

Efektivitas Penggunaan PSB (*Photosynthetic bacteria*) Dari Bahan Limbah Kolam Ikan Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)

Delima Panjaitan^{*1}, Rio Stepanus Tarigan², Rivaldo Sembiring³

^{1,2,3}Program Study of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Katolik Santo Thomas,
Jl. Setia Budi No.479-F, Medan 20132, Indonesia

^{*}Korespondensi: delimapanjaitan1609@gmail.com

Abstrak

Produktivitas jagung (*Zea mays L.*) masih menghadapi berbagai kendala, terutama akibat tingginya ketergantungan terhadap pupuk anorganik yang berdampak pada penurunan kualitas tanah. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah penggunaan Photosynthetic Bacteria (PSB) berbahan limbah kolam ikan sebagai pupuk organik cair yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas PSB dari limbah kolam ikan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung serta menentukan konsentrasi aplikasi yang paling efektif. Penelitian dilaksanakan di Desa Lau Rakit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, pada Maret–Juni 2025 menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) nonfaktorial dengan lima taraf konsentrasi PSB, yaitu 0, 10, 20, 30, dan 40 mL L⁻¹ air, masing-masing diulang lima kali. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA), dan perlakuan yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji perbandingan rata-rata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi PSB tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang, tetapi berpengaruh sangat nyata terhadap panjang tongkol, bobot tongkol basah, bobot tongkol kering, bobot 100 biji, dan panjang akar. Konsentrasi 30 mL L⁻¹ merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan komponen hasil jagung. Dengan demikian, PSB berbahan limbah kolam ikan berpotensi menjadi pupuk organik alternatif yang mendukung peningkatan produksi jagung secara berkelanjutan melalui pemanfaatan limbah budidaya perikanan.

Kata kunci : Biofertilizer, Kesuburan Tanah, Pupuk organik cair, Pertanian Berkelanjutan.

Abstract

Maize (*Zea mays L.*) productivity continues to face several constraints, primarily due to the heavy reliance on inorganic fertilizers, which has contributed to the deterioration of soil quality. One environmentally friendly alternative is the application of **Photosynthetic Bacteria (PSB)** produced from fish pond waste as a liquid organic fertilizer. This study aimed to evaluate the effectiveness of PSB derived from fish pond waste on the growth and yield of maize and to determine the optimum application concentration. The experiment was conducted in Lau Rakit Village, Deli Serdang Regency, North Sumatra, Indonesia, from March to June 2025 using a non-factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with five PSB concentrations: 0, 10, 20, 30, and 40 mL L⁻¹ of water, each replicated five times. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and significant treatment effects were further compared using a mean separation test. The results showed that PSB application had no significant effect on plant height, leaf number, or stem diameter but significantly affected ear length, fresh ear weight, dry ear weight, 100-kernel weight, and root length. The application of **30 mL L⁻¹** PSB was identified as the optimum treatment for improving maize yield components. Therefore, PSB produced from fish pond waste has considerable potential as an alternative organic fertilizer to support sustainable maize production through the utilization of aquaculture waste.

Key words: Biofertilizer, Soil Fertility, Liquid Organic Fertilizer, Sustainable Agriculture

Pendahuluan

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu komoditas pangan strategis yang berperan penting dalam



Judul : Efektivitas Penggunaan PSB (*Photosynthetic bacteria*) Dari Bahan Limbah Kolam Ikan Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
Oleh : Delima Panjaitan, Rio Stepanus Tarigan, Rivaldo Sembiring

mendukung ketahanan pangan, industri pakan ternak, dan agroindustri. Di Indonesia, jagung menjadi komoditas utama setelah padi karena permintaannya terus meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk, perkembangan industri pangan, serta meningkatnya kebutuhan bahan baku pakan ternak. Namun demikian, produktivitas jagung di tingkat petani masih menghadapi berbagai kendala, terutama rendahnya kesuburan tanah, tingginya ketergantungan terhadap pupuk anorganik, serta meningkatnya biaya produksi. Kondisi tersebut menjadi tantangan dalam mewujudkan sistem budidaya jagung yang produktif dan berkelanjutan (Wang et al., 2021; Solomon et al., 2024).

Peningkatan produksi jagung selama ini umumnya mengandalkan penggunaan pupuk anorganik seperti urea, SP-36, dan NPK. Meskipun mampu meningkatkan hasil panen dalam jangka pendek, penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus dengan dosis tinggi dapat menurunkan kualitas fisik, kimia, dan biologi tanah, mengurangi kandungan bahan organik, menekan populasi mikroorganisme menguntungkan, serta meningkatkan risiko pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif teknologi pemupukan yang lebih ramah lingkungan dan mampu menjaga produktivitas tanah dalam jangka panjang (Schmidt & Gaudin, 2018; Wang et al., 2021).

Salah satu pendekatan yang berkembang dalam pertanian berkelanjutan adalah penggunaan biofertilizer berbasis mikroorganisme. Photosynthetic Bacteria (PSB) merupakan kelompok bakteri fotosintetik yang mampu memanfaatkan energi cahaya untuk menghasilkan berbagai metabolit yang bermanfaat bagi tanaman, seperti asam amino, vitamin, enzim, hormon pertumbuhan, dan senyawa bioaktif lainnya. Selain meningkatkan aktivitas fotosintesis, PSB juga diketahui mampu memperbaiki efisiensi penyerapan unsur hara, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, memperbaiki kesuburan tanah, serta membantu tanaman beradaptasi terhadap berbagai cekaman lingkungan (Lee et al., 2021; Baba et al., 2022; Plants, 2026).

Beberapa spesies bakteri fotosintetik, seperti *Rhodobacter* spp. dan bakteri fotosintetik ungu lainnya, diketahui mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis, memperbaiki fiksasi nitrogen, melarutkan unsur hara tertentu, serta menghasilkan fitohormon yang merangsang pertumbuhan akar dan perkembangan tanaman. Aktivitas tersebut berkontribusi terhadap peningkatan serapan unsur hara, pembentukan biomassa, serta produktivitas tanaman budidaya (Feng et al., 2019; Lee et al., 2021).

Selain sumber bakterinya, bahan baku pembuatan PSB juga menjadi aspek penting. Salah satu bahan yang potensial dimanfaatkan adalah limbah air kolam ikan. Air limbah budidaya ikan mengandung nitrogen, fosfor, kalium, serta bahan organik yang berasal dari sisa pakan dan metabolit ikan. Apabila dibuang secara langsung, limbah tersebut dapat mencemari lingkungan perairan. Sebaliknya, melalui proses fermentasi menjadi PSB, limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair yang bernilai ekonomi sekaligus mendukung konsep ekonomi sirkular (circular agriculture), yaitu mengubah limbah menjadi input produksi pertanian yang bermanfaat (Morni et al., 2023; Oyebamiji et al., 2023).

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa biofertilizer mampu meningkatkan produktivitas jagung. Wang et al. (2021) melaporkan bahwa aplikasi biofertilizer meningkatkan keragaman mikroba rizosfer sehingga memperbaiki ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Penelitian Solomon et al. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi mikroalga dan bakteri pemacu pertumbuhan mampu meningkatkan pertumbuhan jagung sekaligus memperbaiki kesuburan tanah. Sementara itu, kombinasi inokulan mikroba dengan pemupukan nitrogen juga terbukti meningkatkan hasil jagung sebesar 6–21% dibandingkan perlakuan tanpa inokulan (Rosa et al., 2023).

Penelitian yang lebih spesifik mengenai penggunaan bakteri fotosintetik pada jagung juga mulai berkembang. Ramli et al. (2025) melaporkan bahwa formulasi pupuk hayati berbasis bakteri fotosintetik dan asap cair mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung pulut. Selain itu, penggunaan bakteri pelarut kalium yang dikombinasikan dengan bakteri fotosintetik dilaporkan mampu meningkatkan serapan kalium, pertumbuhan, dan hasil jagung pada tanah aluvial (Vo et al., 2026). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih menggunakan kultur bakteri komersial atau

inokulan laboratorium, sedangkan pemanfaatan PSB yang dibuat dari limbah kolam ikan sebagai sumber biofertilizer pada tanaman jagung masih sangat terbatas.

Berdasarkan telaah pustaka tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian (research gap), yaitu belum banyak penelitian yang mengevaluasi efektivitas PSB hasil fermentasi limbah kolam ikan terhadap pertumbuhan dan produksi jagung sekaligus menentukan konsentrasi aplikasi yang paling efektif. Padahal, konsentrasi biofertilizer sangat menentukan keberhasilan kolonisasi mikroorganisme di daerah perakaran, efisiensi penyerapan unsur hara, dan respons fisiologis tanaman (Solomon et al., 2024; Wang et al., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah: (1) apakah pemberian Photosynthetic Bacteria (PSB) berbahan limbah kolam ikan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung (*Zea mays* L.); dan (2) berapakah konsentrasi PSB yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan hasil produksi jagung.

Penelitian ini penting dilakukan mengingat semakin meningkatnya kebutuhan akan teknologi budidaya yang mampu mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia, memperbaiki kualitas tanah, menekan biaya produksi, serta memanfaatkan limbah budidaya ikan secara produktif. Pemanfaatan limbah kolam ikan sebagai bahan baku PSB diharapkan dapat mendukung sistem pertanian berkelanjutan melalui integrasi sektor pertanian dan perikanan sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan (Morni et al., 2023; Wang et al., 2021).

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada penggunaan Photosynthetic Bacteria (PSB) yang dibuat dari limbah kolam ikan sebagai pupuk organik cair serta pengujian beberapa tingkat konsentrasi aplikasinya pada tanaman jagung. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan kultur bakteri komersial atau biofertilizer konvensional, penelitian ini mengintegrasikan pemanfaatan limbah budidaya ikan dengan teknologi biofertilizer sehingga memiliki nilai tambah dari aspek pengelolaan limbah, efisiensi biaya produksi, dan penerapan konsep ekonomi sirkular dalam sistem pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pemberian Photosynthetic Bacteria (PSB) berbahan limbah kolam ikan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung (*Zea mays* L.), serta menentukan konsentrasi PSB yang paling efektif untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan hasil panen sehingga dapat direkomendasikan sebagai alternatif pupuk organik cair yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan lahan Pintu Besi Desa Lau Rakit, Kecamatan STM Hilir, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara pada ketinggian ± 400 m di atas permukaan laut (dpl). Penelitian ini dilaksanakan dari Maret – Juni 2025. Bahan yang digunakan adalah: Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih jagung PERTIWI 1, PSB (*photosynthes bacteria*), air, tanah sebagai media tumbuh tanaman. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sprayer, cangkul, meteran, pengaris, gelas ukur, gembor, jangka sorong, parang, bambu, kamera handphone, dan alat tulis. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial. Faktor perlakuan adalah konsentrasi PSB (*photosynthes bacteria*) sebagai pupuk organik terhadap tanaman jagung (P), terdiri dari 5 taraf : P0= Kontrol ; P1=Konsentrasi 10 ml/L Air ; P2=Konsentrasi 20 ml/L Air ; P3= Konsentrasi 30 ml/L Air ; P4 = Konsentrasi 40 ml/L Air. Dengan demikian diperoleh jumlah kombinasi perlakuan sebanyak $5 \times 5 = 25$ kombinasi perlakuan, dengan 5 ulangan, Jumlah tanaman per plot 6 tanaman, dengan 3 sampel sehingga jumlah sampel 75 dan jumlah tanaman keseluruhan 150 tanaman. Variabel yang diamati adalah: Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, panjang tongkol, bobot tongkol basah, bobot tongkol kering, dan panjang akar

Hasil dan Pembahasan



Tinggi Tanaman (cm)

Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan salah satu indikator keberhasilan perlakuan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase vegetatif. Data pengamatan tinggi tanaman jagung pada perlakuan PSB disajikan pada Tabel 1. dan hasil sidik ragamnya menunjukkan bahwa perlakuan dosis PSB tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman.

Tabel 1. Pengaruh Dosis PSB terhadap Tinggi Tanaman jagung (cm)

Perlakuan	Konsentrasi	Minggu Setelah Tanam				
		2	3	4	5	6
P0	0 ml/L	22,46	60,76	83,66	124,04	163,80
P1	10 ml/L	23,00	60,80	83,24	124,12	163,80
P2	20 ml/L	23,29	60,82	83,52	124,43	164,33
P3	30 ml/L	23,73	60,94	82,60	124,06	164,40
P4	40 ml/L	24,35	61,18	84,44	124,47	165,13

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda pada uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan Tabel 1. pemberian pupuk PSB (Photosynthetic Bacteria) dengan dosis berbeda menunjukkan adanya tren peningkatan tinggi tanaman jagung selama fase vegetatif dari minggu ke-2 hingga minggu ke-6, namun secara statistik tergolong tidak nyata. Perlakuan tanpa PSB (P0) menghasilkan tinggi tanaman terendah, yaitu 22,46 cm pada minggu ke-2 hingga 163,80 cm pada minggu ke-6. Pemberian PSB mulai dari dosis 10 ml (P1) hingga 40 ml (P4) menunjukkan peningkatan bertahap, dengan pertumbuhan tertinggi pada dosis 40 ml (P4) yaitu 24,35 cm pada minggu ke-2 dan 165,13 cm pada minggu ke-6. Meskipun terdapat kecenderungan bahwa semakin tinggi dosis PSB mampu meningkatkan tinggi tanaman, perbedaan yang terjadi antar perlakuan tidak signifikan secara statistik, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian PSB pada berbagai dosis belum memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman jagung.

Tinggi tanaman tidak berbeda nyata disebabkan karna tidak adanya pemupukan dasar yang dilakukan pada saat pengolahan lahan. Tanpa pemupukan dasar, ketersediaan unsur hara utama ditanah sangat rendah sehingga menyebabkan respon tanaman terhadap perlakuan PSB menjadi tidak signifikan. Widodo dan Fauzi, (2022) menyatakan bahwa Jika unsur N yang tersedia cukup maka proses fotosintesis akan berjalan lancar dan menghasilkan fotosintat dengan jumlah yang banyak, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan cepat. Keadaan hara di dalam tanah juga sangat menentukan hasil jagung manis. tanaman akan tumbuh dengan baik apabila unsur hara N, P dan K yang diberikan cukup tersedia dalam bentuk yang diserap oleh tanaman (Rohmaniya *et al.*, 2023).

Jumlah Daun (helai)

Pertumbuhan jumlah daun tanaman merupakan salah satu indikator keberhasilan perlakuan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase vegetatif. Data pengamatan jumlah daun tanaman jagung pada perlakuan PSB disajikan pada Tabel 2. dan hasil sidik ragamnya menunjukkan bahwa perlakuan dosis PSB tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan jumlah daun tanaman.

Tabel 2. Pengaruh Dosis PSB terhadap Jumlah Daun Tanaman jagung (cm)



Judul : Efektivitas Penggunaan PSB (*Photosynthetic bacteria*) Dari Bahan Limbah Kolam Ikan Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
Oleh : Delima Panjaitan , Rio Stepanus Tarigan , Rivaldo Sembiring

Perlakuan	Konsentrasi	Ming gu Setela Tanam				
		2	3	4	5	6
P0	0 ml/L	3,40	6,67	7,67	8,80	10,67
P1	10 ml/L	3,40	6,87	7,87	8,87	10,53
P2	20 ml/L	3,40	6,87	7,87	8,87	10,53
P3	30 ml/L	3,63	6,93	7,93	8,80	10,67
P4	40 ml/L	3,80	6,93	7,93	8,47	11,13

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda pada uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan Tabel 2. jumlah daun tanaman jagung meningkat dari minggu ke-2 hingga minggu ke-6 pada semua perlakuan, mulai dari P0 hingga P4. Pada minggu ke-2, jumlah daun masih rendah dan relatif seragam, berkisar antara 3,40 pada P1 hingga 3,80 pada P2. Memasuki minggu ke-3, jumlah daun meningkat menjadi 6,67 pada P3 hingga 6,93 pada P0. Peningkatan berlanjut pada minggu ke-4, dengan jumlah daun antara 7,67 pada P3 hingga 7,93 pada P2. Pada minggu ke-5, jumlah daun bertambah menjadi 8,47 pada P3 hingga 8,87 pada P4, dan mencapai puncaknya pada minggu ke-6 dengan kisaran 10,53 pada P3 hingga 11,13 pada P4. Meskipun terlihat adanya kecenderungan bahwa jumlah daun bertambah seiring peningkatan perlakuan, hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan antar perlakuan tidak nyata secara statistik (tn), sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian pupuk PSB dari P1 hingga P4 belum memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah daun tanaman jagung selama masa pengamatan.

Kandungan N pada tanaman sangat penting bagi pertumbuhan daun jagung, karena nitrogen berperan meningkatkan laju fotosintesis yang berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah daun. Tanaman akan merangsang pertumbuhan daun baru apabila kebutuhan unsur haranya tercukupi (Maulana *et al.*, 2023). Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian PSB berbeda tidak nyata terhadap jumlah daun tanaman jagung. Hal ini diduga karena ketersediaan nitrogen di lahan percobaan belum optimal, mengingat tidak adanya pemupukan dasar sehingga peran PSB dalam menambah ketersediaan unsur N belum mampu memberikan perbedaan yang signifikan.

Selain itu, Martajaya (2018) menjelaskan bahwa peningkatan jumlah dan luas daun yang terlalu banyak justru dapat menutupi daun bagian bawah sehingga mengurangi aktivitas fotosintesis. Kondisi ini dapat menyebabkan laju pertumbuhan tanaman tidak meningkat secara nyata meskipun jumlah daun bertambah. Dengan demikian, meskipun secara teori nitrogen mampu merangsang pembentukan daun baru, dalam penelitian ini tidak terjadi peningkatan yang signifikan pada jumlah daun karena keterbatasan hara serta adanya faktor kompetisi antar daun.

Diameter Batang Tanaman (cm)

Pertumbuhan diameter batang tanaman merupakan salah satu indikator keberhasilan perlakuan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase vegetatif. Data pengamatan diameter batang tanaman jagung pada perlakuan PSB disajikan pada Tabel 3. dan hasil sidik ragamnya menunjukkan bahwa perlakuan dosis PSB tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan diameter batang tanaman jagung.

Tabel 3. Pengaruh Dosis PSB terhadap Diameter batang Tanaman jagung (cm)



Judul : Efektivitas Penggunaan PSB (*Photosynthetic bacteria*) Dari Bahan Limbah Kolam Ikan Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)
Oleh : Delima Panjaitan , Rio Stepanus Tarigan , Rivaldo Sembiring

Perlakuan	Konsentrasi	Minggu Setelah Tanam				
		2	3	4	5	6
P0	0 ml/L	4,03	6,89	7,89	11,56	16,584
P1	10 ml/L	4,04	6,92	8,08	11,57	16,698
P2	20 ml/L	4,05	6,94	8,13	11,58	16,7475
P3	30 ml/L	4,05	6,99	8,23	11,62	16,774
P4	40 ml/L	4,11	7,01	8,29	11,72	16,78

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda pada uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan Tabel 3. diameter batang tanaman jagung mengalami peningkatan pada semua perlakuan dari minggu ke-2 hingga minggu ke-6. Pada minggu ke-2, diameter batang masih relatif seragam, berkisar antara 4,03 pada P0 hingga 4,11 pada P4. Memasuki minggu ke-3, nilai bertambah menjadi 6,89 hingga 7,01, dan terus meningkat pada minggu ke-4 dengan kisaran 7,89 hingga 8,29. Pertumbuhan berlanjut pada minggu ke-5, di mana diameter batang berkisar antara 11,56 pada P0 hingga 11,72 pada P4. Peningkatan paling tinggi terjadi pada minggu ke-6, dengan nilai akhir antara 16,584 hingga 16,78 cm. Meskipun terdapat kecenderungan bahwa perlakuan dengan dosis PSB yang lebih tinggi menghasilkan diameter batang yang sedikit lebih besar, selisih antar perlakuan sangat kecil dan berada pada rentang yang hampir sama. Oleh karena itu, perbedaan yang terjadi tergolong tidak nyata (tn), artinya pemberian PSB belum memberikan pengaruh signifikan terhadap diameter batang tanaman jagung selama periode pengamatan.

Pemberian pupuk organik pada penelitian Hanung (2019) juga dilaporkan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan diameter batang. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini, dimana aplikasi Photosynthetic Bacteria (PSB) pada berbagai dosis juga menunjukkan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap diameter batang tanaman jagung. Menurut Ademiluyi (2015), pupuk organik umumnya memiliki respon yang lambat terhadap pertumbuhan tanaman karena kandungan unsur haranya relatif rendah dan membutuhkan waktu lebih lama untuk berubah menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman.

Meskipun demikian, penggunaan pupuk organik, termasuk PSB, tetap berpotensi memberikan manfaat jangka panjang bagi perbaikan kesuburan tanah dan keberlanjutan pertumbuhan tanaman. Setia et al. (2013) menyatakan bahwa asosiasi bakteri dengan tanaman mampu meningkatkan fotosintesis dan pasokan nitrogen pada tanaman sehingga dapat merangsang pertumbuhan. Namun, pada penelitian ini kondisi lingkungan, terutama ketersediaan cahaya dan unsur hara, diduga membatasi efektivitas PSB sehingga peningkatan diameter batang tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan.

Panjang Tongkol per Tanaman (cm)

Panjang tongkol tanaman merupakan salah satu indikator keberhasilan perlakuan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase generatif. Data pengamatan panjang tongkol tanaman jagung pada perlakuan PSB disajikan pada Tabel 4. dan hasil sidik ragamnya menunjukkan bahwa perlakuan dosis PSB berpengaruh berbeda sangat nyata terhadap panjang tongkol tanaman

Tabel 4. Pengaruh Dosis PSB terhadap panjang Tongkol Tanaman jagung (cm)

Perlakuan	Konsentrasi	Panjang tongkol/Tanaman
P3	30 ml/L	13,67a
P4	40 ml/L	13,13b
P2	20 ml/L	12,53c
P1	10 ml/L	11,73d
P0	0 ml/L	10,93e

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda pada uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan data pada Tabel 4. aplikasi PSB (*Photosynthetic Bacteria*) memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap panjang tongkol tanaman jagung. Perlakuan dengan dosis 30 ml/L (P3) menghasilkan panjang tongkol tertinggi yaitu 13,666 cm dan menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Hasil tersebut diikuti oleh P4 (40 ml/L) dengan panjang 13,13 cm, kemudian P2 (20 ml/L) sebesar 12,534 cm, P1 (10 ml/L) sebesar 11,732 cm, dan yang paling rendah adalah P0 (0 ml/L) dengan panjang tongkol 10,932 cm. Notasi huruf berbeda pada masing-masing nilai menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Peningkatan panjang tongkol yang paling optimal terlihat pada dosis 30 ml/L, mengindikasikan bahwa pada tingkat ini, PSB bekerja secara efektif dalam membantu ketersediaan unsur hara, khususnya fosfor, yang mendukung proses pembentukan tongkol. Sebaliknya, dosis yang terlalu rendah atau tanpa aplikasi PSB belum mampu memberikan hasil yang maksimal. Data ini menunjukkan bahwa pemberian PSB dengan dosis yang tepat sangat penting dalam mendukung pertumbuhan organ generatif tanaman jagung.

Panjang tongkol sangat erat hubungannya dengan ketersediaan unsur fosfor(P) dan kalium (K). Unsur P dan K berperan penting dalam pembentukan tongkol, memperbesar butiran protein, serta meningkatkan akumulasi karbohidrat yang menunjang pertumbuhan sel-sel baru sehingga panjang dan diameter tongkol semakin optimal (Tanah dan Astar, 2022). Selain itu, terpenuhinya kebutuhan nutrisi, cahaya, dan air juga sangat menentukan proses fotosintesis. Fotosintat yang terbentuk kemudian dialokasikan ke organ generatif, termasuk biji, sehingga mendukung pemanjangan tongkol (Hasil et al., 2023).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian *Photosynthetic Bacteria* (PSB) berpengaruh berbeda sangat nyata terhadap panjang tongkol jagung. Perlakuan terbaik terdapat pada konsentrasi 30 mL/L (P3), yang menghasilkan panjang tongkol tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa PSB mampu meningkatkan ketersediaan hara P dan K yang berperan penting dalam pembentukan tongkol, sekaligus mendukung efisiensi fotosintesis sehingga panjang tongkol dapat bertambah secara signifikan.

Bobot Tongkol basah (g)

Bobot tongkol basah tanaman merupakan salah satu indikator keberhasilan perlakuan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase generatif. Data pengamatan bobot tongkol basah tanaman jagung pada perlakuan PSB disajikan pada Tabel 5. dan hasil sidik ragamnya menunjukkan bahwa perlakuan dosis PSB berpengaruh berbeda sangat nyata terhadap bobot tongkol basah tanaman jagung

Tabel 5. Pengaruh Dosis PSB terhadap Bobot Tongkol Basah Tanaman jagung (cm)

Perlakuan	Konsentrasi	Bobot Tongkol Basah/Tanaman
P3	30 ml/L	183.33a
P4	40 ml/L	168.67b
P2	20 ml/L	155.20c
P1	10 ml/L	142.60d
P0	0 ml/L	126.80e

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda pada uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan Tabel 5. yang menunjukkan pengaruh dosis PSB (Photosynthetic Bacteria) terhadap bobot tongkol basah tanaman jagung, terlihat bahwa perlakuan dengan konsentrasi berbeda memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil bobot tongkol basah per tanaman. Perlakuan P3 dengan dosis 30 ml/L menghasilkan bobot tongkol tertinggi yaitu sebesar 183,332 gram per tanaman, yang secara statistik berbeda nyata dan berada pada kelompok huruf a. Hal ini menunjukkan bahwa dosis 30 ml/L merupakan dosis paling efektif dalam meningkatkan bobot tongkol jagung. Diikuti oleh perlakuan P4 (40 ml/L) sebesar 168,666 gram (huruf b), P2 (20 ml/L) sebesar 155,20 gram (huruf c), dan P1 (10 ml/L) sebesar 142,598 gram (huruf d). Sementara itu, perlakuan tanpa pemberian PSB (P0) menghasilkan bobot tongkol terendah yaitu 126,798 gram (huruf e), menunjukkan bahwa penggunaan PSB sangat berpengaruh terhadap peningkatan hasil produksi jagung. Secara umum, pemberian PSB mampu meningkatkan bobot tongkol basah jagung, dengan peningkatan tertinggi terjadi pada dosis 30 ml/L, sementara dosis di atasnya (40 ml/L) justru mengalami sedikit penurunan, yang mengindikasikan bahwa pemberian PSB secara berlebihan tidak selalu memberikan hasil yang lebih baik.

Bobot Tongkol Kering Tanaman

Bobot tongkol kering tanaman merupakan salah satu indikator keberhasilan perlakuan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase generatif. Data pengamatan bobot tongkol kering tanaman jagung pada perlakuan PSB disajikan pada Tabel 6. dan hasil sidik ragamnya menunjukkan bahwa perlakuan dosis PSB berpengaruh berbeda sangat nyata terhadap bobot tongkol kering tanaman jagung.

Tabel 6. Pengaruh Dosis PSB terhadap Bobot Tongkol Kering Tanaman jagung (g)

Perlakuan	Konsentrasi	Bobot Tongkol Kering/Tanaman
P3	30 ml/L	167,4a
P4	40 ml/L	152,73b
P2	20 ml/L	139,53c
P1	10 ml/L	126,73d
P0	0 ml/L	110,53e

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda pada uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan Tabel 6. pemberian PSB (Photosynthetic Bacteria) dengan dosis berbeda memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap bobot tongkol kering tanaman jagung. Perlakuan terbaik ditunjukkan oleh P3 (30 ml/L) dengan bobot tongkol kering tertinggi yaitu sebesar 167,4 g, yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan P4 (40 ml/L) menghasilkan bobot sebesar 152,73 g dan menempati urutan kedua, diikuti oleh P2 (20 ml/L) sebesar 139,53 g. Sementara itu, perlakuan P1 (10 ml/L) dan P0 (tanpa PSB) menghasilkan bobot yang lebih rendah, masing-masing sebesar 126,73 g dan



110,53 g. Peningkatan bobot tongkol ini menunjukkan bahwa aplikasi PSB secara signifikan meningkatkan efisiensi penyerapan hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta merangsang aktivitas fotosintesis dan pembentukan biji yang lebih optimal. Hal ini membuktikan bahwa PSB dengan dosis yang tepat mampu meningkatkan hasil panen tanaman jagung dalam bentuk bobot tongkol kering yang lebih tinggi.

Bobot 100 Biji

Bobot 100 Biji tanaman jagung merupakan salah satu indikator keberhasilan perlakuan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase generatif. Data pengamatan panjang akar tanaman jagung pada perlakuan PSB disajikan pada Tabel 7. dan hasil sidik ragamnya menunjukkan bahwa perlakuan dosis PSB berpengaruh berbeda sangat nyata terhadap panjang akar tanaman jagung.

Tabel 7. Pengaruh Dosis PSB terhadap Bobot 100 Biji Tanaman jagung (cm)

Perlakuan	Konsentrasi	Bobot Tongkol Kering/Tanaman
P3	30 ml/L	167,4a
P4	40 ml/L	152,73b
P2	20 ml/L	139,53c
P1	10 ml/L	126,73d
P0	0 ml/L	110,53e

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda pada uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan Tabel 7. pemberian PSB (Photosynthetic Bacteria) dengan dosis berbeda memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap bobot 100 biji tanaman jagung. Perlakuan terbaik ditunjukkan oleh P3 (30 mL/L) dengan bobot 100 biji tertinggi yaitu sebesar 167,4 g, yang berbeda sangat nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan P4 (40 mL/L) menghasilkan bobot sebesar 152,73 g dan menempati urutan kedua, diikuti oleh P2 (20 mL/L) sebesar 139,53 g, serta P1 (10 mL/L) sebesar 126,73 g. Sedangkan bobot terendah terdapat pada perlakuan P0 (tanpa PSB) dengan hasil hanya 110,53 g.

Panjang Akar Tanaman (cm)

Panjang akar tanaman jagung merupakan salah satu indikator keberhasilan perlakuan dalam mendukung aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase generatif. Data pengamatan panjang akar tanaman jagung pada perlakuan PSB disajikan pada Tabel 8. dan hasil sidik ragamnya menunjukkan bahwa perlakuan dosis PSB berpengaruh berbeda sangat nyata terhadap panjang akar tanaman jagung.

Tabel 8. Pengaruh Dosis PSB terhadap panjang akar Tanaman jagung (cm)

Perlakuan	Konsentrasi	Panjang Akar Tanaman
P3	30 ml/L	33,13a
P4	40 ml/L	30,93ab
P2	20 ml/L	29,86b
P1	10 ml/L	28,47bc
P0	0 ml/L	26,73c

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda pada uji DMRT taraf 5%



Berdasarkan Tabel 8. pemberian dosis PSB (Photosynthetic Bacteria) memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap panjang akar tanaman jagung. Perlakuan terbaik ditunjukkan oleh P3 (30 ml/L) dengan panjang akar tertinggi sebesar 33,13 cm, yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Diikuti oleh P4 (40 ml/L) sebesar 30,93 cm, dan P2 (20 ml/L) sebesar 29,86 cm, keduanya juga menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan P1 dan P0. Perlakuan P1 (10 ml/L) menghasilkan panjang akar 28,47 cm, sedangkan perlakuan P0 (tanpa PSB) menunjukkan hasil terendah yaitu 26,73 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi PSB dapat merangsang pertumbuhan akar secara nyata, kemungkinan disebabkan oleh kemampuan PSB dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara terutama fosfor yang sangat berperan dalam pembentukan sistem perakaran.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian pupuk organik cair PSB dari limbah kolam ikan tidak berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang jagung selama fase vegetatif. Pemberian PSB berpengaruh sangat nyata terhadap parameter fase generatif, yaitu: Panjang tongkol, Bobot tongkol basah, Bobot tongkol kering dan Panjang akar. Perlakuan terbaik diperoleh pada dosis 30 ml/liter air (P3) yang memberikan hasil tertinggi pada panjang tongkol (13,67 cm), bobot tongkol basah (183,33 g), bobot tongkol kering (167,4 g), dan panjang akar (33,13 cm), dibandingkan perlakuan lainnya. Penggunaan PSB dari limbah kolam ikan dapat menjadi alternatif pupuk organik ramah lingkungan yang mendukung produksi jagung secara berkelanjutan, terutama dalam meningkatkan hasil panen.

Daftar Pustaka

- Ademiluyi B.O. dan Fabiyi E.P. (2015). Response of hybrid maize (*Zea mays*) to organic and anorganic fertilizers in soils of south-west and north-central Nigeria. *International J Plant Soil Sci*, 7(2), 121-127.
- Akwukwaegbu, R. N., Akwukwaegbu, P. I., Stanley, H. O., Abu, G. O., & Vincent-Akpu, I. F. (2026). Enhancing plant growth parameters with synergistic application of biofertilizing bacteria from forest soil and *Eichhornia crassipes* compost. *Bulletin of the National Research Centre*, 50, 31.
- Anastasia, I., Izatti, M., & Suedy, S. W. A. (2014). Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organik Padat dan Organik Cair Terhadap Porositas Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amarantus tricolor* L.). *Jurnal Biologi*, 3(2), 1–10.
- Assidik, I., Maemunah, & Adrianon. (2021). Pertumbuhan dan hasil jagung pulut (*Zea Mays* Ceratina Kulesh) pada berbagai dosis pupuk organik dan anorganik. *Agrotekbis*, 9(1), 205–212.
- Baba, B., Asmawati, A., Nurhalisyah, N., Darwis, R., & Padidi, N. (2022). Pembuatan bakteri fotosintesis untuk aplikasi pada pertanaman kacang panjang. *JatiRenov: Jurnal Aplikasi Teknologi Rekayasa Dan Inovasi*, 1(1), 28-35.
- Baba, M., Takahashi, S., Shiraiwa, Y., & Watanabe, M. (2022). Application of photosynthetic bacteria as biofertilizers for sustainable agriculture: Recent advances and future prospects. *Microorganisms*, 10(4), 748.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Karo. (2023). Kabupaten Karo dalam Angka 2023. BPS Kabupaten Karo.
- Brahmana, E. M. B., Dahlia, D., Mubarrak, J., Lestari, R. L., Karno, R. K., & Purnama, A. A. P. (2022). Sosialisasi Pembuatan Bakteri Fotosintesis sebagai Penyubur Tanaman. *CONSEN: Indonesian Journal of Community Services and Engagement*, 2(2), 67–71. <https://doi.org/10.57152/consen.v2i2.463>.

- Brahmana EM, Dahlia, Mubarrak J, Lestari R, Karno R, Purnama AA. 2022. Socialization of making photosynthetic bacteria as plant fertilizer. *CONSEN: Indonesian Journal of Community Services and Engagement*. 2(2): 67-71.
- Cao, K., Zhi, R., & Zhang, G. (2020). Photosynthetic bacteria wastewater treatment with the production of value-added products: A review. *Bioresource Technology*, 299, 122648.
- Dian, N 2023, 'Penerapan Bakteri Fotosintetik dan Berbagai Konsentrasi NAA (Naphthalene 1-Acetic Acid) Terhadap Pertumbuhan Stek Tanaman Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews.) Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta.
- Ekowati, D., & Nasir, M. (2011). Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea Mays*, L.) Varietas Bisi-2 Pada Pasir Reject Dan Pasir Asli Di Pantai Trisik Kulonprogo (the Growth of Maize Crop (*Zea Mays* L.) Bisi-2 Variety on Rejected and Non Rejected Sand at Pantai Trisik Kulon Progo). *Jurnal manusia dan lingkungan*, 18(3), 220-231.
- Faridah, F., Diana, S., & Yuniati, Y. (2019). Budidaya ikan lele dengan metode bioflok pada peternak ikan lele konvensional. *CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 224-227.
- Firman, 2016. Pupuk Organik Cair (POC) Air Limbah Budidaya Lele (ALBL). Fakultas Pertanian (Leaflet).
- Fattah. (2010). Efektifitas Pupuk Organik Saputra Nutrient pada Tanaman Jagung. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sulawesi Selatan. Dalam: Prosiding Pekan Serealia Nasional, 1-7.
- Hasil, K., Hasil, D. A. N., Jagung, T., Zea, K., Glutinous, R., & Plants, C. (2023). *Jurnal Ilmu Pertanian Agronitas* Vol. 5 No. 1 Edisi April 2023. 5(1), 340–348.
- Hikmah, N., Santi, F., Syafi, M., & Rianti, W. (2023). Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Hayati dan Pupuk Anorganik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Jagung Manis (*Zea Mays* L. *Saccharata* Sturt) MS-Unsika Di Sumedang (2), 586–592.
- Iskandar D. (2003). Pengaruh Dosis Pupuk N, P, K Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis di Lahan Kering. Prosiding Seminar Teknologi untuk Negeri 2003, II, 1 - 5.
- Kartika, T. (2018). Pengaruh jarak tanam terhadap pertumbuhan dan produksi jagung (*zea mays* L) non hibrida di Lahan balai agro teknologi terpadu (ATP). *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 15(2), 129-139.
- Kurnianingrum, I. (2021). Mengenal Bakteri Fotosintetik Sebagai Agen Hayati Pemacu Laju Fotosintesis Tanaman. N <http://bbppbinuang.bppsdp.pertanian.go.id/>. Diakses pada tanggal 28 Maret 2022
- Lee, S. K., Lur, H. S., & Liu, C. T. (2021). From lab to farm: Elucidating the beneficial roles of photosynthetic bacteria in sustainable agriculture. *Microorganisms*, 9(12), 2453.
- Lovitna, G., Nuraini, Y., & Istiqomah, N. (2021). Pengaruh Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dan Pupuk Anorganik Fosfat Terhadap Populasi Bakteri Pelarut Fosfat, P Tersedia, Dan Hasil Tanaman Jagung Pada Alfisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8 (2), 437-449.
- Lu, H., Zhang, G., He, S., Peng, C., & Ren, Z. (2020). Production of photosynthetic bacteria using organic wastewater in photobioreactors in lieu of a culture medium in fermenters: From lab to pilot scale. *Journal of Cleaner Production*, 258, 12087
- Mardiansyah, D., Dias, U. H., Al-Furqon, Maulana, V., Zaafira, A. I., & Manik, M. M. (2023). Sosialisasi dan Demonstrasi Pembuatan Biochar Sekam Padidan Photosyntetic Bacteria (PSB) sebagai Pupuk Organik Cair. *BERNAS*: <https://doi.org/10.31949/jb.v5i1.7294>.
- Him Nasution, E. S., Mariati., A. Barus. 2012. Tanggap Pertumbuhan Dan Produksi Jagung Pioneer 23 Terhadap Berbagai Komposisi Vermikompos Dan Pupuk Anorganik. *J. Online Agroekoteknologi* 1 (1) : 26-31.
- Martajaya, M. (2018). Pertumbuhan Dan Hasil-Jagung Manis (*Zea Mays* *Saccharata* Sturt) Yang Dipupuk Dengan Pupuk Organik Dan Anorganik Pada Saat Yang Berbeda. *Crop Agro Jurnal Ilmiah Budidaya*, 2(2), 90-102.

- Maulana, D. D., & Suswana, S. (2018). The organic fertilizers residuals and earthworm introduction on growth and yield of upland rice. *Agrotechnology Research Journal*, 2(2), 63–68. a-Una. J. Agroland, 18(1), 36–42.
- Morni, W. Z. W., Azman, M. F. H. H., Ismail, N. A., Leong, S. S., Kamaludeen, J., & Mustafa, S. (2023). Photosynthetic bacteria as an alternative wastewater treatment in freshwater aquarium fish set up. *Malaysian Applied Biology*, 52(5), 113–119.
- Paeru, R.H., dan T.Q. Dewi. 2017. *Panduan Praktis Budidaya Jagung*. Penebar Swadaya. Jakarta. Hal: 20–22.
- Purba, R., Rosalyne, I., & Widodo, W. (2019). Pengaruh Pelakuan Dosis Pupuk Fosfat Dan Konsentrasi Air Kolam Ikan Lele Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kacang Merah (*Vigna Angularis*): the Effect of Phosphate Fertilizer Dosage and Water Concentration of Lele Fish on the Growth and Production of Red Beans (*Vigna Angularis*). *Rhizobia*, 1(2), 141–153.
- Rizal, M., & Barokah, U. (2024). Pengaruh Photosynthetic Bacteria (PSB) Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa subsp. Chinensis L.*). *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(1), 37–43.
- Rohmaniya, F., Jumadi, R., & Redjeki, E. S. (2023). Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata Sturt*) Pada Pemberian Pupuk Kandang Kambing Dan Pupuk Npk. *Tropicrops (Indonesian Journal of Tropical Crops)*, 6(1), 37.
- Solomon, W., Mutum, L., Janda, T., & Molnar, Z. (2024). Microalgae–bacteria interaction: A catalyst to improve maize (*Zea mays L.*) growth and soil fertility. *Cereal Research Communications*, 53, 1037–1049.
- Sulistiyowati, D., Wati, C., Hartono, R., Purwani, J., & Kasno, A. (2026). The impact of cyanobacteria on early growth and pathogen attack in the germination of sweet corn (*Zea mays L.*). *Agric*, 38(1), 1–12.
- Tanah, P., & Astar, I. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk Biotogrow Dan Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata*. 15, 36–45.
- Vo, Y. N., Thu, L. T. M., Trong, N. D., Nguyen, T. T. K., Quang, L. T., Xuan, L. N. T., & Khuong, N. Q. (2026). Effects of solid biofertilizer containing potassium-solubilizing purple nonsulfur bacteria on potassium dynamics, growth, and yield of hybrid maize grown in alluvial soils. *Open Agriculture*, 11(1).
- Wartapa, A., Slamet, M., Ariwibowo, K., & Hartati, S. 2020. Teknik Budidaya Jagung (*Zea Mays L*) untuk Meningkatkan Hasil. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 26 (2).
- Widodo, T. W., & Fauzi, A. (2022). Pengaturan Keseimbangan Nitrogen dan Magnesium untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Jagung (*Zea Mays L .*). 22(1), 10–15.
- Zhou, L., Zhu, L., & Zhang, F. (2026). Phytase and phosphate-solubilizing bacteria addition improves phosphorus availability and uptake by maize in low-phosphorus red soil. *PLOS ONE*, 21(5), e0347410.