

Efektivitas PGPR akar bambu (*Bambusa vulgaris*) dan putri malu (*Mimosa pudica*) terhadap pertumbuhan tanaman sayuran

Devi Armita^{1*}, Muhammad Sabri¹, Andi Irwandi¹, Masriany¹

¹Program Studi Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Jl. H. M. Yasin Limpo No. 36, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia. 92118

*E-mail: devi.armita@uin-alauddin.ac.id

Abstrak: Tanaman sayuran penting bagi gizi masyarakat dan ketahanan pangan, namun produktivitasnya terhambat oleh degradasi tanah dan pemakaian pupuk kimia berlebihan. Pemanfaatan PGPR menawarkan solusi biologis yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi nutrisi dan hasil panen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh PGPR akar bambu (*Bambusa vulgaris*) dan akar putri malu (*Mimosa pudica*) terhadap pertumbuhan tiga jenis tanaman sayuran, yaitu sawi, bayam, dan kangkung. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri atas tiga perlakuan yaitu kontrol, pengaplikasian PGPR akar bambu serta pengaplikasian PGPR putri malu. Setiap perlakuan terdiri atas lima ulangan. Parameter pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah helai daun, serta panjang akar. Data yang diperoleh dianalisis statistik dengan uji ANOVA menggunakan aplikasi SPSS. Jika berpengaruh signifikan maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji Duncan ($\alpha = 0,05$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaplikasian PGPR akar bambu dan putri malu berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman bayam dan kangkung namun tidak berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman sawi. Parameter jumlah daun, hanya berpengaruh signifikan pada tanaman bayam sedangkan parameter panjang akar, penggunaan PGPR hanya berpengaruh signifikan pada tanaman kangkung yaitu dengan pengaplikasian PGPR putri malu. Temuan pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengaplikasian PGPR akar bambu dan putri malu terbukti mampu meningkatkan parameter pertumbuhan tertentu pada tanaman bayam dan kangkung. Temuan ini mendukung potensi PGPR sebagai pupuk hayati dalam meningkatkan produktivitas tanaman sayuran secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: pertumbuhan tanaman, PGPR akar bambu, PGPR putri malu, pupuk hayati, tanaman sayuran

Abstract: Vegetable crops are vital for public nutrition and national food security, yet their productivity is often hindered by soil degradation and excessive use of chemical fertilizers. The application of PGPR offers a promising biological solution to enhance nutrient efficiency and crop yields. This study aims to investigate the effects of PGPR isolated from bamboo (*Bambusa vulgaris*) and mimosa (*Mimosa pudica*) roots on the growth of three types of vegetable crops: mustard greens, spinach, and water spinach. The experimental method used was a Randomized Complete Block Design (RCBD) consisting of three treatments: control, application of bamboo root PGPR, and application of mimosa root PGPR—each with five replications. Growth parameters observed included plant height, leaf number, and root length. Data were statistically analyzed using ANOVA via SPSS software. If a significant effect was found, further testing was conducted using Duncan's multiple range test ($\alpha = 0.05$). The results showed that application of PGPR from bamboo and mimosa roots had a significant effect on the height of spinach and water spinach, but not on mustard greens. For leaf number, significant effects were observed only in spinach, while for root length, PGPR application showed significant effects only in water spinach, specifically with PGPR from mimosa roots. These findings demonstrate the potential of PGPR from bamboo and mimosa roots to improve specific growth parameters in spinach and water spinach, supporting their role as biofertilizers in enhancing vegetable productivity sustainably and environmentally friendly.

Keywords: plant growth, bamboo root PGPR, mimosa root PGPR, biofertilizer, vegetable crops

PENDAHULUAN

Tanaman sayuran merupakan komoditas hortikultura strategis yang berperan penting dalam pemenuhan gizi masyarakat dan ketahanan pangan nasional. Iklim tropis yang dimiliki Indonesia memberikan lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan tanaman hortikultura (Arinong et al., 2021). Namun produktivitas tanaman sayuran di Indonesia, menghadapi tantangan serius yang bersumber dari degradasi tanah secara kimiawi, penggunaan pupuk kimia secara berlebihan, serta rendahnya efisiensi serapan nutrisi oleh tanaman. Degradasi tanah akibat praktik pertanian intensif dan aplikasi pupuk sintesis yang tidak terkontrol telah menyebabkan penurunan kesuburan tanah, perubahan pH, dan gangguan pada komunitas mikroba tanah yang esensial bagi siklus hara alami (Mendrofa & Gulo, 2024). Penggunaan pupuk nitrogen dan fosfat secara berlebihan misalnya, dapat menyebabkan akumulasi garam dan pencemaran lingkungan, serta menurunkan kapasitas tanah dalam menyediakan unsur hara secara optimal. Selain itu, ketidakseimbangan nutrisi dalam tanah, seperti rasio nitrogen terhadap fosfor yang tidak proporsional, turut menghambat penyerapan unsur hara penting oleh tanaman, sehingga berdampak langsung pada pertumbuhan dan hasil panen sayuran (Lyu et al., 2024).

Berbagai alternatif untuk meningkatkan produktivitas tanaman termasuk tanaman sayuran adalah salah satunya dengan menggunakan pupuk yang ramah lingkungan seperti pupuk hayati. Selain ramah lingkungan pupuk hayati juga memiliki kelebihan dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman sehingga hasil tanaman dapat melimpah (Ramli et al., 2020). Salah satu jenis pupuk hayati yaitu *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR merupakan kelompok bakteri yang mampu mengolonisasi sistem perakaran tanaman dan berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman secara langsung maupun tidak langsung. PGPR dapat mendukung pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme biologis seperti pelarutan fosfat, sintesis hormon tanaman, dan fiksasi nitrogen. Selain itu, PGPR juga dapat memengaruhi metabolisme tanaman secara langsung dengan meningkatkan penyerapan air dan mineral, merangsang perkembangan sistem perakaran, serta mengaktifasi enzim-enzim yang mendukung proses fisiologis tanaman. PGPR juga mampu berinteraksi sinergis dengan berbagai jenis mikroorganisme menguntungkan lainnya untuk mengoptimalkan aksi biologisnya pada tanaman, serta berfungsi dalam menekan patogen melalui kompetisi ruang, produksi senyawa antibakteri, maupun stimulasi mekanisme pertahanan tanaman (de Andrade et al., 2023).

Berbagai jenis penelitian yang memanfaatkan PGPR untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman yaitu antara lain penelitian yang dilakukan oleh Ichwan et al. (2021). Pada penelitian tersebut digunakan berbagai jenis PGPR komersial yang mengandung berbagai jenis mikroorganisme untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah. Pertumbuhan dan produksi cabai merah paling optimal ditunjukkan dengan pengaplikasian PGPR yang mengandung *Pseudomonas fluorescent*, *Trichoderma* sp., *Aspergillus niger*, *Azobacter* sp., *Azospirillum* sp., dan *Rhizobium* sp.. Penelitian lainnya yaitu pengaplikasian PGPR dari akar bambu pada tanaman pakcoy. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh positif PGPR terhadap peningkatan tinggi tanaman dan jumlah daun pada berbagai tahap umur (Rachmat et al., 2021).

Eksplorasi berbagai jenis tanaman dengan potensi PGPR untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman terus dilakukan. Tanaman liar seperti bambu (*Bambusa vulgaris*) dan putri malu (*Mimosa pudica*) diketahui memiliki zona perakaran yang kaya akan

mikroba rizosfer, termasuk PGPR. Bambu memiliki sistem perakaran yang luas dan aktif menghasilkan eksudat akar berupa senyawa organik seperti asam amino, gula, dan asam organik yang mendukung kolonisasi mikroorganisme menguntungkan di zona rizosfer. Keberadaan dan keanekaragaman mikroba di daerah rizosfer tanaman bambu telah dibuktikan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Pada penelitian Maya K.C et al. (2021) berhasil mengisolasi 120 strain PGPR dari rizosfer tiga spesies bambu dan menyeleksi enam isolat unggulan berdasarkan kemampuan melarutkan fosfat dan produksi auksin. Isolat yang berasal dari genus *Pseudomonas* menunjukkan efektivitas tinggi dalam meningkatkan pertumbuhan dan biomassa bibit *Bambusa nutans* subsp. *cupulata*, termasuk parameter tunas, akar, dan kandungan pigmen fotosintetik dibandingkan dengan kontrol negatif. Pada penelitian Nareswari et al. (2025) berhasil menemukan bahwa aplikasi PGPR dari akar bambu mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen kacang hijau (*Vigna radiata* L.) dengan dosis optimal 30 ml/polybag, namun peningkatan dosis dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

Menurut Adeleke et al. (2021) pada akar tanaman putri malu terdapat bakteri α - dan β -rhizobia, seperti *Rhizobium tropici* dan *Cupriavidus taiwanensis* yang diketahui mampu mengkolonisasi bintil akar pada tanaman tersebut serta berperan sebagai agen fiksasi nitrogen. Selain mendukung nodulasi, bakteri tersebut juga meningkatkan pertumbuhan tanaman secara tidak langsung melalui stimulasi respons tanaman dan produksi metabolit sekunder yang bersifat antifitopatogenik. Penelitian Ramli et al. (2020) menemukan bahwa pengaplikasian PGPR akar putri malu menunjukkan hasil terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi pada dosis 25 ml/tanaman.

Berdasarkan uraian latar belakang, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh PGPR akar bambu (*Bambusa vulgaris*) dan akar putri malu (*Mimosa pudica*) terhadap pertumbuhan tiga jenis tanaman sayuran, yaitu sawi (*Brassica juncea*), bayam (*Amaranthus* sp.), dan kangkung (*Ipomoea aquatica*). Hasil penelitian ini berimplikasi pada pemanfaatan PGPR dari akar bambu dan putri malu sebagai biofertilizer yang potensial dalam meningkatkan efisiensi budidaya sayuran secara berkelanjutan. Temuan tersebut dapat menjadi dasar pengembangan teknologi pertanian ramah lingkungan yang mendukung pertumbuhan optimal pada berbagai jenis tanaman hortikultura.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Maret 2023 di *Green House* Prodi Biologi Fakultas Sains & Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Jenis penelitian merupakan penelitian eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri atas tiga perlakuan yaitu kontrol, pengaplikasian PGPR akar bambu serta pengaplikasian PGPR putri malu. Setiap perlakuan terdiri atas lima ulangan.

Tahapan penelitian dimulai dengan pembuatan biang (*starter*) PGPR dari akar bambu dan akar putri malu. Metode pembuatan merujuk dari penelitian Triani et al. (2022) dengan modifikasi. Akar bambu dan akar putri malu yang telah diambil, ditimbang sebanyak 500 gram dan dimasukkan ke dalam wadah yang berbeda kemudian ditambahkan masing-masing dengan 1 L air matang kemudian ditutup rapat serta dipastikan tidak ada sirkulasi udara yang dapat masuk ke dalam wadah. Proses pembuatan biang PGPR berlangsung selama 3 - 5 hari yang ditandai adanya gelembung-gelembung udara pada akar serta adanya bintik-bintik putih pada akar atau permukaan wadah yang menandakan bahwa bakteri PGPR hidup.

Biang PGPR yang telah difermentasi selama 5 hari, kemudian ditambahkan dengan campuran terasi 8 gram, dedak 200 gram, dan gula 200 gram yang terlebih dahulu telah dididihkan dengan air matang. Selanjutnya dilakukan fermentasi selama 2 minggu. PGPR yang telah dihasilkan kemudian diaplikasikan ke tanaman. PGPR yang dihasilkan kemudian diaplikasikan pada tiga jenis tanaman sayuran yaitu sawi, bayam, dan kangkung dengan konsentrasi 5 mL/L per tanaman. Pengaplikasian PGPR dilakukan sekali sepekan selama empat pekan.

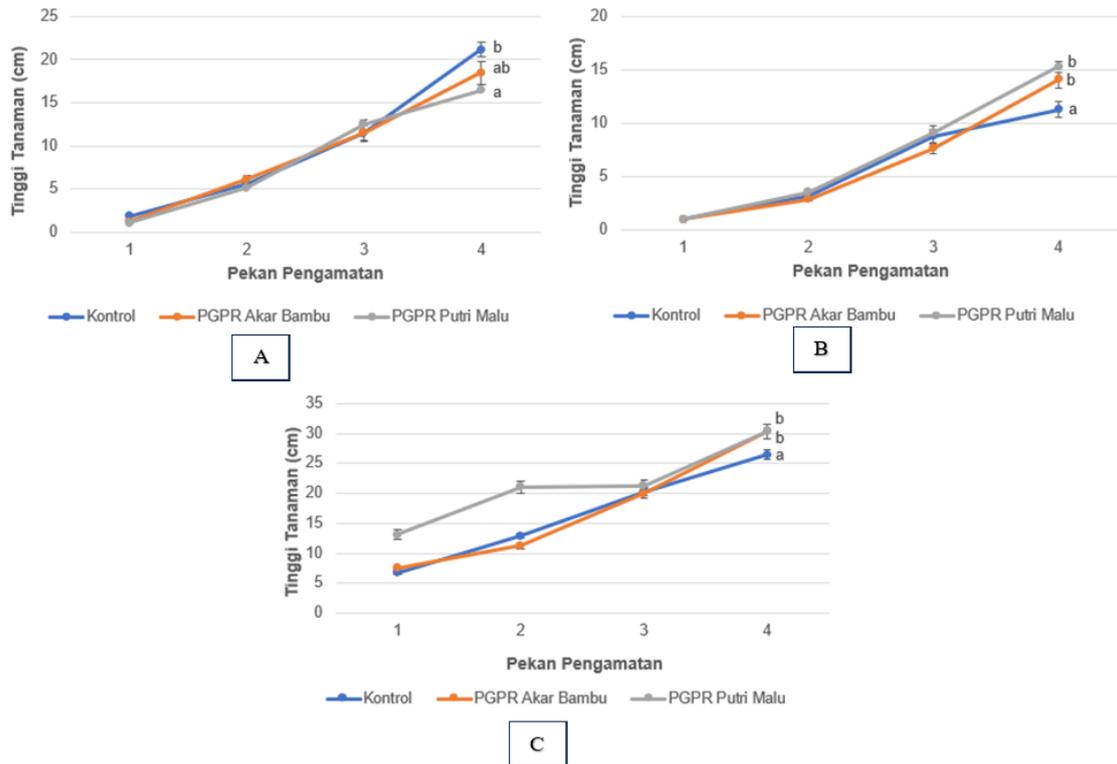
Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi tinggi tanaman, jumlah helai daun, dan panjang akar. Pengukuran dilakukan pada saat tanaman berumur 1 MST sampai dengan 4 MST untuk parameter tinggi dan jumlah helai daun, sedangkan parameter panjang akar diukur pada 4 MST. Data yang diperoleh dari setiap parameter pengukuran dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) menggunakan aplikasi SPSS. Jika berpengaruh signifikan maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji Duncan ($\alpha = 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan pengaplikasian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) yang berasal dari akar bambu dan putri malu pada beberapa jenis tanaman sayuran, yaitu sawi (*Brassica juncea*), bayam (*Amaranthus sp.*), dan kangkung (*Ipomoea aquatica*). PGPR tersebut diformulasikan melalui proses fermentasi dan kemudian diberikan sebagai perlakuan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap parameter pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaplikasian PGPR akar bambu dan putri malu berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman bayam dan kangkung pada umur tanaman 4 MST sedangkan pada tanaman sawi tidak berpengaruh signifikan yang ditunjukkan dengan perlakuan kontrol (tanpa pengaplikasian PGPR) menunjukkan tinggi tanaman tertinggi meskipun tidak berbeda signifikan dengan PGPR akar bambu (Gambar 1).

Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas PGPR dari akar bambu dan putri malu bersifat spesifik terhadap jenis tanaman. Peningkatan signifikan pada tinggi tanaman bayam dan kangkung pada umur 4 MST mengindikasikan bahwa mikroba rizosfer dari kedua sumber tersebut mampu berinteraksi secara positif dengan fisiologi kedua tanaman tersebut, kemungkinan melalui produksi fitohormon seperti auksin dan giberelin, serta peningkatan penyerapan nutrisi (Wahab et al., 2024). Sebaliknya pada tanaman sawi, tidak ditemukan pengaruh signifikan, bahkan perlakuan kontrol menunjukkan tinggi tanaman tertinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh ketidaksesuaian antara komunitas mikroba PGPR dengan sistem perakaran atau kebutuhan fisiologis sawi, yang mungkin lebih responsif terhadap jenis mikroba lain atau kondisi lingkungan tertentu (Malleswari & Bagyanarayana, 2013).

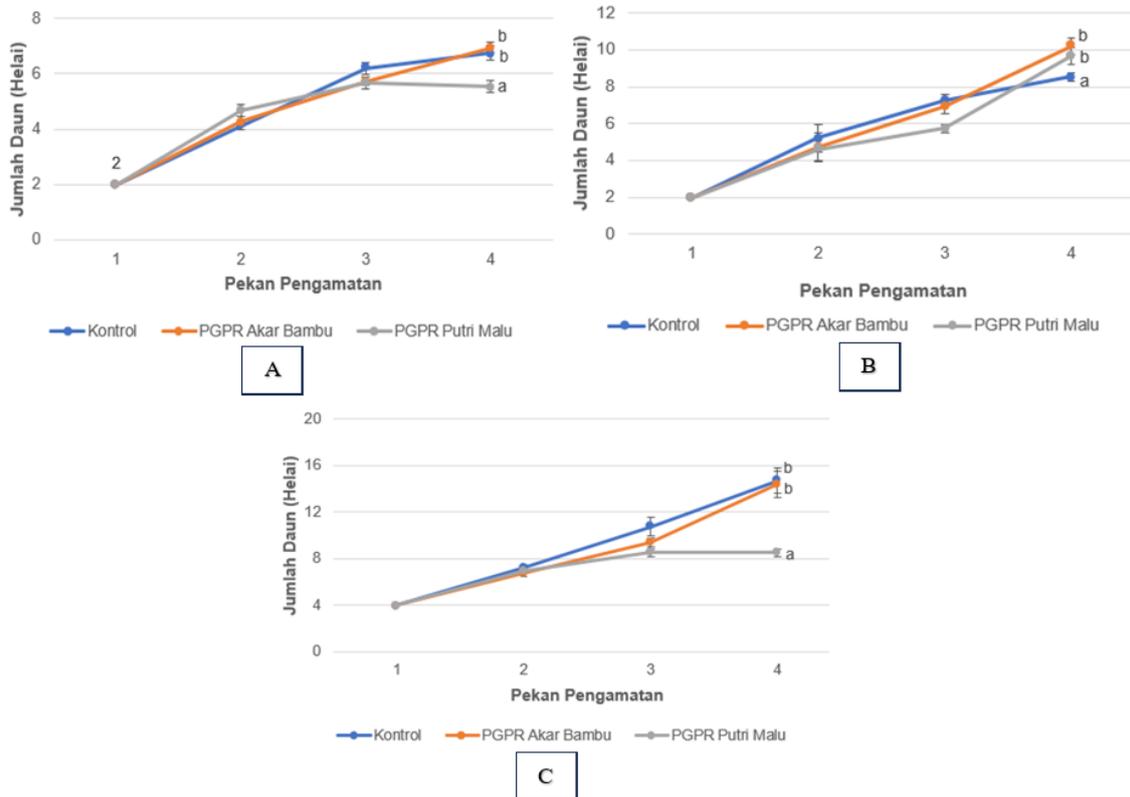
Ketidakefektifan PGPR pada sawi juga dapat dikaitkan dengan kompetisi mikroba di rizosfer atau rendahnya kolonisasi akar oleh strain PGPR yang digunakan. Sebagaimana dijelaskan oleh Wahab et al. (2024), keberhasilan PGPR sangat dipengaruhi oleh kemampuan kolonisasi, kompatibilitas tanaman inang, dan kondisi lingkungan seperti pH tanah dan ketersediaan nutrisi. Oleh karena itu, pemilihan sumber PGPR yang sesuai dengan jenis tanaman menjadi faktor krusial dalam penerapan teknologi biofertilizer secara efektif dan berkelanjutan.



Gambar 1. Tinggi tanaman sawi (A), bayam (B), dan kangkung (C) dengan pengaplikasian PGPR akar bambu dan putri malu. Notasi yang berbeda pada setiap grafik menunjukkan perbedaan yang signifikan ($\alpha = 0,05$)

Parameter jumlah daun menunjukkan pola yang hampir sama, yaitu PGPR efektif meningkatkan jumlah daun pada tanaman bayam sedangkan pada tanaman sawi dan kangkung, pengaruh PGPR tidak menunjukkan hasil signifikan dibandingkan kontrol. Bahkan pada kangkung, perlakuan kontrol menghasilkan jumlah daun yang lebih tinggi (Gambar 2). Namun berdasarkan penelitian Ramli et al. (2020) diperoleh hasil bahwa pemberian PGPR dari akar *Mimosa pudica* pada tanaman sawi menunjukkan hasil terbaik pada dosis 25 ml/tanaman (P3), dengan peningkatan tinggi tanaman sebesar 36,33 cm, jumlah daun 12,60 helai, dan berat bersih 154,00 gram. Temuan ini menunjukkan bahwa aplikasi PGPR dosis tinggi secara signifikan meningkatkan pertumbuhan dan produksi sawi. Oleh karena itu, efektivitas PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman diduga tidak hanya dipengaruhi oleh kesesuaian komunitas mikroba dengan sistem perakaran, tetapi juga oleh dosis aplikasi yang mungkin belum optimal untuk kedua jenis tanaman tersebut.

Menurut Katkar et al. (2023), aplikasi PGPR dalam dosis yang sesuai, baik tunggal maupun dalam konsorsium dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat segar secara signifikan pada bayam (*Spinacia oleracea*). Namun, dosis yang terlalu rendah mungkin tidak cukup untuk memicu respons pertumbuhan, sedangkan dosis yang terlalu tinggi bisa menyebabkan stres mikroba atau kompetisi di zona perakaran. Selain itu, interaksi antara dosis PGPR dan jenis tanaman juga berperan penting. Tanaman yang memiliki sistem perakaran dangkal atau cepat tumbuh seperti bayam cenderung lebih responsif terhadap aplikasi PGPR dalam dosis sedang hingga tinggi. Sebaliknya, tanaman seperti sawi dan kangkung mungkin memerlukan formulasi atau konsentrasi mikroba yang berbeda agar efeknya lebih signifikan (Bashir et al., 2023).

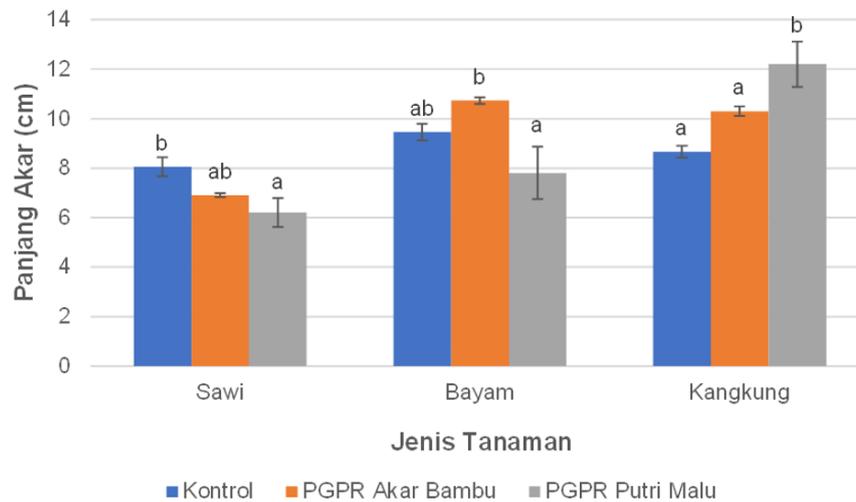


Gambar 2. Jumlah daun tanaman sawi (A), bayam (B), dan kangkung (C) dengan pengaplikasian PGPR akar bambu dan putri malu. Notasi yang berbeda pada setiap grafik menunjukkan perbedaan yang signifikan ($\alpha = 0,05$)

Data terkait efektivitas pengaplikasian PGPR untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman akan semakin diperkuat dengan pengukuran parameter panjang akar pada tanaman pasca pengaplikasian PGPR. Hal ini karena akar merupakan titik awal interaksi antara PGPR dan tanaman, dimana mikroba berkolonisasi dan memicu berbagai mekanisme pertumbuhan seperti peningkatan penyerapan nutrisi, produksi fitohormon, dan modifikasi arsitektur akar (Vacheron et al., 2013). Panjang akar yang meningkat menunjukkan keberhasilan kolonisasi PGPR dan stimulasi hormon seperti IAA, yang berperan dalam pembentukan akar lateral dan rambut akar. Selain itu, akar yang lebih panjang dan bercabang luas memungkinkan tanaman menyerap air dan unsur hara secara lebih efisien (Grover et al., 2021) yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan bagian atas tanaman. Oleh karena itu, pengukuran panjang akar tidak hanya memperkuat validitas data pertumbuhan, tetapi juga menjadi indikator langsung keberhasilan interaksi PGPR dengan sistem perakaran tanaman.

Gambar 3 menunjukkan bahwa aplikasi PGPR dari akar bambu dan putri malu memengaruhi panjang akar tanaman bayam dan kangkung. Namun sama halnya dengan parameter tinggi tanaman dan jumlah daun, pengaplikasian PGPR akar bambu maupun putri malu tidak efektif meningkatkan panjang akar pada tanaman sawi. Pada tanaman sawi, perlakuan kontrol menghasilkan akar terpanjang, meskipun tidak berbeda signifikan dari perlakuan PGPR akar bambu. Untuk bayam, PGPR akar bambu memberikan hasil terbaik, berbeda nyata dibanding PGPR putri malu dan kontrol. Pada kangkung, PGPR putri malu menunjukkan efektivitas tertinggi dengan akar terpanjang, dibanding perlakuan lainnya (Gambar 3). Temuan ini mengindikasikan bahwa respons tanaman

terhadap PGPR bersifat spesifik, tergantung jenis tanaman dan asal PGPR yang digunakan.



Gambar 3. Panjang akar tanaman sawi, bayam, dan kangkung dengan pengaplikasian PGPR akar bambu dan putri malu. Notasi yang berbeda pada setiap jenis tanaman menunjukkan perbedaan yang signifikan ($\alpha = 0,05$)

Temuan bahwa PGPR dari akar bambu dan putri malu lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan akar kangkung dibandingkan jumlah daunnya dapat dijelaskan melalui mekanisme fisiologis dan mikrobiologis. PGPR berinteraksi langsung dengan zona rizosfer, sehingga stimulasi awal biasanya terjadi pada sistem akar, termasuk peningkatan panjang, volume, dan jumlah akar lateral yang memperluas area penyerapan nutrisi dan air (Grover et al., 2021). Efek ini terutama dimediasi oleh produksi fitohormon seperti *indole-3-acetic acid* (IAA), yang secara spesifik merangsang pembentukan akar lateral dan rambut akar, namun tidak selalu berdampak langsung pada pertumbuhan daun (Stefen et al., 2022). Selain itu, distribusi nutrisi yang difasilitasi oleh PGPR cenderung lebih terfokus pada sistem akar, terutama pada fase awal pertumbuhan tanaman, sehingga respons vegetatif seperti jumlah daun mungkin belum terlihat signifikan. Faktor lain yang turut memengaruhi adalah dosis dan waktu aplikasi PGPR, di mana aplikasi awal lebih berdampak pada akar, sedangkan peningkatan jumlah daun mungkin memerlukan perlakuan lanjutan atau kombinasi dengan biostimulan lain (Jaoudé et al., 2025).

Pengamatan tiga parameter pertumbuhan dengan pengaplikasian PGPR akar bambu dan putri malu terhadap 3 jenis tanaman sayuran (sawi, bayam, dan kangkung) pada penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi PGPR dari akar bambu dan putri malu memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap pertumbuhan tanaman sayuran, tergantung pada jenis tanaman dan parameter yang diamati secara terpadu. Pada tanaman bayam dan kangkung, PGPR terbukti efektif dalam meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar, meskipun tingkat efektivitasnya berbeda antar jenis PGPR dan tanaman. PGPR akar bambu menunjukkan hasil terbaik pada tanaman bayam, sedangkan PGPR putri malu lebih efektif pada kangkung, terutama dalam memacu pertumbuhan akar. Efek ini diduga berkaitan dengan kemampuan PGPR dalam menghasilkan fitohormon seperti IAA dan giberelin, serta meningkatkan penyerapan nutrisi melalui modifikasi arsitektur akar (Hasan et al., 2024). Sebaliknya, pada tanaman sawi, aplikasi PGPR tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ketiga parameter tersebut. Perlakuan kontrol bahkan menghasilkan tinggi tanaman dan panjang akar yang lebih

besar dibandingkan perlakuan PGPR, meskipun tidak berbeda nyata secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa komunitas mikroba dalam PGPR yang digunakan mungkin kurang kompatibel dengan sistem perakaran dan fisiologi sawi, atau bahwa dosis dan waktu aplikasi belum optimal untuk tanaman tersebut.

Secara keseluruhan, integrasi ketiga parameter menunjukkan bahwa efektivitas PGPR bersifat spesifik dan tidak seragam antar jenis tanaman. Keberhasilan PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada kecocokan mikroba dengan tanaman inang, serta strategi aplikasi yang digunakan, termasuk dosis dan fase pertumbuhan tanaman saat perlakuan diberikan. Temuan ini memperkuat potensi PGPR sebagai pupuk hayati yang dapat dioptimalkan secara selektif untuk meningkatkan produktivitas tanaman sayuran secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa efektivitas PGPR akar bambu dan putri malu dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bersifat spesifik tergantung jenis tanaman. PGPR terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam dan kangkung. PGPR akar bambu lebih optimal untuk tanaman bayam sedangkan PGPR akar putri malu lebih efektif terhadap tanaman kangkung, terutama dalam aspek perkembangan akar. Sebaliknya, pada tanaman sawi, aplikasi PGPR tidak memberikan peningkatan signifikan pada ketiga parameter yang diamati. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan pemanfaatan PGPR sebagai pupuk hayati sangat dipengaruhi oleh kompatibilitas mikroba dengan tanaman inang serta karakteristik fisiologis masing-masing tanaman. Oleh karena itu, formulasi dan strategi aplikasi PGPR perlu disesuaikan secara spesifik untuk mencapai hasil yang optimal dalam sistem pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinong, A. R., Nispasari, N., Wahab, A., & Nurcholis, J. (2021). Aplikasi *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) akar tumbuhan putri malu terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis* L.). *Jurnal Agrisistem*, 17(1), 10-18. <https://doi.org/10.52625/j-agr.v17i1.187>.
- Bashir, S., Marium, H., & Haroon, A. (2023). Emerging potential of spinach PGPR for plant growth promotion. *Research Square*, 1-17. <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-3268196/v1>.
- de Andrade, L. A., Santos, C. H. B., Frezarin, E. T., Sales, L. R., & Rigobelo, E. C. (2023). Plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agricultural production. *Microorganism*, 11(4), 1-16. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041088>.
- Grover, M., Bodhankar, S., Sharma, A., Sharma, P., Singh, J., & Nain, L. (2021). PGPR mediated alterations in root traits: way toward sustainable crop production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(618230), 1-28. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.618230>.
- Hasan, A., Tabassum, B., Hashim, M., & Khan, N. (2024). Role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as a plant growth enhancer for sustainable agriculture: a review. *Bacteria* 2024, 3(2), 59–75. <https://doi.org/10.3390/bacteria3020005>.
- Ichwan, B., Novita, T., Eliyanti, E., & Masita, E. (2021). Aplikasi berbagai jenis *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil cabai merah (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Media Pertanian*, 6(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.33087/jagro.v6i1.111>.
- Jaoudé, R. A., Luziatelli, F., Ficca, A. G., & Ruzzi, M. (2025). Soil microbiome transplantation to enhance the drought response of *Salvia officinalis* L. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1-17. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1553922>.
- Katkar, A. S., Kumbhar, C. T., Jadhav, A. C., & Godse, D. D. (2023). Consortium of plant growth promoting rhizobacteria improves growth, yield and nutrient uptake in spinach (*Spinacia oleracea*). *The Pharma Innovation Journal*, 12(7), 1825-1829.
- Lyu, H., Li, Y., Wang, Y., Wang, P., Shang, Y., Yang, X., Wang, F., & Yu, A. (2024). Drive soil nitrogen transformation and improve crop nitrogen absorption and utilization – a review of green manure

- applications. *Frontiers in Plant Science*, 14(1305600), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1305600>.
- Malleswari, D., & Bagyanarayana, G. (2013). Plant growth-promoting activities and molecular characterization of rhizobacterial strains isolated from medicinal and aromatic plants. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 6(6), 30-37. <http://dx.doi.org/10.9790/3008-0663037>.
- Maya, K. C. B., Gauchan, D. P., Khanal, S. N., & Lamichhane, J. (2023). Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria from bamboo rhizosphere and their role in plant growth promotion. *Nepal Journal of Science and Technology*, 21(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.3126/njst.v21i1.49908>.
- Mendrofa, M. T., & Gulo, D. (2024). Pengaruh pupuk organik terhadap perbaikan struktur dan stabilitas tanah. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(1), 105-110. <https://doi.org/10.70134/penarik.v2i2.72>.
- Nareswari, A. H. P., Saptorini, S., & Noviady, I. (2025). Optimization of bamboo roots PGPR dosage on mung bean growth and yield. *BioLink: Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, dan Kesehatan*, 11(2), 222-234. <https://doi.org/10.31289/biolink.v11i2.11259>.
- Rachmat, R., Ramli, R., Aziz, H. A., & Bororing, S. (2021). Pengaruh pemberian plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) akar bambu pada pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Agrisistem*, 17(1), 19-24. <http://dx.doi.org/10.52625/j-agr.v17i1.186>.
- Ramli, R., Hamzah, P., & Pasauran, W. (2020). Efektivitas pemberian *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) akar putri malu terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassicca juncea* L.). *Jurnal Agrisistem*, 16(2), 93-99.
- Triani, I. G. A. L., Gunam, I. B. W., Setiyo, Y., & Suhendra, L. (2022). Cultivation innovations of growth promoting bacteria and the characteristics of several vegetables. *International Journal of Biology and Biomedical Engineering*, 16, 269-278. <http://dx.doi.org/10.46300/91011.2022.16.34>.
- Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M-L., Touraine, B., Moënne-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dyé, F., & Prigent-Combaret, C. (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science*, 4(356), 1-19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00356>.
- Wahab, A., Bibi, H., Batool, F., Muhammad, M., Ullah, S., Zaman, W., & Abdi, G. (2024). Plant growth-promoting rhizobacteria biochemical pathways and their environmental impact: a review of sustainable farming practices. *Plant Growth Regulator*, 104, 637-662. <https://doi.org/10.1007/s10725-024-01218-x>.