

SINERGISME FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN MYCORRHIZA HELPER BACTERIA DALAM MENINGKATKAN STABILITAS AGREGAT TANAH, PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KENTANG PADA TAKARAN BAHAN ORGANIK BERBEDA

Synergism Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi And Mycorrhiza Helper Bacteria To Improve Soil Aggregate Stability, Growth And Yield Of Potato Crop In Different Organic Matter Dosage

CECEP HIDAYAT

UIN Sunan Gunung Djati

email korespondensi: cepheids@yahoo.com

Abstrak

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB) masing-masing memiliki hifa eksternal dan senyawa metabolit sekunder untuk memperbaiki kesuburan tanah dan hasil tanaman. Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui MHB yang sinergis dengan FMA dalam meningkatkan stabilitas agregat, serapan N dan P, dan hasil tanaman kentang telah dilaksanakan di Screen House Penangkaran Benih Kentang Kayu Ambon Lembang dari April sampai dengan Agustus 2012, dengan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dua faktor diulang 3 kali. Faktor pertama mikroba, yaitu: h_0 = tanpa inokulasi, h_1 = *Glomus* sp., h_2 = *P. diminuta*, h_3 = *Glomus* sp. + *P. diminuta*. Faktor kedua takaran pupuk kandang, yaitu: o_0 = 0 t ha^{-1} , o_1 = 10 t ha^{-1} , o_2 = 20 t ha^{-1} , o_3 = 30 t ha^{-1} . Parameter yang diamati Indeks Stabilitas Agregat (ISA), derajat infeksi akar, serapan N, serapan P, dan bobot ubi. Hasil penelitian menunjukkan inokulasi *Glomus* sp + *P. diminuta* disertai bahan organik 30 t ha^{-1} meningkatkan ISA sebesar 13,71 % dengan nilai 19,35, namun tidak berpengaruh terhadap serapan N. Inokulasi *P. diminuta* bersama bahan organik 10 t ha^{-1} menghasilkan serapan P dengan konsentrasi sedang. Inokulasi *Glomus* sp dengan bahan organik 10 t ha^{-1} menghasilkan derajat infeksi 32 %. Inokulasi *Glomus* sp + *P. diminuta* disertai bahan organik belum meningkatkan hasil tanaman kentang.

Kata kunci : FMA, MHB, Stabilitas agregat tanah, serapan N dan P, kentang .

Abstract

*Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB) has respectively external hypha and secondary metabolite substance to improve soil fertilit, and plant yield. The research to get MHB that synergis with AMF to enhance soil aggregate stability , N and P Absorption, and yield of potato crops was held at Sreen House of Potato Seedling at Kayu Ambon Lembang from April to August 2012. The experimental design used was completely randomized design with factorial pattern and 3 replication. The firts factor were h_0 = with out inoculation, h_1 = *Glomus* sp., h_2 = *P. diminuta*, h_3 = *Glomus* sp. + *P. diminuta*. The second factor were o_0 = 0 t ha^{-1} , o_1 = 10 t ha^{-1} , o_2 = 20 t ha^{-1} , o_3 = 30 t ha^{-1} . Parameter evaluated were soil aggregate stability, root infection degree, N and P absorption, and tuber weight. The result showed dual inoculation of *Glomus* sp + *P. diminuta* applied with organic matter 30 t ha^{-1} increased ISA 13,71 % with amount 19,35, but not influence on N absorption. Inoculation *P. diminuta* with organic matter 10 t ha^{-1} gave P absorption with P leaf concentration middle category. Inoculation of *Glomus* sp applied with organic matter 10 t ha^{-1} resulted root infection degree 32 %. Inoculation of *Glomus* sp + *P. diminuta* accompanied by organic matter did not increase potato yield.*

Key words ; AMF, MHB, soil aggregate stability, N and P absorption, potato.

Pendahuluan

Budidaya tanaman kentang pada sentra produksi kentang Indonesia yang terdapat di dataran tinggi seperti Lembang, Pangalengan, dan Cipanas (Jawa Barat), Dieng (Jawa Tengah), Batu (Jawa Timur), Brastagi (Sumatra Utara), dan Malinau (Sulawesi Selatan) menghadapi kondisi lingkungan curah hujan tinggi dan tanah jenis Andisol yang mudah tererosi. Pada sisi lain petani melakukan budidaya pada tanah-tanah curam dan searah lereng, sehingga menimbulkan erosi yang akan mengganggu produksi. Persoalan di atas dapat diatasi dengan perbaikan stabilitas agregat tanah, melalui pemanfaatan mikroba tanah yang hidup dominan pada rizosfir tanaman, yaitu golongan fungi dan bakteri, disertai penambahan bahan organik.

FMA membentuk simbiosis mutualisme dengan 80 % anggota famili tanaman berpembuluh atau 250 000 spesies tanaman. Fungi memperoleh heksosa dari akar tanaman inang dan tanaman inang mendapatkan unsur hara untuk keperluan pertumbuhannya, melalui hifa ekstraradikal yang berperan dalam memperluas sistem serapan hara; N, P, Cu, Fe, dan Zn (Smith dan Read, 2008). Hifa eksternal yang mencapai 30 meter per gram

tanah mampu mengikat partikel-partikel tanah menjadi berukuran lebih besar dan membentuk satu kesatuan agregat makro yang stabil (Miller dan Jastrow, 2000). Hifa eksternal ini juga memperluas area untuk berinteraksi dengan mikroorganisme lain dan antara mikroba dengan tanaman (Tojlander, 2006).

FMA berasosiasi dengan rhizobakteri di dalam tanah. Rhizobakteri melepaskan eksopolisakarida (EPS) yang berfungsi merekatkan partikel tanah menjadi agregat mikro dengan cukup stabil, sehingga akan memperkuat stabilitas agregat tanah. Rhizobakteri mendorong pertumbuhan tanaman dengan memproduksi IAA yang merangsang pembentukan akar lateral (Aspray et al, 2006) sehingga meningkatkan luas bidang serapan hara.

Menurut Frey-Klett et al (2007) dalam keadaan alami FMA dikelilingi oleh komunitas mikroba kompleks. Diantara rhizobakteri tersebut ada yang mampu meningkatkan perkecambahan spora dan panjang hifa FMA yang disebut MHB (Garbaye, 1994). MHB menyediakan glukosa untuk pertumbuhan fungi (Nazir et al., 2010) dan meningkatkan penerimaan

akar terhadap mikoriza (Aspray et al., 2006). Sebaliknya FMA mempengaruhi struktur komunitas bakteri melalui perubahan eksudasi akar dan secara langsung dengan memberikan senyawa kaya energi yang berasal dari tanaman inang (Johanson, 2004). FMA merubah pH tanah menjadi netral yang menguntungkan bagi pertumbuhan dan aktivitas bakteri (Roesti et al, 2005). Dengan demikian FMA dan MHB bila diaplikasikan bersama diharapkan bersinergi dalam meningkatkan stabilitas agregat tanah. Kinerja keduanya dapat ditingkatkan dengan pemberian bahan organik yang berfungsi mensuplai karbon bagi mikroorganisme tersebut. Bahan organik juga berperan sebagai agen perekat dalam proses agregasi tanah. Tanah yang memiliki stabilitas agregat mantap pada lahan-lahan miring akan menopang pertumbuhan dan hasil tanaman kentang maksimal.

Percobaan dilaksanakan di Screen House Penangkaran Benih Kentang Kayu Ambon Lembang dari Januari sampai dengan April 2012, menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial yang terdiri dari dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama mikroba, terdiri dari empat taraf faktor, yaitu h_0 = tanpa inokulasi h_1 = *Glomus sp.*, h_2 = *P. diminuta*, h_3 = *Glomus sp. + P. diminuta*. Faktor kedua takaran pupuk kandang, $o_0 = 0$ t ha^{-1} , $o_1 = 10$ t ha^{-1} , $o_2 = 20$ t ha^{-1} , $o_3 = 30$ t ha^{-1} .

Metode

Polibag diisi media steril Andisol (20 kg) yang telah dicampur pupuk kandang. Spora *Glomus sp* sebanyak 50 buah ditempatkan didalam media dan suspensi bakteri dengan kepadatan 10^8 cfu ml^{-1} dilarutkan dalam aquades steril sesuai dengan kapasitas lapang dituangkan secara merata ke dalam tanah. Ubi kentang (G_0) ditanam satu knol per lubang polibag berjarak 5 cm dari spora *Glomus*. Pemupukan berupa N 300 kg ha^{-1} , P_2O_5 75 kg ha^{-1} , dan K_2O 100 kg ha^{-1} . Tanaman dipelihara selama tiga bulan atau sampai panen. Pemeliharaan yang dilakukan berupa pemberian air sesuai keperluan dan pengendalian hama penyakit menggunakan pestisida pada saat terjadi serangan.

Pengamatan dilakukan terhadap parameter-parameter: 1) indeks stabilitas agregat (metode penyaringan kering dan basah, Achmad Rachman dan Abdurachman, (2006), 2) derajat infeksi akar menggunakan grid-line intersect method (Giovannetti and Mosse, 1980), 3) serapan N di daun dan P daun (metode Destruksi Basah H_2SO_4 dan H_2O_2), diamati pada waktu 52 HST (vegetatif akhir), dan 4) Hasil berupa bobot ubi.

Data pengamatan dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) dan uji lanjut dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5% menggunakan program DSASTAT.

Hasil Dan Pembahasan

Indeks Stabilitas Agregat

Inokulasi mikroba dan takaran bahan organik berbeda meningkatkan Indeks Stabilitas Agregat (ISA) tanah pada vegetatif akhir tanaman kentang (52 HST) (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh Mikroba Tanah dan Bahan Organik terhadap Indeks Stabilitas Agregat Tanah pada Vegetatif Akhir

Mikroba	Bahan Organik(t ha^{-1})			
	C	10	20	30
Tanpa Mikroba	17,00 b B	15,17 a A	14,73 a A	14,90 a A
<i>Glomus sp.</i>	13,97 a A	15,50 a B	16,30 a B	16,77 a B
<i>P. diminuta</i>	15,97 b A	14,03 a A	15,43 a A	16,37 a B
<i>Glomus sp. + P. Diminuta</i>	17,93 b A	17,06 b A	16,13 a A	19,33 b B

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada arah horizontal dan huruf kecil yang sama pada arah vertikal tidak berbeda menurut uji Scott-Knott pada taraf nyata 5 %.

Peningkatan takaran bahan organik tanpa inokulasi mikroba menurunkan ISA, karena secara elektrostatis, Andisol dengan tekstur berdebu memiliki muatan listrik rendah sehingga tidak mampu mendukung pembentukan agregat tanah. Bila disertai inokulasi *Glomus sp.* meningkatkan ISA karena *Glomus sp* disertai penambahan bahan organik menurunkan pH (data tidak disajikan) sehingga muatan positif bertambah yang akan meningkatkan peran bahan organik dalam stabilitas agregat. Peningkatan takaran bahan organik disertai inokulasi *P. diminuta* atau *Glomus sp. + P. diminuta* memperlihatkan penurunan sampai takaran 20 t ha^{-1} dan meningkat kembali pada pemberian 30 t ha^{-1} . Inokulasi mikroba tanpa bahan organik, bahan organik 10 t ha^{-1} dan 20 t ha^{-1} tidak meningkatkan ISA secara nyata. Peningkatan ISA secara nyata ditunjukkan oleh pemberian bahan organik 30 t ha^{-1} disertai inokulasi ganda *Glomus sp. + P. diminuta*.

Inokulasi *Glomus sp. + P. diminuta* pada Andisol yang diberikan bahan organik 30 t ha^{-1} meningkatkan stabilitas agregat tanah sebesar 13,71 % dibandingkan kontrol. Data ini mengindikasikan inokulasi mikroba (*Glomus sp.* dan *P. diminuta*) dan pemberian bahan organik sebanyak 30 t ha^{-1} telah berperan dalam meningkatkan stabilitas agregat tanah.

Bahan organik yang diberikan ke dalam tanah berfungsi sebagai sumber karbon bagi mikroba tanah. Dengan adanya karbon yang dapat dimanfaatkan mikroba tanah, jasad hidup tumbuh dan melaksanakan aktivitasnya. Penelitian Vaidya et al. (2007) mendapatkan peningkatan pertumbuhan FMA pada tanah yang diberi bahan organik seperti terlihat dari indikator biomasa FMA berupa Phospholipid fatty acid (PLFA) 16:1 ω 5 dan neutral lipid fatty acid (NLFA). Nilai PLFA dan NLFA kontrol masing-masing 0,1 nmol g tanah $^{-1}$ dan 2 nmol g tanah $^{-1}$, sedangkan yang diberi bahan organik kompos, *Eupatorium*, *Tithonia*, atau *Lantana* memiliki nilai PLFA dan NLFA masing-masing di atas 1,4 nmol g tanah $^{-1}$ dan 9 nmol g tanah $^{-1}$. Bahan organik akan meningkatkan kelembaban tanah karena bahan organik mampu mengikat air yang besar atau memiliki kapasitas menahan air besar. Bahan organik juga meningkatkan porositas tanah dan mengurangi hambatan mekanis bagi pertumbuhan hifa. Selanjutnya bahan organik yang mengalami pelapukan akan melepaskan unsur hara yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan hifa. Menurut Santi et al. (2008), bahan organik menjadi bahan bagi rhizobakteri untuk menghasilkan eksopolisakarida. Bronick dan Lal (2005) juga menemukan bakteri yang mendekomposisi bahan organik melepaskan polisakarida yang bertindak sebagai agen pengikat tanah. Baik hifa FMA maupun eksopolisakarida keduanya terlibat dalam proses agregasi tanah.

Inokulasi ganda *Glomus sp.* + *P. diminuta* baik tanpa pemberian bahan organik maupun dengan pemberian bahan organik meningkatkan stabilitas agregat tanah 5,47 % sampai 13,71 %. Ketika dua mikroba tanah ini diberikan bersamaan terjadi interaksi yang menguntungkan keduanya (Marschner dan Bauman, 2003). Populasi bakteri berkembang baik dengan kehadiran FMA. FMA akan mengubah komposisi eksudat akar yang mendorong peningkatan populasi bakteri. Menurut Roesti et al. (2005) kehadiran FMA mengubah pH. Pada percobaan ini pH berada pada kisaran netral yang menguntungkan bagi perkembangan bakteri. FMA juga melepaskan eksudat yang dapat dimanfaatkan oleh bakteri untuk keperluan pertumbuhannya.

Menurut Barea et al. (2005) bakteri menghasilkan senyawa yang dapat meningkatkan kecepatan eksudasi akar dan selanjutnya merangsang pertumbuhan miselia FMA. Eksudat akar sendiri terdiri dari anion asam organik, fitosideropor, purin, gula, vitamin, asam amino, ion organik (HCO_3 , OH^- , H^+), gas molekul (CO_2 , H_2), dan enzim (Tahat dan Othman, 2009). Menurut Alami et al. (2000) inokulasi *Rhizobium sp.* strain YAS34 membantu dalam agregasi tanah. Bakteri melepaskan polisakarida yang akan dijerap permukaan partikel tanah dan mengikat partikel-partikel tanah tersebut bersama. Pengikatan partikel tanah juga dilakukan oleh produk mucilage yang dilepaskan bakteri sebagai pengganti lapisan hyaline terluar spora yang dirusaknya (Roesti et al., 2005).

Glomus sp. dan *P. diminuta* terlibat dalam proses agregasi tanah. Diawali dengan *P. diminuta* yang melepaskan EPS untuk mengikat partikel-partikel tanah menjadi agregat mikro. Pada tahap ini terlibat juga bahan organik yang berperan sebagai agen yang membantu merekatkan partikel tanah. *Glomus sp.* melalui hifa eksternal berperan pada waktu pembentukan agregat makro. Namun demikian indeks stabilitas agregat tanah yang dicapai, yaitu sebesar 19,33 masih masuk kategori tidak mantap (Kurnia et al., 2006). Hal ini karena jenis FMA yang digunakan adalah *Glomus sp.* memiliki hifa eksternal pendek. Hal ini sejalan dengan pendapat Smith dan Read (2008) yang menyatakan *Glomus sp.* mempunyai kemampuan rendah dalam menghasilkan miselium karena terkait dengan jumlah infeksi unitnya dan tekstur tanah dengan kandungan debu tinggi kurang sesuai bagi *Glomus sp.*

Derajat Infeksi Akar

Inokulasi mikroba dan pemberian bahan organik dengan takaran berbeda meningkatkan derajat infeksi akar. Inokulasi *Glomus sp.* pada Andisol yang diberi bahan organik 10 t ha⁻¹ sampai 30 t ha⁻¹ meningkatkan derajat infeksi akar dibandingkan dengan inokulasi *Glomus sp.* tanpa bahan organik apalagi dengan kontrol (Tabel 2).

Glomus sp. merupakan jenis FMA yang mempunyai kemampuan menginfeksi akar tanaman tergolong tinggi karena memiliki cadangan makanan berupa TAG yang dipergunakan mulai dari proses perkecambahan spora sampai tahap pra simbiotik sebelum *Glomus sp.* bersimbiosis dengan akar tanaman inang untuk mendapatkan kebutuhan makanannya. Menurut Drew

et al. (2006) dan Singh (2007) *Glomus sp.* cenderung lebih cepat mengkolonisasi akar dibandingkan dengan *Gigaspora*.

Tabel 2. Pengaruh Mikroba Tanah dan Bahan Organik terhadap Derajat Infeksi Akar pada Vegetatif Akhir

Mikroba	Bahan Organik (t ha ⁻¹)			
	0	10	20	30
Tanpa Mikroba	1,74 a A	5,94 a B	1,22 a A	1,45 a A
<i>Glomus sp.</i>	11,45 b A	32,00 c C	19,06 c B	27,78 d C
<i>P. diminuta</i>	2,98 a A	5,47 a B	7,55 b C	8,83 b C
<i>Glomus sp.</i> + <i>P. diminuta</i>	13,33 b B	26,33 b D	8,22 b A	18,74 c C

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada arah horisontal dan huruf kecil yang sama pada arah vertikal tidak berbeda nyata menurut uji Scott-Knott pada taraf nyata 5 %.

Proses infeksi akar oleh *Glomus sp.* dibantu dengan kehadiran bahan organik yang dapat meningkatkan jumlah spora (Vaidya et al., 2007) karena mengandung senyawa dan bahan-bahan yang diperlukan untuk pertumbuhan *Glomus sp.* Bahan organik meningkatkan porositas tanah sehingga mengurangi penghalang mekanik bagi pertumbuhan hifa sehingga hifa dapat terus tumbuh mendekati akar tanaman dan menginfeksi.

Serapan N

Inokulasi mikroba dan pemberian bahan organik dengan takaran berbeda tidak meningkatkan serapan N dibandingkan kontrol pada vegetatif akhir (52 HST). Pengaruh inokulasi mikroba dan pemberian bahan organik secara mandiri tidak berhasil meningkatkan serapan N secara nyata (Tabel 3).

Serapan hara termasuk N bergantung pada hifa eksternal atau lebih tepatnya absorbing hypha. Absorbing hypha inilah yang akan menjelajah tanah untuk mengambil hara dan membawanya ke tanaman inang. Semakin panjang hifa ini maka semakin dekat dengan hara yang akan diambilnya. Bila melihat siklus hidup FMA, pembentukan absorbing hypha terjadi setelah fungi menginfeksi tanaman (Cano dan Bago, 2005). FMA menginfeksi tanaman dengan tujuan mendapatkan pasokan karbon untuk keperluan pertumbuhannya. Dengan kolonisasi akar tinggi, FMA akan mendapat jumlah karbon besar dan sebaliknya bila kolonisasi rendah pasokan karbon rendah (Smith dan Smith, 2011). Data derajat infeksi tertinggi yang diperlihatkan oleh inokulasi *Glomus sp.* (Tabel 2) termasuk kategori sedang menandakan pasokan karbon dari tanaman inang kepada FMA tidak terlalu besar sehingga absorbing hypha tidak panjang dan akhirnya penyerapan unsur N juga tidak besar. Terbukti dari kadar N jaringan tanaman tergolong rendah (2-2,99%) (Benton et al, 1991).

Tabel 3 Pengaruh Mikroba Tanah dan Bahan Organik terhadap Serapan N pada Vegetatif Akhir

Mikroba	Bahan organik (t ha ⁻¹)				Rata-rata
	0	10	20	30	
Tanpa Mikroba	261,20	242,77	326,97	344,89	293,96 a
<i>Glomus sp.</i>	300,64	306,39	247,78	328,06	295,72 a
<i>P. diminuta</i>	278,87	284,83	364,17	276,68	301,14 a
<i>Glomus sp.</i> + <i>P. Diminuta</i>	312,4	333,09	269,99	331,55	311,76 a
Rata-rata	288,28A	291,77A	302,23A	320,29A	300,64

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada arah horisontal dan huruf kecil yang sama pada arah vertikal tidak berbeda nyata menurut uji Scott-Knott pada taraf nyata 5 %.

Pasokan karbon dari tanaman inang kepada FMA yang berasosiasi dalam akar ditentukan pula oleh partisi fotosintat ke akar. Karena selama fase pertumbuhan vegetatif suhu tinggi menyebabkan respirasi berlangsung lebih besar dari fotosintesis berakibat fotosintesis bersih lebih kecil sehingga yang disalurkan ke bagian akar juga menjadi lebih sedikit. Dengan pasokan karbon terbatas maka pertumbuhan *Glomus sp.* terganggu (Smith dan Smith, 2011) akibatnya penyerapan unsur hara N tidak maksimal.

Mekanisme penyerapan N oleh FMA disamping melalui peningkatan permukaan area serapan, juga karena mineralisasi N dari bentuk organik (Reynolds et al., 2005). Bahan organik yang digunakan dalam percobaan ini mempunyai C/N 23 yang tergolong belum melapuk, sehingga memerlukan waktu untuk melapuk sampai berubah menjadi bentuk tersedia yang dapat dimanfaatkan tanaman. Dilihat dari sisi lain, penggunaan bahan organik dengan C/N tinggi ditujukan agar memberikan pengaruh lebih lama terhadap kemantapan agregat tanah (Blanco-Canui dan Lal, 2004). Pada vegetatif akhir proses pelapukan N organik oleh FMA belum sempurna, sehingga serapan N tidak berbeda antara yang diberi perlakuan *Glomus sp.* dan *P. diminuta* dengan kontrol. *P. diminuta* tidak berperan dalam penyerapan N karena merupakan bakteri pelarut fosfat. Penggunaan bahan organik dengan C/N tinggi semula lebih diharapkan agar memberikan pengaruh lebih lama terhadap pembentukan agregat tanah yang stabil.

Serapan P

Inokulasi mikroba meningkatkan serapan P tanaman kentang secara nyata pada media Andisol tanpa pemberian bahan organik maupun yang diberikan bahan organik. Inokulasi *Glomus sp.* meningkatkan serapan P pada takaran bahan organik 10 t ha⁻¹ dan 20 t ha⁻¹. Inokulasi *P. diminuta* pada takaran bahan organik 10 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹, dan 30 t ha⁻¹ menghasilkan serapan P lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian bahan organik. Inokulasi *Glomus sp.* dan *P. diminuta* pada takaran bahan organik 10 t ha⁻¹ dan 20 t ha⁻¹ menghasilkan serapan P tidak berbeda secara statistik. Serapan P tanaman kentang tertinggi ditunjukkan oleh inokulasi *P. diminuta* pada media yang diberi bahan organik sebanyak 10 t ha⁻¹ (Tabel 4).

Glomus sp. mampu meningkatkan serapan P pada media yang diberi bahan organik 10 t ha⁻¹ dan 20 t ha⁻¹, menandakan bahwa *Glomus sp.* tidak saja infeksi (Tabel 4), tetapi juga efektif.

Tabel 4. Pengaruh Mikroba dan Bahan Organik Terhadap Serapan P Tanaman pada Vegetatif Akhir

Mikroba	Bahan organik (t ha ⁻¹)			
	0	10	20	30
	mg.tan ⁻¹			
Tanpa mikroba	0,52 a A	3,41 a C	2,02 a B	2,31 a C
<i>Glomus sp.</i>	1,53 b A	6,67 b B	6,28 b B	2,57 a A
<i>P. diminuta</i>	1,74 b A	9,80 b C	8,78 b C	6,54 b B
<i>Glomus sp.</i> + <i>P. diminuta</i>	3,87 c A	3,51 a A	7,72 b B	5,25 b A

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada arah horisontal dan huruf kecil yang sama pada arah vertikal tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%.

P. diminuta adalah rhizobakteri yang termasuk ke dalam bakteri yang dapat melarutkan fosfat yang berada dalam bentuk tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Hasil analisis tanah awal P₂O₅ HCl 25% (P potensial) sebesar 106,36 (sangat tinggi), sementara P₂O₅ Bray I P tersedia 0,44 ppm (sangat rendah). *P. diminuta* akan melarutkan P₂O₅ yang terdapat dalam kompleks jerapan melalui sekresi asam-asam organik seperti asam formiat atau asam asetat sehingga unsur tersebut dapat diserap akar tanaman. Ketika inokulasi *P. diminuta* diaplikasikan bersamaan dengan *Glomus sp.*, memberikan pengaruh tidak berbeda nyata dengan *P. diminuta* terhadap serapan P tanaman pada takaran bahan organik 20 t ha⁻¹ dan 30 t ha⁻¹, namun serapan P lebih kecil, apalagi pada takaran bahan organik 10 t ha⁻¹. Hal ini menunjukkan *Glomus sp.* bekerja kurang maksimal dalam penyerapan P karena pertumbuhan hifa eksternal yang rendah yang diakibatkan oleh kondisi suhu tinggi dan tekstur tanah lempung berdebu dengan kandungan pasir tinggi yang kurang sesuai bagi pertumbuhan *Glomus sp.*

Bahan organik yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan *P. diminuta* sudah memadai pada takaran 10 t ha⁻¹ mengingat kandungan C-organik pada analisis tanah awal sebesar 2,07 yang termasuk kategori sedang sehingga tidak memerlukan penambahan bahan organik terlalu banyak.

Bobot Ubi per Tanaman

Inokulasi mikroba dan pemberian bahan organik dengan takaran berbeda baik bersama-sama maupun secara mandiri tidak meningkatkan bobot ubi kentang per tanaman (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh Mikroba Tanah dan Bahan Organik terhadap Bobot Ubi Per Tanaman

Mikroba	Bahan organik (t ha ⁻¹)			Rata-rata	
	0	10	20		30
	---- g tan ⁻¹ ----				
Tanpa Mikroba	424,33	337,17	410,17	280,50	363,04 a
<i>Glomus sp.</i>	341,33	389,00	430,83	459,83	405,25 a
<i>P. diminuta</i>	349,83	416,83	420,33	468,17	413,79 a
<i>Glomus sp.</i> + <i>P. diminuta</i>	423,17	462,33	423,50	432,67	435,42 a
Rata-rata	384,66 A	401,3 A	421,20 A	410,29 A	404,37

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada arah horisontal dan huruf kecil yang sama pada arah vertikal tidak berbeda nyata menurut uji Scott-Knott pada taraf nyata 5%.

Ekin et al. (2009) menemukan pemupukan nitrogen meningkatkan rata-rata bobot ubi kentang. Karena serapan N akibat inokulasi ganda *Glomus sp.* + *P. diminuta* disertai bahan organik tidak mengalami peningkatan, akibatnya tidak berhasil memperbesar bobot ubi kentang.

Menurut Egamberdiyeva dan Höflich (2003) temperatur mempengaruhi kinerja bakteri. Akumulasi bahan kering lebih tinggi pada temperatur 16°C dibandingkan dengan 26°C pada tanah pasir berlempung di daerah iklim semi kontinental. Data rata-rata temperatur harian di screen house 24°C, sehingga penambahan bahan kering kecil karena *P. diminuta* tidak bekerja maksimal pada suhu tersebut. Demikian pula dengan *Glomus sp.* tidak dapat menghasilkan spora banyak dan hifa panjang pada lempung berdebu sehingga tidak berperan dalam meningkatkan serapan

N yang diperlukan untuk mendukung pembentukan bobot ubi.

Menurut Salisbury dan Ross (1992), suhu lingkungan tinggi menambah kecepatan respirasi dan transpirasi yang mengakibatkan cekaman kelembaban tanah meskipun berada dalam kondisi kelembaban tinggi, sehingga pasokan air berkurang untuk keperluan fotosintesis. Kecepatan fotosintesis bersih mengalami penurunan apabila temperatur siang di atas 25°C. Pada saat percobaan berlangsung suhu siang sering berada di atas angka tersebut sehingga mengurangi fotosintat untuk keperluan pembentukan ubi dan pasokan karbon untuk yang diperlukan sebagai bahan makanan *Glomus* sp. yang berakibat fungsi ini tidak bekerja maksimal dalam penyerapan unsur N.

Serangan hama dan penyakit mengakibatkan gangguan metabolisme tanaman yang dapat mengurangi pembentukan bahan kering ubi. Adanya serangan *P. infestans* juga menyebabkan pemanenan dilakukan lebih awal (85 HST) sehingga waktu pengisian ubi berlangsung lebih singkat yang berakibat bobot ubi tidak mengalami penambahan. Kondisi screen house yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan makrosimbion dan mikrosimbion mengakibatkan pencapaian produksi rata-rata 19,26 t ha⁻¹, baru mendekati potensi hasil pada deskripsi tanaman kentang varietas Granola sebesar 20-26 t ha⁻¹.

Simpulan Dan Saran

Simpulan

1. Inokulasi *Glomus* sp + *P. diminuta* disertai pemberian bahan organik 30 t ha⁻¹ meningkatkan indeks stabilitas agregat pada fase vegetatif sebesar 13,71% dengan nilai 19,33 yang termasuk kategori tidak stabil.
2. Derajat infeksi akar oleh *Glomus* sp. hanya ditentukan oleh spesies FMA tersebut tanpa ada pengaruh dari rhizobakteri. Peningkatan derajat infeksi akar terjadi pada saat tanaman kentang diinokulasi *Glomus* sp. dan bahan organik 10 t ha⁻¹, yaitu dari 20,89% menjadi 32%.
3. Inokulasi mikroba dan penambahan bahan organik tidak berpengaruh terhadap serapan N. *P. diminuta* yang diberikan bersamaan dengan bahan organik 10 t ha⁻¹ meningkatkan serapan P.
4. Inokulasi *Glomus* sp dan *P. diminuta* yang diaplikasikan bersama bahan organik belum berhasil meningkatkan hasil tanaman kentang karena kedua mikroba tersebut tidak dapat bekerja maksimal dalam proses fotosintesis dan partisi fotosintat ke bagian ubi akibat kehadiran penyakit tanaman. Demikian pula pemberian bahan organik baru sebatas memperbesar kapasitas ubi sebagai limbung, namun terkendala dalam pengisiannya karena penyakit yang menyerang tanaman kentang.

Daftar Pustaka

- Aspray, Tj, Frey-Klett P, Jones JE, Whipps JM, Garbaye J, Bending GD. 2006. *Mycorrhization Helper Bacteria: A Case of Specificity for Altering Ectomycorrhiza Architecture but not Ectomycorrhiza Formation*. *Mycorrhiza* 16: 533-541.
- Barea, José-Miguel., María José Pozo, Rosario Azcón and Concepción Azcón-Aguilar. 2005. *Microbial co-operation in the rhizosphere*. *Journal of Experimental Botany* 56 (417): 1761-1778.
- Benton, J. Jr., B. Wolf, H. A. Millis. 1991. *A Practical Sampling Preparation, Analysis, and Interpretation*. Micro-Macro Publishing Inc.
- Blanco-Canqui, H. and R. Lal. 2004. *Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates*. *Cri. Rev. Plant Sci* 23 (6) : 481-504.
- Bronick, C. J., and R. Lal. 2005. *Soil Structure and Management: a Review*. *Geoderma* 124: 3-22.
- Cano, C. dan A. Bago. 2005. *Competition and Substrate Colonization Strategies of Three polyxenically Grown Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. *Mycologia* 97(6): 1201-1214.
- Drew, E. A., R. S. Murray, S. E. Smith. 2006. *Fungal diversity of external hyphae of Arbuscular Mycorrhizal Fungi: Ability to Colonize new host in influenced by fungal species, distance and soil condition*. *Appl. Soil Ecol* 32: 350-365.
- Egamberdiyeva, D., Höflich G. 2003. *Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures*. *Soil Biol. Biochem.* 35: 973-978.
- Ekin, Z., F. Oğuz, M. Erman and E. Ögün. 2009. *The effect of Bacillus sp. OSU-142 inoculation at various levels of nitrogen fertilization on growth, tuber distribution and yield of potato (Solanum tuberosum L.)*. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (18): 4418-4424.
- Frey-Klett, P., J. Garbaye, and Tarkka. 2007. *The mycorrhiza helper bacteria revisited*. *New phytologist* 176: 22-36.
- Garbaye, J. 1994. *Helper bacteria – a new dimension to the mycorrhizal symbiosis*. *New Phytologist* 128: 197-210.
- Johansson, J. F., Paul, L. R., and Finlay R. D. 2004. *Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture*. *FEMS Microbiology Ecology* 48: 1-13.
- Kurnia, U., F. Agus, A. Adimihardja, A. Dariah Eds. 2006. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian. Jakarta.
- Marschner, P., and Baumann, K. 2003. *Changes in bacterial community structure induced by mycorrhizal colonisation in split-root maize*. *Plant and Soil* 251: 279-289.
- Miller, R. M. and Jastrow, J. D. 2000. *Mycorrhizal fungi influence soil structure*. Pages 3-18 in Y. Kapulnik and D. D. Douds, eds. *Arbuscular mycorrhizae: Molecular biology and physiology*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands.
- Nazir, Rasyid., Jan A. Warmink, Hidde Boersma, and Jan Dirk van Elsas. 2010. *Mechanisms that promote bacterial fitness in fungal-affected soil microhabitats*. *FEMS Microbiol Ecol* 71: 169-185.
- Roesti, David., Michael Aragno, Paola Bonfate, Genevieve Defago, Felix Kessler, Eric Verrecchia. 2005. *Bacterial community associated with the rhizosphere of wheat : interactions with arbuscular mycorrhizal fungi and selection of plant growth promoting rhizobacteria for increase of wheat growth and soil health in Indian marginal rainfed fields*. University of Neuchatel. Dissertation.
- Reynolds, H. L., A. E. Hartley, Keith M. Vogelsang, James D. Bever, P. A. Schultz. 2005. *Arbuscular mycorrhizal fungi do not enhance nitrogen acquisition and growth of old-field perennials under low nitrogen supply in glasshouse culture*. *New Phytologist* 167: 869-880.
- Santi, Laksmi Prima., Ai Dariah., Didi Hadjar Goenadi. 2008. *Peningkatan Kemampuan Agregat Tanah Mineral Oleh Bakteri Penghasil Eksopolisakarida*. *Menara Perkebunan*. 76(2) : 93 - 103.
- Singh. 2007. *Molecular basis of plant-symbiotic fungi intersaction: an overview*. *Scientific World*. vol 5(5): 115-132.
- Smith, S.E., and Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd edition. Academic Press. London.
- Smith, Sally E dan Andrew Smith. 2011. *Short Title: Arbuscular Mycorrhizas and Plant Growth Fresh Perspective on the Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Nutrition and Growth*. *Mycologia*.
- Tahat, M.M., K. Sijam, dan R. Othman. 2009. *The Role of Tomato and Corn Root Exudates on Glomus mosseae Spores Germination and Ralstoniasolanacearum Growth in Vitro*. *International Journal of Plant Pathology*.
- Tojlander, Jonas F. 2006. *Interaction between soil bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi*. Swedish university of agricultural science. Dissertation
- Vaidya, G. S., K. Shrestha, B. R. Khadge, N. C. Johnson, and H. Wallander. 2007. *Organic matter stimulates bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in Bauhinia purpurea and Leucaena diversifolia plantation on eroded slopes in Nepal*. *Restoration Ecology* 16(1) : 79-87.