

JURNAL TANAH DAN LINGKUNGAN

(Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan)

JOURNAL OF SOIL AND ENVIRONMENT

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan
Fakultas Pertanian
Institut Pertanian Bogor



Kerjasama dengan Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI)



PERANAN RIZOBAKTERI DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI PENYERAPAN HARA SORGUM MANIS (*Sorghum bicolor* L. Moench)

*Role of Rhizobacteria and Arbuscular Mycorrhizae on Enhancing Nutrient Absorption Efficiency of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench)*

Bedah Rupaedah^{1)*}, Iswandi Anas²⁾, Dwi Andreas Santosa²⁾, Wahono Sumaryono¹⁾, dan Sri Wilarso Budi³⁾

¹⁾ Balai Pengkajian Bioteknologi, BPPT Gedung 630, Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang 15314

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

³⁾ Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB, Jl. Lingkar Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

ABSTRACT

Chemical fertilizer use efficiency can be defined in agronomic terms with widely varying results. In general, getting as much of nutrient as possible into the harvested portion of a crop is the concept of efficient nutrient use. Tracking recovery of applied nutrients is key component to measure nutrient efficiency. Field experiments were conducted to assess the effects of inoculating sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) with rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) in various concentrations of chemical fertilizers. Two species of rhizobacteria (*Mycobacterium senegalense* 73MDL dan *Bacillus firmus* 80JR) were compared in the presence or absence of AMF (*Gigaspora* sp. 40MDL and *Glomus* sp. 38MDL) and adding various concentrations of chemical fertilizers. Biomass production, sugar content and plant uptake of phosphorus, potassium and nitrogen were analyzed. Rhizobacterial inoculation alone had significant effects on plant height and P content at $p < 0.01$, while on biomass production, sugar content, P and K uptake at $p < 0.05$. Mycorrhizal inoculation alone had significant effects on biomass production and N content at $p < 0.01$, while on sugar content at $p < 0.05$. Interaction of rhizobacteria and AMF could increase biomass production, K uptake and absorption efficiency of N. Overall, inoculation of rhizobacteria, AMF and chemical fertilizers could increase biomass production, sugar content, P and K uptake and absorption efficiency of N. Finally, using rhizobacteria and AMF as biofertilizer had potential to improve efficiency of chemical fertilizers use, which is expected to reduce cost of sweet sorghum production.

Keywords: Absorption efficiency of nutrient, inoculation of rhizobacteria and AMF, nutrient uptake, sweet sorghum

ABSTRAK

Efisiensi pemakaian pupuk kimia dapat didefinisikan berdasarkan aspek agronomi. Secara umum, semakin banyak hara yang diserap tanaman untuk meningkatkan hasil panen, maka tingkat efisiensi semakin tinggi. Pelacakan jumlah hara yang dapat diserap tanaman dalam meningkatkan produksi adalah komponen kunci untuk mengukur efisiensi hara. Percobaan lapangan dilakukan untuk menilai peranan rizobakteri dan fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada berbagai konsentrasi pupuk kimia pada budidaya sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench). Dua galur rizobakteri (*Mycobacterium senegalense* 73LR dan *Bacillus firmus* 80JR) serta dua galur FMA (*Gigaspora* sp. 40MDL dan *Glomus* sp. 38MDL) digunakan sebagai inokulan dengan penambahan beberapa variasi konsentrasi pupuk kimia. Bobot biomassa, kandungan gula, serapan fosfor, kalium dan nitrogen dianalisis. Inokulasi rizobakteri mampu meningkatkan tinggi tanaman dan kandungan P pada taraf $p < 0.01$, sedangkan bobot biomassa, kandungan gula, serapan P dan K pada taraf $p < 0.05$. Inokulasi FMA saja berpengaruh nyata terhadap bobot biomassa dan kandungan N pada taraf $p < 0.01$, sedangkan kandungan gula pada taraf $p < 0.05$. Sementara itu, interaksi rizobakteri dan FMA mampu meningkatkan bobot biomassa, kandungan dan serapan K, serta efisiensi penyerapan hara N. Secara keseluruhan pengaruh inokulasi rizobakteri, FMA dan pupuk kimia serta interaksi faktor-faktor tersebut dapat meningkatkan bobot biomassa, kandungan gula, serapan P dan K, serta efisiensi penyerapan hara N oleh tanaman sorgum manis. Dengan demikian, pemakaian rizobakteri dan FMA berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk kimia, sehingga diharapkan dapat mengurangi biaya produksi budidaya sorgum manis.

Kata kunci: Efisiensi penyerapan hara, interaksi rizobakteri dan FMA, serapan hara, sorgum manis

PENDAHULUAN

Di tingkat petani, penggunaan pupuk kimia jauh melebihi dosis yang dianjurkan (Kariyasa dan Yusdja, 2005). Hal tersebut terjadi karena tingkat kesuburan lahan semakin lama semakin menurun. Pemakaian pupuk kimia dalam jangka waktu lama dan dalam dosis yang berlebihan menyebabkan daya dukung tanah terhadap pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Pada umumnya tanah yang terlalu jenuh dengan bahan-bahan kimia yang berasal dari pemakaian pupuk kimia dan pestisida kimia menyebabkan tanah berkurang kemampuannya dalam mengikat unsur hara. Oleh karena itu, pemakaian pupuk kimia selanjutnya sudah tidak efisien karena sebagian besar pupuk kimia yang ditambahkan hilang bersama aliran air sebelum pupuk kimia tersebut dapat diserap oleh tanaman. Pemakaian pupuk kimia secara intensif yang berkaitan dengan hilangnya hara yang ditambahkan dapat menyebabkan eutrofikasi di badan-badan air, pengasaman tanah dan potensi pencemaran air oleh senyawa-senyawa nitrat. Bila hal tersebut dibiarkan, maka tanah, air dan lingkungan di sekitarnya akan mengalami penurunan kualitas dan hal tersebut tentu saja dapat mempengaruhi kualitas kehidupan manusia di sekitarnya. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah perlunya upaya untuk meningkatkan tingkat efisiensi pemakaian pupuk kimia, sehingga dengan pemakaian pupuk kimia secukupnya mampu mempertahankan tingkat produktivitas lahan dan tanaman (Liu *et al.*, 2010; Abrol *et al.*, 2012; Adesemoye dan Kloepper, 2009; Altomare dan Tringovska, 2011; Ardakani *et al.*, 2011).

Salah satu pendekatan dalam meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk kimia pada budidaya sorgum manis di lahan dengan tingkat kesuburan rendah adalah pemanfaatan mikrob tanah seperti rizobakteri dan fungi mikoriza arbuskular (FMA). Rizobakteri adalah bakteri yang hidup di wilayah perakaran tanaman dan berinteraksi dengan tanaman melalui perakaran tanaman. Sebagian kelompok bakteri ini merupakan bakteri penambat N₂ (Basak dan Biswas, 2010; Bhattacharyya dan Jha, 2012), bakteri pelarut fosfat (Awasthi *et al.*, 2011; Bhattacharyya dan Jha, 2012), bakteri pelarut kalium (Archana *et al.*, 2013; Basak dan Biswas, 2010) dan bakteri penghasil fitohormon (Benabdellah *et al.*, 2011; Boga dan Reddy, 2012). Hingga kini, banyak galur rizobakteri yang mampu meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk kimia pada budidaya tanaman seperti *Azospirillum brasilense*, *Streptomyces* sp, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Ralstonia pickettii* dan *Bacillus megaterium* (Ardakani *et al.*, 2011; Adesemoye dan Kloepper, 2009; Bulut, 2013).

Fosfor adalah unsur utama yang dapat diserap oleh tanaman bermikoriza. FMA dapat mengeluarkan enzim fosfatase yang dapat melepaskan senyawa fosfat-organik menjadi bentuk bebas yang mudah diserap oleh tanaman (Van Aarle *et al.*, 2002; Arthurson *et al.*, 2011). Kemampuan FMA dalam meningkatkan pengambilan hara oleh tanaman dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk kimia. Pemanfaatan rizobakteri dan FMA pada budidaya sorgum manis diprediksi mampu meningkatkan tingkat efisiensi pemakaian pupuk kimia, melalui peningkatan penyerapan hara dan produktivitas tanaman.

Parameter produktivitas sorgum manis dalam penelitian ini adalah bobot biomasa dan kandungan gula batang sorgum manis. Bobot biomasa batang sorgum manis dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti ketersediaan hara dan air dalam tanah, dan faktor agroekosistem termasuk agrobiologi (Aeron *et al.*, 2011; Ardakani *et al.*, 2011; Altomare dan Tringovska, 2011). Laju produksi gula batang sorgum manis dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya adalah hara yang diserap tanaman (Funnell-Haris *et al.*, 2010; El-lattief, 2011), kelembaban media tanam (Unlu dan Steduto, 2000; Pinheiro dan Chaves, 2011) serta faktor lingkungan seperti konsentrasi CO₂ di udara, suhu udara serta intensitas cahaya matahari (Craven *et al.*, 2011; Smith dan Dukes, 2013).

Dalam penelitian ini, indikator yang digunakan sebagai faktor yang dapat meningkatkan tingkat efisiensi pemakaian pupuk kimia adalah jumlah pupuk kimia yang digunakan dan pemakaian inokulan mikrob dalam hal ini adalah rizobakteri dan fungi mikoriza arbuskular (FMA).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rizobakteri dan fungi mikoriza arbuskular (FMA) dengan pemberian berbagai dosis pupuk kimia dalam meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk kimia pada budidaya sorgum manis di lahan dengan tingkat kesuburan rendah.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat yang Digunakan

Benih tanaman yang digunakan adalah sorgum manis varietas Numbu yang diperoleh dari Balai Besar Serealia Maros. Pupuk kimia yang digunakan adalah Urea (100 kg ha⁻¹), SP36 (60 kg ha⁻¹) dan KCl (60 kg ha⁻¹).

Alat yang digunakan untuk mengukur kandungan nitrogen total adalah alat Kjeldahl. Untuk kandungan fosfor dan kandungan gula sorgum manis digunakan *Spectrophotometer* UV- VIS (Shimadzu 160A), sedangkan alat untuk mengukur kandungan kalium adalah *Flame Photometer* (Corning 405).

Persiapan Inokulan

Penelitian ini menggunakan dua galur rizobakteri *Mycobacterium senegalense* 73LR dan *Bacillus firmus* 80JR serta dua galur fungi mikoriza arbuskular (FMA) *Gigaspora* sp. 40MDL dan *Glomus* sp. 38MDL. Inokulan FMA digunakan sebanyak 40 spora per tanaman. Sebanyak 10 mL masing-masing biakan bakteri disentrifugasi pada 7000 xg selama lima menit. Sel bakteri yang dihasilkan selanjutnya dilarutkan dalam 1 mL akuades steril dan digunakan sebagai inokulan. Populasi tiap inokulan adalah 1.0 x 10⁸ CFU mL⁻¹.

Pengujian Efektivitas Isolat

Penelitian dilakukan di daerah Serpong Tangerang Banten. Karakteristik tanah tempat dilakukannya percobaan memiliki komposisi sebagai berikut pasir 47%, debu 33% dan liat 20%. Sifat-sifat kimia tanah adalah sebagai berikut : C total 1.50%, N total 0.15%, C/N 10, P total 6 mg per 100 g, K total 8 mg per 100 g, P tersedia 7 ppm, K tersedia 23 ppm, Ca 9.40 cmol kg⁻¹, Mg 1.51 cmol

kg⁻¹, Na 0.63 cmol kg⁻¹, AL³⁺ 0.00 cmol kg⁻¹, KTK 11.06 cmol kg⁻¹, KB > 100%, pH (H₂O) 5.8 dan pH (HCl) 5.0.

Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial dalam pola Rancangan Acak Kelompok dengan lima ulangan dan tiga faktor, yaitu : (1) faktor rizobakteri (A) : A0 = tanpa rizobakteri, A1 = *Mycobacterium senegalense* 73LR, A2 = *Bacillus firmus* 80JR; (2) faktor FMA (B) : B0 = tanpa FMA, B1 = *Gigaspora* sp. 40MDL + *Glomus* sp. 38MDL; dan (3) faktor pupuk kimia (C) : C0 = tanpa pupuk kimia, C1 = 50% dosis, C2 = 75% dosis, C3 = 100% dosis

Pupuk kimia yang digunakan adalah Urea (100 kg per ha), SP36 (60 kg per ha) dan KCl (60 kg per ha) yang diberikan 3 kali selama masa tanam, yaitu 1/3 bagian pada saat tanam, 1/3 bagian pada 1 minggu setelah tanam dan 1/3 bagian lagi pada 3 minggu setelah tanam.

Penetapan Kandungan Hara Daun

Penetapan hara yang ditetapkan dalam jaringan daun tanaman adalah hara N, P, K dan Mg melalui proses destruksi basah. Sampel yang berasal dari lapangan sebelum dianalisis terlebih dahulu dicuci dengan air bebas ion untuk menghilangkan debu dan kotoran lainnya. Sampel tanaman dikeringkan dalam oven pada suhu 70 °C, digiling dan disaring menggunakan saringan 0.5 mm. Sampel selanjutnya diperlakukan seperti yang digambarkan oleh Sulaeman *et al.* (2005). Penetapan N-total dilakukan dengan cara destilasi (N-Kjeldahl), penetapan P dengan menggunakan spektrofotometer dan untuk K menggunakan fotometer nyala.

Penetapan Kandungan Gula Batang Sorgum Manis

Penentuan kadar gula dalam batang sorgum manis dilakukan dengan metode *Anthrone* (Yemm dan Willis, 1954). Pereaksi yang digunakan adalah *anthrone* 0.1% dalam asam sulfat pekat. Pereaksi lainnya adalah larutan glukosa standar 0.2 mg mL⁻¹. Ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan standar atau sampel ditambahkan akuades

hingga volume 10 mL. Pereaksi *anthrone* ditambahkan sebanyak 5 mL ke dalam masing-masing tabung reaksi. Selanjutnya tabung reaksi ditutup dan ditempatkan dalam waterbath 100 °C selama 12 menit. Tabung selanjutnya didinginkan dengan cepat menggunakan air mengalir, dipindahkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada 630 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS 160A Shimadzu.

Penetapan Efisiensi Penyerapan Hara

Efisiensi penyerapan hara oleh tanaman ditentukan dengan menghitung hasil-hasil yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut (Ardakani *et al.*, 2011) :

$$\text{Efisiensi penyerapan hara} = \frac{\text{Serapan hara tanaman}}{\text{Jumlah hara}}$$

Dimana : Serapan hara tanaman = berat total biomassa tanaman x % hara tanaman

$$\text{Jumlah hara} = \text{kandungan hara dalam tanah} + \text{jumlah hara yang ditambahkan}$$

Analisis Statistik

Data percobaan dianalisis dengan Analisis Keragaman. Jika terdapat pengaruh yang nyata, maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan untuk mengetahui besarnya perbedaan rata-rata antar perlakuan. Semua pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS 17.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi hasil sidik ragam FMA, rizobakteri, pupuk kimia, interaksi FMA dan rizobakteri, interaksi FMA dan pupuk kimia, interaksi rizobakteri dan pupuk kimia, serta interaksi antara FMA, rizobakteri dan pupuk kimia terhadap peubah bobot biomassa, kandungan gula, kandungan N, kandungan P dan kandungan K disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil sidik ragam peubah yang diamati terhadap inokulasi rizobakteri (A), FMA (B) dan pupuk kimia (C) pada tanaman sorgum manis

Perlakuan	df	Bobot Biomasa (g)	Kandungan Gula (mg L ⁻¹)	Kandungan N (%)	Kandungan P (%)	Kandungan K (%)
Rizobakteri	2	*	*	tn	**	*
FMA	1	**	*	**	tn	tn
Pupuk Kimia	3	**	tn	**	**	**
Interaksi Rizobakteri & FMA	2	**	tn	tn	tn	*
Interaksi Rizobakteri & Pupuk Kimia	6	**	tn	tn	tn	*
Interaksi FMA & Pupuk Kimia	3	**	tn	tn	tn	tn
Interaksi Rizobakteri & FMA & Pupuk Kimia	6	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan : ** = sangat nyata (p<0.01); * = nyata (p<0.05); tn = tidak nyata, df=derajat kebebasan

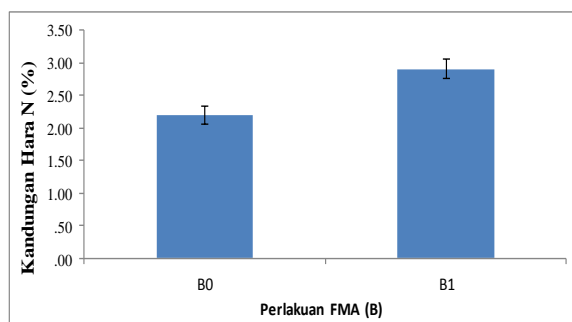
Perlakuan rizobakteri menunjukkan pengaruh nyata terhadap peubah bobot biomassa ($p < 0.05$) dan kandungan gula ($p < 0.05$). Perlakuan FMA menunjukkan pengaruh nyata terhadap peubah bobot biomassa pada taraf $p < 0.01$, sedangkan terhadap peubah kandungan gula pada taraf $p < 0.05$. Sementara itu, perlakuan pupuk kimia menunjukkan pengaruh nyata terhadap peubah bobot biomassa pada taraf $p < 0.01$. Interaksi rizobakteri atau pupuk kimia dengan FMA dan interaksi rizobakteri dengan pupuk kimia menunjukkan pengaruh nyata terhadap peubah bobot biomassa, kandungan N dan P pada taraf $p < 0.01$. Untuk peubah kandungan hara K, yang menunjukkan pengaruh nyata adalah perlakuan rizobakteri, interaksi rizobakteri dengan FMA serta interaksi rizobakteri dan pupuk kimia pada taraf $p < 0.05$, sedangkan perlakuan pupuk kimia menunjukkan pengaruh nyata pada taraf $p < 0.01$.

Untuk mengetahui besarnya perbedaan antara perlakuan, maka dilakukan uji Duncan. Pada Gambar 1 terlihat bahwa FMA (*Gigaspora* sp. 40MDL dan *Glomus* sp. 38MDL) dapat meningkatkan kandungan N tanaman dibandingkan dengan kontrol (tanpa inokulan FMA) pada taraf $p < 0.05$. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat penyerapan hara N oleh tanaman meningkat dengan bantuan simbiosis FMA pada perakaran tanaman sorgum manis. Inokulasi FMA tidak secara nyata dapat meningkatkan kandungan P, tetapi bila kandungan P dikalikan dengan bobot biomassa tanaman sorgum manis pada perlakuan FMA saja, maka hasilnya akan nyata pada taraf $p < 0.01$.

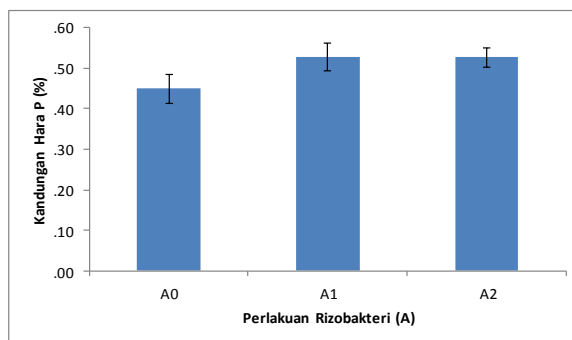
Kandungan hara P tanaman menunjukkan hasil yang nyata pada perlakuan inokulasi rizobakteri. Pada Gambar 2 terlihat bahwa inokulasi sorgum manis dengan *Mycobacterium senegalense* 73LR maupun *Bacillus firmus* 80JR dapat meningkatkan kandungan hara P dalam tanaman dengan taraf nyata $p < 0.05$. Hal tersebut dapat terjadi karena kedua rizobakteri tersebut memiliki kemampuan melarutkan fosfat anorganik yang tak larut menjadi tersedia untuk tanaman. Bakteri dalam tanah dapat mengeluarkan asam-asam organik selama proses metabolismenya, seperti asam oksalat, suksinat, malat, laktat, dan sebagainya. Meningkatnya konsentrasi asam-asam organik tersebut menurunkan pH tanah. Dalam kondisi pH rendah, senyawa-senyawa fosfat yang berada dalam keadaan terikat pada koloid tanah akan bereaksi membentuk senyawa khelat yang stabil dengan kation-kation Al, Fe, Ca dan Mg, selanjutnya akan terlepas menjadi senyawa bebas yang mudah diserap oleh tanaman (Hoberg *et al.*, 2005).

Besarnya perbedaan antara perlakuan yang menunjukkan hasil nyata terhadap peubah kandungan K dapat dilihat pada Gambar 3. Interaksi antara *Bacillus firmus* 80JR dengan campuran *Gigaspora* sp. 40MDL dan *Glomus* sp. 38MDL dapat meningkatkan kandungan K lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain. Dengan kata lain, rizobakteri dapat bersinergi dengan FMA dalam meningkatkan kandungan K tanaman sorgum manis.

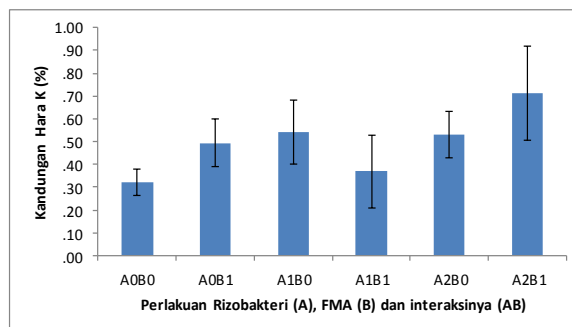
Untuk menghitung nilai efisiensi penyerapan hara diperlukan data-data penggunaan hara (N, P dan K), penyerapan hara oleh tanaman dan hasil produksi tanaman (bobot biomasa). Pertama-tama pupuk kimia dikonversi ke dalam 3 bentuk dasar pupuk kimia yang biasa digunakan, yaitu N total (Urea), P_2O_5 (SP36) dan K_2O (KCl).



Gambar 1. Pengaruh perlakuan inokulasi FMA (*Gigaspora* sp. 40MDL dan *Glomus* sp. 38MDL) terhadap rata-rata kandungan hara N pada tanaman sorgum manis



Gambar 2. Pengaruh perlakuan inokulasi rizobakteri *Mycobacterium senegalense* 73LR (A1) dan *Bacillus firmus* 80JR (A2) terhadap rata-rata kandungan hara P pada tanaman sorgum manis



Gambar 3. Pengaruh perlakuan rizobakteri (A), FMA (B) dan interaksi kedua faktor (AB) terhadap rata-rata kandungan hara K tanaman sorgum manis

Hasil analisis kandungan N total, P_2O_5 dan K_2O dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil sidik ragam peubah serapan hara dan efisiensi penyerapan hara (N, P dan K) terhadap perlakuan rizobakteri dan FMA pada berbagai dosis pupuk kimia disajikan pada Tabel 3. Hasil yang menunjukkan pengaruh nyata terhadap peubah serapan hara N adalah perlakuan pupuk kimia saja pada taraf $p < 0.05$. Sementara itu, yang menunjukkan pengaruh nyata terhadap peubah serapan hara P adalah perlakuan rizobakteri dan pupuk kimia masing-masing pada taraf $p < 0.05$, sedangkan perlakuan FMA nyata pada taraf $p < 0.01$. Sementara itu, yang menunjukkan pengaruh nyata pada serapan hara K adalah perlakuan rizobakteri, pupuk kimia dan interaksi antara rizobakteri dan FMA. Untuk peubah efisiensi penyerapan hara, hanya peubah efisiensi penyerapan hara N yang menunjukkan hasil yang nyata terhadap perlakuan, sedangkan untuk peubah efisiensi penyerapan hara P dan K tidak ada satupun perlakuan yang

menunjukkan pengaruh nyata. Berdasarkan Tabel 3 diperoleh bahwa yang menunjukkan pengaruh nyata terhadap peubah efisiensi penyerapan hara N adalah

perlakuan pupuk kimia, interaksi FMA dan pupuk kimia, interaksi rizobakteri dan FMA, interaksi rizobakteri dan pupuk kimia, serta interaksi ketiga faktor tersebut.

Tabel 2. Hasil penetapan dan perhitungan kandungan hara dalam pupuk kimia yang digunakan pada penelitian

Jenis Pupuk Kimia	Bobot Pupuk g	Kandungan Hara Pupuk %	Kandungan Hara Pupuk g	Kandungan hara Pupuk yang Digunakan		
				(50%) g	(75%) g	(100%) g
Urea (N)	3	44.74	1.34	0.67	1.01	1.34
SP-36 (P ₂ O ₅)	1.8	15.00	0.27	0.14	0.20	0.27
KCl (K ₂ O)	1.8	18.11	0.32	0.16	0.24	0.32

Tabel 3. Rekapitulasi hasil sidik ragam peubah yang diamati terhadap inokulasi rizobakteri (A), FMA (B) dan pupuk kimia (C) pada tanaman sorgum manis

Perlakuan	df	Serapan Hara (g per tanaman)			Efisiensi Penyerapan Hara (g kg ⁻¹)		
		N	P	K	N	P	K
Rizobakteri	2	tn	*	**	tn	tn	tn
FMA	1	tn	**	tn	tn	tn	tn
Pupuk Kimia	3	*	*	**	*	tn	tn
Interaksi Rizobakteri & FMA	2	tn	tn	**	**	tn	tn
Interaksi Rizobakteri & Pupuk Kimia	6	tn	tn	tn	**	tn	tn
Interaksi FMA & Pupuk Kimia	3	tn	tn	tn	**	tn	tn
Interaksi Rizobakteri & FMA & Pupuk Kimia	6	tn	tn	tn	**	tn	tn

Keterangan : ** = sangat nyata (p<0.01); * = nyata (p<0.05); tn = tidak nyata, df=derajat kebebasan

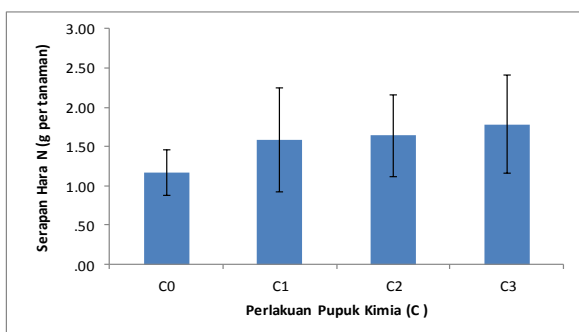
Perbedaan besarnya serapan hara N terhadap perlakuan pupuk kimia dapat dilihat pada Gambar 4. Sementara itu, besarnya serapan hara P terhadap perlakuan inokulasi rizobakteri, FMA dan pupuk kimia ditunjukkan oleh Gambar 5, sedangkan besarnya serapan hara K terhadap perlakuan interaksi antara rizobakteri dan FMA diperlihatkan oleh Gambar 6. Inokulasi rizobakteri dan FMA ternyata tidak secara nyata meningkatkan serapan N maupun P. Sementara itu, interaksi antara *Bacillus firmus* 80JR dan FMA secara nyata meningkatkan serapan K.

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 3), yang menunjukkan hasil nyata terhadap peubah efisiensi penyerapan hara N adalah perlakuan interaksi rizobakteri, FMA dan pupuk kimia, sedangkan untuk peubah efisiensi penyerapan hara P dan K tidak satupun perlakuan yang menunjukkan pengaruh nyata. Pada Gambar 7 terlihat bahwa yang menunjukkan efisiensi penyerapan hara N tertinggi diperoleh dari perlakuan interaksi *Mycobacterium senegalense* 73LR dengan pemakaian pupuk kimia 100% dosis, diikuti dengan perlakuan interaksi FMA dengan pupuk kimia 50% dosis. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Mycobacterium senegalense* 73LR dapat membantu

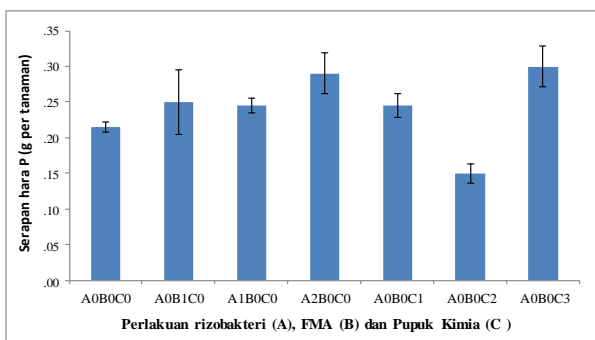
menyediakan sejumlah hara N bagi tanaman melalui aktivitas penambatan N₂, sedangkan FMA membantu tanaman dalam meningkatkan penyerapan hara N dari dalam tanah. Interaksi pupuk 100% kimia dosis dengan rizobakteri dan FMA dapat mengurangi pemakaian pupuk kimia hingga 50% dengan nilai efisiensi penyerapan hara N sebesar 10.15 g kg⁻¹ (Gambar 7).

Mycobacterium senegalense 73LR dan *Bacillus firmus* 80JR secara individu memiliki kemampuan yang hampir sama dalam meningkatkan kandungan hara P tanaman sorgum manis, tetapi *Bacillus firmus* 80JR lebih unggul dalam meningkatkan kandungan hara K dibandingkan dengan *Mycobacterium senegalense* 73LR. Hasil tersebut dapat mengindikasikan bahwa isolat *Bacillus firmus* 80JR diprediksi memiliki kemampuan untuk melepaskan unsur K yang terikat dalam mineral tanah menjadi tersedia untuk tanaman, sehingga dapat dikatakan bahwa rizobakteri ini dapat membantu tanaman dalam menyediakan unsur K yang diperlukan tanaman. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian-penelitian terkini yang menyatakan bahwa beberapa rizobakteri termasuk *Bacillus firmus* 80JR dapat melarutkan kalium menjadi

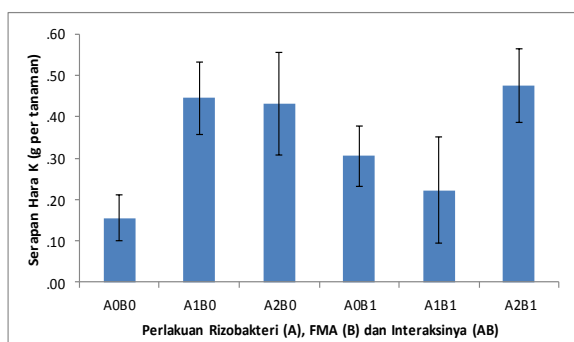
bentuk yang mudah diserap oleh tanaman (Parmar dan Sindhu, 2013). Beberapa peneliti lain telah membuktikan bahwa inokulasi FMA mampu meningkatkan serapan hara P pada tanaman, termasuk tanaman sorgum manis (Hadad *et al.*, 2012). Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini FMA tidak secara nyata dapat meningkatkan penyerapan unsur P dari dalam tanah. Hasil tersebut dapat dipahami karena ketersediaan hara tersebut dalam tanah juga sedikit, sehingga pengaruh faktor pemberian pupuk kimia (SP36) menjadi lebih nyata dibandingkan dengan pengaruh inokulasi FMA.



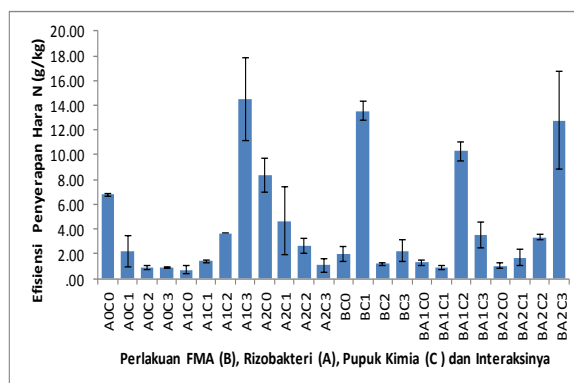
Gambar 4. Pengaruh perlakuan pupuk kimia (C) terhadap serapan hara N oleh tanaman sorgum manis



Gambar 5. Pengaruh perlakuan rizobakteri (A), FMA (B) dan pupuk kimia (C) terhadap serapan hara P oleh tanaman sorgum manis



Gambar 6. Pengaruh perlakuan rizobakteri (A), FMA (B) dan interaksinya (AB) terhadap serapan hara K oleh tanaman sorgum manis



Gambar 7. Pengaruh perlakuan rizobakteri (A), FMA (B), pupuk kimia (C) dan interaksinya (ABC) terhadap efisiensi penyerapan hara N oleh tanaman sorgum manis

Terkait dengan serapan hara oleh tanaman bermikoriza, telah diketahui bahwa simbiosis mikoriza arbuskular berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk perkembangan perakaran tanaman dan hal tersebut berpengaruh terhadap keberadaan air dan hara dalam tanaman tersebut. Tanaman tingkat tinggi dengan sistem perakaran yang besar memiliki akses yang lebih tinggi dalam penyerapan air tanah dan hara-hara dari dalam tanah (Auge, 2004). Disamping itu, simbiosis mikoriza arbuskular dapat memodifikasi hubungan hormonal tanaman inangnya dalam hal ini tanaman sorgum manis. FMA yang menyelimuti jaringan akar bagian luar mempengaruhi organ-organ tanaman yang jauh dari perakaran seperti stomata daun dengan cara merubah aliran informasi hormonal dari akar ke batang dalam transpirasi (Nikolaou *et al.*, 2003). Peningkatan serapan air dan hara oleh simbiosis mikoriza dengan perakaran tanaman berhubungan dengan perubahan morfologi perakaran yang terinfeksi mikoriza, sehingga secara efektif meningkatkan akses akar ke reservoir air tanah dan hara-hara yang dibutuhkan tanaman (Marulanda *et al.*, 2003).

SIMPULAN

Pengaruh inokulasi rizobakteri, FMA dan pupuk kimia serta interaksi diantara faktor-faktor tersebut dapat meningkatkan bobot biomasa, kandungan gula, serapan P dan K, serta efisiensi penyerapan hara N oleh tanaman sorgum manis. Pemakaian rizobakteri (*Mycobacterium senegalense* 73LR dan *Bacillus firmus* 80JR) serta FMA (*Gigaspora* sp. 40MDL dan *Glomus* sp. 38MDL) berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk kimia hingga 14.5 g kg⁻¹, sehingga diharapkan dapat mengurangi biaya produksi budidaya tanaman sorgum manis.

DAFTAR PUSTAKA

Abrol, Y., R. Pandey, N. Raghuram, and A. Ahmad. 2012. Nitrogen cycle sustainability and sustainable technologies for nitrogen fertilizer and energy management. *Journal of the Indian Institute of Science*, 92: 17-36.

- Adesemoye, A.O. and J.W. Kloepper. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied microbiology and biotechnology*, 85: 1-12.
- Aeron, A., S. Kumar, P. Pandey, and D.K. Maheshwari. 2011. Emerging role of plant growth promoting rhizobacteria in agrobiolology. *In Bacteria in Agrobiolology: Crop Ecosystems*. Springer. Berlin Heidelberg. p. 1-36.
- Altomare, C. and I. Tringovska. 2011. Beneficial soil microorganisms, an ecological alternative for soil fertility management. *In Genetics, Biofuels and Local Farming Systems*. Springer. Netherlands. p. 161-214.
- Archana, D., M. Nandish, V. Savalagi, and A. Alagawadi. 2013. Characterization of potassium solubilizing bacteria (KSB) from rhizosphere soil. *Bioinfolet-A Quarterly Journal of Life Sciences*, 10: 248-257.
- Ardakani, M.R., D. Mazaheri, S. Mafakheri, and A. Moghaddam. 2011. Absorption efficiency of N, P, K through triple inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) by *Azospirillum brasilense*, *Streptomyces* sp., *Glomus intraradices* and manure application. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 17: 181-192.
- Arthurson, V., K. Hjort, D. Muleta, L. Jäderlund, and U. Granhall. 2011. Effects on *Glomus mosseae* root colonization by *Paenibacillus polymyxa* and *Paenibacillus brasilensis* strains as related to soil P-availability in winter wheat. *Applied and Environmental Soil Science*, 2011:9 pp.
- Awasthi, R., R. Tewari, and H. Nayyar. 2011. Synergy between plants and P-solubilizing microbes in soils: effects on growth and physiology of crops. *International Research Journal of Microbiology*, 2: 484-503.
- Augé, R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Can. J. Soil Sci.*, 84:373-381.
- Basak, B.B. and D.R. Biswas. 2010. Co-inoculation of potassium solubilizing and nitrogen fixing bacteria on solubilization of waste mica and their effect on growth promotion and nutrient acquisition by a forage crop. *Biology and fertility of soils*, 46: 641-648.
- Benabdellah, K., Y. Abbas, M. Abourouh, R. Aroca, and R. Azcón. 2011. Influence of two bacterial isolates from degraded and non-degraded soils and arbuscular mycorrhizae fungi isolated from semi-arid zone on the growth of *Trifolium repens* under drought conditions: Mechanisms related to bacterial effectiveness. *European Journal of Soil Biology*, 47: 303-309.
- Bhattacharyya, P. and D. Jha. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28: 1327-1350.
- Boga, A., B. Ram, and G.R.S. Reddy. 2012. Effect of benzyl amino purine and gibberellic acid on in vitro shoot multiplication and elongation of *Dalbergia latifolia* Roxb.: An important multipurpose tree. *Biotechnol. Bioinf. Bioeng.*, 2: 597-602.
- Bulut, S. 2013. Evaluation of efficiency parameters of phosphorous-solubilizing and N-fixing bacteria inoculations in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37: 734-743.
- Craven, D., D. Dent, D. Braden, M. Ashton, G. Berlyn, and J. Hall. 2011. Seasonal variability of photosynthetic characteristics influences growth of eight tropical tree species at two sites with contrasting precipitation in Panama. *Forest Ecology and Management*, 261: 1643-1653.
- El-Lattief, E.A. 2011. Nitrogen management effect on the production of two sweet sorghum cultivars under arid region conditions. *Asian Journal of Crop Science*, 3: 77-84.
- Funnell-Harris, D.L., J.F. Pedersen, and S.E. Sattler. 2010. Soil and root populations of fluorescent *Pseudomonas* spp. associated with seedlings and field-grown plants are affected by sorghum genotype. *Plant and soil*, 335: 439-455.
- Hadad, M., K. Muhanad, M. Samowal, and S. Zeinab. 2012. Effects of Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF) and mineral phosphorus addition on the performance of sorghum (*Sorghum bicolor*. L) in Sudan. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1-6.
- Hoberg, E., P. Marschner, and R. Lieberei. 2005. Organic acid exudation and pH changes by *Gordonia* sp. and *Pseudomonas fluorescens* grown with P adsorbed to goethite. *Microbiological research*, 160: 177-187.
- Kariyasa, K. dan Y. Yusdja. 2005. *Evaluasi Kebijakan Sistem Distribusi Pupuk Urea di Indonesia: Kasus Provinsi Jawa Barat. Analisis Kebijakan Pertanian*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor 3: 201-216.
- Liu, E., C. Yan, X. Mei, W. He, S.H. Bing, L. Ding, Q. Liu, S. Liu, and T. Fan. 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*, 158: 173-180.

- Marulanda, A., R. Azcon, and J.M. Ruiz-Lozano. 2003. Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. *Plant. Physiol.*, 119: 526–533.
- Nikolaou, N.A., M. Koukourikou, K. Angelopoulos, and N. Karagiannidis. 2003. Cytokinin content and water relations of *Cabernet Sauvignon* grapevine exposed to drought stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 78:113-118.
- Parmar, P. and S. Sindhu. 2013. Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. *Journal of Microbiology Research*, 3: 25-31.
- Pinheiro, C. and M. Chaves. 2011. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *Journal of Experimental Botany*, 62: 869-882.
- Smith, N.G. and J.S. Dukes. 2013. Plant respiration and photosynthesis in global-scale models: incorporating acclimation to temperature and CO₂. *Global change biology*, 19: 45-63.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis : Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor: Agroinovasi. p. 44-47.
- Unlu, M. and P. Steduto. 2000. Comparison of photosynthetic water use efficiency of sweet sorghum at canopy and leaf scales. *Turkey Journal Agriculture Forestry*, 24: 519-525.
- Van Aarle, I. M., P.A. Olsson, and B. Söderström. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi respond to the substrate pH of their extraradical mycelium by altered growth and root colonization. *New Phytologist*, 155: 173-182.
- Yemm, E.W. and A.J. Willis. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by Anthrone. *Biochemical Journal*, 57:508–514.
-