

PENGARUH APLIKASI *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR) PADA PERTUMBUHAN TANAMAN KACANG HIJAU DENGAN MEDIA TANAM YANG BERBEDA

Effect of Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth of Green Bean on an Ultisol

Rifdah Aprianti¹, Nur Laili² dan Eko Handayanto^{1*}

¹Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No 1 Malang 65145

²Mikrobiologi Pertanian, LIPI, Indonesia

* penulis korespondensi: handayanto@ub.ac.id

Abstract

Green bean plants are still used as side plants, yet the technique of green bean cultivation has not been done optimally. The advantages of green bean plants is that the plant can be planted in less fertile soil conditions such as Ultisols. This study was aimed to elucidate the effect of application biofertilizer (plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth of green bean on an Ultisol. Treatments tested were combinations of soil (soil only =T1, soil + kompos =T2), and biofertilizer (H0=no biofertilizer, H1: biofertilizer of formula 1, H2: biofertilizer of formula 2, and H3: Beyonic StarTmik biofertilizer). Results of the study showed that T2H2 treatment could increase population of N fixing bacteria, respiration, soil pH, and soil enzymes, T2H0 treatment could increase C-organic (5.46%), and T2H3 treatment could increase available N in the soil. T2H3 treatment gave the best growth of green bean.

Keywords: *green bean, Ultisol, PGPR, soil biological and chemical properties*

Pendahuluan

Tingkat konsumsi masyarakat dipengaruhi pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya. Selain padi dan jagung tanaman pangan seperti kacang-kacangan banyak dibutuhkan masyarakat sebagai salah satu bahan pangan yang bermanfaat. Kacang hijau merupakan tanaman kacang-kacangan yang memiliki banyak manfaat setelah kacang kedelai dan kacang tanah. Tanaman kacang hijau masih dijadikan sebagai tanaman sampingan, sehingga teknik budidaya kacang hijau yang dilakukan belum optimal (Supeno dan Sujudi, 2004). Apabila dibandingkan dengan jenis tanaman kacang-kacangan lainnya, kacang hijau memiliki kelebihan salah satu diantaranya adalah dapat ditanam pada kondisi tanah yang kualitas tanahnya rendah seperti rendahnya unsur hara. Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang memiliki sebaran luas mencapai

25% dari total luas daratan Indonesia (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Umumnya ultisol tersebar didaerah dengan kondisi curah hujan tahunan yang tinggi (Yulnafatmawita et al., 2010). Hal ini dapat mempengaruhi tingkat kemasaman tanah meningkat karena terjadi pencucian hara tinggi terutama basa-basa. Tingkat curah hujan yang tinggi akan mempengaruhi ketersediaan hara dalam tanah, karena adanya pencucian hara yang berlangsung secara intensif. Tidak hanya unsur hara, ketersediaan bahan organik pada suatu tanah juga akan rendah. Hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi akan mempercepat laju kimia yang menyebabkan proses pelapukan dan pencucian berjalan cepat. Proses pelapukan dan pencucian yang intensif pada tanah ultisol dapat melepaskan unsur hara yang hilang dan menyisakan produk akhir pelapukan dengan unsur hara yang rendah bagi tanaman (Hairiah, et al, 2000). Terdapat

beberapa cara pengelolaan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesuburan tanah ultisol dalam menunjang pertumbuhan serta produksi tanaman seperti kacang hijau. Salah satunya adalah dengan mengaplikasikan pupuk yang ramah lingkungan seperti pupuk organik hayati. Pupuk organik hayati merupakan pupuk yang berasal dari bahan organik seperti residu tanaman, pupuk hijau, pupuk kandang ternak, maupun mikroba yang meliputi bakteri dan jamur (Singh dan Sharma, 2002). Pada dasarnya bakteri maupun jamur yang dimanfaatkan sebagai pupuk organik hayati memiliki peran dalam membantu kesuburan tanah maupun pertumbuhan tanaman. Bakteri yang digunakan sebagai pupuk organik hayati merupakan bakteri tanah atau bakteri daerah perakaran yang biasa dikenal dengan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Bakteri ini dapat membantu serta meningkatkan pertumbuhan tanaman dan dapat berinteraksi dengan akar tanaman dengan cara mengkolonisasi akar tanaman (Hayat *et al*, 2010). Hasil penelitian Raza *et al* (2004) menyatakan kacang hijau yang diinokulasikan bakteri PGPR memiliki tinggi tanaman dan panjang akar yang lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Sehingga pada penelitian ini dilakukan pengujian isolat bakteri sebagai kandidat formula pupuk hayati terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau pada tanah ultisol dalam skala polybag. Isolat bakteri yang menjadi kandidat pupuk organik hayati ini telah diuji aktivitasnya dalam melarutkan fosfat, penambat N maupun penghasil hormon IAA yang akan membantu dalam pertumbuhan tanaman kacang hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi isolat yang dijadikan formula pupuk hayati terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau pada Ultisol.

Metode Penelitian

Waktu dan lokasi penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya untuk analisis serapan N tanaman, Laboratorium Mikrobiologi Pertanian untuk analisis biologi dan kimia tanah dan Rumah Kaca Mikrobiologi

Pertanian, Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi LIPI Cibinong. Penelitian ini berlangsung pada bulan Februari – Juni 2017

Karakterisasi Bakteri PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)

Karakterisasi bakteri PGPR ini dilakukan dengan menguji aktivitas bakteri PGPR yang mampu meningkatkan kesuburan tanah serta pertumbuhan tanaman. Isolat bakteri PGPR sebagai kandidat formula pupuk hayati dilakukan pengujian aktivitas bakteri dalam melarutkan fosfat, menambat nitrogen, dan memproduksi zat pengatur tumbuh seperti hormon IAA. Pengujian aktivitas bakteri dalam merlarutkan fosfat dilakukan dengan menguji isolat bakteri pada media Pikovskaya. Pengujian aktivitas bakteri penghasil hormon IAA dilakukan dengan dua tahap yaitu secara kualitatif dengan media TSB dan kuantitatif dengan media TSA.

Penanaman dan Penyiraman Tanaman Kacang Hijau

Perlakuan yang diuji dalam penelitian ini adalah kombinasi antara 2 media tanah Ultisol yaitu tanah tanpa kompos (tanah 2) dan tanah + kompos plus (tanah 2), dengan 4 macam pemberian pupuk hayati (PGPR), yaitu H0: Tanpa Pupuk Hayati, H1: Pupuk Hayati Formula 1, H2: Pupuk Hayati Formula 2 dan H3: POH Beyonic StarTmik. Benih kacang hijau yang akan ditanam dikecambahkan terlebih dahulu. Pada perlakuan kontrol, penyiraman yang dilakukan menggunakan air saja setiap harinya. Pemberian pupuk NPK dilakukan pada awal tanam dengan dosis pupuk mutiara untuk kebutuhan tanaman kacang hijau menurut Balitkabi (2010) dalam skala polibag yaitu sebesar 0,17 g NPK/Polibag. Penyiraman formula yang berasal dari bakteri PGPR dilakukan perbanyak isolat bakteri dengan membuat kultur bakteri. Isolat bakteri yang digunakan adalah sel bakteri yang diperoleh dari hasil sentrifuge masing-masing kultur bakteri 600 mL. Sel bakteri ini diencerkan dengan larutan fisiologis 0,85 % sejumlah kultur sebelumnya, sehingga dilarutkan kembali sebanyak 600 mL larutan fisiologis. Penyiraman POH StarTmik yaitu 75 mL POH diencerkan dengan air sampai 3 L dan disiram sebanyak 600 mL/Polibag. Penyiraman perlakuan POH

StarTmik dan Formula POH dilakukan 3 minggu awal penanaman, 5 MST dan 7 MST.

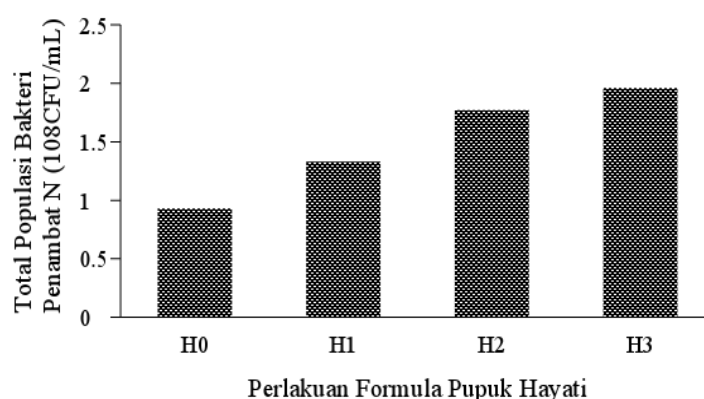
Pengamatan

Parameter pengamatan terdiri dari: biologi tanah (Analisis respirasi mikroba tanah, analisis enzim urease dan analisis total populasi bakteri penambat N), kimia tanah (C-Organik, pH H₂O, N-total, P-total, K-total, CN rasio, dan N tersedia dalam bentuk amonium (NH₄⁺) dan nitrat (NO₃⁻) dan pertumbuhan tanaman kacang hijau (tinggi tanaman, biomassa tanaman (berat brangkas, berat akar, berat polong dan serapan N). Analisis data menggunakan analisis ragam (uji F) taraf 5% dengan *software* genstat untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan. Apabila hasilnya berbeda nyata maka akan dilanjutkan dengan uji Duncan 5%.

Hasil dan Pembahasan

Total populasi bakteri penambat N

Pada perlakuan media tanam tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap total populasi bakteri, namun perlakuan formula pupuk hayati dengan pemberian POH Beyonic Startmik (H3) memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap total populasi bakteri penambat N. Rerata dari total populasi bakteri penambat N pada media NFB tertinggi yaitu pada perlakuan H3 yaitu sebesar $1,96 \times 10^8$ CFU/mL, sedangkan pada perlakuan tanpa formula (H0) yaitu hanya sebesar $0,93 \times 10^8$ CFU/mL (Gambar. 1). Hal ini diduga bahwa dengan adanya inokulasi bakteri PGPR potensial kedalam suatu tanah yang ditanami tanaman kacang hijau mampu meningkatkan populasi bakteri pada tanah sebelumnya.



Gambar 1. Total rerata bakteri penambat N pada media NFB

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada uji Duncan taraf 5%, T1: Tanah, T2: Tanah+Kompos *plus*, H0: Tanpa Pupuk Hayati, H1: Pupuk Hayati Formula 1, H2: Pupuk Hayati Formula 2 dan H3: POH Beyonic StarTmik.

Bakteri PGPR akan berkembang pada kondisi tanah tertentu dan faktor yang dapat memacu perkembangan populasi bakteri penambat N adalah kondisi pH tanah, ketersediaan bahan organik dan tanaman inang yang sesuai. pH tanah yang masam dapat menyebabkan pembatas kelangsungan hidup populasi bakteri PGPR yang dapat menambat nitrogen.

Respirasi Mikroba

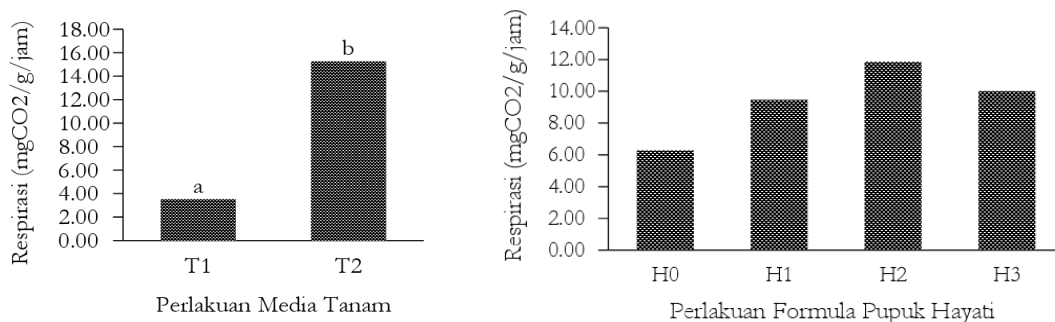
Perlakuan yang dicampurkan dengan kompos *plus* memiliki rerata jumlah CO₂ yang lebih tinggi ($15,27 \text{ mgCO}_2/\text{g/jam}$) dibandingkan

dengan perlakuan yang tidak dicampurkan kompos *plus* ($3,54 \text{ mgCO}_2/\text{g/jam}$) (Gambar 2). Sedangkan pada perlakuan formula pupuk hayati perlakuan H2 memiliki jumlah CO₂ tertinggi yaitu $11,86 \text{ mgCO}_2/\text{g/jam}$. Respirasi tanah dapat menunjukkan adanya aktivitas biologi pada tanah dan populasi mikroba tanah secara kuantitatif. Semakin tinggi jumlah CO₂ dari hasil akhir analisis respirasi tanah maka mengindikasikan tingkat aktivitas mikroba pada tanah semakin besar (Reid *et al.*, 2001). Selain itu aktivitas mikroorganisme tanah seperti PGPR dipengaruhi oleh beberapa faktor

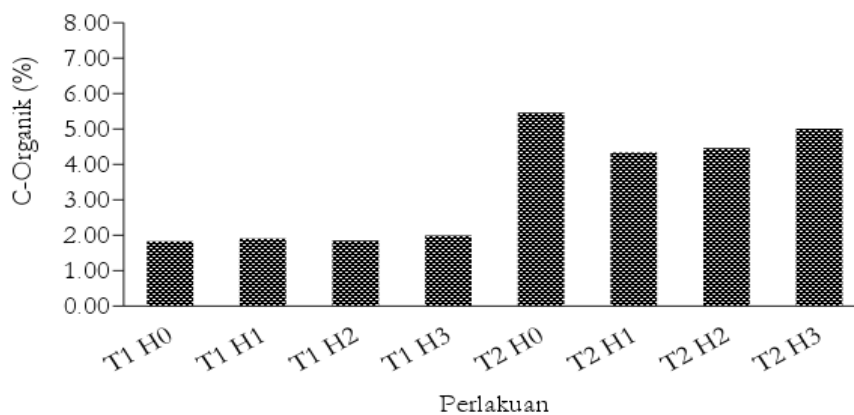
C-organik

Perlakuan tanah yang dicampur dengan kompos *plus* (T2H0) memiliki nilai C-Organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanah saja (T1H0) yang tanpa penambahan kompos *plus* maupun formula pupuk. Nilai C-organik pada perlakuan T2H0 yaitu sebesar 5,46% dan nilai perlakuan T1H0 yaitu 1,83%. (Gambar. 3.). Menurut Angelova *et al.* (2013), penambahan bahan organik seperti

kompos dapat meningkatkan C-Organik tanah dan memperbaiki struktur tanah Penambahan bahan organik serta dekomposer yang dapat mempengaruhi perombakan bahan organik. Bahan organik akan cepat terurai melalui proses respirasi tanah, sehingga secara umum hanya 5-15% bahan organik yang diaplikasikan akan menjadi C-Organik tanah (Broadbent, 2011).



Gambar 2. Hasil Analisis Respirasi Mikroba Tanah
Keterangan sama dengan Gambar 1.



Gambar 3. Kadar C-organik dari masing-masing Perlakuan
Keterangan sama dengan Gambar 1.

pH H₂O

Nilai pH tanah yang terbaik yaitu pada perlakuan T2H1 dan T2H2 yang memiliki nilai rerata pH yang sama sebesar 7,74. Sedangkan pada perlakuan kontrol, nilai pH tanah sebesar 5,88 yang termasuk dalam kriteria tanah yang agak masam (Gambar 4). Berdasarkan hasil penelitian Widawati *et al.* (2015), aplikasi

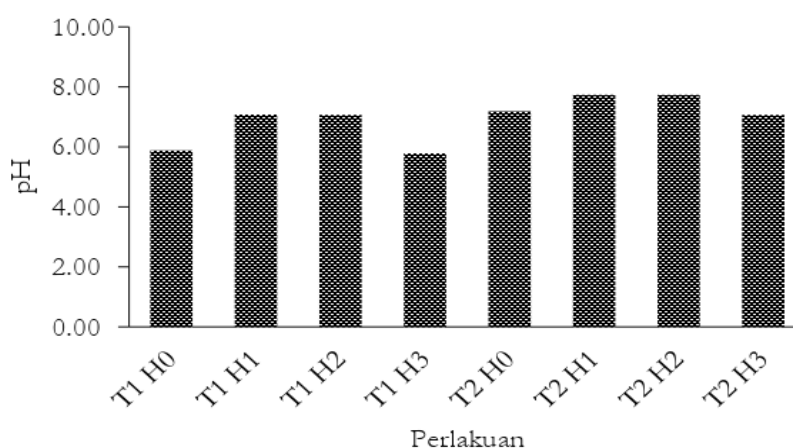
formula pupuk hayati yang berasal dari bakteri PGPR mampu meningkatkan pH tanah agak masam (5,8) menjadi netral (7,12). Hal ini terjadi karena pH tanah merupakan salah satu faktor pembatas bakteri didalam tanah. Hasil penelitian Brockwell *et al.* (1991), menunjukkan bahwa jumlah bakteri *Rhizobium* semakin tinggi dengan meningkatnya pH tanah. Hal ini

dikarenakan beberapa bakteri mampu berkembang dalam kondisi pH tanah yang masam maupun basa. Bergantung pada potensi bakteri dalam meningkatkan atau menurunkan pH tanah.

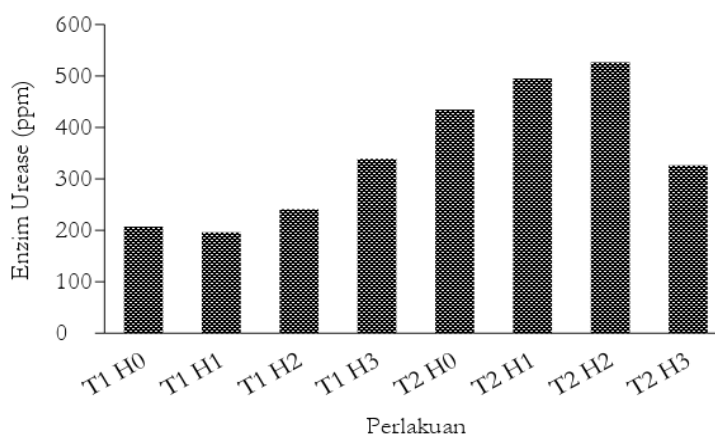
Enzim urease

Hasil pengamatan enzim urease tanah dari setiap perlakuan diperoleh nilai enzim urease tanah tertinggi dan terendah. Enzim urease tertinggi diperoleh pada perlakuan T2H2 (526,6

ppm) sedangkan enzim urease terendah yaitu T1H1 (196,1 ppm). Pengaruh pemberian formula pupuk dan kompos *plus* menunjukkan hasil aktivitas enzim urease pada tanah yang bervariasi. Hal ini didukung dari hasil penelitian Kaur *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa, pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap aktivitas enzim urease menunjukkan adanya pola yang bervariasi selama waktu pertumbuhan tanaman hingga panen.



Gambar 4. Hasil Analisis pH Tanah Seluruh Perlakuan
Keterangan sama dengan Gambar 1.



Gambar 5. Hasil Analisis Ragam Enzim Urease Tanah
Keterangan sama dengan Gambar 1.

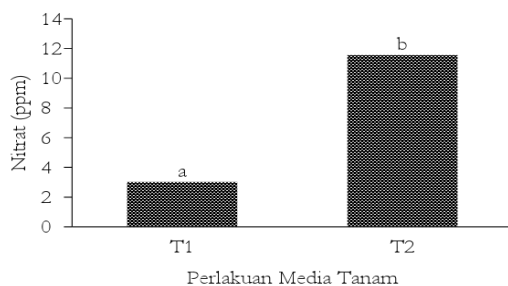
Hasil penelitian Nosheen dan Bano (2014) menyatakan bahwa, pada perlakuan pupuk hayati dari inokulasi bakteri *azotobacter* yang dikombinasikan dengan seperempat dosis pupuk anorganik pada 2 varietas tanaman

kesumba, menunjukkan aktivitas enzim urease yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang tidak diinokulasikan. Oleh karena itu, pemberian pupuk hayati berupa inokulasi

bakteri PGPR dapat meningkatkan aktivitas enzim urease pada tanah.

N-tersedia (NH_4^+ dan NO_3^-)

Berdasarkan hasil uji statistik perlakuan media tanam dan formula pupuk hayati tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap amonium (NH_4^+) didalam tanah, sehingga tidak terjadi interaksi antara kedua faktor perlakuan. Hal ini dikarenakan umumnya amonium (NH_4^+) didalam tanah kaya akan energi dan relatif tidak stabil pada kondisi tanah yang kaya akan oksigen atau disebut aerob yang menyebabkan proses nitrifikasi berjalan lebih cepat (Walworth, 2013). Pada kandungan nitrat, faktor perlakuan media tanam memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata walaupun faktor perlakuan formula pupuk hayati tidak memberikan pengaruh yang nyata (Gambar. 6).



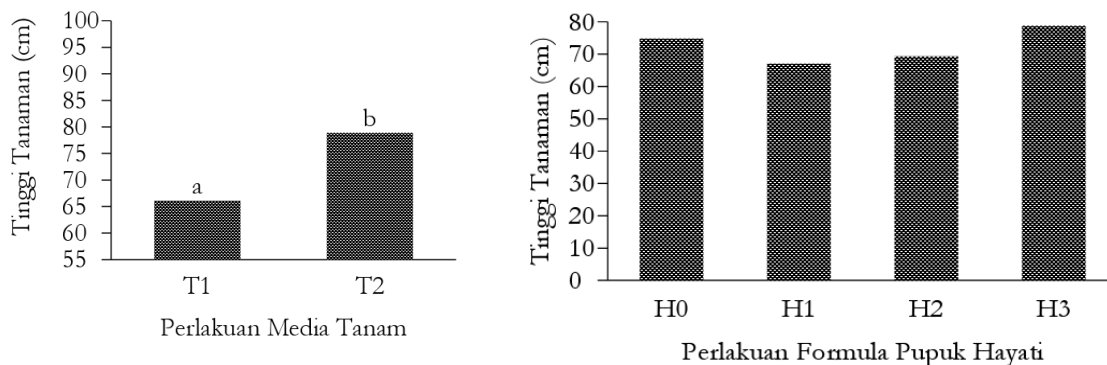
Gambar 6. Hasil analisis N-tersedia dalam bentuk nitrat (NO_3^-)
Keterangan sama dengan Gambar 1.

Amonium (NH_4^+) dan Nitrat (NO_3^-) merupakan bentuk senyawa nitrogen yang tersedia didalam tanah dan dapat diserap oleh

tanaman. Pada perlakuan yang dicampurkan dengan kompos, rata-rata memiliki jumlah nitrat yang lebih tinggi dan jumlah amonium yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan adanya proses nitrifikasi yang tinggi didalam tanah yang merubah senyawa amonium menjadi nitrat, sehingga jumlah amonium (NH_4^+) relatif tidak stabil dan jumlah nitrat (NO_3^-) yang dihasilkan meningkat. Proses nitrifikasi ini merupakan proses berubahnya senyawa amonium (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-) terlebih dahulu yang dibantu oleh bakteri *nitrosomonas* dan selanjutnya teroksidasi menjadi nitrat (NO_3^-) oleh bakteri *nitrobacter* (Walworth, 2013).

Tinggi tanaman

Pada masa pertumbuhan 8 MST faktor perlakuan media tanam dan formula pupuk hayati memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap tinggi tanaman kacang hijau. Akan tetapi, kombinasi antar perlakuan tidak memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman kacang hijau, sehingga tidak ada interaksi dari kedua faktor perlakuan. Pemberian kompos plus dengan POH Beyonic Startmik mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman kacang hijau. Namun, perlakuan formula pupuk hayati dari isolat bakteri PGPR yang di uji ini (H1 dan H3) tidak menunjukkan tinggi tanaman yang lebih baik. Hal ini diduga adanya kompetisi antara bakteri asal dengan bakteri yang diinokulasikan yang dapat menghambat pertumbuhan terhadap tinggi tanaman kacang hijau (Simanungkalit *et al.*, 2006). Pada perlakuan T2 menunjukkan rerata tinggi tanaman sebesar 78,9 cm sedangkan pada perlakuan H3 sebesar 78,75 cm (Gambar 7).

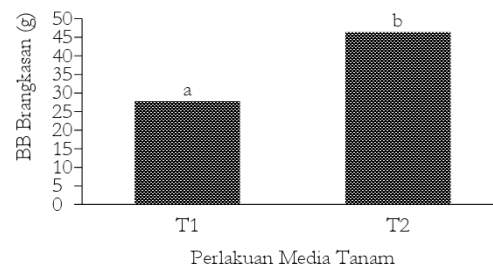


Gambar 7. Rerata tinggi tanaman kacang hijau pada 8 MST
Keterangan sama dengan Gambar 1.

Perlakuan penambahan kompos *plus* dengan pupuk organik hayati StarTmik memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap tinggi tanam pada 8 MST. Hal ini dikarenakan kompos dan pupuk organik hayati mampu meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah yang dapat menunjang pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman dan jumlah daun (Herfany *et al.*, 2013).

Biomassa tanaman

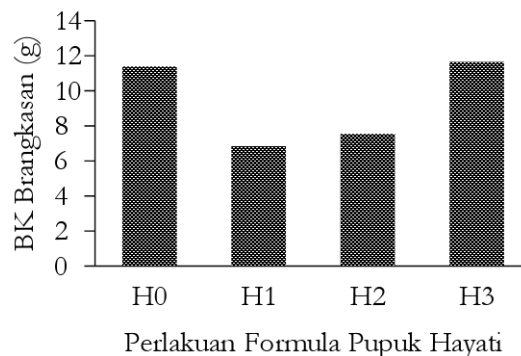
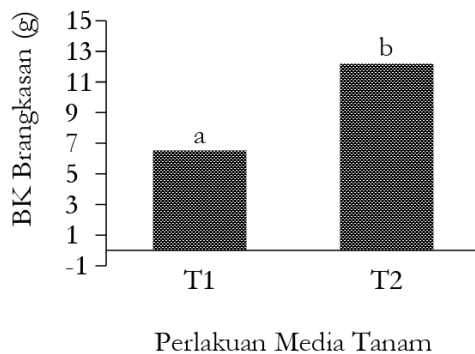
Perlakuan T2 (Tanah+Kompos *plus*) memiliki rerata berat basah brangkasan tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan tanah saja (T1) yaitu sebesar 46,4 g (Gambar 8). Peran kompos sangat membantu pertumbuhan tanaman, karena kompos dapat menyediakan unsur hara esensial bagi tanaman. Perlakuan media tanam dan formula pupuk hayati memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata terhadap berat kering brangkasan tanaman kacang hijau.



Gambar 8. Berat basah brangkasan tanaman kacang hijau pada 8 MST

Keterangan sama dengan Gambar 1.

Namun, kombinasi antara kedua perlakuan ini tidak menunjukkan adanya interaksi satu sama lain. Perlakuan media tanam T2 menunjukkan berat kering brangkasan tertinggi yaitu sebesar 12,19 g (Gambar 9). Hal ini dapat diketahui bahwa kompos juga berperan dalam meningkatkan berat brangkasan baik berat basah maupun berat kering tanaman.



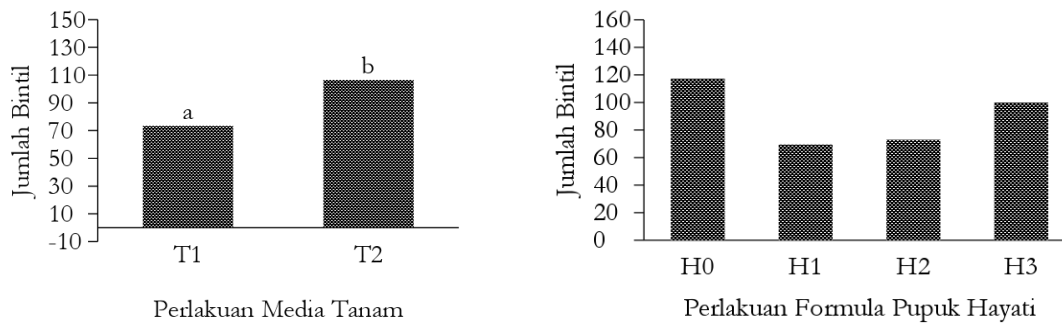
Gambar 9. Berat kering brangkasan tanaman kacang hijau pada 8 MST

Keterangan sama dengan Gambar 1.

Jumlah bintil akar

Pada perlakuan media tanam T2 (tanah+kompos *plus*) menunjukkan jumlah bintil akar yang lebih tinggi yaitu sebanyak 106,5 bintil akar. Hal ini dikarenakan bahan organik menjadi faktor yang mempengaruhi perkembangan dan aktivitas PGPR. Menurut Armiadi (2009) kondisi tanah dengan bahan organik yang rendah akan menghambat aktivitas PGPR dalam membentuk bintil akar

dan mempengaruhi penambatan N. Namun jumlah bintil akar tidak selalu bersifat efektif dalam proses penambatan nitrogen. Bentuk bintil akar yang efektif adalah jika bintil akar dibelah maka akan menunjukkan warna merah muda hingga kecokelatan dibagian tengah bintil. Pigmen yang berwarna merah ini disebut *leghemoglobin* yang sangat berperan dalam proses penambatan N (Novriani, 2011).

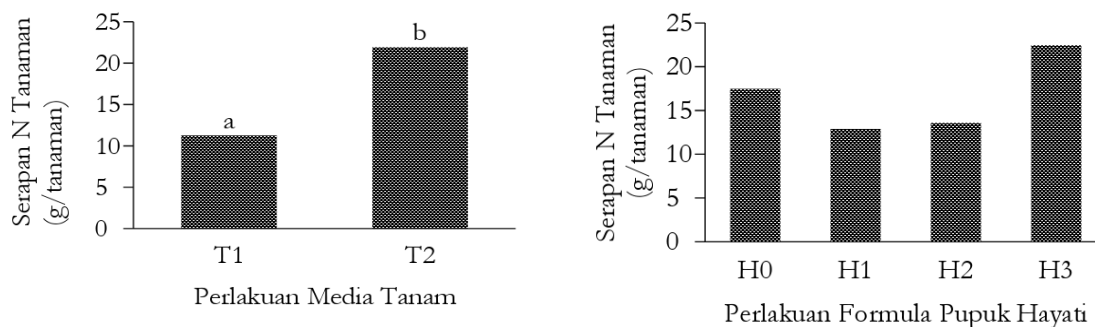


Gambar 10. Jumlah Bintil Akar Tanaman Kacang Hijau
Keterangan sama dengan Gambar 1.

Serapan N Tanaman

Berdasarkan data analisis ragam diperoleh nilai rerata Serapan N tertinggi yaitu Pada perlakuan media tanam T2 serapan N tanaman kacang hijau sebesar 21,93 g/tanaman. Hal ini diduga karena kompos *plus* pada perlakuan T2

merupakan salah satu bentuk bahan organik yang mampu menyuplai nitrogen yang tersedia ke daerah perakaran untuk diserap oleh tanaman kacang hijau. Kompos dapat menyuplai kandungan hara mineral yang esensial bagi tanaman seperti N, P dan K (Simanungkalit et al., 2006).



Gambar 11. Rerata Serapan N Tanaman Kacang Hijau
Keterangan sama dengan Gambar 1.

Pada perlakuan H3 memberikan pengaruh yang lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya, karena perlakuan H3 juga mampu meningkatkan tinggi tanaman kacang hijau. Serapan N pada tanaman kacang hijau merupakan bentuk N tersedia yang diserap oleh tanaman berupa amonium ataupun nitrat. Serapan unsur hara nitrogen mempengaruhi tinggi tanaman kacang hijau. Unsur hara N yang diserap oleh tanaman akan membantu tanaman dalam menunjang peningkatan pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman (Wahyudi, 2009). Hal ini didukung oleh hasil

penelitian Dewi *et al.* (2014) bahwa tinggi tanaman dan luas daun tanaman jagung dipengaruhi jumlah N yang dapat diserap oleh tanaman tersebut.

Kesimpulan

Aplikasi isolat bakteri PGPR potensial yang dijadikan formula pupuk hayati tidak memberikan dampak yang cukup nyata terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau, namun pupuk hayati formula 2 memberikan pengaruh yang lebih baik pada sifat biokimia

tanah. Hal ini dapat disimpulkan bahwa terdapat faktor seperti faktor kesesuaian antara bakteri dengan tanaman inang serta faktor kemungkinan adanya kompetisi antar bakteri yang mempengaruhi inokulasi bakteri terhadap akar tanaman yang memacu pertumbuhan tanaman. Namun pada perlakuan T2 yang merupakan perlakuan media tanam tanah+kompos plus dan H3 yang merupakan pupuk organik hayati starTmik memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau.

Daftar Pustaka

- Angelova, V.R., Akova, V.I., Artinova, N.S. and Ivanov, K.I. 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 19 (5): 958-971.
- Armiadi. 2009. Penambatan nitrogen secara biologis pada tanaman leguminosa. *Wartazoa* 19 (1): 17-24..
- Broadbent, F. E. 2011. Soil Organic Matter. Bay of Plenty Regional Council.
- Brockwell, J., Pilka, A. and Holliday, R.A. 1991. Soil pH is a major determinant of the numbers of naturally occurring *Rhizobium meliloti* in non-cultivated soils in central New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 31: 211-19.
- Dewi, E.K., Nuraini, Y., dan Handayanto, E. 2014. Manfaat biomasa tumbuhan lokal untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1 (1): 17-25.
- Hairiah, K., Widiyanto, Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo, Sitompul, S.M., Lusiana, B., Mulia, R., Van Noordwijk, M. dan Cadisch, G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi. International Centre for Research in Agroforestry. Bogor, Indonesia.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R. and Ahmed, I. 2010. soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annal Microbiology* 60: 579-598.
- Herfany, E., Mukarlina dan R. Linda. 2013. Pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada media tanah gambut yang diberi abu jerami padi dan pupuk kandang sapi. *Journal Protobiont* 2 (2): 107-111.
- Kaur, H., Gosal, S.K. and Walia, S.S. 2017. Synergistic effect of organic, inorganic and biofertilizers on soil microbial activities in rhizospheric soil of green pea. *Annual Research & Review in Biology* 12(4): 1-11.
- Nosheen, A. and Bano, A. 2014. Potential of plant growth promoting rhizobacteria and chemical fertilizers on soil enzymes and plant growth. *Pakistan Journal of Botany* 46 (4): 1521-1530.
- Novriani. 2011. Peranan *Rhizobium* dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman kedelai. *Agronobis* 3 (5): 35-42
- Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. Bogor.
- Raza, M.W., Akhtar, J., Arshad, M. and Yousaf, S. 2004. Growth, nodulation and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.) as influenced by coinoculation with rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Agriculture Science* 15(4): 211-222.
- Reid, B.J., MacLeod, C.J.A., Lee, P.H., Morriss, A.W.J., Stokes, J.D. dan Semple, K.T. 2001. A simple ¹⁴C-respirometric method for assessing microbial catabolic potential and contaminant bioavailability. *FEMS Microbiology Letters* 196: 141-146.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D. dan Hartatik, W. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Jakarta: Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Singh, A. and Sharma, S. 2002. Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology* 85(2): 107-111.
- Supeno, A. dan Sujudi. 2004. Teknik Pengujian Adaptasi Galur Harapan Kacang Hijau Di Lahan Sawah. Buletin Teknik Pertanian. Aceh.
- Wahyudi, I. 2009. Serapan N tanaman jagung (*Zea Mays* L.) akibat pemberian pupuk guano dan pupuk hijau lamtoro pada Ultisol Wanga. *Jurnal Agroland* 16 (4): 265-272.
- Walworth, J. 2013. Nitrogen In Soil and The Environment. College Of Agriculture and Life Sciences.
- Widawati, S., Suliasih dan Saefudin. 2015. Isolasi dan uji efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria Di Lahan Marginal Pada Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycinemax* L. Merr.) var. Wilis. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 1 (1).
- Yulnafatmawita, Gusnidar, and Saidi, A. 2010. Role of organic matter in situ for aggregate stability improvement of Ultisol in West Sumatra and chili (*Capsicum annum*) production. *Proceeding ISFAS (Int'l Seminar on Food and Agric. Sci.)*, Bukit Tinggi, Indonesia.

halaman ini sengaja dikosongkan