

EFEKTIVITAS PGPR BERBASIS AKAR BAMBU PADA BERBAGAI KEDALAMAN RIZHOSFER TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL SAWI PUTIH

Diterima:

30 Maret 2026

Revisi:

20 Mei 2026

Terbit:

27 Mei 2026

¹Tedi Purwanto, ²Retno Tri Purnamasari, ³A. Zainul Arifin,

⁴Fajar Hidayanto

^{1,3,4}Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Merdeka Pasuruan

^{13,4}Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia

²Pengembangan Produk Agroindustri, Politeknik Negeri Cilacap

²Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia

E-mail: tripurnamasariretno@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dalam pertanian telah menyebabkan degradasi tanah, ketidakseimbangan nutrisi, dan penurunan populasi mikroba, yang mengancam keberlanjutan jangka panjang. Bakteri Rizosfer Plant Growth-Promoting Rhizosphere (PGPR) menawarkan alternatif biologis yang menjanjikan. Namun, sebagian besar eksplorasi PGPR masih terbatas pada rizosfer tanaman semusim, sementara potensi rizosfer tanaman tahunan seperti bambu yang memiliki sistem perakaran dalam dan eksudat akar unik belum banyak diteliti. Perbedaan kedalaman akar bambu diduga memengaruhi keragaman dan kepadatan mikroorganisme rizosfer yang berpotensi sebagai PGPR. Informasi mengenai kedalaman optimum sumber akar bambu untuk produksi PGPR masih terbatas, sehingga tujuan penelitian ini untuk menentukan kedalaman ekstraksi akar bambu yang optimal untuk pertumbuhan dan hasil sawi putih (*Brassica rapa* L.). Penelitian ini dilakukan di Dusun Babatan, Desa Bakalan, Kota Pasuruan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan lima perlakuan yaitu PGPR akar bambu kedalaman 0, 10, 20, 30, dan 40 cm dengan lima kali ulangan. Setiap perlakuan terdiri atas 48 tanaman dengan 12 tanaman sampel. PGPR diaplikasikan empat kali selama masa pertumbuhan pada 5, 10, 15, dan 20 hari setelah tanam. Parameter pertumbuhan termasuk tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat kering bagian atas dan bawah tanaman, dan berat panen diukur pada 10, 15, 20, dan 25 hari setelah tanam. Hasil menunjukkan bahwa PGPR yang diekstrak pada kedalaman 20 cm menghasilkan hasil signifikan lebih unggul di semua parameter. Pada saat panen, perlakuan 20 cm menghasilkan berat 263,52 g per tanaman, lebih tinggi daripada perlakuan PGPR kedalaman 0 cm (198,60 g). Perlakuan ini juga menunjukkan tinggi tanaman tertinggi (32,28 cm), jumlah daun (9,68 helai), luas daun (820,73 cm²), dan berat kering total (960 g). Temuan ini menunjukkan bahwa PGPR akar bambu yang diekstrak pada kedalaman 20 cm paling efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil sawi putih, menawarkan solusi biofertilizer berkelanjutan untuk produksi sayuran.

Kata kunci: Bakteri Rizosfer Peningkat Pertumbuhan Tanaman, akar bambu, kedalaman ekstraksi, sawi caismus, pertanian berkelanjutan

ABSTRACT

*Excessive use of inorganic fertilizers in agriculture has led to soil degradation, nutrient imbalance, and a decline in microbial populations, threatening long-term sustainability. Plant Growth-Promoting Rhizosphere (PGPR) bacteria offer a promising biological alternative. However, most PGPR exploration is still limited to the rhizosphere of annual plants, while the potential of the rhizosphere of perennial plants such as bamboo with its deep root system and unique root exudates has not been widely studied. Differences in bamboo root depth are thought to affect the diversity and density of rhizosphere microorganisms that have potential as PGPR. Information regarding the optimum depth of bamboo root sources for PGPR production is still limited, so the aim of this study was to determine the optimal bamboo root extraction depth for the growth and yield of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). This study was conducted in Babatan Hamlet, Bakalan Village, Pasuruan City using a Randomized Block Design with five treatments: bamboo root PGPR at depths of 0, 10, 20, 30, and 40 cm with five replications. Each treatment consisted of 48 plants with 12 sample plants. PGPR was applied four times during the growing period at 5, 10, 15, and 20 days after planting. Growth parameters including plant height, number of leaves, leaf area, dry weight of the upper and lower parts of the plant, and harvest weight were measured at 10, 15, 20, and 25 days after planting. Results showed that PGPR extracted at a depth of 20 cm produced significantly superior yields in all parameters. At harvest, the 20 cm treatment yielded a plant weight of 263.52 g, higher than the 0 cm PGPR treatment (198.60 g). This treatment also showed the highest plant height (32.28 cm), number of leaves (9.68), leaf area (820.73 cm²), and total dry weight (960 g). These findings indicate that bamboo root PGPR extracted at a depth of 20 cm is most effective in improving the growth and yield of Chinese cabbage, offering a sustainable biofertilizer solution for vegetable production.*

Keywords: Plant Growth Promoting Rhizobacteria, bamboo root, extraction depth, chinese cabbage, sustainable agriculture

PENDAHULUAN

Pupuk merupakan salah satu input pertanian paling penting karena berfungsi sebagai sumber nutrisi tambahan untuk meningkatkan produktivitas lahan secara optimal (Panhwar et al., 2018). Di Indonesia, kebijakan sektor pertanian masih sangat bergantung pada efektivitas distribusi pupuk untuk menjamin keberlangsungan hidup petani kecil maupun industri, sehingga pemerintah secara konsisten mengalokasikan anggaran besar untuk subsidi pupuk dengan harapan meningkatkan produksi pangan nasional dan mencapai kedaulatan pangan. Namun, keberhasilan program ini tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan stok di gudang, melainkan juga oleh proses pembelian yang terkait aksesibilitas dan birokrasi serta proses aplikasi di lapangan yang menuntut ketepatan dosis dan waktu (Sipayung et al., 2021). Salah satu jenis pupuk yang mendominasi pasar adalah pupuk anorganik, hasil rekayasa kimia, fisika, atau biologi yang diproduksi massal untuk memenuhi kebutuhan makronutrien dengan cepat (Pratiwi et al., 2024). Meski mampu memberikan efek langsung pada penghijauan daun dan pembesaran buah, ketergantungan berlebihan pada pupuk kimia tanpa pengelolaan bijaksana menimbulkan konsekuensi jangka panjang yang serius bagi ekosistem pertanian.

Degradasi tanah akibat penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan telah menjadi salah satu tantangan utama dalam sistem pertanian modern. Ketergantungan jangka panjang pada pupuk kimia tanpa diimbangi dengan bahan organik menyebabkan penurunan kualitas fisik, kimia, dan

biologi tanah, termasuk hilangnya populasi mikroba bermanfaat yang berperan dalam siklus nutrisi alami (Murnita & Taher, 2021; Purnamasari et al., 2023). Kondisi ini menimbulkan kebutuhan mendesak akan alternatif yang lebih ramah lingkungan, yaitu biofertilizer, yang mampu menjaga kesuburan tanah sekaligus mendukung produktivitas tanaman secara berkelanjutan. Salah satu kandidat biofertilizer yang menjanjikan adalah *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR), kelompok bakteri yang hidup di rizosfer dan berperan sebagai biostimulan, penyedia nutrisi, serta pelindung akar dari patogen (Dutta et al., 2022; Marom et al., 2017). Dalam konteks lokal, akar bambu memiliki potensi besar sebagai sumber isolat PGPR karena sistem perakarannya yang ekstensif dan kemampuannya beradaptasi pada lingkungan ekstrem. Namun, hingga kini masih terdapat gap penelitian terkait seberapa dalam akar bambu dapat dieksplorasi untuk menghasilkan PGPR yang efektif dalam mendukung pertumbuhan tanaman hortikultura, khususnya sawi putih.

Penelitian mengenai PGPR akar bambu umumnya hanya berfokus pada konsentrasi dan frekuensi aplikasi, sedangkan pengaruh kedalaman pengambilan akar bambu terhadap efektivitas PGPR masih jarang dilaporkan, khususnya dalam mendukung pertumbuhan tanaman hortikultura seperti sawi putih. Padahal, penggunaan PGPR sebagai pupuk hayati merupakan langkah maju dalam meningkatkan produktivitas tanpa merusak lingkungan, karena bekerja melalui mekanisme multifungsi: berperan sebagai biostimulan dengan mensintesis hormon pertumbuhan seperti auksin untuk memanjangkan akar, sebagai penyedia nutrisi melalui fiksasi nitrogen dan pelarutan fosfat yang terikat dalam tanah, serta sebagai bioprotektan dengan menghasilkan senyawa antimikroba untuk melindungi akar dari patogen (Marom et al., 2017). Dengan mengintegrasikan penggunaan pupuk anorganik yang efisien dan aplikasi PGPR yang konsisten, kesehatan tanah dapat dipertahankan sekaligus mendukung ketahanan pangan nasional yang berkelanjutan (Tawakal et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa dalam ekstraksi akar bambu dapat menghasilkan PGPR yang efektif bagi pertumbuhan dan hasil tanaman sawi putih.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Dusun Babatan, Desa Bakalan, Kecamatan Bugul Kidul, Kota Pasuruan. Daerah tersebut berada sekitar 15 m di atas permukaan laut dan memiliki suhu rata-rata 29°C. Penelitian ini dilakukan dari Januari hingga April 2025. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial yang terdiri dari lima perlakuan dengan lima ulangan. Setiap perlakuan dibedakan berdasarkan sumber PGPR yang diambil dari kedalaman akar bambu berbeda, yaitu P0 (kedalaman 0 cm), P1 (kedalaman 10 cm), P2 (kedalaman 20 cm), P3 (kedalaman 30 cm), dan P4 (kedalaman 40 cm).

Proses persiapan kultur starter PGPR

Timbang 1 kg akar bambu dan masukkan ke dalam toples. Selanjutnya, tambahkan 2,5 liter air mendidih dan tutup toples rapat-rapat untuk mencegah sirkulasi udara. Setelah tiga hari, kultur starter PGPR yang telah difermentasi disaring pada kedalaman 10, 20, 30, dan 40 cm dan dicampur dengan 250 ml air mendidih, 50 g dedak untuk setiap perlakuan, 4 tutup galon molase dari Le Minerale, 1 liter air kelapa, dan 4 sendok makan kapur. PGPR yang digunakan merupakan kultur campuran rizosfer akar bambu tanpa identifikasi spesifik mikroorganisme. PGPR diaplikasikan

empat kali pada hari ke-5, 10, 15, dan 20 setelah tanam, dengan mencampurkan 15 ml PGPR dalam 1 liter air. Setiap tanaman menerima 100 ml.

Pengamatan pertumbuhan dan panen

Pengamatan pertumbuhan tanaman dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode destruktif dan non-destruktif ketika tanaman berumur 10, 15, 20, dan 25 hari setelah tanam. Pengamatan pertumbuhan dibagi menjadi dua, yaitu destruktif dan non-destruktif. Pengamatan non-destruktif meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun, sedangkan pengamatan destruktif meliputi berat kering total tanaman, berat kering bagian bawah tanaman, berat kering bagian atas tanaman, dan luas daun. Luas daun dapat diukur dengan metode punch, yang melibatkan pengeboran lubang pada daun dengan luas yang diketahui. Lingkaran yang dihasilkan dan daun yang dilubangi kemudian dikeringkan dalam oven untuk menentukan berat keringnya. Luas daun dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$LD = \frac{a+b}{a/n} \times c \quad (1)$$

Keterangan:

LD = Luas Daun (cm²)

a = Berat kering daun (g)

b = Berat kering daun berlubang (g)

c = Luas satu lembar daun (cm²)

Observasi Panen, yaitu Berat Segar Per Tanaman. Hal ini dilakukan dengan menimbang tanaman menggunakan timbangan digital. Penimbangan dilakukan bersamaan dengan panen untuk mencegah kehilangan air yang berlebihan dari tanaman akibat respirasi.

Analisis Data

Data penelitian dianalisis menggunakan analysis of varians (ANOVA) untuk menguji perbedaan signifikan antar kelompok. Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, uji Tukey HSD (*Honest Significant Difference*) 5% digunakan untuk mengidentifikasi kelompok mana yang menunjukkan perbedaan signifikan.

HASIL

Tinggi Tanaman

Hasil analisis variasi tinggi tanaman sawi menunjukkan bahwa aplikasi PGPR akar bambu memiliki pengaruh yang sangat signifikan pada semua umur pengamatan. Tinggi rata-rata tanaman sawi pada semua umur pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Tinggi Tanaman (cm) pada Semua Usia Pengamatan

Kedalaman Akar Bambu	Tinggi Tanaman (HST)							
	10		15		20		25	
Kedalaman 0 cm	13.01	b	15.20	a	23.43	a	26.40	a
Kedalaman 10 cm	12.78	ab	15.27	a	24.90	a	28.23	a
Kedalaman 20 cm	15.82	c	20.80	b	30.20	b	32.28	b
Kedalaman 30 cm	11.42	a	15.87	a	24.42	a	28.82	a
Kedalaman 40 cm	11.86	ab	15.88	a	24.05	a	27.80	a
HSD 5%	1.52		2.26		2.82		2.53	

Keterangan: Angka yang disertai huruf berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan dalam uji HSD 5%.

Pada semua usia pengamatan, hasil tertinggi ditemukan pada perlakuan PGPR dengan kedalaman 20 cm, diikuti oleh perlakuan Kedalaman yang tidak berbeda secara signifikan dengan kedalaman 10 dan 40 cm, sedangkan hasil yang lebih rendah ditemukan pada perlakuan PGPR dengan kedalaman 30 cm.

Jumlah Daun

Hasil analisis variasi pada jumlah daun tanaman sawi menunjukkan bahwa pemberian PGPR akar bambu tidak berpengaruh pada umur 10 dan 15 HST, tetapi berpengaruh sangat signifikan pada umur 20 HST dan berpengaruh signifikan pada umur 25 HST. Rata-rata jumlah daun tanaman sawi pada semua umur pengamatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Jumlah Daun (untai) pada Semua Usia Pengamatan

Kedalaman Akar Bambu	Jumlah Daun (HST)							
	10		15		20		25	
Kedalaman 0 cm	4.96		6.16		6.68	a	8.76	a
Kedalaman 10 cm	5.60		6.72		7.56	b	8.48	a
Kedalaman 20 cm	5.60		6.60		8.36	c	9.68	b
Kedalaman 30 cm	5.36		6.52		7.20	ab	8.48	a
Kedalaman 40 cm	5.48		6.52		7.60	b	8.92	a
HSD 5%	tn		tn		0.53		0.53	

Keterangan: Angka yang disertai huruf berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan dalam uji HSD 5%.

Pada usia 20 HST, hasil tertinggi ditemukan pada pengobatan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, sedangkan hasil yang lebih rendah ditemukan pada pengobatan pemberian PGPR dengan kedalaman 40 cm, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari pengobatan pemberian PGPR dengan kedalaman 10 cm, 30 cm, dan kedalaman 0 cm. Pada usia 25 HST, hasil tertinggi ditemukan pada pengobatan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, sedangkan hasil yang lebih rendah ditemukan pada pengobatan dengan kedalaman 10 cm, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari pengobatan pemberian PGPR dengan kedalaman 30 cm, 40 cm, dan kedalaman 0 cm.

Luas Daun

Hasil analisis varians pada luas daun tanaman sawi menunjukkan bahwa pemberian PGPR akar bambu memiliki pengaruh yang sangat signifikan pada semua umur pengamatan. Luas daun rata-rata tanaman sawi pada semua umur pengamatan disajikan pada Tabel 3.

Table 3. Rata-Rata Luas Daun (cm²) pada Semua Usia Pengamatan

Kedalaman Akar Bambu	Luas Daun (HST)							
	10		15		20		25	
Kedalaman 0 cm	20.27	a	201.51	a	390.42	a	518.59	a
Kedalaman 10 cm	31.07	b	321.93	b	610.86	b	739.87	b
Kedalaman 20 cm	41.05	c	430.76	bc	803.03	c	820.73	b
Kedalaman 30 cm	30.62	b	376.49	b	562.51	ab	719.45	b
Kedalaman 40 cm	27.35	b	370.74	b	472.74	ab	700.59	b
HSD 5%	5.50		58.52		186.02		122.20	

Keterangan: Angka yang disertai huruf berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan dalam uji HSD 5%.

Pada umur 10 HST, hasil panen tertinggi ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, sedangkan hasil panen terendah ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 10 cm tetapi tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 30 cm dan 40 cm, sementara hasil panen terendah ditemukan pada perlakuan kedalaman 0 cm. Pada umur 15 dan 20 HST, hasil panen tertinggi ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm tetapi tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan PGPR dengan kedalaman 10 cm, 20 cm, dan 30 cm, sedangkan hasil panen terendah ditemukan pada perlakuan kedalaman 0 cm. Pada usia 25 HST, hasil panen tertinggi ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, namun tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 10 cm, 30 cm, dan 40 cm, sedangkan hasil panen terendah ditemukan pada perlakuan kedalaman 0 cm.

Bobot Kering Atas

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa berat kering bagian atas tanaman sawi Caisim menunjukkan bahwa pemberian PGPR akar bambu memiliki efek yang sangat signifikan pada semua umur pengamatan. Berat kering rata-rata bagian atas tanaman sawi Caisim pada semua umur pengamatan disajikan pada Tabel 4.

Table 4. Berat Kering Rata-Rata Bagian Atas (g) pada Semua Usia Pengamatan

Kedalaman Akar Bambu	Berat Kering Bagian Atas (HST)							
	10		15		20		25	
Kedalaman 0 cm	0.16	a	1.17	a	2.84	ab	3.04	a
Kedalaman 10 cm	0.34	b	1.21	ab	3.62	b	3.73	b
Kedalaman 20 cm	0.40	c	1.36	c	4.84	c	5.02	c
Kedalaman 30 cm	0.34	b	1.36	c	4.45	c	4.50	c
Kedalaman 40 cm	0.34	b	1.28	b	2.74	ab	3.19	a

HSD 5%	0.04	0.05	0.80	0.67
--------	------	------	------	------

Keterangan: Angka yang disertai huruf berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan dalam uji HSD 5%.

Pada usia 10 HST, hasil panen tertinggi ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, sedangkan hasil panen terendah ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 30 cm, namun tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 40 cm dan 10 cm, sementara hasil panen terendah terdapat pada perlakuan kedalaman 0 cm. Pada usia 15 HST, hasil panen tertinggi ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, namun tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 30 cm, sedangkan hasil panen terendah ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 10 cm dan 40 cm, dan hasil panen terendah terdapat pada perlakuan kedalaman 0 cm. Pada umur 20 HST, hasil tertinggi ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 30 cm. Sementara itu, hasil terendah ditemukan pada perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 10 cm, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan pemberian PGPR dengan kedalaman 40 cm dan kedalaman 0 cm. Pada umur 25 HST, hasil tertinggi ditemukan pada perlakuan PGPR dengan kedalaman 20 cm, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan PGPR dengan kedalaman 30 cm. Sementara itu, hasil terendah ditemukan pada perlakuan PGPR dengan kedalaman 10 cm, dan hasil paling rendah ditemukan pada perlakuan kedalaman 0 cm, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan PGPR dengan kedalaman 40 cm.

Bobot Kering Bawah

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa berat kering bagian bawah tanaman sawi Caisim menunjukkan bahwa pemberian PGPR akar bambu memiliki efek yang sangat signifikan pada semua umur pengamatan. Berat kering rata-rata bagian bawah tanaman sawi Caisim pada semua umur pengamatan disajikan pada Tabel 5.

Table 5. Berat Kering Rata-Rata Bagian Bawah (g) pada Semua Usia Pengamatan

Kedalaman Akar Bambu	Berat Kering Bagian Bawah (HST)							
	10		15		20		25	
Kedalaman 0 cm	0.02	a	0.19	a	0.21	a	0.33	a
Kedalaman 10 cm	0.04	b	0.26	b	0.26	a	0.41	a
Kedalaman 20 cm	0.05	c	0.28	b	0.44	b	0.96	b
Kedalaman 30 cm	0.04	b	0.27	b	0.28	a	0.44	a
Kedalaman 40 cm	0.04	b	0.27	b	0.29	a	0.40	a
HSD 5%	0.01		0.03		0.10		0.19	

Keterangan: Angka yang disertai huruf berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan dalam uji HSD 5%.

Pada usia 10 HST, hasil tertinggi ditemukan pada pengobatan pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, sedangkan hasil terendah ditemukan pada pengobatan dengan kedalaman 0 cm, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari pengobatan pemberian PGPR dengan kedalaman 30 cm, 40 cm, dan 10 cm. Pada usia 15, 20, dan 25 HST, hasil tertinggi ditemukan pada pengobatan

pemberian PGPR dengan kedalaman 20 cm, sedangkan hasil terendah ditemukan pada pengobatan dengan kedalaman 0 cm, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari pengobatan pemberian PGPR dengan kedalaman 10, 30, dan 40 cm.

Berat Panen Tanaman

Hasil analisis varians pada bobot panen tanaman sawi menunjukkan bahwa aplikasi PGPR akar bambu memiliki pengaruh yang sangat signifikan pada semua umur pengamatan. Bobot panen rata-rata tanaman sawi pada saat pengamatan disajikan pada Tabel 6.

Table 6. Berat Panen Rata-Rata (g) pada Semua Usia Pengamatan

Kedalaman Akar Bambu	Berat Panen Tanaman (g)	
Kedalaman 0 cm	198.60	a
Kedalaman 10 cm	214.20	a
Kedalaman 20 cm	263.52	b
Kedalaman 30 cm	217.88	a
Kedalaman 40 cm	198.08	a
HSD 5%	25.33	

Keterangan: Angka yang disertai huruf berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan dalam uji HSD 5%.

Pada saat panen, hasil panen tertinggi ditemukan pada perlakuan PGPR dengan kedalaman 20 cm, sedangkan hasil panen yang lebih rendah ditemukan pada perlakuan PGPR dengan kedalaman 10 cm, namun tidak berbeda secara signifikan dari perlakuan PGPR dengan kedalaman 30 cm, 40 cm, dan kedalaman 0 cm.

PEMBAHASAN

Pengamatan dan perhitungan menggunakan analisis varians, diikuti dengan uji HSD 5%, menunjukkan bahwa aplikasi PGPR dari akar bambu secara signifikan mempengaruhi berbagai parameter pertumbuhan dan hasil panen tanaman sawi Caisim. Perlakuan PGPR pada kedalaman 20 cm terbukti paling efektif, meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat kering atas dan bawah, berat kering total, dan berat panen dibandingkan dengan kontrol. Hal ini disebabkan akar bambu aktif mensekresikan eksudat akar (gula, asam amino, asam organik) yang menjadi sumber karbon dan sinyal kimia bagi bakteri. Kaya akan populasi bakteri rizosfer menguntungkan seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus* yang bertugas sebagai pemacu tumbuh (pelarutan P, fiksasi N, fitohormon, dan biokontrol). Zona ini menjadi tempat utama produksi PGPR yang spesifik untuk tanaman. Akar halus di lapisan tanah dekat permukaan, umumnya memiliki kepadatan akar tinggi, eksudat melimpah dan oksigen cukup (Upadhyay et al. 2022; Backer et al., 2018). Kedalaman 30-40 cm cenderung mengalami penurunan kemampuan PGPR dikarenakan terjadi gradien kelembapan, ketersediaan O₂ dan unsur hara yang mengubah komposisi mikroba. Lapisan atas biasanya lebih kaya oksigen dan nutrisi yang cocok bagi banyak PGPR aerob (Engelhardt et al. 2018). Penelitian Rummel et al. (2026) melaporkan bahwa rizosfer jagung lapisan atas memiliki O₂ lebih tinggi, NO₃⁻ dan C larut lebih banyak, serta kelimpahan bakteri lebih tinggi dibanding lapisan lebih dalam.

Pertumbuhan tanaman paling mudah dikenali dari ukurannya, yaitu tinggi tanaman (Pandey et al., 2017). Peningkatan tinggi tanaman dan jumlah daun merupakan indikator langsung dari pertumbuhan vegetatif yang optimal. Dalam penelitian ini, tanaman yang diberi perlakuan PGPR memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dan jumlah daun yang lebih banyak daripada tanaman yang tidak diberi perlakuan PGPR. Menurut (Mehmood et al., 2018) bahwa rizobakteri yang terkandung dalam PGPR berfungsi sebagai pendorong pertumbuhan tanaman dan dapat meningkatkan tinggi tanaman. Ollo et al. (2019) menyatakan bahwa pemberian PGPR dengan konsentrasi 12,5 ml/L dapat meningkatkan tinggi tanaman karena PGPR dapat mengoptimalkan penyerapan dan pemanfaatan nutrisi N selama fase vegetatif. Tawakal et al. (2025) juga menyatakan bahwa PGPR dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi lain, seperti fosfat dan besi, yang dapat digunakan untuk menghasilkan hormon tanaman dan mengendalikan penyakit. Tinggi tanaman yang lebih besar menunjukkan aktivitas seluler dan pembelahan jaringan meristem yang lebih aktif, sedangkan jumlah daun yang lebih banyak meningkatkan luas permukaan fotosintesis (Purnamasari et al., 2022). Perbedaan signifikan dalam jumlah daun yang dihasilkan oleh tanaman cabai yang diberi perlakuan PGPR dibandingkan dengan kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan PGPR (Batool dan Altaf, 2017).

Pada luas daun, hasil tertinggi dicapai dengan PGPR yang diaplikasikan pada kedalaman akar bambu 20 cm. Kedalaman ini menjadi yang terbaik karena banyak mengandung unsur hara mikro salah satunya nitrogen yang jika diaplikasikan ke tanaman akan membantu pertumbuhan vegetatif, seperti jumlah dan luas daun. Mikroba yang berperan sebagai pupuk hayati mendukung ketersediaan nutrisi tanaman melalui beragam mekanisme, seperti memperluas area yang dapat dijangkau akar, melakukan fiksasi nitrogen, melarutkan fosfor, menghasilkan siderofor, serta memproduksi HCN (Pii et al., 2015). PGPR kedalaman akar bambu 0-10 cm dan 30-40 cm relatif lebih rendah mempengaruhi luas daun karena kedalaman dangkal 0-10 cm terjadi fluktuasi kelembapan, suhu, dan gangguan olah tanah ataupun pemadatan bisa membuat lingkungan kurang stabil untuk kolonisasi PGPR tertentu, sedangkan pada kedalaman lebih dalam (40-50 cm) sering terjadi lebih sedikit bahan organik dan oksigen, sehingga populasi bakteri pemacu tumbuh yang aktif menurun.

Menurut Sagay et al. (2020), luas daun merupakan salah satu parameter utama yang diamati dalam pengamatan tanaman vegetatif karena laju fotosintesis dan pertumbuhan tanaman paling signifikan dipengaruhi oleh luas daun. Hal ini karena fungsi utama daun adalah untuk menerima cahaya dan juga sebagai tempat fotosintesis (Lambers dan Oliveira, 2019). Oleh karena itu, semakin banyak daun, semakin luas permukaan daun, artinya ruang untuk menangkap cahaya dan melakukan fotosintesis juga akan meningkat.

Berat kering tanaman mencerminkan kemampuan tanaman untuk mengakumulasi senyawa organik selama fotosintesis (Syamsiah dan Royani, 2019). Dalam penelitian ini, tanaman yang diberi perlakuan PGPR menghasilkan berat kering yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh (Hanifah dan Sudiarso, 2022), yang menemukan bahwa aplikasi pupuk kotoran ayam dengan PGPR meningkatkan berat kering akar kacang. Peningkatan berat kering bagian atas dan bawah tanaman menunjukkan bahwa PGPR tidak hanya memengaruhi bagian atas tanaman tetapi juga meningkatkan pertumbuhan sistem akar. Pertumbuhan akar yang optimal memungkinkan tanaman menyerap air dan nutrisi secara lebih efisien, yang pada gilirannya mendukung perkembangan bagian atas tanaman (Hidayanto et al., 2020).

Korelasi positif antara parameter vegetatif ini dan berat kering total serta berat panen menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan akibat PGPR berdampak langsung pada hasil panen akhir. Semakin tinggi berat kering total, semakin banyak energi dan nutrisi yang dialokasikan untuk pengembangan organ yang dapat dipanen. Naihati et al. (2018) menyatakan bahwa aplikasi PGPR memengaruhi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat pucuk segar dan kering, berat akar semi-kering dan kering, berat tanaman segar dan kering, berat tanaman segar dan kering per petak, dan indeks panen. Studi serupa oleh Gafur et al., (2024) dan Amin et al. (2025) yang menemukan bahwa aplikasi PGPR memengaruhi tinggi tanaman, jumlah daun, dan volume akar pada tanaman terung dan tomat.

Secara keseluruhan, interaksi antara parameter-parameter ini menunjukkan hubungan sistemik yang saling mendukung, di mana PGPR, sebagai agen biologis, memperkuat komponen fisiologis dan morfologis tanaman. Peningkatan pertumbuhan vegetatif meningkatkan potensi produktivitas, dan ini diperkuat oleh peningkatan hasil panen aktual yang tercermin dalam berat panen. Penggunaan PGPR dari akar bambu tidak hanya berdampak positif pada pertumbuhan dan hasil panen sawi Caisim tetapi juga mendukung pendekatan pertanian berkelanjutan. Dengan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, PGPR dapat berpotensi menjadi alternatif biofertilizer untuk meningkatkan produktivitas tanaman secara efisien dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Penerapan PGPR yang diekstrak dari akar bambu pada kedalaman yang berbeda secara signifikan memengaruhi pertumbuhan dan hasil panen sawi putih (*Brassica rapa* L.). Di antara semua perlakuan yang diuji, PGPR yang diekstrak pada kedalaman 20 cm secara konsisten menunjukkan hasil yang paling unggul di semua parameter yang diukur. Secara khusus, perlakuan kedalaman 20 cm menghasilkan tinggi tanaman tertinggi pada semua periode pengamatan (10, 15, 20, dan 25 hari setelah tanam), jumlah daun terbanyak, terutama pada tahap pertumbuhan selanjutnya, luas daun terbesar sepanjang periode pengamatan, berat kering tertinggi pada bagian atas dan bawah tanaman, dan berat panen maksimum sebesar 263,52 g per tanaman, secara signifikan lebih tinggi daripada kontrol (198,60 g).

DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, R., Purnamasari, R. T., & Arifin, A. Z. (2025). Pengaruh Kedalaman Akar Bambu Terhadap Kandungan Unsur Hara Makro Dalam Pembuatan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*, 9(2), 128-134.
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E. & Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in plant science*, 9, 1473.
- Batool, S., & Altaf, M. A. (2017). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) reduces application rates of fertilizers in Chili (*Capsicum frutescens* L.) cultivation. *Journal of Horticulture*, 4(4), 1-4.
- Dutta, P., Muthukrishnan, G., Gopalasubramaiaam, S., Dharmaraj, R., Karuppaiah, A., Loganathan, K., & Mishra, A. K. (2022). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and its

mechanisms against plant diseases for sustainable agriculture and better productivity. *Biocell*, 46(8), 1843.

- Engelhardt, I. C., Welty, A., Blazewicz, S. J., Bru, D., Rouard, N., Breuil, M. C. & Barnard, R. L. (2018). Depth matters: effects of precipitation regime on soil microbial activity upon rewetting of a plant-soil system. *The ISME journal*, 12(4), 1061-1071.
- Gafur, M. A. A., Sangadji, Z., Riskawati, R., & Mayor, F. I. (2024). Enhancing lettuce (*Lactuca sativa* L.) production with plant growth-promoting rhizobacteria. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 21(3), 182-190.
- Hanifah, S. I., & Sudiarso, S. (2022). Pengaruh Penggunaan Pupuk Organik dan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 10(10), 570-580.
- Hidayanto, F., Purwanto, B. H., & Utami, S. N. H. (2020). Relationship between allophane with labile carbon and nitrogen fractions of soil in organic and conventional vegetable farming systems. *Polish Journal of Soil Science*, 53(2), 273-291.
- Lambers, H., Oliveira, R. S., Pons, T. L., & Pons, T. L. (2019). Photosynthesis, respiration, and long-distance transport: photosynthesis. In *Plant physiological ecology* (pp. 11-114). Cham: Springer International Publishing.
- Marom, N., Rizal, F. N. U., & Bintoro, M. (2017). Uji efektivitas saat pemberian dan konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) terhadap produksi dan mutu benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 1(2), 174-184.
- Mehmood, U., Inam-ul-Haq, M., Saeed, M., Altaf, A., Azam, F., & Hayat, S. (2018). A brief review on plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a key role in plant growth promotion. *Plant Prot*, 2(2), 77-82.
- Murnita, M., & Taher, Y. A. (2021). Dampak pupuk organik dan anorganik terhadap perubahan sifat kimia tanah dan produksi tanaman padi (*Oriza sativa* L.). *Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah*, 15(2).
- 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*, 3 (01), 1-3.
- Olo, L., Siahaan, P., & Kolondam, B. (2019). Uji Penggunaan PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Mipa*, 8(3), 150-155.
- Pandey, R., Paul, V., Das, M., Meena, M., & Meena, R. C. (2017). Plant growth analysis. *Manual of ICAR Sponsored Training Programme on "Physiological Techniques to Analyze the Impact of Climate Change on Crop Plants*, 103-107.
- Panhwar, Q. A., Ali, A., Naher, U. A., & Memon, M. Y. (2019). Fertilizer management strategies for enhancing nutrient use efficiency and sustainable wheat production. In *Organic farming* (pp. 17-39). Woodhead Publishing.
- Pii, Y., Mimmo, T., Tomasi, N., Terzano, R., Cesco, S., and Crecchio, C. (2015). Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. *Biol. Fertil. Soils* 51, 403-415. doi: 10.1007/s00374-015-0996-1 Ping, L., and Boland, W. (2004). Signals from the underg

- Pratiwi, S. H., Purnamasari, R. T., Hidayanto, F., & Bakhtiar, I. D. (2024). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Stroberi (*Fragaria sp.*) Varietas Mancir Terhadap Pemberian Trichokompos Kohe Sapi dan NPK. *Agroteknika*, 7(1), 24-38.
- Purnamasari, R. T., Karina, C. A., Zulfarosda, R., & Hidayanto, F. (2022). Uji pertumbuhan dan produksi okra (*Abelmoschus esculentus* L.) akibat pemupukan kotoran ayam fermentasi. *Jurnal Pertanian Cemara*, 19(1), 30-34.
- Purnamasari, R. T., Pratiwi, S. H., & Hidayanto, F. H. (2023). Effect of coconut husk organic fertilizer from liquid organic fertilizer waste on growth and yield eggplant (*Solanum melongena* L.). *Acta fytotechnica et zootechnica:: ISSN 1336-9245*, 26(1).
- Rummel, P. S., Rasmussen, M. R., Saghai, A., Merl, T., Hallin, S., Mueller, C. W., & Koren, K. (2026). Maize root growth, oxygen and N availability drive formation of N₂O hotspots in soil. *Geoderma*, 467, 117734.
- Sagay, K., Siahaan, P., & Mambu, S. (2020). Respon pertumbuhan vegetatif sawi hijau (*Brassica rapa* L. var. Tosakan) akibat pemberian PGPR (plant growth promoting rhizobacteria) yang dikombinasikan dengan pupuk kompos dan NPK. *Jurnal Bios Logos Vol*, 10(2).
- Sipayung, B. P., Kune, S. J., Nubatonis, A., & Mambur, Y. P. V. (2021). Pengambilan Keputusan dan Preferensi Petani Menggunakan Pupuk Subsidi di Kecamatan Sentra Padi Kabupaten Timor Tengah Utara (Studi Kasus Kecamatan Biboki Anleu). *Agrimor*, 6(4), 194-202.
- Syamsiah, M., & Royani, S. P. (2014). Respon pertumbuhan dan produksi tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) terhadap pemberian PGPR (plant growth promoting rhizobakteri) dari akar bambu dan urine kelinci. *Jurnal Agrosience*, 4(2), 119-114.
- Tawakal, M. B., Tyasmoro, S. Y., & Wicaksono, K. P. (2025). Effect of organic fertilizers and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on nutrient residue and growth of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 10(1), 592581.
- Upadhyay, S. K., Srivastava, A. K., Rajput, V. D., Chauhan, P. K., Bhojiya, A. A., Jain, D. & Minkina, T. (2022). Root exudates: mechanistic insight of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable crop production. *Frontiers in microbiology*, 13, 916488.