

Pengaruh Pupuk Kotoran Sapi dan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* pada Produksi Tanaman Buncis

(Effect of Cow Manure and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on The Yield of Common Bean)

Anggi Bimantara Andharesta*, Sundahri

(Diterima September 2023/Disetujui Mei 2024)

ABSTRAK

Produktivitas buncis berfluktuasi dalam 5 tahun terakhir. Penurunan dan kenaikan produktivitas tersebut terjadi karena kualitas tanah yang menurun akibat kekurangan bahan organik. Produktivitas tanaman dengan aplikasi pupuk anorganik yang berlebih dapat menurunkan tingkat kesuburan tanah. Solusi untuk mengembalikan aktivitas mikrob dan tingkat kesuburan tanah dapat ditempuh melalui pendekatan *nature farming*, yaitu dengan cara memanfaatkan pupuk organik yang berasal dari limbah kotoran sapi, serta tambahan pupuk hayati plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Penelitian ini dilaksanakan di lahan produksi di Jalan Tidar, Jember, Jawa Timur, pada bulan Januari sampai Maret 2023. Rancangan penelitian yang digunakan adalah RAK faktorial dengan 3 ulangan. Faktor pertama ialah dosis pupuk kotoran sapi yang terdiri atas 4 taraf, yaitu 0, 10, 15, dan 20 ton/ha. Faktor kedua ialah konsentrasi PGPR yang terdiri atas 4 taraf: 0, 10, 15, dan 20 mL/L. Hasilnya tidak memperlihatkan ada interaksi pada pupuk kotoran sapi dan PGPR pada semua parameter. Pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata pada parameter pertumbuhan dan kuantitas. Dosis pupuk kotoran sapi terbaik dan menghasilkan nilai kadar protein tertinggi ialah 20 ton/ha. Konsentrasi PGPR hanya berpengaruh nyata pada tinggi tanaman dan jumlah daun. Konsentrasi PGPR 15 mL/L dan 20 mL/L sama-sama memberikan hasil yang terbaik dan menghasilkan nilai aktivitas antioksidan tertinggi, yaitu pada 15 mL/L.

Kata kunci: aktivitas antioksidan, buncis, kotoran sapi, PGPR, protein

ABSTRACT

The productivity of common beans has fluctuated in the last 5 years. The decrease and increase in productivity occur due to decreased soil quality due to a lack of organic matter. Plant productivity with excessive use of inorganic fertilizers can reduce soil fertility. The solution to restoring microbial activity and soil fertility levels can be taken through a nature farming approach, namely by utilizing organic fertilizers derived from cow manure and additional plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) biological fertilizers. This research was conducted at a production site on Jalan Tidar, Jember, East Java, from January to March 2023. The design used was factorial RAK with 3 repetitions. The first factor was the dose of cow manure, which consists of 4 levels, namely 0, 10, 15, and 20 tons/ha. The second factor was the concentration of PGPR, which consists of 4 levels: 0, 10, 15, and 20 mL/L. The results do not show any interaction between cow manure and PGPR on all parameters. Cow manure has a noticeable effect on growth parameters and quantity. The best dose of cow manure and the highest protein content value was 20 tons/ha. The concentration of PGPR had only a noticeable effect on plant height and number of leaves. PGPR concentrations of 15 mL/L and 20 mL/L both give the best results and produce the highest antioxidant activity value at 15 mL/L.

Keywords: Antioxidant activity, common bean, cow manure, pgpr, protein

PENDAHULUAN

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) merupakan salah satu kelompok tanaman legume (kacang-kacangan) yang mengandung protein, vitamin, dan nutrisi penting lainnya yang sangat dibutuhkan oleh tubuh (Turuko & Mohamed

2014). Komoditas ini juga mengandung antioksidan yang dapat dilihat dari aktivitas senyawa fenol dan flavonoid. Senyawa tersebut berperan penting sebagai antioksidan untuk menangkal radikal bebas (Musdalifah & Napitupulu 2020). Kadar protein pada biji buncis mempunyai rentang nilai 18,9–24,2% (Vargas-Torres *et al.* 2004) dan aktivitas antioksidan kacang-kacangan, yaitu 10,36–46,57% (Oomah *et al.* 2005).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produktivitas buncis di Indonesia menunjukkan nilai yang berfluktuasi. Pada tahun 2018–2022 produksinya

Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto, Jember 68121

* Penulis Korespondensi:

Email: anggibimbimm@gmail.com

berturut-turut 12,17; 12,15; 12,74; 13,41; dan 13,76 ton/ha. Penurunan dan kenaikan produktivitas ini diduga terjadi karena kualitas tanah yang menurun akibat kekurangan bahan organik yang disebabkan oleh aplikasi pupuk anorganik yang berlebih. Pada sistem pertanian intensif yang diusahakan oleh petani berskala menengah dan besar, aplikasi pupuk anorganik sangat berlebihan (Rihana *et al.* 2013). Faktor kesuburan tanah yang rendah, keragaman patologi, dan praktik pertanian yang tidak sesuai menjadi kendala utama yang membatasi produksi kacang-kacangan (Lunze *et al.* 2012; Mirindi *et al.* 2015; Lubobo *et al.* 2016; Mushagalusa *et al.* 2016). Akibat berbagai kegiatan pertanian seperti aplikasi pupuk anorganik yang berlebihan dapat mempengaruhi tingkat kesuburan, selain menurunkan kandungan bahan organik tanah (Idafitra & Herlina, 2019).

Pupuk anorganik sering diaplikasikan karena pengaruh yang ditimbulkan lebih cepat terlihat jika dibandingkan dengan aplikasi pupuk organik (Rihana *et al.* 2013). Akan tetapi, aplikasi pupuk anorganik terus-menerus tanpa mengembalikan bahan organik ke dalam tanah dapat mengakibatkan ketidakseimbangan unsur hara, struktur tanah menjadi rusak, dan mikroba di dalam tanah menjadi berkurang (Murnita & Taher 2021). Solusi untuk mengembalikan tingkat kesuburan dan aktivitas mikroorganisme dalam tanah akibat dari aplikasi pupuk anorganik yang berlebih dapat melalui pendekatan *nature farming* atau pertanian ramah lingkungan, yaitu dengan cara memanfaatkan bahan organik yang berasal dari limbah hewan ternak dan tambahan pupuk hayati (Rihana *et al.* 2013).

Aplikasi pupuk organik menjadi salah satu pilihan yang efektif dan berkelanjutan guna meningkatkan hasil panen dan memperbaiki kualitas tanah dalam rangka pengelolaan kesuburan tanah secara terpadu (Bagula *et al.* 2014; Kavange *et al.* 2018), serta merupakan sumber makro dan mikro tanah yang sangat baik untuk meningkatkan produksi pertanian seraya mengembalikan aktivitas mikroba tanah yang baik (Acharya & Kumar 2018). Salah satu aplikasi bahan organik pada tanah ialah dengan menggunakan pupuk dari kotoran hewan, yaitu kotoran sapi. Kotoran sapi merupakan salah satu limbah paling melimpah dan telah digunakan sejak lama sebagai pupuk organik (Bhattacharjya & Sung Yu 2014). Kotoran sapi sebagai pupuk organik akan menjadi salah satu sumber hara esensial yang penting untuk pertumbuhan dan hasil tanaman (Ndjadi *et al.* 2016). Berdasarkan hasil penelitian Assagaf (2019), aplikasi pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata pada pertumbuhan dan hasil tanaman buncis, baik pada tinggi tanaman (cm), jumlah daun, jumlah buah (polong), panjang polong (cm), dan bobot polong (g).

Rhizobakteri pemacu pertumbuhan (PGPR) bermanfaat bagi kesuburan tanah, karena mikroba yang

terkandung di dalamnya dapat mengaktifkan mikroorganisme tanah sehingga bahan organik dalam tanah dapat terdekomposisi, tanah sebagai media tanam menjadi subur, serta dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Glick 2012). Selain itu PGPR juga dapat meningkatkan nutrisi mineral tanaman melalui fiksasi nitrogen terkait, mobilisasi fosfat dalam tanah (Mehta *et al.* 2015), dan produksi siderofor (Zhou *et al.* 2016). PGPR juga dapat mengaktifkan resistensi patogen tanaman (Niu *et al.* 2011; Van de Mortel *et al.* 2012), menekan pertumbuhan patogen (Saraf *et al.* 2014; Prasannakumar *et al.* 2015). Penelitian Rohaeni & Mariani (2022) melaporkan bahwa perlakuan PGPR 12,5 mL/L menghasilkan bobot polong tanaman buncis tertinggi, yaitu 418,6 g dan produksi 20,93 ton/ha. Sesuai dengan penjelasan di atas, tujuan penelitian ini ialah menentukan aplikasi pupuk kotoran sapi dan PGPR yang tepat sehingga diperoleh kombinasi perlakuan terbaik dalam hal produksi tanaman buncis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 10 Januari–20 Maret 2023 bertempat di lahan produksi yang berada di Jalan Tidar, Jember, Jawa Timur. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan faktor pertama ialah dosis pupuk kotoran sapi yang terdiri atas 4 taraf on/ha: P0: 0, P1 10, P2 15, dan P3 20 ton/ha. Faktor kedua ialah 4 taraf konsentrasi PGPR: K0: 0, K1: 10, K2: 15, dan K3: 20 mL/L. Dari kedua faktor tersebut, diperoleh 16 kombinasi perlakuan dan pada tiap percobaan terdiri atas 3 ulangan sehingga mendapatkan 48 petak percobaan. Terdapat 3 tanaman sampel pada tiap petakan percobaan, dengan total tanaman sampel keseluruhan berjumlah 144 tanaman.

Prosedur pada penelitian ini meliputi a) pengolahan tanah saat 14 hari sebelum tanam dengan ukuran petakan 1,2 m × 1,6 m, serta jarak antarpetak dan antar-ulangan 50 cm. b) Penanaman benih pada tiap lubang tanam masing-masing 1–2 benih/lubang dengan jarak tanam 30 cm × 40 cm. c) Aplikasi pupuk kotoran sapi pada saat ± 7 hari sebelum benih ditanam sesuai dengan perlakuan masing-masing, sedangkan PGPR diaplikasikan 1 kali (pagi-sore) pada tanaman berusia 14, 21, dan 28 HST. d) Pemeliharaan berupa penyiraman (2 kali sehari) dan penyiangan gulma (2 pekan sekali dimulai dari 14 HST). Pestisida disemprotkan 2 kali, yaitu pada tanaman berusia 21 HST dan 35 HST. e) Pemanenan dilakukan dengan 2 jenis panen, yaitu panen buncis produksi yang memiliki kriteria biji dalam polong sudah menonjol; panen buncis muda (*baby buncis*) dengan kriteria panjang polong 6–7 cm dan biji dalam polong belum menonjol. Sembilan parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun,

jumlah polong, bobot polong, panjang polong, diameter polong, bobot polong per petak, kadar protein, dan aktivitas antioksidan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analisis of Varians* (ANOVA) dan apabila hasil menunjukkan interaksi nyata maka dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data didapatkan nilai *F*-hitung untuk mengetahui pengaruh pupuk kotoran sapi dan PGPR terhadap produksi tanaman buncis pada seluruh parameter pengamatan seperti yang tersaji pada Tabel 1.

Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun

Berdasarkan hasil uji DMRT (Gambar 1), pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata, serta meningkatkan tinggi tanaman buncis dibandingkan dengan perlakuan kontrol, yaitu taraf P1 (14,80%), taraf P2 (35,54%), dan

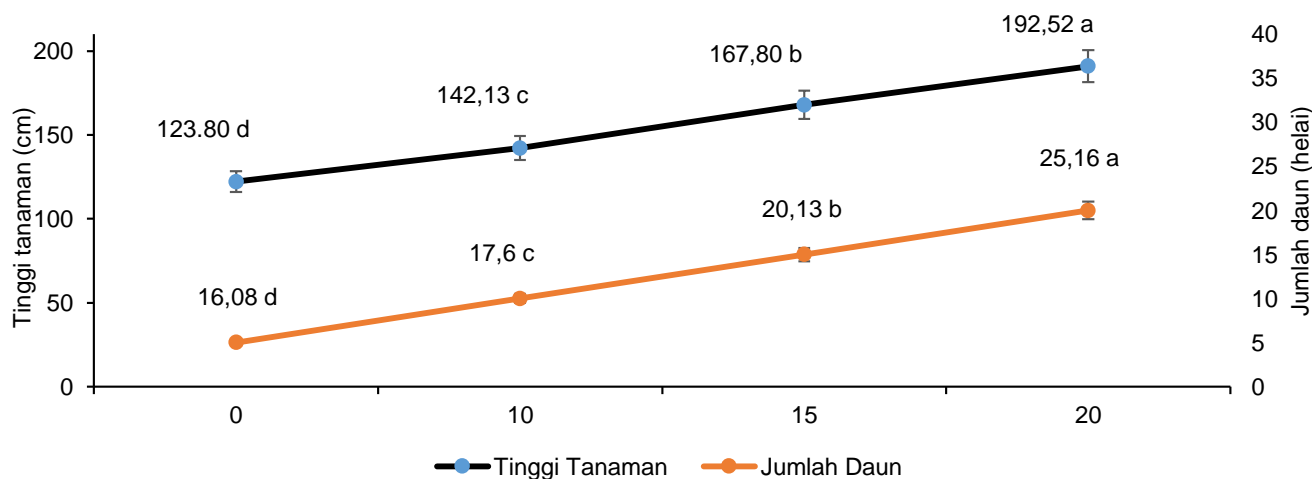
taraf P3 (55,50%). Setiap perlakuan menunjukkan nilai yang berbeda-beda, dosis pupuk kotoran sapi 20 ton/ha menghasilkan tinggi tanaman yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan dosis 15 ton/ha, 10 ton/ha, dan perlakuan kontrol. Begitu pula dengan dosis 15 ton/ha; aplikasi tersebut lebih baik jika dibandingkan dosis 10 ton/ha dan perlakuan kontrol. Dosis 10 ton/ha mampu meningkatkan tinggi tanaman jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa aplikasi dosis pupuk kotoran sapi 20 ton/ha lebih efektif dan mampu meningkatkan tinggi tanaman buncis lebih optimal.

Keberhasilan pertumbuhan tanaman dalam kegiatan budi daya dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu pemupukan. Ketersediaan hara memengaruhi tanaman untuk tumbuh baik pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Aplikasi pupuk kotoran sapi pada setiap dosisnya mampu memberikan hasil tinggi tanaman yang lebih tinggi atau dapat meningkatkan tinggi tanaman pada 35 HST jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Dosis pupuk kotoran sapi 20 ton/ha menjadi yang tertinggi dalam hal

Tabel 1 Rangkuman Nilai *F*-Hitung Semua Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan	<i>F</i> -Hitung		
	Pupuk kotoran sapi (P)	Konsentrasi PGPR (K)	Pupuk kotoran sapi x konsentrasi PGPR (P x K)
Tinggi tanaman 35 HST (cm)	48,82 **	3,03 *	1,60 ns
Jumlah daun 35 HST (helai)	100,73 **	7,66 **	1,43 ns
Jumlah polong per tanaman (buah)	4,17 *	0,64 ns	0,33 ns
Bobot polong per tanaman (g)	5,54 **	0,70 ns	0,27 ns
Panjang polong per tanaman (cm)	4,96 **	1,30 ns	2,18 ns
Diameter polong per tanaman (mm)	0,94 ns	0,63 ns	0,65 ns
Bobot polong per petak (kg)	4,58 **	1,34 ns	1,10 ns

Keterangan: ** Berbeda sangat nyata, * Berbeda nyata, dan ns Tidak berbeda nyata.



Gambar 1 Pengaruh pupuk kotoran sapi pada tinggi tanaman (cm) dan jumlah daun (helai).

meningkatkan tinggi tanaman, yaitu 55,50%. Hasil yang didapatkan tersebut adalah karena kandungan unsur hara dalam pupuk kotoran sapi dapat merangsang proses fisiologis dalam membentuk tinggi tanaman dan pada proses pembelahan sel yang memerlukan unsur hara esensial yang cukup (Haryadi *et al.* 2015). Pada fase pertumbuhan, nitrogen berperan dalam penambahan tinggi tanaman (Sarwanidas *et al.* 2017). Styaningrum *et al.* (2013) menemukan bahwa unsur N adalah untuk merangsang pertumbuhan atau bagian-bagian vegetatif tanaman secara keseluruhan khususnya batang, daun, cabang, dan akar. Kandungan nitrogen pada pupuk kotoran sapi berperan penting dalam membantu proses metabolisme tanaman.

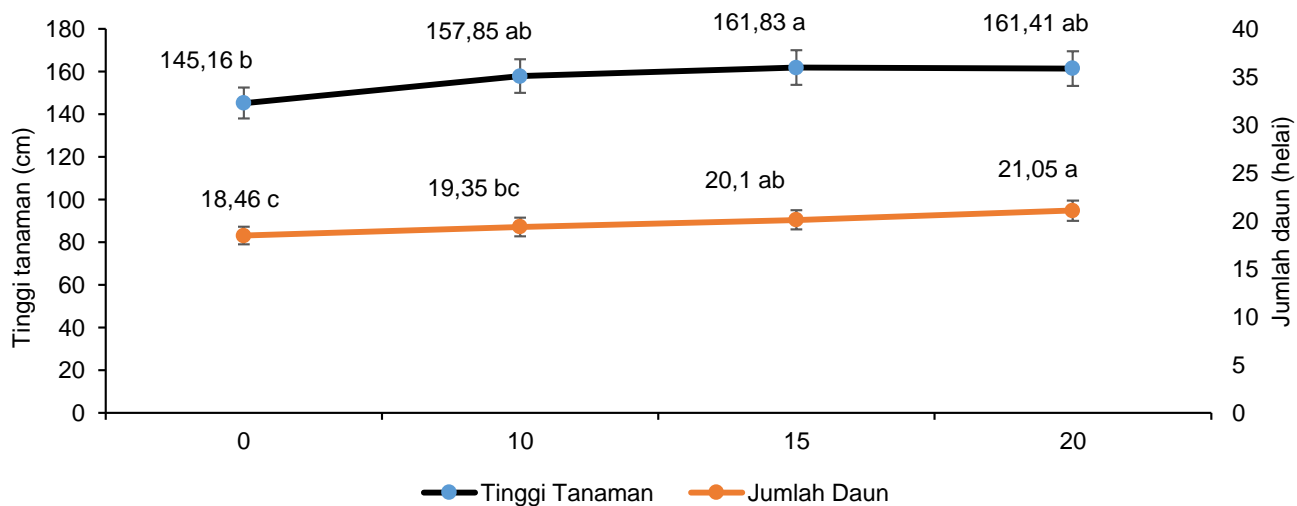
Berdasarkan hasil uji DMRT (Gambar 1), pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata dalam hal meningkatkan hasil jumlah daun dibandingkan dengan perlakuan kontrol, yaitu taraf P1 (9,45%), taraf P2 (25,18%), dan taraf P3 (56,46%). Setiap perlakuan menunjukkan nilai yang berbeda-beda, dosis 20 ton/ha menghasilkan jumlah daun yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tiga dosis lainnya yang lebih rendah. Begitu pula dengan dosis 15 ton/ha, aplikasi tersebut lebih baik jika dibandingkan dosis 10 ton/ha dan perlakuan kontrol, kemudian diikuti dengan dosis 10 ton/ha yang mampu meningkatkan jumlah daun jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi dosis pupuk kotoran sapi 20 ton/ha lebih efektif dan mampu meningkatkan jumlah daun tanaman buncis lebih optimal.

Aplikasi berbagai dosis pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata pada jumlah daun yang dihasilkan. Dosis pupuk kotoran sapi 20 ton/ha mampu menghasilkan jumlah daun pada 35 HST, yaitu 25,16 helai atau meningkat 56,46% dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Ini memperlihatkan bahwa aplikasi pupuk kotoran sapi sangat optimal dalam pembentukan

daun. Unsur N membantu pembelahan dan pembesaran sel yang menyebabkan daun muda lebih cepat mencapai bentuk sempurna (Haryadi *et al.* 2015). Jumlah daun berperan penting dalam perkembangan tanaman karena daun adalah tempat terjadinya fotosintesis yang dapat menghasilkan energi bagi tanaman untuk tumbuh. Tambahan bahan organik dapat meningkatkan mikroorganisme tanah yang berfungsi mengikat air di dalam tanah. Air berfungsi sebagai pelarut dan menjadi transportasi hara (Wijaya 2021). Sumber nitrogen di dalam tanah berperan yang cukup besar dalam perbaikan sifat kimia dan biologi tanah, serta lingkungannya, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik (Ejigu *et al.* 2021).

Berdasarkan hasil uji DMRT, konsentrasi PGPR (Gambar 2) berpengaruh nyata, serta meningkatkan hasil tinggi tanaman buncis dibandingkan dengan perlakuan kontrol, yaitu taraf K1 (8,74%), taraf K3 (10,29%), dan taraf K2 (11,48%). Pada setiap perlakuan, nilainya berbeda-beda. Konsentrasi PGPR 15 mL/L menghasilkan tinggi tanaman yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi 20, 10, dan perlakuan kontrol. Akan tetapi, konsentrasi 10, 15, dan 20 tidak berpengaruh nyata. Konsentrasi PGPR 15 mL/L tidak berpengaruh nyata dibandingkan 10 dan 20 mL/L, dengan nilai yang hampir sama. Namun, konsentrasi 15 mL/L lebih efektif dalam hal aplikasi pupuk PGPR untuk meningkatkan tinggi tanaman buncis.

Konsentrasi PGPR yang diaplikasikan tidak menunjukkan perbedaan nyata, tetapi konsentrasi 15 mL/L adalah yang terbaik. Apabila dibandingkan dengan perlakuan kontrol, tinggi tanaman pada 35 HST adalah 161,83 cm atau meningkat 11,48%. Kondisi lingkungan yang mendukung mampu membuat kandungan mikrob pada PGPR bekerja secara maksimal dalam meningkatkan pertumbuhan, khususnya tinggi tanaman. Hal tersebut karena mikrob PGPR akan berkembang



Gambar 2 Pengaruh konsentrasi PGPR pada tinggi tanaman (cm) dan jumlah daun (helai).

pada kondisi tanah tertentu, dan faktor yang dapat memacu perkembangan populasi mikroba penambat N adalah ketersediaan bahan organik, kondisi pH tanah dan tanaman inang yang sesuai (Tsukanova *et al.* 2017). PGPR sebagai biostimulan mampu memproduksi fitohormon, yaitu IAA (indol asam asetat), auksin, sitokinin, giberelin, dan etilena (Rahni 2012). Fungsi hormon IAA bagi tanaman antara lain meningkatkan perkembangan sel, merangsang pembentukan akar baru, memacu pertumbuhan, serta meningkatkan aktivitas enzim. Auksin, giberelin, sitokinin, dan etilena merupakan hormon penting yang berperan meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman (Xue *et al.* 2021). Aplikasi PGPR taraf K2 dapat menyediakan unsur hara dalam tanah sehingga nantinya dapat diserap tanaman dan mampu digunakan untuk meningkatkan tinggi tanaman. PGPR mengandung mikroba sebagai pupuk hayati, yaitu dapat menjaga kesuburan tanah. Dengan demikian, unsur hara di dalam tanah dapat tercukupi sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman (Kumari *et al.* 2018).

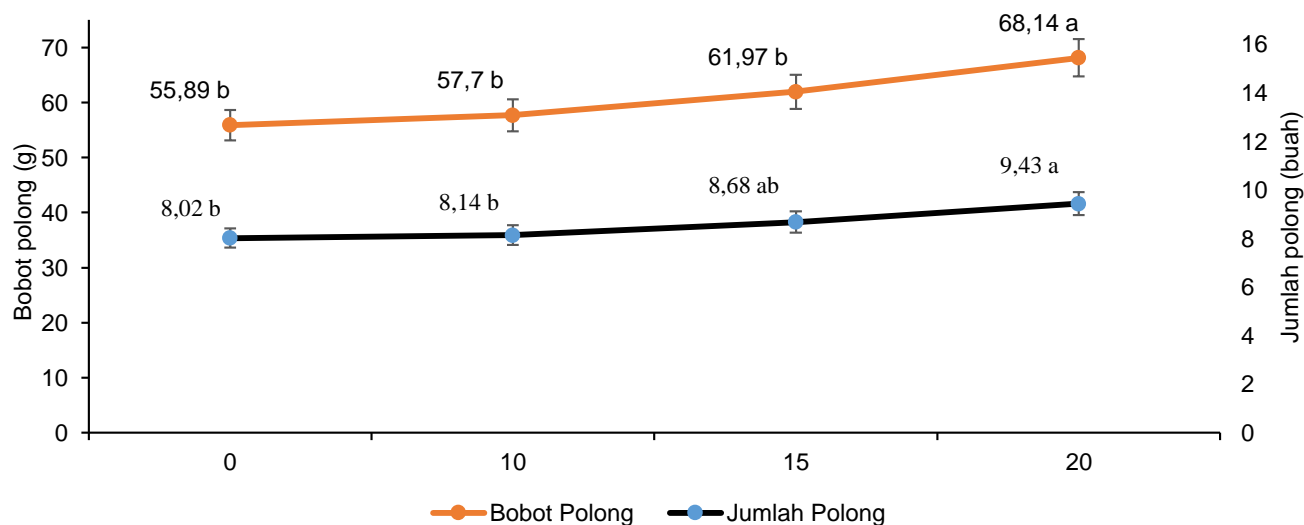
Berdasarkan hasil uji DMRT konsentrasi PGPR berpengaruh nyata (Gambar 2), serta meningkatkan hasil jumlah daun dibandingkan dengan perlakuan kontrol, yaitu taraf K1 (4,82%), taraf K2 (8,88%), dan taraf K3 (14,03%). Setiap perlakuan menunjukkan nilai yang berbeda-beda; konsentrasi PGPR 20 mL/L menghasilkan jumlah daun yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Akan tetapi, konsentrasi 15 dan 20 mL/L tidak berpengaruh nyata. Konsentrasi 10 mL/L berpengaruh nyata dibandingkan perlakuan kontrol. Konsentrasi PGPR 15 mL/L tidak berbeda nyata dengan perlakuan 20 mL/L, tetapi konsentrasi 15 mL/L menunjukkan bahwa aplikasi

tersebut lebih efektif dalam hal aplikasi pupuk PGPR untuk meningkatkan jumlah daun tanaman buncis.

Fase generatif tanaman meliputi pertumbuhan dan perkembangan cabang, akar, dan daun. Aplikasi konsentrasi PGPR 15 dan 20 mL/L berpengaruh nyata pada jumlah daun. Konsentrasi 20 mL/L mampu menghasilkan jumlah daun pada 35 HST, yaitu 21,05 helai, atau meningkat 14,03% dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi PGPR diduga mampu mengkoloni akar tanaman sehingga perakaran tanaman dapat leluasa menyerap unsur hara yang tersedia di dalam tanah. Ini merupakan fungsi PGPR sebagai pupuk hayati dan biostimulan bagi tanaman buncis (Marom *et al.* 2017). PGPR berperan dalam memengaruhi pertumbuhan tanaman buncis terutama dalam memacu pertumbuhan cabang dan daun karena PGPR menghasilkan fitohormon auksin dan giberelin. Hormon tersebut berfungsi dalam pemanjangan sel sehingga diduga kedua hormon ini yang dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman (Hindersesah *et al.* 2013). Konsentrasi PGPR 20 mL/L mampu menghasilkan jumlah daun lebih banyak dibandingkan perlakuan kontrol. Pengaruh yang dihasilkan dari aplikasi PGPR pada tanaman buncis selama penelitian menunjukkan bahwa kandungan mikroba pada PGPR dapat diserap oleh dan digunakan untuk pertumbuhan tanaman buncis. Hal ini sejalan dengan temuan Anisa & Sudiarso (2019), bahwa aplikasi PGPR pada tanaman akan memberikan hasil yang lebih tinggi jika dibandingkan tanpa aplikasi PGPR.

Jumlah Polong dan Bobot Polong per Tanaman

Berdasarkan hasil uji DMRT (Gambar 3), pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata dan meningkatkan hasil



Gambar 3 Pengaruh pupuk kotoran sapi pada jumlah polong (buah) dan bobot polong (g) per tanaman.

jumlah polong per tanaman buncis dibandingkan dengan perlakuan kontrol, yaitu taraf P2 (8,23%) dan taraf P3 (17,72%). Setiap perlakuan menunjukkan nilai yang berbeda-beda; dosis pupuk 20 ton/ha menghasilkan jumlah polong buncis yang lebih banyak jika dibandingkan dengan dosis 15, 10 ton/ha, dan perlakuan kontrol. Begitu pula, dosis 15, 10 ton/ha, dan perlakuan kontrol tidak berpengaruh nyata, tetapi dosis 15 ton/ha pupuk kotoran sapi menunjukkan bahwa aplikasi tersebut lebih efektif meningkatkan jumlah polong tanaman buncis.

Dosis pupuk kotoran sapi yang diaplikasikan berpengaruh nyata pada jumlah polong per tanaman terutama pada dosis 15 dan 20 ton/ha, walaupun kedua dosis tersebut tidak menunjukkan perbedaan nyata. Dosis pupuk kotoran sapi 20 ton/ha mampu meningkatkan jumlah polong per tanaman 9,43 atau 17,72% jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pada pembentukan polong, faktor lingkungan juga berperan penting dalam fase generatif, karena jika kondisi lingkungan optimal maka akan banyak terbentuk bunga. Proses generatif tanaman atau saat masa pembungaan dan pengisian polong sangat bergantung pada unsur P yang berfungsi mempercepat pertumbuhan bunga, membantu pembentukan biji, memacu pertumbuhan akar, dan pembentukan perakaran yang baik dalam proses penyerapan unsur hara dan air (Ketu 2015). Sesuai dengan pernyataan Setiawati *et al.* (2018), pemenuhan konsentrasi fosforus (P) yang tinggi pada tajuk akan menghasilkan fotosintat baru yang lebih efisien serta dapat memindahkan sebagian besar fotosintat ke akar untuk mempertahankan tingginya laju penyerapan hara. Banyaknya hasil fotosintesis yang dihasilkan dari penyerapan hara tersebut kemudian ditransportasikan melalui organ-organ vegetatif tanaman seperti batang dan daun sebagai cadangan makanan yang diperlukan untuk pembentukan bunga dan buah. P yang tersedia di dalam tanah merupakan nutrisi penting untuk kegiatan metabolisme tanaman (fotosintesis) (Chekanai *et al.* 2018).

Berdasarkan hasil uji DMRT, pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata (Gambar 3). Terjadi peningkatan bobot polong per tanaman dibandingkan dengan perlakuan kontrol, yaitu taraf P3 (21,91%). Setiap perlakuan menunjukkan nilai yang berbeda-beda; dosis pupuk 20 ton/ha menghasilkan bobot polong yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan dosis 15, 10 ton/ha, dan perlakuan kontrol. Akan tetapi dosis 20 ton/ha dan 15 ton/ha tidak berbeda nyata. Begitu pula dengan dosis 10 ton/ha dan perlakuan kontrol tidak berpengaruh nyata, meskipun dosis 15 ton/ha pupuk kotoran sapi lebih efektif dalam hal aplikasi pupuk untuk meningkatkan bobot polong.

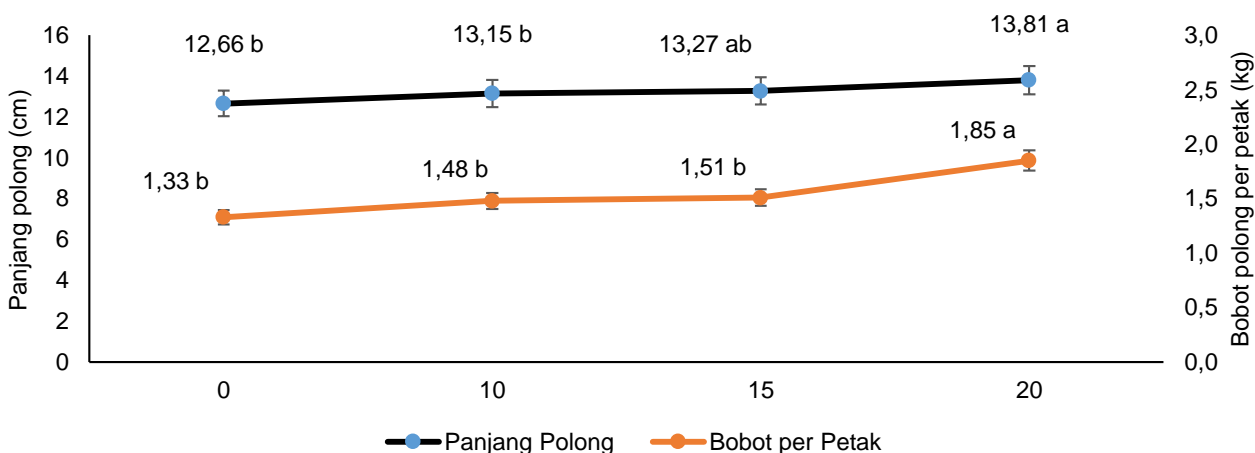
Ketersediaan hara dalam tanah juga sangat memengaruhi pembentukan polong. Umumnya semakin

banyak polong yang didapat, semakin tinggi juga bobot polong yang dihasilkan. Jumlah polong 9,43 buah mampu menghasilkan bobot polong 68,41 g. Apabila dibandingkan dengan perlakuan kontrol, bobot polong tersebut meningkat 21,91%. Pupuk kotoran sapi dosis tertinggi yang digunakan pada percobaan kali ini, yaitu taraf P3, mampu menyuplai unsur hara pada pembentukan polong, sehingga polong dapat menghasilkan jumlah dan bobot polong yang tinggi. Aplikasi P memengaruhi secara nyata pada hasil jumlah dan bobot polong tanaman buncis (Zamukulu *et al.* 2023). Unsur P diperlukan untuk mempercepat pembentukan polong, mengurangi jumlah polong yang tidak berisi, dan untuk mempercepat kematangan polong (Oktavianti *et al.* 2017). Unsur hara P berfungsi untuk mempercepat pembungaan dan pemasakan polong, sedangkan unsur K membantu metabolisme seperti pembentukan protein dan karbohidrat (Wondimu & Tana, 2017; Wang *et al.* 2013). Ketersediaan kedua unsur tersebut harus diperhatikan untuk memaksimalkan kualitas hasil tanaman buncis (Kusumiyati 2020).

Panjang Polong dan Bobot Polong per Petak

Pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata (Gambar 4) dalam peningkatan panjang polong per tanaman buncis dibandingkan dengan perlakuan kontrol, yaitu taraf P2 (4,73%) dan taraf P3 (9,08%). Setiap perlakuan menunjukkan nilai yang berbeda-beda; dosis pupuk 20 ton/ha menghasilkan panjang polong buncis yang lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 15, 10 ton/ha, dan perlakuan kontrol. Akan tetapi, perbedaan kedua dosis tersebut tidak nyata. Begitu pula dengan dosis 10 ton/ha dan perlakuan kontrol tidak berbeda nyata. Namun, dosis 15 ton/ha pupuk mengindikasikan bahwa aplikasi tersebut lebih efektif dalam hal aplikasi pupuk untuk meningkatkan panjang polong tanaman buncis.

Pada saat pembentukan polong, selain jumlah dan bobot, panjang polong yang dihasilkan juga berbeda. Nilai rata-rata panjang polong yang dihasilkan, yaitu 13,81 cm, merupakan peningkatan dari perlakuan kontrol sebesar 9,08%. Aplikasi dosis pupuk kotoran sapi 15 dan 20 ton/ha tidak menunjukkan perbedaan nyata, tetapi dosis terbaik terdapat pada 20 ton/ha dan mampu memberikan hasil yang lebih baik dibanding perlakuan lainnya. Aplikasi unsur hara N, selain P dan K, dibutuhkan untuk mengoptimalkan pembentukan dan pemanjangan polong. Pembentukan protein dipengaruhi oleh ketersediaan unsur N (Kusumiyati 2020). Keberadaan pupuk yang mengandung unsur N dan P dapat dimanfaatkan tanaman untuk bahan dalam proses fotosintesis, sehingga nantinya mampu membentuk polong. Unsur hara kalium (K) juga berperan dalam pembentukan polong, karena unsur K memiliki andil dalam tahapan pembentukan pati, translokasi gula, dan perkembangan klorofil (Sofiana & Syaban 2017).



Gambar 4 Pengaruh pupuk kotoran sapi pada panjang polong (cm) dan bobot polong per petak (kg).

Berdasarkan hasil uji, pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata, serta terjadi peningkatan bobot polong per petak tanaman buncis dibandingkan dengan perlakuan kontrol, yaitu taraf P3 (39,09%). Setiap perlakuan menunjukkan nilai yang berbeda-beda, tetapi dosis 20 ton/ha menghasilkan bobot polong per petak buncis yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan dosis 15, 10 ton/ha, dan perlakuan kontrol. Begitu pula dengan dosis 15, 10 ton/ha, dan perlakuan kontrol tidak berbeda nyata, meski dosis 20 ton/ha pupuk lebih efektif dalam hal aplikasi pupuk untuk meningkatkan bobot polong per petak tanaman buncis.

Perlakuan dosis pupuk kotoran sapi 20 ton/ha menjadi yang terbaik jika dibandingkan dengan dosis 10, 15 ton/ha, dan perlakuan kontrol. Unsur hara yang ada akan melalui proses dekomposisi terlebih dahulu sehingga nantinya dapat diserap oleh tanaman melalui akar dan ditranslokasikan ke semua organ tanaman dalam memenuhi kebutuhan nutrisi guna proses pertumbuhan generatifnya. Pupuk kotoran sapi pada taraf terbaik mampu menghasilkan bobot polong per petak, yaitu 1,85 kg/petak atau 9,63 ton/ha. Hasil ini sejalan dengan laporan Muchtar (2020) bahwa aplikasi pupuk kotoran sapi pada taraf tertinggi mampu meningkatkan hasil panen per petak yang optimum.

Kadar Protein dan Aktivitas Antioksidan

Tabel 2 memperlihatkan kadar protein biji buncis akibat aplikasi berbagai dosis pupuk kotoran sapi dan konsentrasi PGPR pada taraf yang berbeda. Sampel buncis yang diujikan untuk kadar protein di atas ialah biji buncis produksi. Sampel tersebut diambil pada panen terakhir (panen keempat) dengan keadaan sampel yang sudah dijemur 1–2 hari di bawah cahaya matahari untuk mengurangi kadar air dalam biji. Nilai kadar protein tertinggi, yaitu 28,54%, terdapat pada dosis pupuk 20 ton/ha, sedangkan untuk nilai kadar protein pada biji buncis terendah, yaitu 27,34%, terdapat pada perlakuan

kontrol. Perbedaan hasil kadar protein pada biji buncis pada beberapa perlakuan dosis pupuk kotoran sapi dan konsentrasi PGPR menunjukkan nilai yang berbeda tidak nyata.

Berdasarkan hasil uji kadar protein yang dilakukan menggunakan metode AOAC 2012:04/2012, sampel biji buncis produksi menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh. Kandungan protein pada penelitian ini berada pada rentang 27,34–28,54%, mengindikasikan berada dalam kisaran yang sama, yaitu 16–33% (Vega *et al.* 2009).

Komoditas ini merupakan salah satu sumber protein nabati dan kaya akan vitamin A, B, dan C, yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Jika dibandingkan dengan serat makanan dalam buah-buahan dan sayuran yang dikenal dapat mencegah timbulnya kanker, mutu serat makanan dalam kacang-kacangan sangat membantu dalam proses metabolisme tubuh (Trianto *et al.* 2019). Kadar protein buncis tidak lebih tinggi dari protein hewani, tetapi buncis mempunyai kandungan lainnya seperti serat pangan yang berkontribusi pada nutrisi yang seimbang. Mengonsumsi kacang-kacangan sebanyak 100 g akan mencukupi sekitar 20% kebutuhan protein dan 20% kebutuhan serat per hari (Tri 2010). Protein nabati mengandung asam amino esensial yang diperlukan oleh tubuh. Fungsi protein dalam tubuh ialah untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan. Terdapat beberapa fungsi lain dari protein, yaitu sebagai sumber utama energi selain karbohidrat dan lemak, sebagai zat pembangun, dan zat pengatur. Protein juga mengatur proses metabolisme berupa enzim dan hormon guna melindungi tubuh dari zat beracun atau berbahaya serta memelihara sel dan jaringan tubuh (Rismayanthi 2015).

Perbedaan nilai kadar protein pada biji buncis produksi akibat berbagai dosis pupuk kotoran sapi dan konsentrasi PGPR tidak begitu nyata, tetapi dosis pupuk 20 ton/ha mampu menghasilkan nilai yang lebih tinggi, yaitu 28,54%. Lingga & Marsono (2013) menegaskan

Tabel 2 Kadar protein biji buncis produksi dan aktivitas antioksidan buncis muda akibat berbagai perlakuan

Perlakuan	Kadar protein (%)	Aktivitas antioksidan (%)
Kontrol	27,34	57,5
P1	28,23	58,5
P2	28,49	61,6
P3	28,54	60,5
K1	27,40	59,8
K2	27,47	62,2
K3	27,48	60,8

bahwa pupuk organik antara lain mengandung unsur hara makro N, P, dan K yang berperan penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peran unsur N bagi tanaman adalah meningkatkan pembentukan klorofil, sintesis asam amino dan protein, sedangkan peran unsur K membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Unsur hara tersebut dibutuhkan baik dalam pertumbuhan tanaman maupun pembentukan polong buncis. Kandungan di dalam pupuk organik padat seperti P berperan mempercepat pertumbuhan akar, memperkuat pertumbuhan tanaman, mempercepat pembungaan, dan pemasakan biji, sedangkan peranan K pada tanaman adalah untuk meningkatkan kualitas biji dan buah, serta berperan dalam proses sintesis protein dan karbohidrat (Falaq *et al.* 2020).

Tabel 2 menggambarkan aktivitas antioksidan pada buncis muda akibat berbagai dosis pupuk dan konsentrasi PGPR pada taraf yang berbeda. Sampel buncis yang diujikan untuk kandungan aktivitas antioksidan di atas ialah buncis muda dan sampel tersebut diambil pada panen pertama. Nilai kandungan aktivitas antioksidan tertinggi ialah 62,2% pada konsentrasi PGPR 15 mL/L, sedangkan aktivitas antioksidan terendah (57,5%) terdapat pada perlakuan kontrol. Perbedaan nilai aktivitas antioksidan pada buncis muda dari beberapa perlakuan dosis pupuk dan konsentrasi PGPR tidak berbeda nyata.

Berdasarkan hasil uji aktivitas antioksidan menggunakan metode SNI 2973:2011, sampel buncis muda akibat berbagai dosis pupuk dan konsentrasi PGPR berada dalam rentang 57,5–62,2% yang berarti hasil tersebut cukup tinggi. Akond *et al.* (2011) melaporkan nilai aktivitas antioksidan kacang buncis adalah 17,09–36,96%. Kandungan fenolik dan flavonoid merupakan indikator terbaik dari aktivitas antioksidan, total fenolik, dan total flavonoid berkontribusi tertinggi, yaitu 44,87–90,31%, pada aktivitas antioksidan (Xue *et al.* 2016).

Buncis termasuk dalam komoditas yang mengandung antioksidan alami. Antioksidan alami merupakan senyawa fenolik atau polifenol berupa flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, dan tokoferol (Widyaningsih *et al.* 2017). Kandungan antioksidan pada buncis antara lain flavonoid, saponin, dan polifenol. Antioksidan dapat bersumber dari zat-zat alami hasil isolasi. Nutrisi

antioksidan dapat diperoleh dari makanan sehari-hari seperti sayuran, buah-buahan, kacang-kacangan, dan tanaman lainnya yang antioksidan di antaranya vitamin C dan E, karotenoid (karoten dan xantofil), dan polifenol (flavonoid, asam fenolik, lignan, dan stilbena) (Lingga 2012). Antioksidan merupakan senyawa yang dapat meredam reaktivitas radikal bebas dan menghentikan reaksi berantai yang dapat merusak makromolekul dalam tubuh (Oroian & Escriche 2015). Reaksi oksidasi lemak yang terjadi pada makanan atau bahan makanan berlemak dapat dihambat dengan aplikasi zat antioksidan. Mengonsumsi makanan kaya-antioksidan dapat membantu menjaga kesehatan dan mengurangi risiko penyakit terkait oksidasi, selain itu juga dapat membantu meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan memperbaiki kerusakan sel. Antioksidan bekerja dengan cara menetralkan radikal bebas dan melindungi sel-sel tubuh (Perumal *et al.* 2021). Berbagai bukti telah menunjukkan bahwa senyawa antioksidan mengurangi risiko termasuk penuaan dan penyakit seperti kanker, penyakit jantung, diabetes, dan kanker usus besar (Xochitl *et al.* 2007).

Nilai uji aktivitas antioksidan pada hasil panen buncis muda akibat berbagai dosis pupuk dan konsentrasi PGPR tidak begitu nyata, tetapi konsentrasi PGPR 15 mL/L mampu memberikan nilai yang lebih tinggi, yaitu 62,2%. Aplikasi PGPR sebagai pupuk hayati dapat menjaga kesuburan tanah, maka unsur hara dalam tanah dapat tercukupi sehingga memengaruhi fotosintesis, dan berakibat meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif (Husnihuda *et al.* 2017). Mikrob PGPR berfungsi melarutkan dan meningkatkan ketersediaan unsur P dalam tanah. Unsur ini bermanfaat untuk memperbaiki pembungaan dan pembentukan buah (Marom *et al.* 2017), serta aktif mengkolonisasi akar tanaman yang berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil panen, dan kesuburan lahan (Naikofi & Rusae 2017). Selain menyuplai unsur hara, PGPR juga mampu menjaga tanaman dari serangan penyakit. Ini merupakan fungsi sebagai *bioprotectant*, yaitu kelompok mikrob yang dimanfaatkan sebagai pupuk hayati untuk membantu tanaman dalam suplai hara dan memperkuat ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit (Naihati *et al.* 2018).

KESIMPULAN

Dari percobaan ini dapat disimpulkan bahwa pupuk kotoran sapi dan PGPR tidak menunjukkan interaksi pada semua parameter. Perlakuan 20 ton/ha dosis pupuk kotoran sapi menghasilkan total bobot panen 9,58 ton/ha, yaitu pada buncis muda 2,39 ton/ha dan buncis produksi 7,18 ton/ha. Pupuk kotoran sapi berpengaruh nyata pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah polong, bobot polong, panjang polong, bobot polong per petak, tetapi tidak berpengaruh nyata pada parameter diameter polong. Dosis pupuk kotoran sapi terbaik, yaitu 20 ton/ha, menghasilkan nilai kadar protein tertinggi, yaitu 28,54%. Konsentrasi PGPR hanya berpengaruh nyata pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun, tetapi tidak pada parameter jumlah polong, bobot polong, panjang polong, diameter polong, dan bobot polong per petak. Konsentrasi PGPR terbaik ialah 15 mL/L dan menghasilkan nilai aktivitas antioksidan tertinggi, yaitu 62,2%.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya S, Kumar H. 2018. Effect of some organic manure on growth and yield of garlic in greenhouse condition at cold desert high altitude Ladakh Region. *Defence Life Science Journal*. 3(2): 100–104. <https://doi.org/10.14429/dlsj.3.12569>
- Akond GM, Khandaker L, Berthold J, Gates L, Peters K, Delong H, Hossain K. 2011. Anthocyanin, total polyphenols, and antioxidant activity of common bean. *American Journal of Food Technology*. 6(5): 385–394. <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.385.394>
- Anisa K, Sudiarso. 2019. Pengaruh plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) dan pupuk hijau (*C. juncea*) pada pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 7(10):
- Angkur E, Mahardika I, Sudewa I. 2021. Pengaruh pupuk kandang sapi, NPK mutiara terhadap tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis* L.). *Gema Agro*. 56–65.
- Assagaf SAR. 2019. Pengaruh dosis pupuk kandang dan pupuk urea terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) di Desa Batuboy Kecamatan Namlea Kabupaten Buru. *Jurnal Biosainstek*. 1(1): 108–116. <https://doi.org/10.52046/biosainstek.v1i01.322>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2022. Data Produksi Sayuran Indonesia. [internet]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. [Diakses pada: 20 Oktober 2022].
- Bagula E, Pypers P, Mushagalusa G, Muhigwa J B. 2014. Assessment of fertilizer use efficiency of maize in the weathered soils of Walungu District, DR Congo. Dalam: Vanlauwe, B., et al. Eds., *Challenges and Opportunities for Agricultural Intensification of the Humid Highland Systems of Sub-Saharan Africa*, Springer International Publishing. Berlin (UK): 187–199. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07662-1_16
- Bhattacharjya D, Sung Yu J. 2014. Activated carbon made from cow dung as electrode material for electrochemical double layer capacitor. *Journal of Power Sources*. 262: 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.03.143>
- Chekanai V, Chikowo R, Vanlauwe B. 2018. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to nitrogen, phosphorus and rhizobia inoculation across variable soils in Zimbabwe. *Agric. Ecosyst. Environ.* 266: 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.08.010>
- Chen YP, Rekha PD, Arun AB, Shen FT, Lai WA, Young CC. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*. 34: 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.12.002>
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2021. Standar Operasional Prosedur (SOP) Budidaya Buncis. Kementerian Pertanian, Direktorat Jenderal Hortikultura, Direktorat Sayuran dan Tanaman Obat. Jakarta (ID).
- Ejigu W, Selassie Y, Elias M, Damte M. 2021. Integrated fertilizer application improves soil properties and maize (*Zea mays* L.) yield on Intisols in Northwestern Ethiopia. *Heliyon*. (7): 2. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06074>
- Falaq FA, Juanda BR, Siregar DS. 2020. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.) Terhadap Dosis Pupuk Organik Cair GDM dan Pupuk Organik Padat. *AgroSamudra, Jurnal Penelitian*. 7(2): 1–13.
- Glick BR. 2012. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica* (Cairo). 963401. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>
- Gupta K, Aneja R, Rana. 2016. Current status of cow dung as a bioresource for sustainable development. *Bioresour. Bioprocess*. 3(28): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40643-016-0105-9>
- Haryadi D, Yetti H, Yoseva S. 2015. Pengaruh pemberian beberapa jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (*Brassica alboglabra* L.). *JomuFaperta*

- Hindersesah R, Yulina H, Nurbaity A. 2013. Penggunaan pupuk organik cair sebagai media produksi inokulan *Azotobacter Chroococcum*. *Jurnal Agrologia* 2(2): 102–108. <https://doi.org/10.30598/a.v2i2.264>
- Husnihuda MI, Sarwitri R, Susilowati YE. 2017. Respon pertumbuhan dan hasil kubis bunga (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) pada pemberian PGPR akar bambu dan komposisi media tanam. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 2(1): 13–16. <https://doi.org/10.24903/ajip.v1i1.66>
- Idafitra FL, Herlina N. 2019. Pengaruh pemberian biourin sapi dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal Produksi Tanaman*: 60–67. <https://doi.org/10.35724/mjar.v1i2.1851>
- Kavange A, Cishesa T, Zamukulu P, Kulimushi J, Ganza D. 2018. Effects of interval and organic manure on the yield of irish potatoes (*Solanum tuberosom* L.) in Walungu, East RDC. *Afrique Science*. 14: 316–322.
- Kumari P, Meena M, Gupta P, Dubey MK, Nath G, Upadhyay RS. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria and their biopriming for growth promotion in mung bean (*Vigna radiata* L.) R. Wilczek). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 16:63–171. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.030>
- Kusumiyati, Sutari W, Wicaksono A, Oktavia A. 2020. Peningkatan hasil panen buncis tegak melalui aplikasi pupuk N, P, K dan pupuk organik granul pada tanah Inceptisols. *Hortikultura Indonesia*. 74–182. <https://doi.org/10.29244/jhi.11.3.174-182>
- Lingga P, Marsono. 2013. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Jakarta (ID): *Penebar Swadaya*.
- Lubobo A, Kasongo E, Kizungu R, Nachigera G, Kalonji A. 2016. Effect of climate change on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop production: Determination of the optimum planting period in midlands and highlands zones of the Democratic Republic of Congo. *Global Journal of Agricultural Research and Reviews*, 4: 190–199.
- Lunze L, Abang M, Buruchara R, Ugen M, Nabahungu L, Rachier G, Ngongo M, Rao I. 2012. Integrated soil fertility management in bean-based cropping systems of Eastern, Central and Southern Africa. Dalam: Whalen J, Ed., *Soil Fertility Improvement Management, and Integrated Nutrient Management-Global Perspective, IntechOpen, London*. 306 hlm. <https://doi.org/10.5772/29151>
- Marom N, Rizal M, Bintoro. 2017. Uji efektivitas waktu 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. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v1i2.43>
- Mehta P, Walia A, Kulshrestha S, Chauhan A, Shirkot CK. 2015. Efficiency of plant growth-promoting P-solubilizing *Bacillus circulans* CB7 for enhancement of tomato growth under net house conditions. *Journal of Basic Microbiology*. 55: 33–44. <https://doi.org/10.1002/jobm.201300562>
- Mirindi C, Mbikayi N, Kijana R, Elukessu K, Bakulikira R, Koleramungu, Mongana E, Rubabura J. 2015. Behaviour and adaptation of biofortified common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) in agroecological zones of Nord et Sud-Kivu, East RDC. *International Journal of Innovation and Scientific Research*. 18: 252–261.
- Muchtar J. 2020. Variasi pemberian pupuk organik kotoran sapi dan ayam terhadap tanaman buncis sebagai upaya meningkatkan produktivitas usaha tani buncis. Fakultas Pertanian, Ma'soem University. *Jurnal Agribisnis dan Teknologi Pangan*. 1 (1): 72–95. <https://doi.org/10.32627/agritekh.v1i01.18>
- Mueller. 2009. Soy intake and risk of type 2 diabetes mellitus in Chinese Singaporeans. *Eur Journal Nutrition*. 51(8): 22–40. <https://doi.org/10.1007/s00394-011-0276-2>
- Murnita, Taher YA. 2021. Dampak pupuk organik dan anorganik terhadap perubahan sifat kimia tanah dan produksi tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Menara Ilmu*. 5(2): <https://doi.org/10.33395/juripol.v5i2.11743>
- Musdalifah, Napitupulu M. 2020. Pengaruh pupuk kandang sapi dan pupuk gandasil B terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) varietas Lebat-3. *Jurnal Agrifor*. 19(1): 99–108. <https://doi.org/10.31293/af.v19i1.4618>
- Mushagalusa G, Kashemwa A, Sinza C, Bigirimwami L, Karume K, Lubobo A. 2016. Responses of biofortified common bean varieties to diammonium phosphate fertilizer under climate variability conditions in South-Kivu, DR Congo. *African Journal of Agricultural Research*. 11: 3569–3577. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11295>
- Naihati YF, Taolin RICO, Rusae A. 2018. Pengaruh takaran dan frekuensi aplikasi PGPR terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 3(1): 1–3. <https://doi.org/10.32938/sc.v3i01.215>
- Naikofi YM, Rusae A. 2017. Pengaruh aplikasi PGPR dan jenis pestisida terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Pertanian*

- Konservasi Lahan Kering*, 2(4): 71–73.
<https://doi.org/10.32938/sc.v2i04.160>
- Ndjadi S, Mirindi B, Musafiri P, Chuma G, Cinyabuguma E, Bisimwa E. 2016. Evaluation of the Productivity of Wheat (*Triticum aestivum*) through Integrated Soil Fertility Management in Kaziba, South Kivu, DR Congo. *Field Actions Science Reports*, 9, 10 p.
- Ni-Ketut, S. 2015. Pengaruh Kompos Kotoran Sapi dan Mulsa Jerami Padi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Polong Muda Kedelai Edamame (*Glycine max* L. Merrill) di Lahan Kering. [Tesis]. Bali (ID): Universitas Udayana.
- Niu DD, Liu HX, Jiang CH, Wang YP, Wang QY, Jin HL, Guo. 2011. The plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus cereus* AR156 induces systemic resistance in *A. thaliana* by simultaneously activating salicylate- and jasmonate/ethylene-dependent signaling pathways. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 24: 533–542.
<https://doi.org/10.1094/MPMI-09-10-0213>
- Oktavianti A, IzzatiM, Parman SD. 2017. pengaruh pupuk kandang dan npk mutiara terhadap pertumbuhan dan produksi kacang panjang (*Vigna sinensis* L.) pada tanah berpasir. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 2(2):
<https://doi.org/10.14710/baf.2.2.2017.236-241>
- Oomah BD, Cardador-Martinez A, Loarca-Pina G. 2005. Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Science Food Agriculture*. 85: 935–942.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2019>
- Oroian M, Escriche I. 2015. Antioxidants: Characterization, natural sources, extraction, and analysis. *Food Res International*. 74: 10–36.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.018>
- Perumal V, Khatib A, Ahmed QU, Uzir BF, Abas F, Murugesu S, Saiman MZ, Primaharinastiti R, El-Seddi M. 2021. Antioxidants profile of *Momordica charantia* fruit extract analyzed using LC-MS-QTOF-Based metabolomics. *Food Chemistry: Molecular Sciences*. 2:100012.
<https://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100012>
- Prasannakumar SP, Gowtham HG, Hariprasad P, Shivaprasad K, Niranjana SR. 2015. *Delftia tsuruhatensis* WGR-UOM-BT1, a novel rhizobacterium with PGPR properties from *Rauwolfia serpentina* (L.) Benth. Ex Kurz also suppresses fungal phytopathogens by producing a new antibiotic-AMTM. *Letters in Applied Microbiology*. 61: 460–468.
- Puspawati, Sutari, Kusumayati. 2016. Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair (POC) dan dosis pupuk N, P, K terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. var Rugosa Bonaf) Kultivar Talenta. *Kultivasi*. 208–216.
<https://doi.org/10.1111/lam.12479>
- Rahni NM. 2012. Efek fitohormon PGPR terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*.
- Rihana S, Heddy YBS, Maghfoer MD. 2013. Pertumbuhan dan hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) pada berbagai dosis pupuk kotoran kambing dan konsentrasi zat pengatur tumbuh Dekamon. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(4): 369–377.
- Rismayanthi C. 2015. Sistem Energi dan Kebutuhan Zat Gizi yang Diperlukan Untuk Peningkatan Prestasi Atlet. 109–121.
- Rohaeni N, Mariani A. 2022. Efektivitas dosis *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) akar bambu terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). COMSERVA. *Jurnal Pengabdian dan Penelitian Masyarakat*. 2(1): 51–62.
<https://doi.org/10.59141/comserva.v2i1.212>
- Saraf M, Pandya U, Thakkar A. 2014. Role of allelochemicals in plant growth promoting rhizobacteria for biocontrol of phytopathogens. *Microbiological Research*. 169: 18–29.
- Sarwanidas T, Setyowati. 2017. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau pada berbagai konsentrasi hormon GA3 dan dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Bernas Agriculture Research*. 133–144.
- Setiawati MR, Sofyan ET, Nurbaity A, Suryatmana P, Marihot GP. 2018. Pengaruh aplikasi pupuk hayati, vermikompos dan pupuk anorganik terhadap kandungan N, populasi *Azotobacter sp.* dan hasil kedelai edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Inceptisols Jatiningor. *Agrologia*. 6(1):
<https://doi.org/10.30598/a.v6i1.174>
- Sofiana R, Syaban RA. 2017. Aplikasi pupuk biourine terhadap hasil dan mutu benih dua varietas kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences*. 1(1): 63–71.
<https://doi.org/10.25047/agriprima.v1i1.11>
- Soltangheisi A, Haygarth PM, Pavinato PS, Paula A, Cherubin MR, Teles APB, Bordonal R, Carvalho JLN, Withers PJA, Martinelli LA. 2021. Long term sugarcane straw removal affects soil phosphorus dynamics. *Soil Tillage Res*. 208: 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104898>
- Styaningrum. 2013. Respons Tanaman Buncis (*Phaseolus Vulgaris* L.) Terhadap Dosis Pupuk Kandang Kambing Dan Pupuk Daun Yang Berbeda.

- [Skripsi/tesis/disertasi]. Malang (ID): Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
- Tri MY. 2010. *Jelajah Wisata Nusantara*. Jakarta (ID): PT. Buku Kita.
- Trianto M, Budiarsa IM, Kundara IN. 2019. Kadar protein berbagai jenis kacang (*Leguminoceae*) dan pemanfaatannya sebagai media pembelajaran. *Journal of Biology Science and Education* (JBSE). 7(2): 533–538.
- Tsukanova KA, Meyer JJM, Bibikova TN. 2017. Effect of plant growth-promoting Rhizobacteria on plant hormone homeostasis. *South African J Bot.* 113: 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.07.007>
- Turuko M, Mohammed A. 2014. Effect of different phosphorus fertilizer rates on growth, dry matter yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *World Journal of Agricultural Research*. 2: 88–92. <https://doi.org/10.12691/wjar-2-3-1>
- Van de Mortel JE, de Vos RC, Dekkers E, Pineda A, Guillod L, Bouwmeester K, Van Loon JJ, Dicke M, Raaijmakers JM. 2012. Metabolic and transcriptomic changes induced in Arabidopsis by the rhizobacterium *Pseudomonas fluorescens* SS101. *Plant Physiology*. 160: 2173–2188. <https://doi.org/10.1104/pp.112.207324>
- Vargas-Torres A, Osorio-Díaz P, Tovar J, Paredes-López O, Ruales J, Bello-Pérez LA. 2004. *Chemical composition, starch bioavailability and indigestible fraction of common beans (Phaseolus vulgaris L.)*. *Starch/Stärke*. 56: 74–78. <https://doi.org/10.1002/star.200300205>
- Vega CR, Reynoso CR, Pedraza AG, Acosta GJA, Guzman MSH, Paredes LO, Oomah BD, Loarca PG. 2009. Chemical composition and in vitro polysaccharide fermentation of different beans. *International Journal of Food Science*. 74(7): 59–65. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01292.x>
- Wang M, Heng Q, Shen S, Guo. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal Mol. Science*. 14: 7370–7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
- Widyaningsih TD, Wijayanti N, Nugrahini NIP. 2017. *Pangan Fungsional: Aspek Kesehatan, Evaluasi dan Regulasi*. Malang (ID): UB Press.
- Wijaya R, Warganda, Mustamir E. 2021. Pengaruh dosis okompos kulit pisang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terong pada tanah bekas tambang bauksit (*verburden*). *Sains Mahasiswa Pertanian*. 1–8.
- Wondimu W, Tana T. 2017. Yield response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to combined application of nitrogen and phosphorus fertilizers at Mechara, Eastern Ethiopia. *Journal Plant Biol Soil Health*. 4: 1–7. <https://doi.org/10.13188/2331-8996.1000018>
- Wystalska K, Drozd D, Malinska K, Grosser A, Grobelak K, Kacprzak M. 2020. Management of poultry manure in Poland current state and future perspective. *Journal of Environmental Management*. 264(1): 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110327>
- Xochitl AF, Rosalia RC, Eduardo CT, Teresa GG, Elvira GM, Horaxio GM, Guillermo E, Yousef GG, Mary AL, Loarca-Pina G. 2007. Antiradical capacity and induction of apoptosis on HeLa cells by a *Phaseolus vulgaris* extract. *Plant Foods for Human Nutrition*. 63: 35–40. <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0066-4>
- Xue Z, Wang C, Zhai L, Yu W, Chang H, Kou X, Zhou F. 2016. Bioactive compounds and antioxidant activity of mung bean (*Vigna radiata* L.), soybean (*Glycine max* L.) and black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the germination process: Food technology and economy, engineering and physical properties. *Czech J. Food Sci*. 34(1): 68–78. <https://doi.org/10.17221/434/2015-CJFS>
- Yazdani MA, Bahmanyar H, Pirdashti, Esmaili MA. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*. 3(7): 90–92.
- Zamukulu PM, Bagula EM, Mondo JM, Chuma GB, Safina FB, Cishea TH, Kavange AA, Masumbuko DR, Kazadi JW, Mushaglusu GN, Lubobo AK. 2023. Optimization of plant density and fertilizer application to improve biofertilized common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield on Nitisols of South-Kivu, Eastern D.R. Congo. *Heliyon*. 9: 6–9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17293>
- Zhou C, Guo K, Zhu L, Xiao X, Xie Y, Zhu J, Ma Z, Wang J. 2016. *Paenibacillus polymyxa* BFKC01 enhances plant iron absorption via improved root systems and activated iron acquisition mechanisms. *Plant Physiology and Biochemistry*. 105: 162–173. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.04.025>