

PENGARUH MIKROBA PELARUT FOSFAT TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SERAPAN HARA P BENIH KAKAO (*Theobroma cacao L.*)

EFFECT OF PHOSPHATE SOLUBILIZING MICROBES ON THE GROWTH AND P NUTRIENT UPTAKES OF CACAO SEEDLINGS (*Theobroma cacao L.*)

*Maman Herman dan Diby Pranowo

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
[*maman.herman@gmail.com](mailto:maman.herman@gmail.com)

(Tanggal diterima: 14 Maret 2013, direvisi: 2 April 2013, disetujui terbit: 20 Juni 2013)

ABSTRAK

Mikroba pelarut fosfat (MPF) diketahui memiliki kemampuan untuk melarutkan P tidak tersedia di dalam tanah menjadi bentuk yang mudah diserap oleh perakaran tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pemupukan anorganik, namun demikian pengaruhnya terhadap benih kakao (*Theobroma cacao L.*) belum banyak diketahui. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian untuk menguji pengaruh mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan hara P benih kakao. Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi mulai Januari sampai Desember 2012. Perlakuan yang dicoba yaitu A) subsoil (kontrol), B) subsoil + NPK, C) subsoil + pukan (1:1), D) subsoil + zeolit (0,5 kg/10 kg), E) subsoil + pukan + zeolit, F) subsoil + MPF, G) subsoil + NPK + MPF, H) subsoil + pukan + NPK + MPF, I) subsoil + zeolit + NPK + MPF, dan J) subsoil + pukan + zeolit + NPK + MPF. MPF diisolasi dari tanah perakaran kakao rakyat di Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi MPF yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk NPK mampu meningkatkan tinggi tanaman dan bobot biomassa benih kakao sampai umur 12 minggu setelah perlakuan. Perlakuan MPF + NPK menghasilkan tinggi tanaman, bobot biomassa, dan serapan P tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Isolat MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK mampu meningkatkan serapan hara P oleh benih kakao sampai 3,07 kali.

Kata Kunci: *Theobroma cacao L.*, benih, mikroba pelarut fosfat, MPF, pertumbuhan, serapan hara P

ABSTRACT

Phosphate solubilizing microbes (PSM) has been known capable of dissolving unavailable phosphates in the soil to the form that easily absorbed by crops so that increases crop growth and inorganic fertilizer efficiency, however in cacao it has not been known. The objective of the study was to evaluate the role of phosphate solubilizing microbes to the growth and P nutrient uptake by cacao (*Theobroma cacao L.*) seedlings. The experiment was conducted in the Greenhouse of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi from January to December 2012. Treatments were arranged as follows: A) Subsoil (control), B) Subsoil + NPK, C) Subsoil + organic matter (1:1), D) Subsoil + zeolite (0.5 kg/10 kg), E) Subsoil + organic matter + zeolites, F) Subsoil + PSM, G) Subsoil + NPK + PSM, H) Subsoil + organic matter + NPK + PSM, I) Subsoil + zeolite + NPK + PSM, dan J) Subsoil + organic matter + zeolite + NPK + PSM. The results showed that PSM combined with NPK enhanced plant height and weight of the biomass of cacao seedling until 12 weeks after treatment (WAT). The treatment of PSM+NPK resulted in the highest plant height, biomass, and P nutrient uptake compared with others. PSM combined with NPK fertilizer are able to increase threefold P nutrient uptake by cacao seedling.

Keywords: *Theobroma cacao L.*, seedlings, phosphate solubilizing microbes, PSM, growth, P nutrient uptakes

PENDAHULUAN

Pengurusan hara oleh tanaman biasanya dikompensasi dengan pemberian pupuk anorganik, yang penggunaannya diperkirakan terus meningkat dari tahun ke tahun karena tingkat efisien pupuk yang rendah. Penggunaan N oleh tanaman hanya 50% (Saikia dan Jain, 2007), P hanya 15-20% (Ginting *et al.*, 2006), dan K hanya 23% (Ispandi dan Munif, 2004) dari pupuk yang diberikan. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang dapat meminimalkan penggunaan pupuk anorganik tanpa mengorbankan produktivitas tanaman. Konsep pertanian yang berkelanjutan antara lain berusaha meminimalkan penggunaan input kimia seperti pupuk anorganik dalam upaya mempertahankan atau meningkatkan kualitas lingkungan. Salah satunya adalah dengan pemanfaatan mikroba sebagai agen hayati pelarut hara untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P.

Pemanfaatan mikroba yang berada di sekitar atau berasosiasi dengan perakaran tanaman memiliki peranan yang sangat penting karena disamping dapat menambat unsur hara juga menghasilkan hormon tumbuh, menekan penyakit tular tanah, dan melarutkan unsur hara yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman (Husen *et al.*, 2006). Keberadaan mikroba tersebut dapat dimanfaatkan sebagai fasilitator peningkatan efektivitas dan efisiensi pupuk yang diberikan. Keuntungan lain dari penggunaan mikroorganisme untuk tanaman adalah lebih ramah terhadap lingkungan. Teknologi pemanfaatan mikroba penambat dan pengurai unsur-unsur hara telah banyak dikembangkan dan terbukti sangat efektif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan pada berbagai jenis tanaman budidaya (Husen *et al.*, 2006; Widawati dan Suliasih, 2006; Koesrini dan William, 2009; Anas dan Rakhmadina, 2012), namun untuk tanaman kakao, teknologi ini belum banyak dikaji.

Unsur fosfor (P) adalah unsur hara esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam proses fotosintesis dan perkembangan akar tanaman (Havlin *et al.*, 1999). Kekahatan P pada benih kakao akan menghambat perkembangan akar yang dapat berakibat terhambatnya proses fotosintesis sehingga perkembangan daunnya tidak normal.

Pemenuhan kebutuhan unsur hara P dengan memanfaatkan mikroba pelarut P (MPF) telah banyak dikembangkan dan sangat efektif melarutkan unsur hara P, terutama pada tanah masam dan basa yang mengalami fiksasi P cukup tinggi oleh oksida Al, Fe, dan kation Ca (Hartono, 2000). Rendahnya ketersediaan P pada tanah-tanah masam atau basa merupakan salah satu masalah yang banyak dijumpai pada kebun kakao yang diusahakan pada lahan yang secara alami miskin unsur hara. Kandungan fosfat dalam bentuk organik pada tanah masam seperti oxisols dan ultisols bervariasi dari 20-80% (Richardson, 1994; Ginting *et al.*, 2006), bahkan kurang dari 20%, tergantung bahan induknya, sementara ketersediaannya di dalam tanah bagi tanaman hanya 0,01% dari total P (Ginting *et al.*, 2006). Pemanfaatan mikro organisme pelarut fosfat diharapkan dapat mengatasi masalah P pada tanah masam (Rao dan Sinha, 1962).

Upaya lain dalam meningkatkan kualitas tanah adalah memanfaatkan zeolit. Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multiguna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia unik, yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan katalisator (Eddy, 2006). Zeolit, pada bidang pertanian, digunakan sebagai pembenah tanah untuk mereklamasi tanah-tanah terdegradasi. Pembenah tanah zeolit dapat meningkatkan hasil tanaman, bahkan takaran pupuk anorganik dapat dikurangi (Al-Jabri, 2010).

Mikroorganisme tanah memerlukan energi untuk aktivitas metabolismenya, salah satu sumbernya adalah bahan organik yang berasal dari pupuk kandang. Penggunaan pupuk kandang sebagai sumber bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan pertumbuhan, dan produksi tanaman sudah tidak diragukan lagi. Bahan organik di dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan hara N dan P melalui mekanisme proses mineralisasi maupun fiksasi N dan pelepasan P terfiksasi oleh asam-asam organik (Havlin *et al.*, 1999).

Pemanfaatan MPF tetap memerlukan pupuk anorganik karena jumlahnya di dalam tanah terbatas dan tidak cukup memadai untuk tumbuh kembang tanaman kakao. NPK adalah pupuk majemuk sebagai sumber unsur hara N, P, dan K

yang merupakan unsur hara esensial bagi tanaman, namun tingkat efisiensinya masih rendah sehingga diharapkan dengan inokulasi mikroba pelarut P akan meningkatkan efisiensinya dan unsur hara yang tersedia lebih banyak dimanfaatkan oleh tanaman daripada tersimpan sebagai koloid tanah.

Tujuan penelitian adalah menguji pengaruh mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan hara P pada benih kakao.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Desember 2012. Tanaman percobaan yang digunakan adalah benih kakao lindak klon M-01 dari Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Benih ditanam dalam *polybag* ukuran 15x25 cm berisi tanah latosol (2 kg/*polybag*). Isolat mikroba pelarut P yang digunakan adalah hasil eksplorasi di perkebunan kakao rakyat Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Isolasi mikroba pelarut P menggunakan media selektif "Pikovskaya" menurut metode Gaur (1981).

Hasil isolasi mikroba yang terindikasi sebagai pelarut P (MPF) diuji efektifitasnya terhadap pertumbuhan benih kakao di rumah kaca. Isolat mikroba diinokulasikan pada media tanam dalam *polybag* di rumah kaca dengan cara diinkubasikan selama 14 hari dengan susunan perlakuan seperti pada Tabel 1. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan tiga kali.

Media tanam yang digunakan adalah jenis tanah latosol yang diambil dari kebun percobaan (KP.) Pakuwon pada kedalaman 50-100 cm (sub soil) dengan sifat tanah seperti pada Tabel 2. Tanah dikeringanginkan dan dihaluskan di rumah kaca sampai lolos ayakan 5 mm kemudian disterilkan. Pupuk kandang sapi (Pukan) yang telah matang diayak, bahan kasar dan kotoran yang tidak lolos ayakan dibuang. Tepung zeolit diayak sampai lolos ayakan 70 mesh. Semua bahan, secara terpisah, masing-masing disterilkan menggunakan *autoclave* kemudian dicampur merata sesuai kombinasi perlakuan seperti Tabel 1. Campuran dimasukkan ke dalam *polybag* dengan ukuran 15x25 cm, disusun rapat dan ditutup plastik untuk diinkubasikan di

rumah kaca selama dua minggu. Media dalam *polybag* disusun di rumah kaca sesuai rancangan. Setiap perlakuan menggunakan 5 *polybag* sehingga jumlah media yang dipersiapkan seluruhnya 150 *polybag*. Setiap *polybag* diberi alas piring plastik untuk menghindari kontaminasi antar perlakuan. Setiap *polybag* dipisahkan dengan jarak 25 cm antar poros atau 10 cm antar sisi *polybag*. Pupuk NPK dihaluskan dan diberikan dengan takaran 10 g/kg tanah 2 minggu sebelum inokulasi MPF.

Buah kakao dari klon M-01 yang telah matang fisiologis, sehat, dan berukuran normal diambil bijinya, dibersihkan dari *pulp* dan *placenta*, dicuci bersih dan direndam dalam larutan fungisida (Dithane M-45) 0,2% selama 2 jam, kemudian disemai di atas pasir dalam kotak kayu yang telah disterilkan dan disiram setiap hari. Benih yang telah berkecambah yang memiliki ukuran relatif sama diseleksi untuk ditanam pada media dalam *polybag* yang telah diinkubasikan. Penanaman kecambah benih kakao dilakukan dengan cara membenamkan biji dengan posisi ujung calon akar menghadap ke bawah di tengah-tengah lingkaran *polybag* sedalam ± 2 cm. Isolat MPF cair dengan kepadatan 10^8 cfu/ml sebanyak 20 ml disiramkan ke dalam media tanah dalam *polybag* 2 minggu setelah penanaman kecambah benih kakao.

Tabel 1. Susunan perlakuan mikroba pelarut fosfat (MPF) pada benih kakao di rumah kaca

Table 1. Arrangement of phosphate solubilizing microbes (PSM) treatment on cacao seedlings in the green house

Kode perlakuan	Kombinasi media
A	Tanah subsoil tanpa campuran (kontrol)
B	Tanah subsoil + NPK
C	Tanah subsoil + pukan (1:1)
D	Tanah subsoil + zeolit (0.5 kg/10 kg)
E	Tanah subsoil + pukan + zeolit
F	Tanah subsoil + MPF
G	Tanah subsoil + NPK + MPF
H	Tanah subsoil + pukan + NPK + MPF
I	Tanah subsoil + zeolit + NPK + MPF
J	Tanah subsoil + pukan + zeolit + NPK + MPF

Parameter yang diamati meliputi: pertambahan tinggi tanaman, lingkaran pangkal batang (1 cm dari permukaan tanah), jumlah daun, bobot biomas (kering oven) akar, batang, dan tajuk tanaman serta kadar unsur hara P dalam akar, batang, dan daun. Pada minggu ke 12 setelah perlakuan dipilih 3 contoh tanaman, dicabut

dengan hati-hati, dibersihkan dari tanah yang melekat untuk kemudian dilakukan analisis bobot biomas akar, batang, dan daun serta analisis kandungan unsur hara P untuk menentukan serapan hara P oleh benih kakao. Serapan P merupakan hasil perkalian antara kadar hara (dalam %) dengan bobot kering biomasnya.

Tabel 2. Sifat tanah yang digunakan dalam percobaan
 Table 2. Soil properties used in the experiment

Parameter	Nilai	*Keterangan
pH	4,40	sangat masam
C (%)	0,81	sangat rendah
N (%)	0,04	sangat rendah
P (ppm)	0,25	sangat rendah
K (me/100g)	1,19	sangat rendah
Ca (me/100g)	6,28	sedang
Na (me/100g)	1,67	sangat rendah
Mg (me/100g)	1,76	sedang
KTK (me/100g)	8,19	rendah
Tekstur (%)		
Pasir	20,12	
Liat	69,53	
Debu	10,35	
Kelas Tekstur		liat

Sumber : *Lembaga Penelitian Tanah (1983) dalam Hardjowigeno (1987)

Source : *Soil Research Institut (1983) In Hardjowigeno (1987)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertambahan Tinggi Tanaman

Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap pertambahan tinggi benih kakao pada umur 6, 9, dan 12 minggu setelah perlakuan (MSP) seperti disajikan pada Tabel 3. Perlakuan media tanpa inokulan MPF, pada umur 3 sampai 9 MSP tidak menunjukkan perbedaan terhadap pertambahan tinggi tanaman yang nyata dibandingkan kontrol. Pada umur 12 MSP, perlakuan NPK mampu meningkatkan pertambahan tinggi benih secara nyata ($P < 0,05$) dibandingkan kontrol, begitu juga dengan perlakuan pupuk kandang (pukan)+zeolit, sementara perlakuan zeolit tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan kontrol.

Di antara perlakuan dengan inokulum MPF, perlakuan MPF tunggal tidak mampu meningkatkan pertambahan tinggi benih secara nyata dibandingkan kontrol pada umur 3, 6, 9, dan 12 MSP. Apabila MPF dikombinasikan dengan pemberian zeolit + NPK (I) pada umur 6, 9, dan

12 MSP, aplikasi MPF memperlihatkan pengaruh nyata dibanding kontrol. Pada umur 12 MSP, perlakuan MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK (G), pukan + NPK (H), dan zeolit + NPK (I) mampu meningkatkan pertambahan tinggi benih yang berbeda nyata dibanding kontrol. Aplikasi MPF + NPK yang dikombinasikan dengan zeolit (I) mampu meningkatkan tinggi benih secara nyata dibandingkan kontrol tetapi tidak berbeda nyata dibanding perlakuan NPK (B), pukan + zeolit (E), NPK + MPF (G), dan pukan + NPK + MPF (H) (Tabel 3).

Berdasarkan hasil penelitian ini, peranan MPF dalam meningkatkan pertambahan tinggi tanaman baru kelihatan jika dikombinasikan dengan pemberian pupuk NPK. Peranan MPF disini dalam mengurai unsur hara P dari NPK yang telah diberikan dan mencegah P yang terurai terkelat oleh koloid tanah sehingga pertumbuhan tanaman tampak lebih baik. Hal ini terlihat dari pertambahan tinggi benih kakao pada umur 6, 9, dan 12 MSP yang nyata lebih tinggi pada perlakuan NPK + MPF (G) dibanding dengan pemberian pupuk NPK (B) tanpa diinokulasi dengan MPF ataupun pemberian MPF (F) saja secara tunggal (Tabel 3).

Peranan MPF terhadap tinggi benih kakao, tampaknya melalui dua fungsi. Pertama, MPF sebagai pelarut hara P, memfasilitasi penyediaan unsur P yang cukup untuk perkembangan perakaran dan suplai hara P ke daun yang merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Hasil fotosintesis terakumulasi di batang, dimana menurut Gardner *et al.* (1985), 60-80% hasil asimilasi di daun ditransfer ke bagian organ lain dari tanaman seperti akar dan batang. Kedua, MPF menghasilkan fitohormon seperti *Indole Acetic Acid* (IAA) dan *Gibberellic Acid* (GA3) (Nenwani *et al.*, 2010). IAA dan GA3 merupakan fitohormon yang berfungsi merangsang pemanjangan sel pada titik tumbuh.

Peranan MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK dalam meningkatkan pertambahan tinggi tanaman memberikan pengaruh yang sama apabila dikombinasikan dengan penambahan zeolit (I). Hal ini berarti penambahan zeolit tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Ini dapat dilihat dari pertambahan tinggi tanaman yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan zeolit + NPK +

MPF (I). Zeolit adalah bahan galian non logam yang multi guna karena memiliki sifat kimia sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul, dan sebagai katalisator (Eddy, 2006). Zeolit banyak digunakan sebagai pembenah tanah dan bahan campuran pupuk karena sifatnya sebagai *soil amendment*. Dalam penelitian ini zeolit tidak menunjukkan peranannya terhadap penambahan tinggi tanaman. Hal ini mungkin disebabkan karena MPF lebih dominan memegang peranan

menggantikan sebagian fungsi zeolit sebagai pembenah tanah atau mungkin peran NPK dan MPF lebih tampak dalam penyediaan hara bagi pertambahan tinggi benih. Hasil penelitian ini sejalan dengan aplikasi inokulum mikroba pelarut P yang disertai dengan pupuk anorganik NPK 50% dari takaran optimal pada benih lada (*Piper nigrum L.*) meningkatkan serapan hara N, P, dan K (Herman *et al.*, 2012).

Tabel 3. Pertambahan tinggi benih kakao pada umur 3, 6, 9, dan 12 minggu setelah perlakuan (MSP)
Table 3. Height increment of cacao seedlings at 3, 6, 9, and 12 weeks after treatments (WAT)

Perlakuan	Pertambahan tinggi benih (cm)			
	3 MSP	6 MSP	9 MSP	12 MSP
A. Kontrol	4,38 ab	8,51 cd	12,98 cd	18,21 e
B. NPK	2,17 b	8,44 cd	16,61 cd	30,64 bc
C. Pukan (1:1)	3,83 ab	10,13 bc	17,90 bc	23,80 cde
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	2,07 b	5,37 d	12,10 cd	19,50 de
E. Pukan+zeolit	2,20 b	9,30 cd	15,97 cd	28,53 bcd
F. MPF	1,89 b	5,29 d	10,82 d	24,79 cde
G. NPK+MPF	6,00 a	17,93 a	26,50 a	45,03 a
H. Pukan+NPK+MPF	2,11 b	7,81 cd	15,21 cd	30,77 bc
I. Zeolit+NPK+MPF	5,13 a	14,33 ab	23,27 ab	35,97 ab
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	3,59 ab	8,99 cd	16,85 c	25,55 cde
KK (%)	17,82	15,04	12,06	11,58

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%
Notes : Numbers followed by the same letters in each coloum are not significantly different at 5% level of LSD

Tabel 4. Pertambahan lingkaran pangkal batang benih kakao pada umur 3, 6, 9, dan 12 minggu setelah perlakuan (MSP)
Table 4. Girth increment of cacao seedlings at 3, 6, 9, and 12 weeks after treatment (WAT)

Perlakuan	Pertambahan lingkaran pangkal batang (cm)			
	3 MSP	6 MSP	9 MSP	12 MSP
A. Kontrol	0,053 a	0,157 a	0,263 ab	0,410 abcd
B. NPK	0,060 a	0,143 a	0,223 bc	0,380 abcd
C. Pukan (1:1)	0,067 a	0,143 a	0,237 abc	0,360 bcd
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	0,047 a	0,137 a	0,210 c	0,337 d
E. Pukan+zeolit	0,047 a	0,130 a	0,220 bc	0,350 cd
F. MPF	0,053 a	0,150 a	0,250 abc	0,457 ab
G. NPK+MPF	0,067 a	0,163 a	0,283 a	0,463 a
H. Pukan+NPK+MPF	0,056 a	0,147 a	0,237 abc	0,397 abcd
I. Zeolit+NPK+MPF	0,057 a	0,163 a	0,267 ab	0,447 abc
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	0,053 a	0,143 a	0,237 abc	0,380 abcd
KK (%)	14,53	9,35	6,75	8,58

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%
Notes : Numbers followed by the same letters in each coloum are not significantly different at 5% level of LSD

Pertambahan Lingkaran Pangkal Batang

Analisis statistik menunjukkan bahwa semua perlakuan menghasilkan pertambahan lingkaran pangkal batang yang relatif sama mulai umur 3 sampai 6 MSP (Tabel 4). Pada umur 9 MSP, di antara perlakuan tanpa inokulum MPF, pemberian zeolit menekan pertambahan lingkaran pangkal batang secara nyata dibanding kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal tersebut terlihat dari lingkaran pangkal batang yang lebih kecil dibanding kontrol. Di antara perlakuan dengan pemberian inokulum MPF tidak menunjukkan pertambahan lingkaran pangkal batang yang berbeda. Kombinasi perlakuan NPK + MPF (G) hanya berbeda nyata dengan perlakuan NPK (B), zeolit (D), dan kombinasi pukan+zeolit (E). Pada umur 12 MSP, di antara perlakuan tanpa inokulum MPF tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap pertambahan lingkaran pangkal batang. Hal yang sama terlihat di antara perlakuan dengan inokulum MPF. Perlakuan MPF hanya mampu meningkatkan pertambahan lingkaran pangkal batang secara nyata dibanding perlakuan pukan (C), zeolit (D), dan pukan + zeolit (E), tetapi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibanding perlakuan lainnya.

Berdasarkan hal tersebut peranan MPF terhadap pertambahan lingkaran pangkal batang tidak memiliki peluang yang cukup berarti. Metabolisme yang terjadi di dalam tanaman pada masa pertumbuhan awal lebih dominan pada pemanjangan sel dan hal ini dipacu oleh produksi hormon oleh MPF seperti IAA dan GA3 sehingga

tanaman tumbuh meninggi lebih dominan (Gardner *et al.*, 1985; Nenwani *et al.*, 2010).

Pertambahan Jumlah Daun

Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun benih kakao pada umur 3 dan 6 MSP (Tabel 5). Pada umur 9 MSP, hanya perlakuan zeolit + NPK + MPF (I) yang mampu meningkatkan pertambahan jumlah daun terbanyak dan berbeda nyata dibanding kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya. Pada umur 12 MSP, di antara perlakuan tanpa inokulum MPF, hanya perlakuan NPK (B) mampu meningkatkan pertambahan jumlah daun terbanyak secara nyata dibanding kontrol dan pukan (C), tetapi tidak berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya. Di antara perlakuan dengan inokulum MPF, hanya perlakuan zeolit + NPK + MPF (I) yang secara nyata meningkatkan pertambahan jumlah daun dibanding pukan + zeolit + NPK + MPF (J) dan tidak berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya. Perlakuan zeolit+NPK+MPF (I) mampu meningkatkan jumlah daun secara nyata dibanding kontrol, pukan (C), zeolit (D), dan pukan + zeolit + NPK (J). Dengan demikian, perlakuan inokulum MPF hanya mampu meningkatkan pertambahan jumlah daun apabila dikombinasikan dengan zeolit dan NPK dan pengaruhnya sama saja dengan perlakuan NPK (B), pukan + zeolit (E), MPF ((F), NPK + MPF (G), dan pukan + NPK + MPF (H).

Tabel 5. Pertambahan jumlah daun benih kakao pada umur 3, 6, 9, dan 12 minggu setelah perlakuan (MSP)

Table 5. Increment in numbers of leaves of cacao seedlings at 3, 6, 9, and 12 weeks after treatments (WAT)

Perlakuan	Pertambahan jumlah daun (helai)			
	3 MSP	6 MSP	9 MSP	12 MSP
A. Kontrol	2,93 a	6,07 a	7,60 b	8,93 c
B. NPK	2,93 a	6,67 a	9,47 ab	15,67 ab
C. Pukan (1:1)	3,47 a	5,93 a	7,87 ab	9,20 c
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	2,60 a	5,00 a	8,07 ab	11,40 bc
E. Pukan+zeolit	2,93 a	7,20 a	9,93 ab	14,93 ab
F. MPF	3,00 a	6,67 a	8,60 ab	13,27 abc
G. NPK+MPF	2,87 a	6,87 a	9,47 ab	15,53 ab
H. Pukan+NPK+MPF	2,73 a	6,07 a	8,33 ab	13,40 abc
I. Zeolit+NPK+MPF	3,07 a	7,13 a	11,13 a	17,13 a
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	2,93 a	5,00 a	6,60 b	8,53 c
KK (%)	16,54	13,41	13,57	13,82

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in each coloum are not significantly different at 5% level of LSD

Tabel 6. Bobot biomassa akar, batang, dan daun benih kakao (kering oven) umur 12 minggu setelah perlakuan (MSP)
Table 6. Biomass dry weight of roots, stem, and leaves of cacao seedlings at 12 weeks after treatment (WAT)

Perlakuan	Bobot biomassa (kering oven) (g)			
	Akar	Batang	Daun	Jumlah
A. Kontrol	2,41 ab	5,01 a	3,89 de	11,31 bc
B. NPK	1,71 ab	5,45 a	6,83 bc	13,99 bc
C. Pukan (1:1)	2,16 ab	4,64 a	4,08 cde	10,89 bc
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	1,49 b	3,14 a	5,98 bcde	10,62 bc
E. Pukan+zeolit	1,66 ab	3,47 a	5,85 bcde	10,97 bc
F. MPF	1,66 ab	3,73 a	6,56 bcd	11,94 bc
G. NPK+MPF	2,62 a	7,88 a	10,18 a	20,67 a
H. Pukan+NPK+MPF	1,45 b	4,26 a	6,32 bcd	12,03 bc
I. Zeolit+NPK+MPF	2,47 a	6,19 a	8,08 ab	16,74 ab
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	1,85 ab	3,31 a	3,33 e	8,48 c
KK (%)	17,18	15,40	16,09	17,18

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in each coloum are not significantly different at 5% level of LSD

Berdasarkan hal tersebut peranan MPF terhadap penambahan jumlah daun akan sama hasilnya apabila diaplikasikan secara tunggal (F) dan dikombinasikan dengan pemberian pukan dan atau NPK (F dan G) serta kombinasi pukan + zeolit (E). Dengan demikian, aplikasi MPF, baik diberikan secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pemberian pukan dan atau NPK atau zeolit mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah daun benih kakao.

Bobot Biomassa

Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap bobot biomassa akar dan daun benih kakao kering oven, tetapi tidak berbeda nyata terhadap bobot biomassa batang benih kakao sampai umur 12 MSP (Tabel 6). Di antara perlakuan tanpa inokulum MPF, semua perlakuan tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap bobot biomassa akar. Di antara perlakuan dengan MPF, perlakuan kombinasi NPK + MPF (G) dan zeolit + NPK + MPF (I) menunjukkan bobot biomassa akar tertinggi secara nyata dibanding kombinasi pukan + NPK + MPF (H). Kedua kombinasi perlakuan tersebut juga menunjukkan bobot biomassa akar tertinggi secara nyata dibanding perlakuan zeolit (D), tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 6). Di antara perlakuan tanpa MPF, pemberian NPK (B) nyata memberikan bobot biomassa daun tertinggi dibanding kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya.

Di antara perlakuan dengan MPF, perlakuan NPK + MPF (G) memberikan bobot biomassa daun tertinggi secara nyata dibanding perlakuan lainnya kecuali dengan perlakuan zeolit + NPK + MPF (I). Perlakuan NPK + MPF (G) juga memberikan bobot biomassa daun tertinggi dibanding semua perlakuan tanpa inokulum MPF. Pengaruh perlakuan yang nyata terhadap bobot biomassa akar dan daun berpengaruh nyata pula terhadap bobot biomassa total benih kakao (Tabel 6). Di antara semua perlakuan yang diuji, perlakuan NPK + MPF (G) memberikan bobot biomassa tertinggi secara nyata dibanding semua perlakuan lainnya kecuali dengan perlakuan zeolit + NPK + MPF (I).

Berdasarkan hal tersebut, tampak peranan MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering biomassa benih kakao, khususnya terhadap akar dan daun. Akar merupakan bagian tanaman yang berfungsi menyerap air dan hara dari dalam tanah, menyalurkannya ke daun lewat batang untuk menunjang proses fotosintesis di dalam daun menghasilkan bahan yang selanjutnya di distribusikan kembali ke seluruh bagian tanaman. Peranan MPF disini, menyediakan sejumlah unsur hara P untuk diserap akar. Unsur P yang tersedia sangat dibutuhkan untuk perkembangan akar tanaman yang lebih baik. Unsur ini juga dibutuhkan oleh bagian daun dalam proses fotosintensis. Peranan MPF dalam mengurai unsur hara P diketahui melalui mekanisme sekresi asam-asam organik berbobot molekul rendah seperti oksalat,

suksinat, fumarat, dan malat. Asam organik ini akan bereaksi dengan bahan pengikat fosfat seperti Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , atau Mg^{2+} membentuk khelat organik yang stabil sehingga mampu membebaskan ion fosfat terikat dan oleh karena itu dapat diserap oleh tanaman (Suriadikarta dan Simanungkalit, 2006).

Semua perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering oven batang benih kakao (Tabel 6). Ini mungkin karena dalam masa pertumbuhan, aktivitas akar menyerap air dan hara langsung ditransfer ke daun untuk mendukung pertumbuhan daun dan proses fotosintesis, sementara itu hasil fotosintesis ditransfer kembali melalui batang ke akar untuk mendukung perkembangan dan menjalankan fungsinya menyerap unsur hara dan air (Gardner *et al.*, 1985).

Serapan Hara P

Serapan hara P oleh benih kakao sampai umur 12 MSP disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa serapan P oleh akar dan batang benih kakao terendah diperoleh pada perlakuan zeolit (D) dan tertinggi diperoleh pada perlakuan MPF + PK (G), sedangkan yang diserap oleh daun benih kakao terendah diperoleh pada perlakuan kontrol (A) dan tertinggi pada perlakuan NPK + MPF (G), secara keseluruhan (akar, batang, dan daun) diperoleh serapan P terendah pada perlakuan kontrol (A) dan tertinggi pada perlakuan NPK + MPF (Tabel 7). Serapan P oleh benih kakao ini seiring dengan tingkat pertumbuhan vegetatif tanaman yang tercermin dari bobot biomassa tanaman (Tabel 6). Apabila dibandingkan kontrol, kecuali pada bagian akar dan

batang, peningkatan serapan P pada semua perlakuan lebih dari satu. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian MPF baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan zeolit, pupuk kandang, dan NPK mampu meningkatkan serapan hara P oleh benih kakao 1,21 sampai 3,07 kali pada umur 12 MSP.

Peranan MPF yang dikombinasikan dengan pupuk NPK terlihat jelas dari serapan hara P oleh akar, batang, maupun daun yang tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Hal tersebut sangat erat hubungannya dengan pertumbuhan tinggi benih (Tabel 3), lingkaran pangkal batang (Tabel 4), dan bobot biomassa benih (Tabel 6). Nuryani *et al.* (1993) mengemukakan bahwa jerapan fosfat pada tanah latosol berkorelasi dengan Fe dan Al oksida bebas dan takaran pemberian fosfat yang ditambahkan berpengaruh terhadap jumlah fosfat yang dijerap dan dilepaskan. Semakin tinggi takaran pemberian fosfat semakin banyak fosfat yang dilepaskan tetapi juga semakin banyak fosfat yang dijerap.

Dari hasil penelitian di atas, menunjukkan peranan MPF dalam meningkatkan pertumbuhan benih kakao dan bobot biomassa akar dan daun sampai umur 12 minggu setelah perlakuan (MSP). Hal tersebut terkait dengan peningkatan ketersediaan P tanah dan secara tidak langsung akan meningkatkan serapan unsur hara lainnya seperti N dan K serta peranannya dalam memacu produksi hormon pertumbuhan tanaman. Nitrogen memiliki peranan penting dalam pertumbuhan ruas batang dan proses perluasan sel pada fase vegetatif, khususnya meningkatkan tinggi tanaman, sementara kalium berperan penting dalam memperkuat dinding sel (Gardner *et al.*, 1985).

Tabel 7. Serapan P oleh benih kakao umur 12 minggu setelah perlakuan (MSP)
 Table 7. Phosphorus uptakes by cacao seedling at 12 weeks after treatment (WAT)

Perlakuan	Serapan P (mg)				Peningkatan serapan hara P			
	Akar	Batang	Daun	Jumlah	Akar	Batang	Daun	Jumlah
A. Kontrol	6,68	13,91	10,81	31,40	1,00	1,00	1,00	1,00
B. NPK	6,92	22,06	27,66	56,65	1,04	1,59	2,56	1,80
C. Pukan (1:1)	10,49	22,48	19,79	52,76	1,57	1,62	1,83	1,68
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	5,01	10,54	20,09	35,64	0,75	0,76	1,86	1,14
E. Pukan+zeolit	7,93	16,60	28,00	52,53	1,19	1,19	2,59	1,67
F. MPF	5,26	11,85	20,83	37,94	0,79	0,85	1,93	1,21
G. NPK+MPF	12,23	36,77	47,49	96,49	1,83	2,64	4,39	3,07
H. Pukan+NPK+MPF	9,08	26,63	39,53	75,24	1,36	1,92	3,66	2,40
I. Zeolit+NPK+MPF	11,02	27,56	35,97	74,55	1,65	1,98	3,33	2,37
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	12,44	22,27	22,44	57,15	1,86	1,60	2,08	1,82

Beberapa mekanisme pelarutan P oleh mikroba pelarut fosfat (MPF) adalah dengan pelepasan asam organik dan anorganik, dan ekskresi proton yang menyertai asimilasi NH_4^+ . Selain itu, juga terdapat mekanisme pelepasan enzim fosfatase yang memineralsasi P organik (Vega, 2007). Bakteri pelarut fosfat dapat memproduksi beberapa asam organik seperti asam monokarboksilat (asetat, format), monokarboksilat hidroksi (laktat, glukonat, dan glikolik), monocarboxylic, ketoglukonat, dekarboksilat (oksalat dan suksinat), dikarboksilat hidroksi (malat dan maleat) dan asam trikarboksilat hidroksi (sitrat) (Ramkumar dan Kannapiran, 2011). Bakteri pelarut fosfat juga dapat menghasilkan fitohormon seperti *Indole Acetic Acid* (IAA) dan *Gibberellic Acid* (GA3), produksi siderofor, dan antagonis terhadap patogen (Nenwani *et al.*, 2010; Ramkumar dan Kannapiran, 2011; Parani dan Saha, 2012).

Beberapa hasil penelitian penggunaan mikroba pelarut P pada berbagai jenis tanaman menunjukkan hasil yang positif terhadap pertumbuhan dan serapan hara. Penggunaan mikroba pelarut P seperti *Bacillus pantothenicus*, *Klebsiella aerogenes*, *Chromobacterium lividum*, dan *Bacillus megaterium* pada tanaman caysin (*Brassica caventis* Oed.) menghasilkan bobot daun segar dan bobot tanaman segar (Widawati dan Suliasih, 2006). Aplikasi inokulum mikroba pelarut P yang disertai dengan pupuk anorganik NPK 50% dari takaran optimal pada benih lada (*Piper nigrum* L.) memberikan pengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah cabang serta dapat meningkatkan bobot segar dan kering tajuk, serapan hara N, P, dan K (Herman *et al.*, 2012). Penggunaan MPF yang dikombinasikan dengan guano kelelawar dan kompos daun gamal dapat meningkatkan tinggi tanaman sebanyak 70,83%, jumlah cabang sebesar 153,20%, dan jumlah daun 92,26% dibandingkan kontrol dan terdapat interaksi yang nyata antara MPF, guano kelelawar, dan kompos daun glirisida terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah daun lada perdu (Ruhnayat, 2007). Goenadi *et al.* (1997) menemukan bahwa penggunaan pupuk hayati emas (PHE) sebanyak 50 kg per hektar dan 50 % pupuk anorganik pada tanaman karet menghasilkan produksi lateks lebih tinggi dibanding hanya menggunakan pupuk

inorganik saja. PHE adalah pupuk hayati yang mengandung mikroba penambat N dan P. Hasil penelitian Nasaruddin (2012) menunjukkan bahwa inokulasi *Azotobacter* dan mikoriza, keduanya merupakan mikroba pelarut P, berkorelasi positif secara linier dengan pertumbuhan benih kakao dan berkorelasi positif kuadrat dengan bobot kering akar benih kakao sampai umur 4 bulan setelah tanam.

Pengaruh pemberian MPF yang tidak konsisten terhadap tinggi tanaman, lingkaran pangkal batang, dan jumlah daun mungkin disebabkan karena setiap bagian tanaman dalam fase pertumbuhan memiliki fungsi dan peranan masing-masing. Daun merupakan organ tanaman yang fungsinya lebih pada proses asimilasi menghasilkan bahan untuk ditransfer ke bagian organ lainnya. Gardner *et al.* (1985) mengatakan bahwa 60-80% hasil asimilasi di daun ditransfer ke bagian organ lain dari tanaman seperti akar dan batang. Sementara batang merupakan bagian organ yang paling banyak menerima dan mengakumulasi hasil asimilasi daun. Fungsi MPF yang dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan hara oleh tanaman juga berfungsi menghasilkan fitohormon antara lain auksin (IAA) yang berfungsi dalam merangsang pemanjangan sel dalam batang. Oleh karena itu, serapan hara P yang tinggi oleh benih kakao (Tabel 7) diiringi pula secara konsisten oleh pertumbuhan tinggi benih (Tabel 3) dan bobot biomassa benih (Tabel 6).

KESIMPULAN

Inokulasi mikroorganisme pelarut fosfat yang dikombinasikan dengan pemberian NPK mampu meningkatkan tinggi tanaman dan bobot biomassa benih kakao sampai umur 12 MSP. Perlakuan MPF + NPK menghasilkan tinggi tanaman, bobot biomassa dan serapan P tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Isolat MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK mampu meningkatkan serapan hara P oleh benih kakao sampai 3,07 kali. Diperlukan pengujian pada tanaman dewasa di pertanaman untuk mengetahui lebih lanjut efektifitas MPF terhadap efisiensi pemupukan anorganik.

DAFTAR PUSTAKA

- A-Jabri, M. 2010. Inovasi teknologi pembenah tanah zeolit untuk memperbaiki lahan pertanian terdegradasi. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Buku II: Konservasi Lahan, Pemupukan, dan Biologi Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Bogor, 30 November-1 Desember 2010.
- Anas, I. dan V. D. Rakhmadina. 2012. Effect of oligochitosan, vitazyme, biofertilizer on growth and yield of rice. FNCA Biofertilizer Newsletter, Forum of Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) Biofertilizer Project. Issue No. 11, March 2013. p. 5-6.
- Eddy, H. R. 2006. Potensi dan pemanfaatan zeolit di Provinsi Jawa Barat dan Banten. *Buletin Sumberdaya Geologi* 1 (2): 1-13.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchell. 1985. Fisiologi Tanaman Budidaya. Penerbit Universitas Indonesia UI-Press. Jakarta 1991. 428 hlm.
- Gaur, A. C. 1981. Phosphomicroorganism and Varians Transformation in Compost Technology. FAO Project Field Document No.13. Rome: FAO.
- Ginting, R. C. B, R. Stakaranwati, dan E. Husen. 2006. Mikroorganisme Pelarut Fosfat. *Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Penelitian Tanah. Hlm. 265-271.
- Goenadi, D. H., R. Stakaranwati, Y. Away, dan Herman. 1997. Produksi Biofertilizer untuk Efisiensi Penggunaan Pupuk dalam Budidaya Tanaman yang Aman Lingkungan. Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan. Bogor.
- Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu Tanah. PT. Melton Putra. Jakarta. 233 hlm.
- Hartono, A. 2000. Pengaruh pupuk fosfor, bahan organik, dan kapur terhadap pertumbuhan serapan P pada tanah masam Latosol Dramaga. *Gakuryoku* (6) 1: 73-78.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Sixth Ed. Prentice Hall. New Jersey.
- Herman, M., K. D. Sasmita, dan D. Pranowo. 2012. Pemanfaatan mikroba rizosfer untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara pada tanaman lada. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri* 3 (2): 143-150.
- Husen, R., R. Stakaranwati, dan R. D. Hastuti. 2006. Rhizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman. *Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Penelitian Tanah. Hlm. 191-209.
- Ispandi, A. dan A. Munif. 2004. Efektivitas pupuk PK dan frekuensi pemberian pupuk K dalam meningkatkan serapan hara dan produksi kacang tanah di lahan kering Alfisol. *Jurnal Ilmu Pertanian* 11 (2): 11-24.
- Koesrini dan E. William. 2009. Pengaruh bahan amelioran terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas buncis di atas sistem surjan pada lahan sulfat masam potensial. *J. Agrom. Indonesia* 37 (1): 34-39.
- Nasaruddin. 2012. Respon pertumbuhan benih kakao terhadap inokulasi *Azotobacter* dan mikoriza. *J. Agrivigor* 11 (2): 300-315.
- Nenwani, V., P. Doshi, T. Saha, dan S. Rajkumar. 2010. Isolation and characterization of a fungal isolate for phosphate solubilization and plant growth promoting activity. *Journal of Yeast and Fungal Research* 1 (1): 009-014.
- Nuryani, H. U. S., T. Notohadiningrat, T. Sutanto, dan B. Radjaguguk. 1993. Faktor jerapan dan pelepasan fosfat di tanah andosol dan latosol. *Jurnal BPPS-UGM* 6 (4B): 1-11.
- Parani, K. dan B. K. Saha. 2012. Prospects of using phosphate solubilizing *Pseudomonas* as bio fertilizer. *European Journal of Biological Sciences* 4 (2): 40-44.
- Ramkumar, S. dan E. Kannapiran. 2011. Isolation of total heterotrophic bacteria and phosphate solubilizing bacteria and *in vitro* study of phosphatase activity and production of phytohormones by PSB. *Archives of Applied Science Research* 3 (5): 581-586.
- Rao, S. and W. C. B. and M. K. Sinha. 1962. Phosphate dissolving microorganism in the soil and rhizosphere. *Indian K. Sci.* 23: 272-278.
- Richardson, A. E. 1994. Soil microorganisms and phosphorous availability. In *Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems*. (Eds.) Pankhurst C.E., B.M. Double, and V.V.S.R. Gupta. CSIRO, Victoria. Australia. p.50-62.
- Ruhnayat, A. 2007. Pemanfaatan Pupuk Bio dan Pupuk Alam untuk Mendukung Budidaya Organik Pada Tanaman Lada dan Vanili. <http://balitro.litbang.deptan.go.id>. [12 Juni 2009].
- Saikia, S. P. and V. Jain. 2007. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable target or a dogma?. *Current Sci.* 92 (3): 317-322.
- Suriadikarta, R. D. M. dan D. A. Simanungkalit. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Vega, N. W. O. 2007. A review on beneficial effects of rhizosphere bacteria on soil nutrient availability and plant nutrient uptake. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín* 60 (1): 3621-3643.
- Widawati, S. dan Suliasih. 2006. Augmentasi bakteri pelarut fosfat (BPF) potensial sebagai pemacu pertumbuhan caysin (*Brasica caventis* Oed.) di tanah marginal. *Biodiversitas* 7 (1): 10-14.