

PENGARUH PUPUK BAKTERI FOTOSINTESIS DAN SISTEM *PULL–PUSH* TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL JAGUNG (*Zea mays* L.)

*(The Effect of Photosynthetic Bacterial Fertilizer and the Pull–Push System on the Growth and Yield of Corn (*Zea mays* L.))*

Victor Bintang Panunggul*, Ayu Sitanini, Niken Hapsari Arimurti Susanto

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Perwira Purbalingga. Jalan S. Parman No. 53 Purbalingga,
Jawa Tengah, Indonesia

*Corresponding author, email: victorbintang92@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the impact of photosynthetic bacterial fertilizer and the pull-push cultivation technique on corn. The research was conducted in Banjaran Village, Purbalingga Regency. The experimental design used was a completely randomized block design. The treatments for photosynthetic bacteria included S0 (control), S1 (50 mL/2L), and S2 (100 mL/2L), as well as the pull-push system treatments P0 (control), P1 (lemongrass), and P2 (groundnut). Each treatment was replicated three times and analyzed using ANOVA. Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($\alpha=5\%$) was employed for significantly different results. The observed variables were plant height, number of leaves, dry root weight, dry plant weight, and total chlorophyll. The results indicated that the application of photosynthetic bacterial fertilizer increased plant height but did not affect the number of leaves. The pull-push cultivation technique showed significance in the lemongrass treatment and total chlorophyll, while no interaction was observed between the two applied treatments.

Keywords: *Chlorophyll, corn, fertilizer, photosynthetic bacteria, pull–push system*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak pupuk bakteri fotosintetik dan teknik budidaya tarik-dorong pada tanaman jagung. Penelitian ini dilakukan di Desa Banjaran, Kabupaten Purbalingga. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok lengkap. Perlakuan bakteri fotosintetik meliputi S0 (kontrol), S1 (50 mL/2L), dan S2 (100 mL/2L), serta perlakuan sistem tarik-dorong P0 (kontrol), P1 (serai), dan P2 (kacang tanah). Setiap perlakuan diulang tiga kali dan dianalisis menggunakan ANOVA. Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) ($\alpha=5\%$) digunakan untuk mengetahui perbedaan hasil yang signifikan. Variabel yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, berat kering akar, berat kering tanaman, dan total klorofil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk bakteri fotosintetik meningkatkan tinggi tanaman tetapi tidak berpengaruh pada jumlah daun. Teknik budidaya tarik-dorong menunjukkan signifikansi pada perlakuan serai dan total klorofil, sedangkan tidak ada interaksi yang diamati antara kedua perlakuan yang diterapkan.

Kata kunci: Bakteri fotosintesis, jagung, klorofil, system pull-push, pupuk

PENDAHULUAN

Salah satu sumber pangan utama adalah jagung. Masalah ketahanan pangan dan produksi pangan semakin kompleks. Ketersediaan lahan yang terbatas, praktik

pertanian yang tidak berkelanjutan, dan dampak negatif terhadap kesehatan tanah. Jagung sangat penting untuk memastikan bahwa orang memiliki akses yang cukup terhadap makanan. Tujuan Pembangunan

Berkelanjutan (SDGs), khususnya Tujuan yang menekankan gizi, keamanan pangan, dan pertanian yang ramah lingkungan. Program pangan SDGs adalah program keamanan pangan, gizi komunitas (Ajeigbe & Ganda, 2024; Cárdenas, 2019), dan peningkatan produksi berkelanjutan (Grosso et al., 2020). Faktor lingkungan dapat menghambat proses pertumbuhan dan mengurangi hasil panen (Chaudhry & Sidhu, 2022; Chieb & Gachomo, 2023). Produksi jagung di Kabupaten Purbalingga mengalami fluktuasi. Pada tahun 2021, produksi jagung mencapai 2,06 ton ha⁻¹. Kemudian, pada tahun 2022, produksinya turun menjadi 1,65 ton ha⁻¹, dan pada tahun 2023, produksinya mencapai 2,14 ton ha⁻¹ (Data Purbalingga, 2024).

Masalah utama dalam budidaya jagung di tanah podzolik merah-kuning adalah tanahnya bersifat asam dan nutrisi sangat terbatas. Penggunaan bahan organik dan teknik bertani dapat memberikan dampak positif bagi lingkungan (Durán-Lara et al., 2020; Shaji et al., 2021). Masalah dalam bertani di tanah podzolik merah-kuning adalah tanahnya bersifat asam dan nutrisi sangat terbatas. Urgensi penelitian untuk mengatasi nutrisi tanah yang rendah dan hasil panen jagung yang belum optimal pada tanah podzolik merah-kuning. Salah satu upaya dapat diatasi dengan menggunakan pupuk bakteri fotosintetis dari ekstrak akar bambu, Bio P60, yang dikombinasikan dengan ekstrak spirulina. Ekstrak akar bambu, dikombinasikan dengan spirulina, bermanfaat untuk meningkatkan kandungan nutrisi pupuk bakteri fotosintetik. Sistem budidaya pull-push system meningkatkan pemanfaatan ruang dan sumber daya. Penelitian ini dapat memberikan solusi berkelanjutan bagi petani

untuk meningkatkan hasil pertanian, dan lebih ramah lingkungan.

Bakteri fotosintetis (PSB) adalah jenis bakteri yang menghasilkan makanan sendiri menggunakan cahaya matahari (Gunaseelan et al., 2024; Lu et al., 2022). PSB memiliki pigmen yang berperan dalam mempercepat proses fotosintesis (Labunskaya et al., 2024; Z. Wang et al., 2020). Akar bambu sebagai regulator pertumbuhan dan mengandung *Bacillus polymixa* (Bishnu Maya et al., 2021). *Pseudomonas fluorescens* P60 (Bio P60) adalah bakteri bermanfaat yang membantu tanaman tumbuh lebih baik (Sun et al., 2024; Y. Wang et al., 2024). Bakteri fotosintetis berkontribusi pada peningkatan ketersediaan nutrisi dan perbaikan struktur tanah, yang memungkinkan akar tanaman menyerap hara (Das et al., 2025). Bakteri fotosintetis mampu memfiksasi nitrogen atmosfer dan meningkatkan tingkat penyediaan nutrisi bagi tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Aplikasi inokulan bakteri fotosintetis mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pangan seperti padi dan jagung, dengan peningkatan biomassa dan potensi hasil panen tinggi (Lee et al., 2021), serta dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan salinitas (Feroun et al., 2025). Spirulina berperan dalam meningkatkan nitrogen untuk pertumbuhan tanaman (El-Sheekh et al., 2021). Penerapan 20 mL pupuk cair bakteri fotosintetik menghasilkan berat kering 21,04 g pada tanaman kailan (Panunggul et al., 2023).

Teknik budidaya pull push system adalah teknik budidaya yang mengintegrasikan tanaman inang, rumput, dan lingkungan untuk menjaga lingkungan agar hama dan penyakit tidak menyerang tanaman (Gugissa et al., 2022) yang ramah

lingkungan (Buleti et al., 2023). Teknologi sistem tarik-dorong dapat meningkatkan hasil panen jagung sebesar 46,80% dan 51,11% (Sime et al., 2024; Yeboah et al., 2021), pengendalian hama (Byers & Levi-Zada, 2022).

Fotosintetis dan metode yang disebut *pull-push system* yang dapat membantu meningkatkan produksi jagung. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan bakteri ungu yang membantu dalam penyerapan fosfat dapat membuat tanaman kacang polong menyerap fosfor lebih sedikit (Y. Wang et al., 2021). Selain itu, *pull push system* pada tanaman *Desmodium* hanya mempengaruhi tanaman penutup tanah, dan jarak tanam mempengaruhi persaingan untuk cahaya dan nutrisi (Librán et al., 2023).

Kebaruan dalam penelitian ini adalah Namun, kajian mengenai integrasi pupuk bakteri fotosintetis dengan teknik *pull-push system* pada tanaman jagung masih sangat terbatas, khususnya pada kondisi lahan podzolik merah kuning. Pemanfaatan air kolam, ekstrak akar bambu, *P. fluorescens* P60, dan ekstrak spirulina fermentasi untuk memproduksi bakteri fotosintetik yang berfungsi sebagai hormon, antibodi tanaman, dan nutrisi di tanah. *Pull push system* yang digunakan dalam penelitian sebelumnya tidak efektif dalam menghasilkan hasil panen optimal. *Desmodium* berperan sebagai pencegahan terhadap degradasi tanah tetapi tidak menghasilkan *Rhizobium*. Penelitian yang akan dilakukan dapat menggunakan serai untuk mengusir hama dan penyakit, serta kacang tanah sebagai tanaman yang menyediakan nitrogen dan hasil panen optimal. Riset bertujuan untuk menentukan pengaruh pupuk bakteri fotosintesis dan Teknik bididaya *pull push system* terhadap

pertumbuhan, fisiologi, dan hasil tanaman jagung.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di lahan di Desa Banjaran, Bojongsari, Purbalingga, Indonesia, yang terletak pada ketinggian 145 mdpl. Bahan-bahan penelitian yang digunakan meliputi benih jagung manis hibrida, aseton, alkohol, pupuk NPK Mutiara, bahan kimia untuk kertas saring, kertas label, plastik 0,5 kg, tisu, mikroorganisme efektif 4, Bio-P60, dan pestisida. Alat-alat yang digunakan meliputi tabung reaksi, pipet ukur, gelas ukur, tabung Erlenmeyer, beaker, spektrofotometer, polibag, oven, timbangan analitik, cangkir porselen, kuvet, dan alat tulis. Variabel yang diamati meliputi variabel pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, variabel hasil termasuk usia berbunga tanaman, berat akar kering dan berat kering tanaman, serta karakteristik fisiologis berupa total klorofil.

Prosedur Penelitian

Fermentasi pupuk bakteri fotosintetik menggunakan air kolam ikan dan fermentasi akar bambu. Letakkan 500g akar bambu dalam wadah fermentasi. Selanjutnya, campurkan 10 L air kolam ikan, lalu campurkan 100 g gula merah. Tuang ke dalam wadah dan tambahkan 25 mL larutan starter efektif Mikroorganisme-4 (EM-4) dan spirulina fermentasi dari air kolam ikan, lalu aduk hingga merata. Setelah itu, tuangkan 25 mL Bio P60. Simpan selama 14 hari dalam keadaan tutup jeligen tidak rapat hingga warnanya berubah menjadi merah muda. Kemudian, aplikasikan sesuai dosis perlakuan.

Sampel daun tanaman ditimbang dengan berat 0,1 mg. Kemudian, sampel daun

diekstrak dengan larutan aseton 85% dalam 10 mL, dengan perbandingan berat sampel dan aseton 1: 100. Spektrofotometer dengan panjang gelombang 644 nm dan 663 nm digunakan untuk menganalisis ekstrak fermentasi sampel tanaman. Kandungan klorofil (mg/L) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut: Klorofil a = $1.07 (OD\ 663) - 0.094 (OD\ 644)$ Klorofil b = $1.77 (OD\ 644) - 0.28 (OD\ 663)$ Total klorofil = $0.79 (OD\ 663) + 1.076 (OD\ 644)$ (Dharmadewi, 2020). Dosis bakteri fotosintetis yang digunakan pupuk bakteri fotosintesis, terdiri tiga taraf: S0 (kontrol), S1 (50 mL/2L), dan S2 (100 mL/2L) Komponen tanaman pada pull-push system P0 (kontrol), P1 (serai), dan P2 (kacang tanah). Desain perlakuan yang digunakan dalam studi ini adalah desain faktorial lengkap. Faktor pertama adalah pupuk bakteri fotosintesis, terdiri tiga taraf: S0 (kontrol), S1 (50 mL/2L), dan S2 (100 mL/2L). Faktor kedua adalah *pull push system*, terdiri dari tiga tingkat: P0 (kontrol), P1 (serai), dan P2 (kacang tanah). Kombinasi kedua faktor di atas menghasilkan

9 perlakuan, kemudian diulang 3 kali, menghasilkan 27 unit percobaan. Data dianalisis menggunakan DSAASTAT 1.1 dan uji Analisis Variasi (Anova). Hasil analisis terhadap perlakuan dapat dianalisis menggunakan Uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis menunjukkan bahwa penggunaan pupuk bakteri fotosintetik memiliki dampak besar terhadap tinggi tanaman. Namun, tidak ada perbedaan yang signifikan dalam jumlah daun saat menggunakan aplikasi pupuk bakteri fotosintesis. Teknik budidaya *pull-push system* berbeda nyata terhadap jumlah daun, tetapi tidak berbeda nyata pada tinggi tanaman. Aplikasi bakteri fotosintetik berbeda nyata pada berat akar kering, berat tanaman kering, dan usia bunga betina. Teknik budidaya pull-push tidak berbeda nyata pada berat akar kering, berat tanaman kering, dan usia bunga betina (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh pupuk cair bakteri fotosintetik dan teknik budidaya sistem tarik-dorong terhadap variabel pertumbuhan jagung dan hasil panen

Pengaruh	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah daun (Helai)	Berat akar Kering (g)	Berat Tanaman Kering (g)	Klorofil Total (mg g ⁻¹)
Dosis Pb					
S ₀ (Kontrol)	92,58 a	8,63 a	8,13 a	34,25 a	2,00 a
S ₁ (50 mL/2L)	92,93 a	8,83 a	8,55 b	33,71 a	2,08 a
S ₂ (100 mL/2L)	99,33 b	8,97 a	8,91 c	34,33 a	2,42 a
Teknik Budidaya					
P0 (Control)	94,48 a	8,32 a	8,58 a	34,04 a	1,68 a
P1 (Sereh)	94,33 a	8,68 b	8,59 a	34,05 a	2,10 b
P2 (Kacang tanah)	95,32 a	9,39 c	8,46 a	34,12 a	2,72 c

Keterangan: Berdasarkan uji rentang ganda Duncan pada tingkat signifikansi 5%, rata-rata yang diikuti oleh huruf kecil yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda secara signifikan.

Tinggi Tanaman

Aplikasi pupuk bakteri fotosintesis (PSB) berbeda nyata terhadap tinggi tanaman, terutama tinggi tanaman dan pertumbuhan sel, karena PSB membantu tanaman mengoptimalkan penggunaan energi matahari dan mengubah bahan organik menjadi asam amino dan zat bioaktif yang mendukung pertumbuhan (Brahmana et al., 2022). Bakteri fotosintesis dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan mensintesis fitohormon seperti auksin (Etesami & Glick, 2024). Produksi auksin (IAA) secara langsung mempengaruhi perkembangan tanaman (Timofeeva et al., 2024). Penerapan pupuk cair organik menyebabkan peningkatan yang signifikan pada pertumbuhan vegetatif, termasuk tinggi tanaman pada tanaman kubis (Le et al., 2025).

Penerapan teknik budidaya *pull push system* tidak berbeda nyata mempengaruhi tinggi tanaman (Tabel 1). Hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, jenis hama yang kurang terpengaruh oleh tanaman penunjang, dan faktor genetik varietas jagung yang digunakan. Selain itu, persaingan antara jagung dan tanaman penunjang dapat mempengaruhi pertumbuhan jagung, sehingga tinggi tanaman tidak berbeda secara signifikan. Jagung yang ditanam dalam sistem pull-push lebih tinggi daripada jagung dalam sistem monokultur atau petak konvensional. Teknik budidaya tarik-dorong-tarik menghasilkan tanaman jagung yang 14,1–5,8 cm lebih tinggi daripada yang ditanam di lahan konvensional (Niassy et al., 2022).

Jumlah daun

Pengaruh pupuk bakteri fotosintesis tidak berbeda secara signifikan dalam hal

jumlah daun jagung. Pupuk bakteri fotosintesis dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan ketersediaan nutrisi, sehingga mempengaruhi jumlah daun, tetapi tidak secara signifikan (Avianto & Susila, 2024; Luo et al., 2024). Namun, ketika tanah sudah kaya akan nutrisi-nutrisi tersebut, penambahan pupuk bakteri umumnya tidak menyebabkan peningkatan lebih lanjut pada parameter pertumbuhan seperti jumlah daun atau biomassa, karena tanaman tidak dibatasi oleh ketersediaan N atau P (Aasfar et al., 2024).

Penerapan teknik budidaya *pull push system* tidak berbeda nyata terhadap jumlah daun jagung (Tabel 1). Tanaman jagung yang ditanam dengan *pull push system* cenderung memiliki lebih banyak daun dibandingkan dengan yang ditanam tanpa teknik ini. Hal ini disebabkan oleh peningkatan pertumbuhan tanaman dan efisiensi fotosintesis untuk mendukung pertumbuhan vegetatif. Penerapan teknik budidaya sistem pull-push pada tanaman kacang dapat meningkatkan jumlah daun jagung. Tanaman kacang diketahui memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen di tanah (Reinprecht et al., 2020). Penelitian menunjukkan bahwa jagung yang ditanam bersama kacang dalam sistem pull-push memiliki lebih banyak daun dibandingkan jagung yang ditanam tanpa kacang (Librán-Embido et al., 2023).

Berat Akar Kering

Penerapan pupuk bakteri fotosintesis (PSB) berbeda nyata pada berat akar kering tanaman. Hal ini karena PSB berperan dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi di sekitar akar dan merangsang pertumbuhan akar. Pupuk ini mampu mengikat nitrogen, melarutkan fosfat, dan menghasilkan senyawa organik yang bermanfaat bagi

tanaman. Peningkatan ketersediaan nutrisi ini mendorong pertumbuhan akar yang lebih baik, sehingga secara signifikan meningkatkan berat akar kering tanaman (Bargaz et al., 2021). PSB merangsang pertumbuhan akar dengan memproduksi fitohormon (misalnya, auksin, sitokinin, gibberelin) untuk perkembangan akar (Elhaissoufi et al., 2020).

Penerapan teknik budidaya sistem tarik-dorong dengan kacang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada berat kering akar jagung. Akar tanaman berperan dalam menyerap nutrisi tanaman. Kacang berfungsi sebagai tanaman dorong yang dapat menarik hama dari jagung dan mengusirnya. Kacangkacangan memiliki potensi untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah melalui fiksasi, tetapi interaksi antara kacangkacangan dan jagung dalam hal persaingan nutrisi dan air dapat menghambat pertumbuhan akar jagung (Ladha et al., 2022). Tanaman legum terus memainkan peran penting dalam sistem pull-push dengan meningkatkan kesehatan tanah dan mendukung pertumbuhan akar (Drinkwater et al., 2021).

Berat Tanaman Kering

Aplikasi pupuk bakteri fotosintesis (PSB) tidak berbeda nyata terhadap berat kering tanaman (Tabel 1). Hal ini karena PSB berperan dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi, memproduksi regulator pertumbuhan, dan meningkatkan efisiensi fotosintesis. Bakteri fotosintetik mampu mengikat nitrogen, melarutkan fosfat, dan memproduksi senyawa organik yang bermanfaat bagi tanaman. Tanaman menyerap nutrisi dari tanah melalui akar dan mengangkutnya ke seluruh tanaman melalui jaringan xilem dan floem (Yu et al., 2024)..

Tanaman menggunakan nutrisi yang diserap untuk sintesis protein dan enzim dalam proses metabolisme, termasuk fotosintesis, respirasi, dan sintesis senyawa organik (Bhat et al., 2024).

Penerapan teknik budidaya pull push system berbeda nyata terhadap berat kering tanaman jagung. Hal ini terkait dengan penanaman jagung bersama kacang tanah sebagai tanaman pendamping. Kacang tanah berperan dalam pembentukan nodul akar, yang berfungsi sebagai sumber nitrogen tambahan melalui proses fiksasi nitrogen (Liu et al., 2024). Nitrogen yang dilepaskan dari nodul akar ini meningkatkan kesuburan tanah, menyediakan nutrisi optimal bagi tanaman jagung. Ketersediaan nitrogen yang lebih tinggi, tanaman jagung dapat melakukan fotosintesis secara lebih efisien dan meningkatkan berat keringnya. Selain itu, tanaman serai dapat membantu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme, dan efisiensi penyerapan nutrisi (Pandey et al., 2021).

Klorofil total

Aplikasi pupuk bakteri fotosintesis (PSB) tidak berbeda nyata pada klorofil total pada tanaman jagung. Bakteri fotosintesis diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi mikro yang penting untuk sintesis klorofil (Hariani et al., 2024), namun, pengaruh ini mungkin dibatasi oleh faktor-faktor lain seperti kondisi lingkungan, jenis tanah, dan kapasitas genetik tanaman untuk memproduksi klorofil. Bakteri fotosintesis diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi mikro yang penting untuk sintesis klorofil (Rizal & Barokah, 2024).

Penerapan teknik budidaya sistem *pull push system* berbeda nyata terhadap klorofil

total. Kacang tanah berfungsi sebagai tanaman sela yang menyediakan nitrogen melalui fiksasi nitrogen oleh bakteri rhizobium di nodul akarnya. Nitrogen dari kacang tanah dan serai tidak secara otomatis meningkatkan kadar klorofil b jika faktor lain seperti intensitas cahaya, ketersediaan magnesium, dan kondisi fisiologis tanaman tidak optimal. Klorofil b, sebagai pigmen aksesori, bekerja sama dengan klorofil a dalam fotosintesis (Kume et al., 2018). Hal ini dapat dipengaruhi oleh keseimbangan nutrisi dan kondisi lingkungan secara keseluruhan daripada ketersediaan nitrogen saja. Enzim klorofil a oksigenase (CAO) bertanggung jawab untuk mengubah klorofil a menjadi klorofil b, dan aktivitas enzim ini dapat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan (Kunugi et al., 2013).

Bakteri fotosintetis yang terdapat pada akar bambu dapat berkontribusi dalam memperbaiki ketersediaan nutrisi tanah, sehingga meningkatkan kesehatan dan pertumbuhan tanaman. Klorofil berfungsi sebagai pigmen utama yang menangkap cahaya matahari, yang kemudian digunakan untuk mengubah CO₂ dan air menjadi glukosa dan oksigen (Dufil et al., 2022). Aplikasi bakteri fotosintesis 400 ml pada tinggi tanaman bawang daun sebesar 43.87 cm (Fiqri et al., 2025). Bakteri fotosintetis berfungsi untuk memfiksasi nitrogen dan meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam tanah, yang penting untuk pertumbuhan tanaman (Du et al., 2022). Meningkatkan kadar nutrisi, tanaman dapat melakukan fotosintesis yang lebih efisien, menyebabkan peningkatan produksi biomassa.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk bakteri fotosintesis

meningkatkan tinggi tanaman, tetapi tidak berpengaruh pada jumlah daun. Teknik budidaya pull-push menunjukkan peningkatan signifikan pada perlakuan sereh dan klorofil total, sementara tidak ada interaksi signifikan antara pupuk dan teknik budidaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk bakteri fotosintesis meningkatkan tinggi tanaman, tetapi tidak berpengaruh pada jumlah daun. Teknik budidaya pull-push meningkatkan hasil pada perlakuan sereh dan klorofil total, sementara tidak ada interaksi signifikan antara kedua perlakuan yang diterapkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) atas pendanaan Program Penelitian Dosen Pemula (PDP) dengan nomor 127/C3/DT.05.00/PL/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Aasfar, A., Meftah Kadmiri, I., Azaroual, S. E., Lemriss, S., Mernissi, N. El, Bargaz, A., Zeroual, Y., & Hilali, A. (2024). Agronomic advantage of bacterial biological nitrogen fixation on wheat plant growth under contrasting nitrogen and phosphorus regimes. *Frontiers in Plant Science*, 15(May), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1388775>
- Ajeigbe, K. B., & Ganda, F. (2024). Leveraging food security and environmental sustainability in achieving sustainable development goals: evidence from a global perspective. *Sustainability*, 16(18), 1–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16187969>
- Avianto, Y., & Susila, W. A. (2024). Application techniques of photosynthesis bacteria and its effect on

- the growth and yield of local bantul shallot variety (*Allium cepa* var . *aggregatum* cv . Crok Kuning). *JUATIKA Jurnal Agronomi Tanaman Tropika*, 6(2), 185–198. <https://doi.org/10.36378/juatika.v6i2.3577>
- Bargaz, A., Elhaisoufi, W., Khourchi, S., Benmrid, B., Borden, K. A., & Rchiad, Z. (2021). Benefits of phosphate solubilizing bacteria on belowground crop performance for improved crop acquisition of phosphorus. *Microbiological Research*, 252, 126842. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126842>
- Bhat, M. A., Mishra, A. K., Shah, S. N., Bhat, M. A., Jan, S., Rahman, S., Baek, K.-H., & Jan, A. T. (2024). Soil and mineral nutrients in plant health: a prospective study of iron and phosphorus in the growth and development of plants. *Current Issues in Molecular Biology*, 46(6), 5194–5222. <https://doi.org/10.3390/cimb46060312>
- Bishnu Maya, K. C., Gauchan, D. P., Khanal, S. N., Chimouriya, S., & Lamichhane, J. (2021). Amelioration of growth attributes of bambusa nutans subsp. cupulata stapleton by indole-3-acetic acid extracted from newly isolated bacillus mesonae mn511751 from rhizosphere of bambusa tulda roxburgh. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 31(January). <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101920>
- 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>
- Buleti, S. I., Kuyah, S., Olagoke, A., Gichua, M., Were, S., Chidawanyika, F., & Martin, E. A. (2023). Farmers ' perceived pathways for further intensification of push-pull systems in Western Kenya. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7(August), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1191038>
- Byers, J. A., & Levi-Zada, A. (2022). Modelling push-pull management of pest insects using repellents and attractive traps in fruit tree orchards. *Pest Management Science*, 78(8), 3630–3637. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.7005>
- Cárdenas, D. (2019). The cartagena declaration and the sustainable development goals. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 76–81.
- Chaudhry, S., & Sidhu, G. P. S. (2022). Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: a comprehensive review. *Plant Cell Reports*, 41(1), 1–31. <https://doi.org/10.1007/s00299-021-02759-5>
- Chieb, M., & Gachomo, E. W. (2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *Springer BMC Plant Biology*, 23, 1–23. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04403-8>
- Das, D., Riamei, M., Paul, P., Singh, N., Ingti, B., Sarkar, R. D., Rose, R., Sharma, P. L., & Paul, S. (2025). Understanding the role of soil microorganisms in alleviating hydric and edaphic stress towards sustainable agriculture. *Springer Nature*, 2(47), 1–39. <https://doi.org/10.1007/s44378-025-00076-x>
- Data Purbalingga. (2024). *Nilai Produksi Tanaman Pangan Jagung di Kabupaten*

- Purbalingga Tahun 2018-2024 - Nilai Produksi Tanaman Pangan Jagung di Kabupaten Purbalingga Tahun 2018-2023 - SATU DATA PURBALINGGA.* Satu Data Purbalingga.
- Dharmadewi, I. M. (2020). Analisis kandungan klorofil pada beberapa jenis sayuran hijau sebagai alternatif bahan dasar food supplement. *Jurnal Emasains: Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 9(2), 171–176. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4299383>
- Drinkwater, L. E., Midega, C. A. O., Awuor, R., Nyagol, D., & Khan, Z. R. (2021). Perennial legume intercrops provide multiple belowground ecosystem services in smallholder farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 3(20), 107566. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107566>
- Du, B., Shukla, M. K., Ding, R., Yang, X., & Du, T. (2022). Biofertilization with photosynthetic bacteria as a new strategy for mitigating photosynthetic acclimation to elevated CO₂ on cherry tomato. *Environmental and Experimental Botany*, 194, 104758. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104758>
- Dufil, G., Bernacka-wojcik, I., Armada-moreira, A., & Stavrinidou, E. (2022). Plant Bioelectronics and Biohybrids: The growing contribution of organic electronic and carbon-based materials. *Chemical Reviews*, 122(4), 4847–4883. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00525>
- Durán-Lara, E. F., Valderrama, A., & Marican, A. (2020). Natural organic compounds for application in organic farming. *Agriculture (Switzerland)*, 10(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/agriculture10020041>
- El-Sheekh, M. M., Hassan, L. H. S., & Mors, H. H. (2021). Egyptian journal of botany. *Egypt. J. Bot.*, 61(1), 61–69. <https://doi.org/10.21608/ejbo.2020.27927.1487>
- Elhaissoufi, W., Khourchi, S., Ibnyasser, A., Ghoulam, C., Rchiad, Z., Zeroual, Y., Lyamlouli, K., & Bargaz, A. (2020). Phosphate solubilizing rhizobacteria could have a stronger influence on wheat root traits and aboveground physiology than rhizosphere p solubilization. *Frontiers in Plant Science*, 11(July), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00979>
- Etesami, H., & Glick, B. R. (2024). Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience. *Microbiological Research*, 281, 127602. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127602>
- Ferrioun, M., Zouitane, I., Bouhraoua, S., Elouattassi, Y., Belahcen, D., Errabbani, A., Louahlia, S., Sayyed, R., & Ghachtouli, N. El. (2025). Applying microbial biostimulants and drought-tolerant genotypes to enhance barley growth and yield under drought stress. *Front. Plant Sci*, 15, 1–24. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1494987>
- Fiqri, M., Putra, H., & Syahputra, E. (2025). Pengaruh pupuk photosynthetic bacteria dan npk terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang daun pada media gambut. *Jurnal Agro Khatulistiwa*, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.26418/akha.v3i1.92242>
- Grosso, G., Mateo, A., Rangelov, N., Buzeti, T., & Birt, C. (2020). Nutrition in the context of the Sustainable Development Goals. *European Journal of Public Health*, 30(1), 19–23. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa034>

- Gugissa, D. A., Abro, Z., & Tefera, T. (2022). Achieving a climate-change resilient farming system through push-pull technology: evidence from maize farming systems in Ethiopia. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14052648>
- Gunaseelan, K., Sugumar, M., & Gajalakshmi, S. (2024). An overview of photosynthetic bacteria-based microbial fuel cells. In *Photosynthesis-Assisted Energy Generation* (pp. 153–175). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781394172337.ch7>
- Hariani, M., Khalisa, Halim, A., & Mahdiannoor. (2024). Aplikasi photosynthetic bacteria terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman stroberi didataran rendah. *Jurnal Daun*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.33084/daun.v11i1.6106>
- Kume, A., Akitsu, T., & Nasahara, K. N. (2018). Why is chlorophyll b only used in light-harvesting systems? *Journal of Plant Research*, 131(6), 961–972. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1052-7>
- Kunugi, M., Takabayashi, A., & Tanaka, A. (2013). Evolutionary changes in chlorophyllide a oxygenase (CAO) structure contribute to the acquisition of a new light-harvesting complex in micromonas. *Journal of Biological Chemistry*, 288(27), 19330–19341. <https://doi.org/https://doi.org/10.1074/jbc.M113.462663>
- Labunskaya, E. A., Voronov, D. A., Lobyshev, V. I., & Krasnova, E. D. (2024). Underwater measurements of transmitted light spectra in stratified reservoirs of the white sea coast as a key to the understanding of pigment composition of phototrophs in the chemocline zone. *Biophysics*, 69(3), 533–550. <https://doi.org/10.1134/S000635092470060X>
- Ladha, J. K., Peoples, M. B., Reddy, P. M., Biswas, J. C., Bennett, A., Jat, M. L., & Krupnik, T. J. (2022). Biological nitrogen fixation and prospects for ecological intensification in cereal-based cropping systems. *Field Crops Research*, 283, 108541. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108541>
- Le, T. Y. L., Lee, J., Shim, S. Y., Jung, J., Kim, S. R., Hong, S. H., Lee, M. G., & Hwang, S. G. (2025). Effects of liquid bio-fertilizer on plant growth, antioxidant activity, and soil bacterial community during cultivation of chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *Microorganisms*, 13(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/microorganism s13051036>
- Lee, S. K., Lur, H. S., & Liu, C. Te. (2021). From lab to farm: elucidating the beneficial roles of photosynthetic bacteria in sustainable agriculture. *Microorganisms*, 9(12), 1–23. <https://doi.org/10.3390/microorganism s9122453>
- Librán-Embid, F., Olagoke, A., & Martin, E. A. (2023). Combining milpa and push-pull technology for sustainable food production in smallholder agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 43(4). <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00896-7>
- Librán, F., Adewole, E., & Emily, O. (2023). Combining milpa and push - pull technology for sustainable food production in smallholder agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 43(45), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00896-7>
- Liu, C., Tian, J., Chen, L., He, Q., Liu, X., Bian, R., Zheng, J., Cheng, K., Xia, S.,

- Zhang, X., Wu, J., Li, L., Joseph, S., & Pan, G. (2024). Biochar boosted high oleic peanut production with enhanced root development and biological N fixation by diazotrophs in a sand-loamy Primisol. *Science of The Total Environment*, 932, 173061. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173061>
- Lu, H., Zhao, R., Wang, C., Zhang, G., Chen, C., Li, B., & Han, T. (2022). Exploration of flashing light interaction effect on improving biomass, protein, and pigments production in photosynthetic bacteria wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 348, 131304. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131304>
- Luo, D., Shi, J., Li, M., Chen, J., Wang, T., Zhang, Q., Yang, L., Zhu, N., & Wang, Y. (2024). Consortium of phosphorus-solubilizing bacteria promotes maize growth and changes the microbial community composition of rhizosphere soil. *Agronomy*, 14(7), 1–17. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071535>
- Niassy, S., Agbodzavu, M. K., Mudereri, B. T., Kamalongo, D., Ligowe, I., Hailu, G., Kimathi, E., Jere, Z., Ochatum, N., Pittchar, J., Kassie, M., & Khan, Z. (2022). Performance of push–pull technology in low-fertility soils under conventional and conservation agriculture farming systems in Malawi. *Sustainability (Switzerland)*, 14(4), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su14042162>
- Pandey, B., Singh, S., Roy, L. B., Shekhar, S., Singh, R. K., Prasad, B., & Singh, K. K. (2021). Phytostabilization of coal mine overburden waste, exploiting the phytoremedial efficacy of lemongrass under varying level of cow dung manure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111757. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111757>
- Panunggul, V. B., Sitanini, A., Putranto, A. H., Widodo, S. G., & Panjaitan, E. A. P. (2023). Pengaruh pupuk kandang dan bakteri fotosintesis terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kale (*Brassica oleracea* L. Var. Acephala). *Agrika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 17(2), 221. <https://doi.org/10.31328/ja.v17i2.4997>
- Reinprecht, Y., Schram, L., Marsolais, F., Smith, T. H., Hill, B., & Pauls, K. P. (2020). Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production. *Frontiers in Plant Science*, 11(August), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01172>
- Rizal, M., & Barokah, U. (2024). Pengaruh photosynthetic bacteria (PSB) terhadap pertumbuhan dan kualitas hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* subsp . *Chinensis* L .). *Biofarm Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(1), 37–43.
- Shaji, H., Chandran, V., & Mathew, L. (2021). Chapter 13 - Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrients. In F. B. Lewu, T. Volova, S. Thomas, & R. B. T.-C. R. F. for S. A. K.R. (Eds.), *Academic Press* (231–245). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00013-3>
- Sime, M., Ballo, S., Abro, Z., Gugissa, D. A., & Mendesil, E. (2024). Farmers ' perceptions of maize production constraints and the effects of push – pull technology on soil fertility, pest infestation , and maize yield in Southwest Ethiopia. *Agriculture (Switzerland)*, 14, 1–12. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030381>
- Sun, W., Shahrajabian, M. H., & Soleymani, A. (2024). The roles of plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR)-based biostimulants for agricultural

- production systems. *Plants*, 13(5), 1–37.
<https://doi.org/10.3390/plants13050613>
- Timofeeva, A. M., Galyamova, M. R., & Sedykh, S. E. (2024). How do plant growth-promoting bacteria use plant hormones to regulate stress reactions? *Plants*, 13(17).
<https://doi.org/10.3390/plants13172371>
- Wang, Y., Pei, Y., Wang, X., Dai, X., & Zhu, M. (2024). Antimicrobial metabolites produced by the plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus* and *Pseudomonas*. *Advanced Agrochem*, 3(3), 206–221.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aac.2024.07.007>
- Wang, Y., Peng, S., Hua, Q., Qiu, C., Wu, P., Liu, X., & Lin, X. (2021). The long-term effects of using phosphate-solubilizing bacteria and photosynthetic bacteria as biofertilizers on peanut yield and soil bacteria community. *Frontiers in Microbiology*, 12, 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.693535>
- Wang, Z., Gao, D., Zhan, Y., & Xing, C. (2020). Enhancing the light coverage of photosynthetic bacteria to augment photosynthesis by conjugated polymer nanoparticles. *ACS Applied Bio Materials*, 3(5), 3423–3429.
<https://doi.org/10.1021/acsabm.0c00352>
- Yeboah, S., Ennin, S. A., Ibrahim, A., Oteng-Darko, P., Mutyambai, D., Khan, Z. R., Mochiah, M. B., Ekesi, S., & Niassy, S. (2021). Effect Of spatial arrangement of push-pull companion plants on fall armyworm control and agronomic performance of two maize varieties in Ghana. *Crop Protection*, 145, 105612.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105612>
- Yu, Z., Xu, X., Guo, L., Jin, R., & Lu, Y. (2024). Uptake and transport of micro/nanoplastics in terrestrial plants: detection, mechanisms, and influencing factors. *Science of The Total Environment*, 907, 168155.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168155>