

ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGUNAAN *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR) UNTUK PENINGKATAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

Callista Fabiola Candraningtyas¹, Muhammad Indrawan¹

¹⁾ Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret, Surakarta
Email: callistafabiolac@student.uns.ac.id

RINGKASAN

Peningkatan populasi manusia di dunia merupakan tantangan yang signifikan bagi produksi pertanian dan pangan. Hal ini menyebabkan para petani menggunakan pupuk kimia yang berlebihan sehingga mengeksploitasi lahan subur untuk mencukupi kebutuhan pangan manusia. Tantangan ini juga menyebabkan Indonesia menduduki peringkat ketiga tertinggi se-Asia Tenggara dengan indeks kelaparan global. Agar kondisi tidak semakin memburuk maka perlu dilakukan praktik pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan. Praktik pertanian berkelanjutan ini dapat dilakukan dengan menggunakan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan membuat inokulan dan formulasi cair PGPR yang kemudian diaplikasikan pada Kacang Merah untuk diamati perkembangannya dan dibandingkan dengan Kacang Merah yang tidak diberi cairan PGPR. Dalam penelitian diketahui dampak penggunaan PGPR pada Kacang Merah, yakni dapat meningkatkan tinggi tanaman, tinggi daun, dan jumlah daun. Hal ini membuktikan jika penggunaan PGPR dapat menjadi solusi yang efektif untuk diterapkan pada pertanian di Indonesia.

Kata kunci: bioteknologi, pertanian modern, *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF USING PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR) FOR INCREASING SUSTAINABLE AGRICULTURE

ABSTRACT

The increase in the world's human population is a significant challenge for agricultural and food production. This causes farmers to use excessive chemical fertilizers so that they exploit fertile land to meet human food needs. This challenge has also caused Indonesia to be ranked third highest in Southeast Asia with a global hunger index. So that conditions do not get worse, it is necessary to carry out sustainable agricultural practices that are environmentally friendly. This sustainable agricultural practice can be carried out using Plant Growth

Promoting Rhizobacteria (PGPR). The method used in this study was to make inoculants and PGPR liquid formulations which were then applied to Red Beans to observe their development and compared to Red Beans which were not given PGPR liquid. The study found that the impact of using PGPR on Red Beans was that it could increase plant height, leaf height, and number of leaves. This proves that the use of PGPR can be an effective solution to be applied to agriculture in Indonesia.

Keywords: *biotechnology, modern agriculture, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)*

PERNYATAAN KUNCI

Pertanian berkelanjutan merupakan sebuah implementasi dari pembangunan berkelanjutan yang memiliki tiga konsep, yakni ekonomi, sosial, dan ekologi. Konsep pertanian berkelanjutan ini dapat digunakan sebagai solusi dalam mengatasi masalah di bidang pertanian dan kebutuhan pangan. Contoh penerapan pertanian berkelanjutan adalah mengganti pupuk kimia ke pupuk organik.

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik, seperti sisa sayuran dan buah-buahan yang dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan optimal dan bersifat ramah lingkungan. Pupuk organik berdasarkan bentuknya dibagi menjadi dua jenis, yakni pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

REKOMENDASI KEBIJAKAN

Pemerintah hendaknya memberikan sosialisasi kepada masyarakat, khususnya petani untuk mulai menerapkan sistem pertanian berkelanjutan dengan memperkenalkan pupuk organik ramah lingkungan sehingga dapat meminimalkan penggunaan pupuk kimia yang berbahaya bagi ling-

kungan. Selain itu, pemerintah juga memberikan pendampingan pembuatan pupuk organik kepada petani sehingga petani dapat membuat pupuk organik secara mandiri guna mengefisienkan pengeluaran dan membantu meningkatkan perekonomian.

PENDAHULUAN

Pangan merupakan kebutuhan paling dasar dan menjadi hak asasi setiap individu yang apabila kondisi pangan berkurang maka akan berdampak pada instabilitas sosial, ekonomi, dan politik (Wijaya *et al.*, 2022; Ichwandil, 2015). Meningkatnya populasi manusia di dunia merupakan tantangan yang signifikan bagi produksi pertanian dan ketahanan pangan. Hal ini menyebabkan para petani menggunakan pupuk kimia yang berlebihan sehingga mengeksploitasi lahan subur untuk mencukupi kebutuhan pangan manusia. Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan selain dapat mengeksploitasi dan mengurangi kesuburan tanah juga dapat menyebabkan kerusakan lingkungan masal, seperti kematian biota tanah dan keracunan pada manusia.

Pertanian merupakan salah satu komponen dan tujuan dalam mencapai

Sustainable Development Goals (SDGs) (Mucharam *et al.*, 2022; Sjaf *et al.*, 2021; Arifin *et al.*, 2012). Pada sistem pertanian, terdapat tiga prinsip keberlanjutan pertanian terkait bioenergi dan bioindustri yang meliputi *self financing* atau pembiayaan sendiri, penerapan teknologi skala kecil, dan usaha yang layak teknis dan ekonomis (Elizabeth, 2021; Kaswanto, 2017). Praktik pertanian berkelanjutan dapat dilakukan dengan sederhana dengan *self financing* dan penerapan teknologi skala kecil adalah menggunakan PGPR. Penelitian yang dilakukan oleh Gopi *et al.* (2020), menyatakan jika formulasi cair campuran PGPR sama efektifnya dengan formulasi bubuk dalam meningkatkan hasil dan parameter biometrik tanaman. Pemberian PGPR cair dengan dosis 10–20 mL dapat meningkatkan panjang akar tanaman menjadi lebih panjang serta dapat menambah bobot kering dan basah akar tanaman tersebut (Sitawati *et al.*, 2022).

PGPR merupakan kelompok mikroba yang mampu mengolonisasi akar tanaman, mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui berbagai cara baik langsung maupun tidak langsung untuk meningkatkan pertumbuhan, serta melindunginya dari penyakit atau kerusakan akibat serangan serangga (Mohanty *et al.*, 2021). Pada PGPR, tidak semua jenis bakteri dapat digunakan. Bakteri pemacu pertumbuhan tanaman PGPR adalah bakteri tanah yang hidup di rizosfer melalui sekresi berbagai molekul pengatur

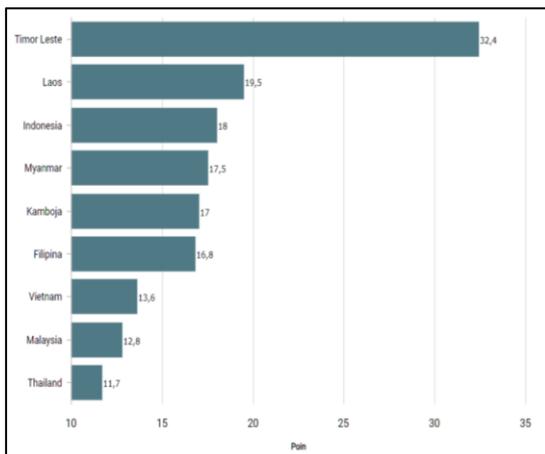
serta terlibat dalam mendorong pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Vocciante *et al.*, 2022). Adapun beberapa jenis bakteri yang teridentifikasi sebagai bakteri PGPR antara lain *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, dan *Bacillus* (Ristiana *et al.*, 2022).

Cara kerja PGPR ini terdiri atas dua jenis, yakni dengan mekanisme langsung dengan mendukung pertumbuhan tanaman secara langsung yang meliputi fiksasi nitrogen, produksi fitohormon, pelarutan fosfat, serta peningkatan ketersediaan zat besi untuk memacu pertumbuhan tanaman dan mekanisme tidak langsung yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menginduksi respons pertahanan tanaman. Pada penelitian ini tanaman yang diuji adalah kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.). Tanaman ini termasuk dalam golongan leguminosa dengan tipe pertumbuhan tegak dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki cukup banyak kandungan protein dan karbohidrat (Lewar *et al.*, 2020). Oleh karena itu, tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas PGPR dalam upaya meningkatkan pertanian berkelanjutan.

SITUASI TERKINI

Indonesia yang dikenal sebagai negara agraris nyatanya masih belum dapat memenuhi kebutuhan pangan masyarakatnya. Dihimpun dari Katadata (2022), Indonesia menduduki peringkat ketiga

tertinggi se-Asia Tenggara dengan indeks kelaparan global (Gambar 1).



Gambar 1. Skor indeks kelaparan

Hal ini disebabkan tingginya populasi dengan pengelolaan pertanian yang masih belum optimal. Belum optimalnya pengelolaan pertanian ini salah satunya disebabkan oleh penggunaan pupuk kimia yang apabila digunakan dalam jangka panjang dapat merusak struktur tanah dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang tumbuh di atasnya, menyebabkan tanaman yang tumbuh menjadi tidak maksimal. Untuk menyikapi hal tersebut, sudah selayaknya membuat perubahan dalam bidang pertanian khususnya untuk penggunaan pupuk dengan beralih pada penggunaan pupuk ramah lingkungan dan dapat semakin mengoptimalkan pertumbuhan tanaman agar dapat mengatasi krisis pangan.

METODOLOGI

Alat, bahan, dan cara pembuatan

Alat yang digunakan adalah panci, kompor, sendok sayur, pisau, saringan, botol air mineral ukuran 1,5 liter sebanyak 3 buah,

polybag, gelas 200 mL, dan mistar. Bahan yang dibutuhkan adalah terasi, gula merah, dedak, kapur sirih $\frac{1}{2}$ sdm, air 3 liter, akar ilalang 250 gram, tanah secukupnya, kacang merah sebanyak 14 butir, dan kertas milimeter blok.

Cara kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pembuatan inokulan
 1. Akar tanaman dicacah lalu dimasukkan ke dalam botol air mineral ukuran 1,5 liter.
 2. Air ditambahkan hingga isi botol penuh.
 3. Inokulan diinkubasi selama 48 jam (2 hari) sebelum dicampurkan dengan media formulasi.
- Pembuatan formulasi cair PGPR
 1. Terasi, gula, dedak, kapur sirih, dan 1,5 liter air dicampurkan ke dalam panci.
 2. Campuran dimasak hingga mendidih.
 3. Setelah campuran masak atau dalam kondisi sudah dididih maka kompor dimatikan.
 4. Campuran didinginkan lalu disaring
 5. Formulasi campuran ditambahkan dengan air sebanyak 1,5 liter dan 1 gelas inokulan dengan ukuran 200 mL.
 6. Campuran diaduk hingga tercampur rata.

7. Formulasi cair PGPR yang telah jadi dimasukkan ke dalam wadah bersih berupa botol air mineral ukuran 1,5 liter sebanyak 2 buah.
 8. Formulasi cair PGPR diinkubasi selama 15 hari.
 9. Perubahan yang terjadi diamati dan dicatat.
- Pengaplikasian PGPR
 1. Kacang merah yang telah berkecambah dan berumur 15 hari dipindahkan ke *polybag* berisi tanah
 2. Masing-masing *polybag* diisi 6 tanaman kacang merah dan diberi jarak pada setiap tanaman.
 3. PGPR diaplikasikan sebanyak 5 mL ke dalam 1 liter air untuk penyiraman (penyiraman sebanyak 1 liter dapat digunakan untuk 2-3 hari).
 4. Pertumbuhan tanaman diamati dan dicatat.

Hasil dari pertumbuhan tanaman kacang merah yang diberi PGPR kemudian dibandingkan dengan tanaman Kacang Merah kontrol yang tidak diberi formula PGPR untuk mengetahui perbedaan di antara keduanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik PGPR

Pada hari ke-1 inkubasi, bau dari formula PGPR cair memiliki bau yang sangat menyengat dengan karakteristik fisik keruh dan berwarna coklat. Bau tidak sedap dan

menyengat ini berasal dari campuran terasi, gula merah, dedak, serta kapur sirih yang masih memproses inkubasi di hari pertama. Mikroorganisme belum sepenuhnya menggunakan bahan-bahan tersebut karena masih cukup baru, sehingga aktivitas mikroorganisme dan proses penguraian belum terjadi secara sempurna. Dalam pengamatan hari ke-1 ini masih belum terdapat perubahan yang signifikan terhadap karakteristik cairan, karena belum berjalan dengan baik untuk proses penguraian oleh bakteri.

Pada hari ke-5 inkubasi, karakteristik PGPR formula cair masih berbau menyengat namun tidak setajam saat hari ke-1 dengan warna yang mulai berubah, yakni menjadi coklat muda dan lebih jernih dari sebelumnya. Perubahan ini terjadi karena telah aktifnya mikroorganisme sehingga terjadi proses penguraian. Perubahan warna juga dikarenakan adanya endapan dari bahan-bahan makanan yang telah digunakan oleh mikroorganisme. Dalam waktu ini terjadi proses fermentasi secara anaerob sehingga pada botol terdapat gas serta gelembung-gelembung. Gas tersebut menekan ruang pada wadah sehingga mengakibatkan wadah menjadi menggelembung dan meledak apabila tidak dibuka. Maka dari itu, wadah perlu dibuka 2 kali sehari di pagi hari dan malam hari dengan waktu 5 detik dan ditutup kembali. Hal tersebut harus rutin dilakukan agar botol

tidak meledak dan menyebabkan cairan tumpah.

Pada hari ke-10 inkubasi, karakteristik PGPR formula cair menjadi agak berbau menyengat dan tidak setajam seperti hari sebelumnya dengan warna oranye dan agak jernih. Hal ini dikarenakan proses penguraian masih berlangsung dan telah terpakainya bahan-bahan makanan mikro-organisme sehingga warna cairan menjadi lebih terang dibandingkan dengan sebelumnya dan terdapat cukup banyak endapan di bawah sebagai hasil dari aktivitas yang dilakukan oleh mikroorganisme. Pada hari ke-10 ini juga mulai muncul adanya lapisan berwarna putih pada cairan yang menandakan keberadaan koloni bakteri dari proses fermentasi yang sedang berjalan.

Pada masa inkubasi terakhir, yakni hari ke-15 inkubasi, karakteristik PGPR formula cair berubah dari sebelumnya. Pada hari ke-15 ini meskipun masih menghasilkan bau, namun formula PGPR ini sudah tidak menghasilkan bau yang menyengat tajam seperti hari sebelumnya. Bau yang dihasilkan ini mirip dengan bau tape atau bau fermentasi. Warna dari PGPR cair ini pun berubah menjadi kuning dan jernih dengan padatan tersuspensi pada bagian bawah sudah terendapkan. Hal ini menandakan jika proses inkubasi telah selesai. Semakin lama waktu inkubasi, maka jumlah mikro-organisme yang ada pada cairan PGPR akan semakin meningkat. Hal ini dibuktikan

dalam penelitian yang dilakukan oleh Amhar (2020), jika masa inkubasi optimal PGPR adalah 2 minggu karena jumlah mikroba pada waktu tersebut dalam nilai yang tinggi dibandingkan dengan waktu lain. Hasil karakteristik PGPR secara keseluruhan tersaji pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Karakteristik PGPR

Waktu Inkubasi	Karakteristik		
	Hari ke-	Bau	Warna
1 (Jumat, 28 April 2023)		++++ (sangat berbau menyengat dan sangat keruh)	++++ (coklat)
5 (Selasa, 2 Mei 2023)		+++ (berbau menyengat dan keruh)	+++ (coklat muda)
10 (Sabtu, 6 Mei 2023)		++ (agak berbau menyengat)	++ (oranye)
15 (Rabu, 10 Mei 2023)		+ (sedikit berbau menyengat dan jernih)	+ (kuning)

PGPR yang telah diinkubasi selama 15 hari diaplikasikan kepada tanaman kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.). Tanaman ini sangat dikenal dan banyak ditanam oleh masyarakat Indonesia karena beragam manfaatnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek PGPR pada kacang merah dengan mengamati tinggi tanaman, tinggi daun, dan jumlah daun. Pengaplikasian PGPR pada tanaman kacang merah dilakukan dengan cara menyiramkan secukupnya hasil enceran formulasi cair PGPR pada akar tanaman setiap hari. Pengenceran ini dilakukan dengan mengencerkan konsentrasi PGPR dengan air pada

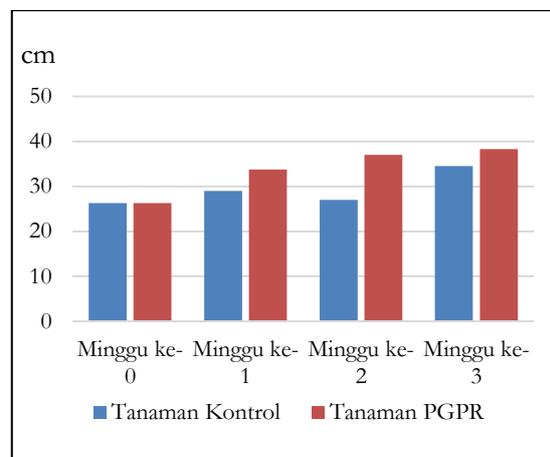
perbandingan 5 mL/liter. Untuk penyiraman sebanyak 1 liter dapat digunakan untuk 2 hingga 3 hari penyiraman. Tanaman kacang merah yang digunakan adalah sebanyak 15 tanaman yang telah ditanam selama 15 hari yang lalu dan dipindahkan ke dalam 2 *polybag* untuk diberi perlakuan yang berbeda, yakni tanaman kacang merah kontrol dan tanaman kacang merah yang diberi PGPR dengan media 100% tanah.

Pengamatan dilakukan selama 4 minggu, mulai tanggal 10 Mei 2023 hingga 31 Mei 2023, dengan menggunakan 2 tanaman sebagai kontrol (minggu ke-0), 2 tanaman kontrol dan 2 tanaman PGPR (minggu ke-1), 2 tanaman kontrol dan 2 tanaman PGPR (minggu ke-2), serta 2 tanaman kontrol dan 2 tanaman PGPR (minggu ke-3).

Tinggi tanaman

Hasil perbandingan rata-rata dari tinggi tanaman kacang merah kontrol dan tanaman kacang merah PGPR ditunjukkan oleh Gambar 2. Rata-rata tinggi tanaman kacang merah pada minggu ke-0 adalah 26,25 cm. Pada minggu ke-1, rata-rata tinggi tanaman kontrol adalah 29 cm dan tanaman PGPR adalah 33,75 cm. Pada minggu ke-2, rata-rata tinggi tanaman kontrol adalah 27 cm dan tanaman PGPR adalah 37 cm. Pada minggu ke-3, rata-rata tinggi tanaman adalah 34,5 cm dan tanaman PGPR adalah 38,25 cm. Dalam hasil pengukuran tinggi kontrol tanaman kacang merah, terdapat perbedaan antara tinggi tanaman kontrol dengan

tanaman yang diberi PGPR yang memiliki ketinggian lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi PGPR.

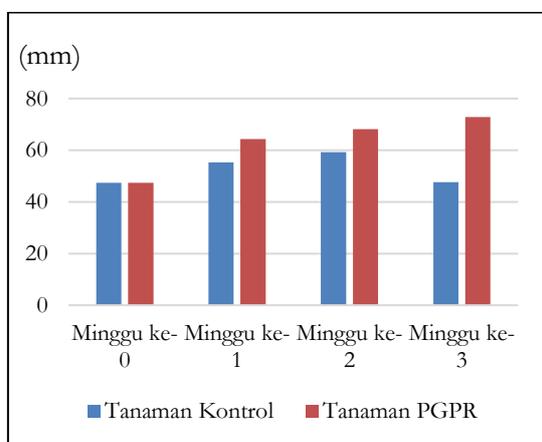


Gambar 2. Tinggi Tanaman

Berdasarkan pengamatan tinggi tanaman, diketahui jika formulasi PGPR dapat meningkatkan tinggi tanaman. PGPR yang dapat menahan tingkat *stress* pada tanaman mampu menghasilkan berbagai metabolit aktif yang kuat untuk melindungi tanaman dan meningkatkan pertumbuhannya dengan membentuk fitohormon seperti giberelin, akusin, sitokinin, dan menseksresikan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) (Kumar *et al.*, 2019). Hal senada juga disampaikan oleh Pereira *et al.* (2020), jika PGPR mampu menginduksi perubahan yang signifikan dalam sistem akar melalui fitohormon IAA sehingga dapat meningkatkan percabangan akar lateral dan meningkatkan serapan hara yang mendorong pertumbuhan tanaman. Selain karena faktor PGPR, sumber dan varietas biji juga dapat menentukan tinggi dan rendah suatu tanaman. Biji yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kacang merah biasa yang dijual di pasaran.

Panjang daun

Hasil perbandingan rata-rata panjang daun tanaman kacang merah kontrol dan kacang merah PGPR ditunjukkan pada Gambar 3. Rata-rata panjang daun tanaman kacang merah pada minggu ke-0 adalah 47,45 mm. Pada minggu ke-1, rata-rata panjang daun tanaman kontrol adalah 55,3 mm dan tanaman PGPR adalah 64,3 mm. Pada minggu ke-2, rata-rata panjang daun tanaman kontrol adalah 59,3 mm dan tanaman PGPR adalah 68,15 mm. Pada minggu ke-3, rata-rata panjang daun tanaman kontrol adalah 47,6 mm dan tanaman kontrol PGPR adalah 72,8 mm. Terdapat perbedaan antara panjang daun tanaman kontrol dan panjang daun tanaman yang diberi PGPR.



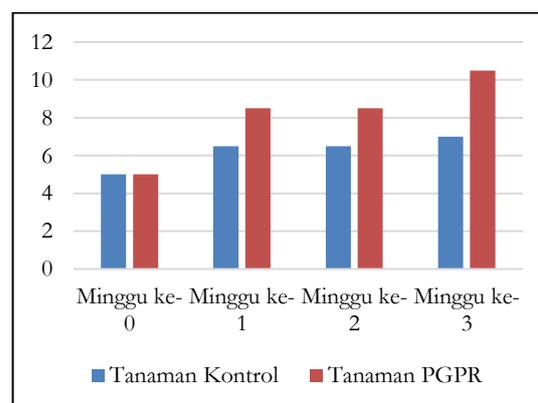
Gambar 3. Panjang daun

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran panjang daun, dapat diketahui jika pemberian PGPR dapat meningkatkan panjang daun pada tanaman. Hal ini karena adanya hormon seperti giberelin yang terlibat dalam proses transportasi metabolit dalam pembentukan kloroplas (Vocciante *et al.*,

2022). Selain itu, adanya asam AIA (Asam Indol Asetat) dapat meningkatkan perkembangan sel, merangsang pembentukan daun dan juga meningkatkan aktivitas enzim, sehingga tanaman yang diberi PGPR memiliki kualitas panjang daun yang lebih maksimal (Noor dan Nurhadi, 2022).

Jumlah daun

Hasil perbandingan antara rata-rata jumlah daun tanaman kacang merah kontrol dan tanaman kacang merah PGPR ditunjukkan oleh Gambar 4. Rata-rata jumlah daun tanaman kacang merah pada minggu ke-0 adalah 5 lembar. Pada minggu ke-1, rata-rata jumlah daun tanaman kontrol adalah sebanyak 6,5 lembar dan tanaman PGPR sebanyak 8,5 lembar. Pada minggu ke-2, rata-rata jumlah daun tanaman kontrol adalah sebanyak 6,5 lembar dan tanaman PGPR sebanyak 8,5 lembar. Pada minggu ke-3, rata-rata jumlah daun tanaman kontrol adalah sebanyak 7 lembar dan pada tanaman PGPR sebanyak 8,5 lembar.



Gambar 4. Jumlah Daun

Tanaman yang diberi PGPR memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi PGPR.

Prabewi *et al.*, (2022), menyatakan jika PGPR dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi lain seperti fosfat dan besi yang dapat digunakan untuk memproduksi hormon-hormon pada tanaman dan mengontrol penyakit. Daun pada tanaman yang diberi PGPR tidak ada yang menguning. Hal ini karena PGPR memiliki manfaat sebagai bioprotektan untuk melindungi tanaman dari patogen (Patading dan Ai, 2021).

Pada dasarnya PGPR mengandung 4 mikroorganisme yang salah satunya adalah *Bacillus* sp. Mikroorganisme ini berfungsi untuk menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman seperti auksin, sitokinin, dan IAA untuk merangsang pembelahan sel, mengatur pembesaran sel, dan memacu pertumbuhan akar. Selain itu, unsur nitrogen yang berperan dalam pembentukan daun yang penting bagi tanaman juga terdapat di aplikasi PGPR (Nugraha *et al.*, 2023). Pengaruh pemberian PGPR pada ketiga indikator pertumbuhan tanaman pada penelitian yang dilakukan menunjukkan hasil yang positif. Aplikasi PGPR menunjukkan hasil yang lebih optimal apabila dibandingkan dengan perlakuan tanpa aplikasi PGPR. Hal ini karena PGPR mampu mentolerir berbagai salinitas dan memberikan kemampuan bagi tanaman untuk bertahan dalam kondisi tanah salin. Selain itu, dengan segala hormon yang dapat dikeluarkan dan efek positif atau manfaat dari PGPR, membuat aplikasi ini dapat

dijadikan solusi sebagai pengganti penggunaan pupuk kimia yang tidak ramah lingkungan.

Pada saat dilakukan penelitian, peneliti juga mengamati kondisi akar tanaman kontrol dan tanaman yang diberi PGPR. Terdapat perbedaan karakteristik antara kedua tanaman ini. Tanaman yang diberi PGPR di bagian akarnya terdapat banyak bintil-bintil putih. Sedangkan pada tanaman kontrol yang tidak diberi PGPR, tidak terdapat hal serupa. Merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh Astija *et al.*, (2022), bintil-bintil putih pada akar efektif dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Hal inilah yang menjadikan pertumbuhan tinggi tanaman dengan aplikasi PGPR menjadi lebih optimal jika dibandingkan dengan tanaman yang tidak menggunakan PGPR.

ANALISIS DAN ALTERNATIF SOLUSI

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diketahui jika penggunaan PGPR dapat menjadi solusi yang solutif untuk mendukung pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Hal ini semakin diperkuat dengan beberapa penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Naihati *et al.*, (2018), menyatakan jika pemberian PGPR berpengaruh pada tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat trubus segar dan kering, berat akar segeliat dan kering, berat tanaman segar dan kering, berat tanaman per petak segar dan kering, serta

indeks panen. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Ristiana *et al.*, (2022) jika pemberian PGPR berpengaruh pada tinggi tanaman, jumlah daun, dan volume akar.

DAFTAR PUSTAKA

- Amhar, U. 2020. Pengaruh lama inkubasi PGPR bambu terhadap jumlah mikroba sebagai bio-aktivator. *Skripsi*: Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Arifin, H.S., Munandar, A., Schultin, K.G., Kaswanto, R.L. 2012. The role and impacts of small-scale, homestead agroforestry systems ("pekarangan") on household prosperity: An analysis of agro-ecological zones of Java, Indonesia. *International Journal of AgriScience*, 2(10), 896-914.
- Astija, Yulisa, Alibasyah, L., Febriani, V.I. 2022. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) akar bambu, kacang hijau, dan putri malu untuk meningkatkan pertumbuhan bintil akar kacang hijau. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 10(2), 652-661. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i2.5291>.
- Elizabeth, R. 2021. Pemakaian biogas: Hemat biaya bahan bakar dan tambahan pendapatan rumah tangga mendukung ketahanan energi. *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 8(3), 151-175. <https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v8i3.28067>.
- Gopi, G.K., Meenakumari, K.S., Anith, K.N., Nysanth, N.S., Subha, P. 2020. Application of liquid formulation of a mixture of plant growth promoting rhizobacteria helps reduce the use of chemical fertilizers in *Amaranthus* (*Amaranthus tricolor* L.). *Rhizosphere*, 15, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100212>.
- Ichwandil. 2015. Membumikan kebijakan ketahanan pangan. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 1(2), 97-104. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jkebijakan/article/view/10300>.
- Kaswanto, R.L. 2017. Management of landscape services for improving community welfare in West Java, Indonesia. *Landscape Ecology for Sustainable Society* 251–270.
- Kumar, A., Patel, J.S., Meena, V.S., Srivastava, R. 2019. Recent advances of pgpr based approaches for stress tolerance in plants for sustainable agriculture. *Biocatalysis and Agriculture Biotechnology*, 20(3), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101271>.
- Lewar, Y., Hasan, A., Bunga, J.A., Vertygo, S. 2020. Pertumbuhan dan hasil kacang merah varietas inerie di dataran rendah akibat pemberian pupuk NPK dan Biostimulan Amazing Bio Growth. *Jurnal Penelitian Pertanian*

- Terapan*, 20(3), 237-246.
<http://dx.doi.org/10.25181/jppt.v20i3.1848>.
- Mohanty, P., Singh, P.K., Chakraborty, D. Mishra, S. Pattnaik, R. 2021. Insight into the role of PGPR in sustainable agriculture and environment. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 1-12.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.67150>.
- Mucharam, I., E. Rustiadi, A. Fauzi, Harianto. 2022. Signifikansi pengembangan indikator pertanian berkelanjutan untuk mengevaluasi kinerja pembangunan pertanian Indonesia. *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 9(2): 61-81.
<https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v9i2.28038>.
- Naihati, Y. F., Taolin, R.I.C.O., Rusae, A. 2018. Pengaruh takaran dan frekuensi aplikasi PGPR terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Savana Cendana: Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 3(1), 1-3.
<https://doi.org/10.32938/sc.v3i01.215>.
- Noor, S., Nurhadi, S. 2022. Manfaat, cara perbanyakan dan aplikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). *Agriekstensi: Jurnal Penelitian Terapan Bidang Pertanian*, 21(1), 64-71.
<https://doi.org/10.34145/agriekstensi.v21i1.1877>.
- Nugraha, E., Noertjahyani, Parlinah, L. 2023. Pengaruh konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kangkung (*Ipomoea Reptans* Poir) varietas bika. *OrchidAgro*, 3(1), 11-18.
<http://dx.doi.org/10.35138/orchidagro.v3i1.513>.
- Patading, G.F., Ai, A.I. 2021. Efektivitas penyiraman PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) terhadap tinggi, lebar daun, dan jumlah daun bawang merah (*Allium cepa* L.). *Biofaal Jurnal*, 2(1), 35-41.
<https://doi.org/10.30598/biofaal.v2i1pp35-41>.
- Pereira, S.I.A., Abreu, D., Moreira, H., Vega, A., Castro, P.M.L. 2020. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) improve the growth and nutrient use efficiency in maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. *Heliyon*, 6, 1-9.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05106>.
- Prabewi, N., Hartati, P., Fauzi, M.N. 2022. Perbedaan waktu fermentasi menggunakan fermentator PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) akar bambu untuk pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) urine sapi kandungan nutrisi tinggi. *Jurnal Penelitian Peternakan Terpadu*, 4(6), 17-

25.
<http://dx.doi.org/10.36626/jppt.v4i6.859>.
- Ristiana, F., Tumbelaka, M.S., Nangoi, R. 2022. The effect of PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) bio fertilization on the growth and production of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J Agro Terapan*, 3(3), 43-51. <https://doi.org/10.35791/jat.v3i1.38276>.
- Sitawati, M.B., Sintawati, Fajriani, S. 2022. Efektivitas *Plant Growth Promotion Rhizobacteria* (PGPR) dan Pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan pembungaan tanaman Aster Ericoides (*Symphyotrichum ericoides*). *J. Hort. Indonesia*, 13(2), 64-71. <http://doi.org/10.29244/jhi.13.2.64-71>.
- Sjaf, S., Kaswanto, R.L., Hidayat, N.K., Barlan, Z.A., Elson, L., Sampean, S., Gunadi, H. 2021. Measuring achievement of sustainable development goals in rural area: a case study of Sukamantri Village in Bogor District, West Java, Indonesia. *Sodality: J. Sosiologi Pedesaan*, 9(2). <https://doi.org/10.22500/9202133896>
- Vocciante, M., Grifoni, M., Fusini, D., Petruzzelli, G., Franchi, E.. 2022. The role of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) in Mitigating Plant's Environmental Stresses. *Applied Sciences MDPI*, 12, 1-16. <https://doi.org/10.3390/app12031231>.
- Wijaya, O., Juniawan, W., Widodo. 2021. Alternatif Kebijakan Ketahanan Pangan Wilayah Kabupaten Banyumas dengan Pendekatan Cluster Analysis, *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 9(3), 133-148. <https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v9i3.32799>.