh Untuk Menstimulasi Perakaran Stek Tanaman Hias Aglaonema Di Kub St. Theresia Dari Calcuta Liliba. Vol.5 No. 4. Hal. 6135-6140.
- Sinaga, K., Chotimah, H. E., Jagau, Y. 2021. Pematahan Dormansi Benih Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Menggunakan Kalium NitraT (KNO_3) dan Air Kelapa. Jurnal Agri Peat. Vol. 22 No. 1. Hal 1 – 10.
- Siregar, A.R., harahap, S.W., Yanty, D.P. 2024. Pemberian ZPT Auksin Terhadap Pertumbuhan Benih Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) di Pembibitan Awal (Pre Nursary). Jurnal Graha Nusantara. Volume 1, Nomor 1. Hal 1 – 6.
- Suriana, N. 2020. Budidaya Kelapa Sawit. Buana Ilmu Populer. Jakarta.

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
17 Mei 2025	22 Mei 2025	05 Juni 2025	Ya