

KERAGAMAN DAN POTENSI ISOLAT FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR (FMA) INDIGENUS RIZOSFER PISANG SEBAGAI BIOFERTILIZER DAN BIOKONTROL TERHADAP LAYU FUSARIUM

Eri Sulyanti, Dametty, Jumsu Trisno

Jurusan HPT, Faperta Unand, Jl. Kampus Linau Mams. Padang
e-mail: erisulyanti3@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) merupakan salah satu alternatif pengendalian penyakit sekaligus dapat meningkatkan kebugaran tanaman, disebabkan FMA dapat membantu tanaman menyerap unsur P dan unsur hara lainnya dari dalam tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari potensi dan keragaman FMA, sehingga dapat dilakukan seleksi guna mendapatkan isolat FMA yang potensial dan efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sekaligus dapat mengendalikan penyakit layu Fusarium. Pengambilan contoh akar dan tanah rizosfer rumpun pisang sehat, dilakukan pada lahan endemik layu Fusarium di salah satu sentra produksi pisang Sumatera Barat. Rancangan Acak kelompok dengan perlakuan 12 isolat FMA indigenus terpilih dan 10 ulangan. Aplikasi FMA pada tanaman uji bibit pisang Barangan (umur 30 hari setelah aklimatisasi) sebanyak 50 g/tanaman (70 spora/gr) dan inokulasi *F. oxysporum* ras 4 dengan kerapatan 10^6 cfu/ml umur 30 hari setelah introduksi isolat FMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat FMA dapat ditemukan hampir di semua jenis pisang sehat di lahan endemik layu Fusarium. Keragaman FMA indigenus lebih tinggi di lahan endemik *F. oxysporum* dengan kondisi tanah miskin hara dibanding dengan endemik *F. oxysporum* dengan kondisi tanah subur. Genus FMA yang diperoleh adalah : *Glomus*, *Acaulospora* dan *Gigaspora*. Genus *glomus* merupakan genus yang dominan di semua lokasi pengambilan contoh tanah. Introduksi FMA indigenus pada tanaman pisang rentan dapat meningkatkan ketahanan tanaman pisang tersebut terhadap layu Fusarium. Dapat memperpanjang masa inkubasi *F. oxysporum*, menurunkan persentase dan intensitas serangan *F. oxysporum*, skala kerusakan bonggol serta diskolorasi batang semua sampai 100% dibandingkan tanaman tanpa FMA (kontrol). Isolat FMA PPU1-G1KeP₁ dan PPU3-G1KeP₃ paling efektif meningkatkan ketahanan tanaman terhadap *F. oxysporum* sekaligus dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pisang karena lebih adaptif dengan ekosistem asal dan tanaman inang yang sama.

Kata kunci: Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA), Keanekaragaman, layu Fusarium, Musa sp.

PENDAHULUAN

Penyakit layu Fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* sp. *cubense* ras 4 (*F. oxysporum*). Penyakit ini termasuk penyakit utama pisang di dunia dan menyebabkan kehilangan hasil sampai 100 %. Rendahnya kualitas bibit dan kontaminasi lahan, karena struktur kladospora *F. oxysporum* dapat bertahan dalam tanah > 20 tahun tanpa inangnya. Sehingga tidak dapat ditanami dalam waktu yang lama. Pada kondisi yang demikian penyakit ini menyebabkan kerusakan total sehingga gagal panen (Booth, 1971; Nasir, 2003).

Penyakit layu Fusarium ini sulit dikendalikan, karena bersifat tular tanah dan bibit, serta dapat menyerang tanaman pada berbagai fase pertumbuhan. Sampai saat ini usaha pengendalian penyakit ini hasilnya belum memuaskan. Salah satu teknik yang potensial dikembangkan saat ini adalah pengendalian hayati menggunakan mikroorganisme antagonis dari kelompok rizobakteria (PGPR) maupun oleh jamur dari kelompok (PGPF) seperti *Trichoderma* dan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). Mikoriza ini telah dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan

tanaman sekaligus dapat mengendalikan berbagai jenis penyakit tanaman. tennasuk yang disebabkan jamur patogen.

Eksplorasi FMA indigenus dari ekosistem' setempat memungkinkan dilakukan untuk memperoleh sumber agens hayati potensial dalam pengendalian penyakit layu Fusarium. Hal ini disebabkan isolat FMA mempunyai habitat yang luas di dunia karena karena dapat berasosiasi dengan lebih dari 97% tanaman tingkat tinggi (Smith and Read, 1997). ditemukan pada jenis tanah berbeda. mulai dari tepi pantai (0 m dari permukaan laut) sampai ketinggian > 4500 m diatas permukaan laut (Churasia *et al.*, 2005), sehingga secara genetika masing-masing spesies FMA punya kemampuan berbeda-beda dalam mengendalikan patogen. Sulyanti *et al.*, (2005) melaporkan bahwa aplikasi isolat FMA sendiri maupun yang dikombinasi dengan isolat *Pseudomonad fluorescense* indigenus (Sulyanti, 2011) mampu meningkatkan ketahanan tanaman pisang Cavendish terhadap penyakit layu Fusarium di rumah kaca. Isolat FMA indigenus pisang tersebut juga berpotensi dalam pengendalian penyakit darah pada pisang (yefriwati, 2010) dan penyakit layu bakteri *P. solanacearum* ras 4 pada tanamanjahe (Suharti *et al.*, 2010).

Infonasi penggunaan isolat FMA indigenus yang berasal dari rizosfir tanaman pisang masih terbatas, sehingga eksplorasi dan seleksi isolat FMA indigenus diperlukan untuk memperoleh FMA indigenus potensial untuk pengendalian penyakit layu Fusarium. Tujuan penelitian adalah memperoleh isolat FMA indigenus potensial spesifik pisang sebagai material pupuk hayati yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan mengendalikan serangan layu Fusarium.

METODA PENELITIAN

Isolasi spora FMA dan karakterisasi FMA

Sampel akar dan tanah rizosfir diambil dari daerah endemik penyakit layu Fusarium pada salah satu sentra produksi pisang di Sumatera Barat dari berbagai kultivar pisang sehat. Pengambilan sampel dilakukan dengan pemilihan kebun secara *purposive randomized sampling* berdasarkan daerah sentra produksi pisang dan endemik penyakit layu Fusarium. Pada masing-masing kabupaten dipilih minimal 2 nagari/desa dengan jumlah pertanaman pisang paling luas dan ditemukan serangan *Foe*, setiap nagari/desa dipilih 2 kebun pisang. Pengambilan sampel akar dan tanah rizosfir adalah pada beberapa rumpun pisang sehat di setiap kebun, sampel dipisahkan sesuai kultivar/jenis pisang, untuk kultivar/jenis pisang yang sama dalam suatu kebun sampel diambil minimal pada 10 rumpun

Isolasi FMA dilakukan untuk memisahkan spora dari contoh tanah sehingga dapat dilakukan identifikasi guna mengetahui genus spora FMA. Ekstraksi dilakukan dengan teknik tuang saring basah (Gedermann dan Nicolson. 1963) dan dilanjutkan dengan teknik sentrifugasi (Brundrett *et al.* 1996). Hasil saringan terakhir pada proses tuang saring dipindahkan ke dalam tabung sentrifuse ditambah glukosa 60% dengan menggunakan pipet. Tabung sentrifuse ditutup rapat dan disentrifusi dengan kecepatan 2500 rpm selama 3 menit. Proses sentrifugasi akan menghasilkan lapisan di tengah tabung, yaitu antara air dan glukosa yang merupakan kumpulan partikel-partikel mengandung spora FMA. Lapisan tersebut selanjutnya diambil dan dituangkan ke dalam saringan dengan ukuran 45 11mdan dicuci denganair mengalir untuk menghilangkan glukosa. Endapan yang tersisa dalam saringan dituangkan ke dalam cawan petri dan kemudian dilihat di bawah mikroskop untuk penghitunganjumlah spora,

Pembuatan preparat spora FMA dimaksudkan untuk membantu dalam proses identifikasi. Dari preparat tersebut diharapkan informasi morfologi dan struktur subseluler spora dapat menentukan genus FMA. Pembuatan preparat menggunakan bahan pewarna Melzer's dan bahan pengawet PVLG (*polyvinyl laetoglyeerol*). Awetan PVLG tidak mengubah warna asli spora dan mempunyai daya simpan permanen, jika ditambahkan Melzer's akan terjadi perubahan warna pada genus FMA tertentu. Penggunaan larutan Melzer's dapat membantu dalam mempercepat identifikasi sampai ke tingkatan genus. Dengan bantuan mikroskop dan pinset spora, kumpulkan spora yang didapatkan berdasar ukuran, warna dan bentuk. Selanjutnya teteskan pada slide preparat masing-masing PVLG dan Melzer's. tutup dengan kaca penutup, dan tekan sedikit pada larutan Melzer's agar spora pecah dan terjadi reaksi. Keragaman FMA dari lokasi pengambilan contoh tanah dan akar tanaman pisang diamati berdasarkan tipe dan morfologi spora serta struktur kolonisasi yang terbentuk pada akar. Keragaman isolat FMA diamati diantaranya adalah: (1). Jenis isolat FMA diamati berdasarkan: tipe, warna dan morfologi spora. Identifikasi FMA berdasarkan tipe morfologi

spora mengacu pada buku (Schenck. 1982 dan Morton. 1988). (2). Kepadatan spora FMA dan (3). Kolonisasi akar oleh FMA dihitung dengan metode *slide* (Giovannetti and Mosse, 1980). Bidang pandang yang menunjukkan tanda-tanda kolonisasi (terdapat vesikel dan atau, arbuskula atau hi fa) diberi tanda (+) sedangkan yang tidak ditemukan tanda-tanda kolonisasi diberi tanda (-), dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ kolonisasi akar} = \frac{\text{Bidang pandang tanda} +}{\text{Bidang pandang keseluruhan}} \times 100\%$$

Kriteria persentase kolonisasi akar dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I. Klasifikasi persentase kolonisasi FMA *)

Kelas	Kategori kolonisasi akar terinfeksi
	0 - 5 % (sangat rendah. SR)
2	6 - 25 % (rendah. R)
3	26- 50 % (sedang. S)
4	51- 75 % (tinggi. T)
5	76-100% (sangattinggi. ST)

*) Sumber : The Institute of Mychorizal Research & Development. USDA Forest Service. Athena cit Setiadi *et al* (1992).

Rancangan percobaan

Percobaan dirancang dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 ulangan. Perlakuan terdiri dari 12 isolat FMA indigenus terpilih dan kontrol (tanpa FMA). Peubah yang diamati masa inkubasi (saat muncul gejala), presentase serangan penyakit, dan intensitas kerusakan bonggol (akhir pengamatan), kolonisasi FMA, kepadatan populasi FMA dan Foe, tinggi tanaman, bobot basah tajuk dan bobot basah akar pisang, dan persentase akar pisang sehat. Data yang diperoleh dianalisis secara statistika dengan (Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) taraf 5 %.

Perbanyakkan terbatas FMA

Penangkaran secara terbatas merupakan kultur investasi untuk mengembangkan inokulum FMA. Potongan akar terinfeksi (hasil isolasi spora tunggal) dipindahkan ke pot kultur volume 200 ml yang berisi pasir steril. Dibagian atas inokulan diletakkan kecambah sorghum (diusahakan agar akar kecambah bersentuhan langsung dengan potongan akar). Tanaman dipelihara dengan penyiraman nutrisi rendah P (Hyphonex 25-5-20) sebanyak 1 gr per l. Selanjutnya diberikan 2 kali dalam seminggu dalam keadaan basah (kapasitas lapang). Tanaman dipelihara hingga mencapai awal masa berbunga. Monitoring simbiosis (kolonisasi akar) dilakukan setiap bulan.

Perbanyakkan massal FMA

Perakaran dan media tanam jagung umur 2 bulan pada penangkaran terbatas dipanen dalam keadaan segar, bagian alas tanaman dipangkas sedang bagian akar dipotong-potong ukuran 1 ern, diaduk dengan media tanam. Sebanyak 200 gr campuran tersebut dimasukkan kedalam pot besar yang telah berisi 4 kg pasir steril. Dibagian atas sumber inokulum diletakkan kecambah jagung, kemudian ditutup dengan lapisan tipis pasir steril. Tanaman dipelihara selama 2 bulan dan disiram dengan larutan hara rendah P sampai kapasitas lapang, selanjutnya bagian pangkal jagung dipotong dan dipelihara tanpa penyiraman untuk mempercepat sporulasi FMA. Media tanam dibongkar dan perakaran tanaman jagung dipotong-potong ukuran 1 ern. selanjutnya akar dan media tanam diaduk sehingga bagian akar tersebar merata. Inokulum FMA disimpan di ruangan dingin suhu 17-20 °C.

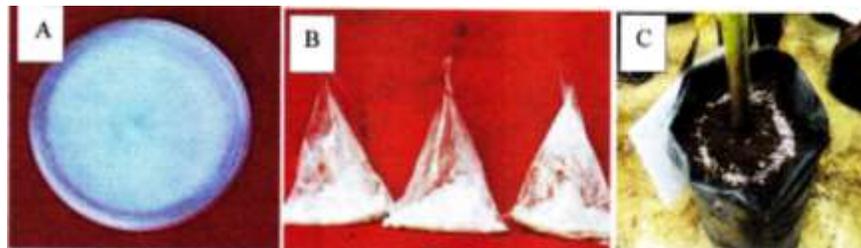
Persiapan bibit pisang, media tanam, introduksi FMA dan penanaman

Planlet pisang yang digunakan adalah kultivar Barangan berumur 1 bulan setelah aklimatisasi hasil kultur *in-vitro*. Bibit pisang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Buah (BALITBU) Solok. Untuk merangsang pembentukan akar maka akar planlet dipotong sampai tinggal 2 cm.

Media tanam berasal tanah ultisol dari kebun percobaan Fakultas Pertanian Unand di Limau Manis. Tanah diambil secara komposit pada kedalaman 0-20 cm, dikeringanginkan, diampur rata dengan pupuk kandang steril dengan perbandingan 3:1 (v/v), selanjutnya dihaluskan serta diayak dengan ayakan berdiameter 2 mm. Campuran tanah disterilkan secara bertahap pada suhu 100°C (Tyndallisasi), Setelah dingin, 8 kg tanah dimasukkan ke dalam polybag berdiameter 20 cm (volume 10 kg), disiram sampai kapasitas lapang dan dibiarkan selama 24 jam. Bibit pisang yang telah berumur 2 bulan setelah aklimatisasi, diintroduksi dengan isolat FMA pada lubang tanam sebanyak 50 g/tanaman.

Peremajaan, perbanyak dan inokulasi Foc ras 4

Isolat *F. oxysporum f.sp.cubense* (Foc) yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil penelitian sebelumnya (koleksi Sulyanti di Laboratorium Fitopatologi) Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman. Fakultas Universitas Andalas yang telah diuji ras dan patogenitasnya. Foc yang digunakan adalah ras 4 berdasarkan uji volatile pada media beras, kemudian diperbanyak pada media PDA (Gambar 1A dan B). Inokulasi Foc dilakukan dengan membuat lubang disekitar pangkal batang sedalam 5 cm. Sebanyak 10 g (10^6 cfu/g) biakan Foc ras 4. dimasukkan ke dalam lubang tersebut dan ditimbun dengan selapis media tanam steril



Gambar 1. Jamur *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*. A. Pada media agar kentang (PDA) dan B. Pada media beras setengah matang umur 10 hari. C. Inokulasi Foc pada bibit pisang (30 hari setelah introduksi isolat FMA).

Pemeliharaan

Bibit pisang dipupuk dengan Hyponex merah (pupuk dengan hara rendah P) sampai kapasitas lapang: 10 ml larutan 1% Hyponex merah (25-5-20) dengan konsentrasi 1 g L⁻¹ setiap 3 hari sekali. Penyiangan gulma dan pengendalian hama dilakukan secara mekanik. Bibit disiram setiap hari sampai kapasitas lapang.

Peubah yang diamati:

Skala kerusakan bonggol oleh *Foc* ras 4

Pengamatan skoring bonggol dilakukan pada akhir pengamatan (90 hsi Foc ras 4) berdasarkan gejala internal pada bagian bonggol. Penghitungan skoring kerusakan bonggol dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh INIBAP (1998) (Tabel 2).

Tabel 2. Skala kerusakan bonggol pisang*

Gejala	Skala
Tidak ada bintik hitam pada jaringan bonggol	1
Ada beberapa bintik hitam pada jaringan bonggol	2
Ada bintik hitam yang menutupi < 1/3 dari jaringan bonggol	3
Ada bintik hitam yang menutupi 1/3- 2/3 dari jaringan bonggol	4
Ada bintik hitam yang menutupi >2/3 dari jaringan bonggol	5
Terdapat bintik hitam pada seluruh jaringan bonggol	6

*Sumber : INIBAP (1998)

Persentase diskolorasi batang semu

Pengamatan ini dilakukan pada akhir pengamatan (90 hsi Foe) dengan menggunakan rumus Sudjono dan Sumadi (1990 *cit* Widaranty, Djajati dan Sulistiyowati 1995) sebagai berikut :

$$Q = C/D \times 100 \%$$

Keterangan :

Q = Persentase perubahan warna.

C = Panjang xylem batang palsu yang mengalami perubahan warna

D = Panjang batang tanaman.

Untuk melihat efektivitas perlakuan isolat FMA terhadap kontrol (Foe ras 4) dihitung dengan rumus:

$$E = \frac{K - P}{K} \times 100\%$$

Keterangan : E = Efektivitas; P = Perlakuan isolat FMA; K = Kontrol

Kolonisasi akar

Pewamaan akar dilakukan dengan metoda Kormaniek and McGraw (1982). Potongan akar 1 cm² dieuci dengan air kran, kemudian direndam di dalam 100 ml KOH 10 %, setelah 12 jam larutan KOH dibuang dan direndam kembali dengan 100 ml HCL 10%. Setelah 12 jam, larutan HCL 10 % dibuang dan akar direndam dengan *tryphan blue* selama 12 jam. Sebanyak 10 potongan akar disusun pada gelas objek dan ditutup dengan *cover glass* diamati di bawah mikroskop binokuler.

Kepadatan Spora

Kepadatan spora FMA dihitung dengan cara meninbang: 100 gr tanah masing-masing perlakuan, dimasukkan ke dalam gelas piala 500 ml ditambah 200 ml air, diblender selama 3 menit, dan disaring dengan saringan 410, 125 dan 45 mesh. Hasil saringan 125 dan 45 mesh ditambah larutan sukrosa 60 % sebanyak 1/3 bagiannya, dimasukkan kedalam tabung dan disentrifuse selama 3 menit dengan kecepatan 2700 rpm. Cairan agak bening dibagian tengah tabung disedot menggunakan pipet injeksi untuk dicuci dan disaring dengan saringan 45 mesh, spora ditempatkan dalam eawan petri dan diamati di bawah mikroskop

HASIL

Isolasi spora FMA

Isolasi tanah dari lokasi pengambilan contoh menghasilkan beberapa jenis spora FMA pada rizosfer pisang. Jenis dan nilai kepadatan spora FMA (jumlah spora per 100 g contoh tanah) ditampilkan pada Tabel 3. Isolat FMA yang didapatkan dari perakaran dan tanah rizosfir pisang sehat, diidentifikasi berdasarkan pada karakter morfologi spora dari segi warna dan bentuk spora, ditemukan 3 genus FMA yaitu *Glomus*, *Acaulospora* dan *Gigaspora*. Umumnya genus *Glomus* yang ditemukan memiliki karakter seperti berikut: spora berwarna kuning, kuning kecoklatan, coklat, coklat tua dan coklat kehitaman. Bentuk spora bulat, bulat panjang, ellip dan terkadang tidak beraturan. Genus *Acaulospora* dengan karakter: warna spora berkisar antara coklat, coklat tua dan coklat kemerahan dengan bentuk spora bulat, bulat panjang hingga bulat telur. Genus *Gigaspora* dengan spora berwarna antara kuning, kuning kecoklatan dan coklat dengan bentuk spora bulat panjang dan bulat telur, Ukuran spora *Gigaspora* lebih besar dari *Glomus* dan *Acaulospora* secara umum.

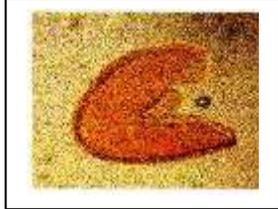
Pada genus *Glomus* dan *Acaulospora*, vesikula berbentuk globose dan berasal dari menggelembungnya hifa internal FMA. Vesikula ditemukan di dalam maupun di luar korteks parenkim dan tidak semua membentuk vesikula dalam akar inangnya. *Gigaspora* vesikulanya ekstra radikal dan tidak teratur yang disebut *auxiliary cell*. Vesikula berfungsi sebagai organ reproduktif atau organ tempat penyimpanan makanan.

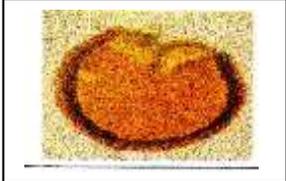
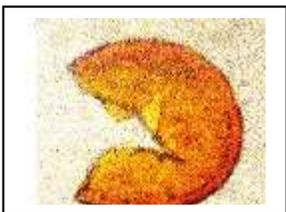
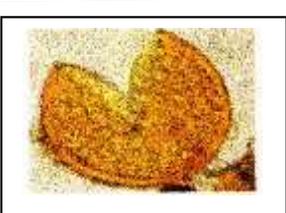
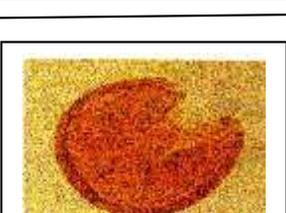
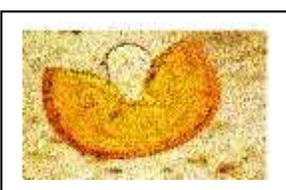
Kepadatan spora pada tanah rizosfir rumpun pisang sehat bervariasi. Umumnya jumlah spora tertinggi adalah genus *Glomus* (650 spora/100 gr tanah) dengan 5 tipe spora, genus *Acaulospora* (162 spora/100gr tanah) dengan 2 tipe spora dan 1 tipe spora *Gigaspora* (60 spora/100 gr tanah) (Tabel 3 dan 4).

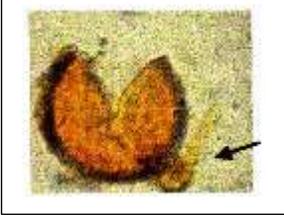
Tabel 3. Kepadatan spora FMA indigenus pada perakaran tanaman pisang sehat di lahan endemik layu Fusarium.

Asal isolat Kecamatan	Insidensi Penyakit (%)	Genus FMA <i>Glomus</i>	Genus <i>Acaulospora</i>	Genus <i>Gigaspora</i>
Pasar Usang (Batang Anai)	75,00	230,00	50,00	30,00
LubukAlung	63,33	220,00	52,00	20,00
Enam Lingkung	55,00	200,00	60,00	10,00
Total		650,00	162,00	60,00

Tabel 4. Deskripsi tipe spora FMA (pembesaran 100 x) dari kultivar pisang sehat di lahan endemik Layu Fusarium.

No	Tipe spora	Karakteristik morfologi	Reaksi dengan pewarnaan Melzer's
(Sumber : Schenck and Perez, 1988 dan Bnmdrett, <i>et al.</i> , 1996)			
1		Spora berbentuk bulat, lolos saringan 125 urn, berwarna coklat kemerahan, permukaan spora agak kasar, dinding spora berlapis dua, lapisan luar coklat kekuningan, dan lebih tebal, lapisan dalam merah kekuningan agak tipis, terdapat dudukan hifa	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's.
2		Spora berbentuk agak lonjong, lolos saringan 125 11m, berwarna coldat kemerahan, permukaan spora halus, dinding spora berlapis dua, lapisan luar coklat kemerahan, dan lebih tebal, lapisan dalam coklat kehitaman tipis, hifa attachment berbentuk straight, tidak memiliki ornament.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's,

1		Spora berbentuk bulat, lolos saringan 125 um, berwarna kuning bercahaya dan kemerahan, permukaan spora agak kasar, dinding spora dua lapis berwarna coklat kemerahan tipis dan halus, lapisan dalam merah kehitaman tidak memiliki ornamen.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's,
2		Spora berbentuk bulat, lolos saringan 125 um, berwarna coklat merah gelap, permukaan spora kasar, dinding spora berlapis dua, lapisan luar coklat kemerahan, dan lebih tebal, lapisan dalam kemerahan agak tipis, tidak terdapat dudukan hifa (subtanding hypha), dan tidak memiliki ornamen	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's.
3		Spora berbentuk bulat, lolos saringan 125 um, berwarna kuning kemerahan bercahaya, permukaan spora agak halus, dinding spora berlapis dua, lapisan luar coklat kemerahan, dan lebih tebal dan halus, lapisan dalam coklat orange tua tipis, tidak mempunyai dudukan hifa serta tidak memiliki ornamen.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's.
4		Spora berbentuk agak bulat, lolos saringan 125um, berwarna kuning kemerahan bercahaya, permukaan spora kasar, dinding spora berlapis dua, lapisan luar tipis merah kecoklatan, lapisan dalam agak tebal, lapisan dalam tipis kuning kecoklatan, terdapat dudukan hifa (subtanding hypha), hyphal attachment berbentuk recurrent, tidak memiliki ornamen	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's.
5		Spora berbentuk bulat, lolos saringan 125um, berwarna coklat kemerahan, permukaan spora agak kasar, dinding spora berlapis dua, lapisan luar kemerahan, dan lebih tebal, lapisan dalam coklat kemerahan agak tipis, tidak terdapat dudukan hifa (subtanding hypha), tidak memiliki ornamen.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's.
6		Spora berbentuk agak lonjong, lolos saringan 125 um, berwarna coklat merah gelap kehitaman permukaan spora halus, dinding spora berlapis dua, lapisan luar coklat kemerahan tipis, lapisan dalam coklat kehitaman tipis, tidak terdapat dudukan hifa (subtanding hypha), tidak memiliki ornamen.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's.
<i>Acaulospora</i> sp. (Sumber: Schenck and Perez, 1988 dan Brundrett, <i>et al.</i> , 1996)			
1.		Spora berbentuk bulat, lolos saringan 125 um berwarna coklat kekuningan, permukaan spora agak licin, berpenghiasan, dinding spora berlapis dua, lapisan luar coklat kekuningan agak tebal, lapisan dalam tipis kekuningan, membentuk ornamen kulit	Bereaksi dengan pewarna Melzer. terjadi perubahan warna dari kuning menjadi coklat kekuningan

2		<p>Spora berbentuk agak lonjong, lolos saringan 125 um, berwarna eoklat kemerahan. permukaan spora agak halus, dinding spora berlapis dua, lapisan Iuar eoklat kemerahan, lapisan dalam kemerahan agak tipis, meiliki ornament seperti kulit jeruk.</p>	<p>Bereaksi dengan pewarna Melzer,s, terjadi perubahan warna eoklat kekuningan menjadi eoklat muda kemerahan.</p>
<p><i>Gigaspora</i> sp. (Sumber: Schenck and Perez, 1988 dan Brundrett, <i>et al.</i>, 1996)</p>			
I.		<p>Spora berbentuk bulat, lolos saringan 125 um, terdapat bulbous suspensor, permukaan spora agak halus, dinding spora berlapis dua, lapisan luar merah kehitaman, dan lebih tebal, lapisan dalam eoklat kemerahan tipis, tidak meiliki ornament.</p>	<p>Bereaksi dengan pewarna Melzer.s dari kuning kemerahan menjadi eoklat kemerahan.</p>

Efektivitas simbioisis

Efektivitas simbiosis tereermin dari meningkatnya pertumbuhan tanaman. Seeara umum dapat dikatakan bahwa efektivitas simbiosis FMA dengan tanaman pisang tergolong tinggi (63.00% - 96.00%). Umumnya isolat FMA memiliki efektivitas simbiosis tinggi sekitar 68% - 96%. Efektivitastertinggi adalah isolat *Glomus* (PPU3-GI)KeP₃ berasal dari kultivar pisang Kepok (Tabel 5).

Tabel 5. Efektivitas simbiosis isolat FMA dengan tanaman pisang

No	IsolatFMA	Genus	Asal isolat	E (%)	Keterangan
1	PPU1-GhJtp)	<i>Glomus</i> -7	Jantan	83	Tinggi
2	PPU1-GI6Jtp)	<i>Glomus</i> -6	Jantan	72	Tinggi
3	PPUI- GI5KeP)	<i>Glomus</i> -8	' Kepok	87	Tinggi
4	PPUI- GI)KeP)	<i>Glomus</i> -1	KepokAbu	85	Tinggi
5	PPU2 - GI3JtP2	<i>Glomus</i> -3	Jantan	82	Tinggi
6	PPU2- GI5MaP2	<i>Glomus</i> -5	Mas	73	Tinggi
7	PPU3-GI) KeP3	<i>Glomus</i> -1	Kepok	96	Tinggi
8	PPU4- AcI)BuP4	<i>Acaulospora</i> 1	Buai	85	Tinggi
9	PPU5- AelzKePs	<i>Acaulospora</i> 2	Kepok	82	Tinggi
10	PPU6- GI4CvP6	<i>Glomus</i> -4	Cavendish	68	Tinggi
II	PPU4- GiKeP4	<i>Gigaspora</i> sp	Kepok	76	Tinggi
12	PPU7 -GhBrP7	<i>Glomus</i> -2	Barangan	78	Tinggi

Efektivitas introduksi FMA terhadap pengendalian penyakit layu Fusarium

Introduksi 12 isolat FMA indigenus pada media tanam tanah Ultisol dapat mengendalikan Foe ras 4 melalui peningkatan ketahanan. Isolat *Glomus* tipe 1 berasal dari rizosfir pisang Kepok mampu mengendalikan Foe ras 4 100 %. Pada tanaman pisang dengan introduksi FMA dapat memperpanjang munculnya gejala ditemukan pada 26 - 3-1hsi Foe (Kontrol 18 hsi Foe) dengan efektivitas sampai 66,7%. Introduksi isolat FMA dapat mengurangi gejala serangan, diskolorasi bonggol dan batang semu. Isolat FMA PPU3-GI)KeP₃ mampu menekan perkembangan gejala 100%. Isolat FMA lainnya mampu mengurangi gejala daun terserang 17 - 60% (Kontrol

88%), skala kerusakan bonggol 1 - 3 (Kontrol 5 - 6) dan disklorasi batang semu 20 - 80%(Kontrol 100) (Tabel. 6 dan Gambar 2).

Tabel 6. Tingkat serangan layu fusarium setelah introduksi isolat FMA pada bibit pisang Barangan dan Foc.

Kode isolat	Kultivar	MI (hsi)	DT ^a (90 hsi)			SKB (90 hsi)		DBS (90 hsi)	
			E	%	E	skor	E (%)	%	E
PPU1-GI7JtP,	Jantan	26,5 def	47,2	65,5ab	26.5	5,3 ab	8,69	100	0
PPUI-Glr,JtP ,	Jantan	23,0 gh	27, 8	54,0 ab	39,4	4,8 abed	17,4	100	0
PPUI-GlgKeP,	Kepok	22,0 h	22,2	61,1 ab	31.4	5,0 abc	13,0	100	0
PPU7-GI2BrP7	Brg	25,3 fg h	40,	64,0 ab	28.9	5,5 ab	4,34	100	0
PPU2-GhJtP2	Jantan	27,5 edef	52,8	45,2 ab	49.3	4,8 abed	17,4	20	0
PPU2-GlsMaP2	Manis	25,8 fg	43,	26,1 b	70.7	2,5 fgh	56,6	30	70
PPU3-GI,KeP3	Kepok	31,8 ab	52,8	17,1 b	80.8	1.3 h	78.3	0	100
PPU3-GI2KeP}	Kepok	27,5 edef	52,8	61,1 ab	31.1	3,8 bedef	17,4	60	60
PPU4-Ael, BuP~	Buai	26,0 fg	44,4	61,1 ab	31.4	4,0 abedef	30,4	40	60
PPU5-Acl2KePs	Kepok	23,0 gh	27,8	46.7 ab	47.6	5,3 ab	8,69	100	0
PPU6-AI4CvP6	Cvdsh	25,8 fg	43,1	69,9 ab	21.6	4,8 abed	17,4	100	0
PPU4- GiSrP4	Sario	23,0 gh	27,8	64,4 ab	27.8	5,0 abc	13,0	100	0
PPUI-GI,KePj	Kepok	30.0 abc	66,7	27.1 b	70.8	1.5 gh	73,9	0.00	100
Kontrol		18,0 i	-	89,1 a	-	5,8 a	-	100	0

KK 1,99

Angka yang diikuti oleh huruf keeil yang sarna pada baris yang sarna menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5 %.

Keterangan: MI = Masa inkubasi. DT =daun terserang. SKB =Skala kerusakan bonggol. dan DBS= Disklorasi batang semu.



Gambar 2. Kondisi bibit pisang Barangan yang diintroduksi isolat FMA indigenus dan Foe ras 4. (A). Isolat PPU3-GhKeP, (B). Kontrol (Tanpa isolat FMA).

Efektivitas introduksi FMA terhadap pertumbuhan

Introduksi FMA umurnya dapat memieiu pertumbuhan tanaman pisang dengan tingkat ketergantungan tinggi terhadap FMA, terutama pada berat biomasa dengan kemarnpuan bervariasi. Namun peningkatan pertumbuhan tinggi dan jumlah daun secara statistik tielak berbeda nyata dibanding kontrol (Tabel 7).

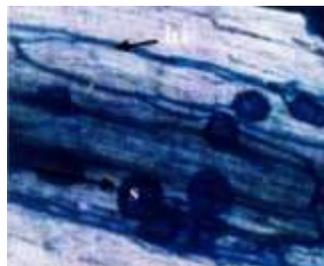
Tabel 7. Perbedaan tinggi dan jumlah daun bibit pisang Barangan diintroduksi dengan FMA indigenus (90 hsi Foc ras 4).

Kode isolat FMA	Berat Biomassa gr	E (%)	Pertambahan tinggi (cm)	Pertambahan jumlah daun (Helai)
PPUI-GI7JtP,	225.8 be	52.09	14.2 bedef	6.60 a
PPUI-GI ₆ JtP,	223.4 abe	50.47	15.0 bedef	7.52 a
PPU1- GIgKeP]	224.7 be	64.86	14.2 bedef	7.47 a
PPU7-GhBrP7	213.8 be	44.05	14.6 bedef	7.00 a
PPU2 - GhJtP ₂	148.4 ed	0	13.6 cdef	7.15 a
PPU2- GisMaP ₂	148.3 cel	0	16.3 b	6.82 a
PP113-GI,KeP₃	288.4 a	94.67	14.8 beelef	6.87 a
PPU3- G1 ₂ KeP ₃	213.8 be	44.05	14.2 bdef	7.10 a
PPU4- Acl]BuP ₄	225.8 be	52.09	15.2 bedef	7.52 a
PPUI -GhKeP,	223.5 abc	50.47	14.1 bedef	7.47 a
PPU6- GI ₄ CvP ₆	224.7 be	64.86	15.8 bed	6.82 a
PPU4- GiSrP ₄	213.8 be	44.05	15.7 bede	7.15 a
PPU5- AehKePs	148.4 eel	0	15.9 b	7.17 a
Kontrol	148.4 d		19.9 a	7.20 a

Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata menurut uji DNMR pada taraf 5 %.

Kolonisasi FMA

Kolonisasi akar yang dihitung dengan persentase dan intensitas kolonisasi semakin bertambah seiring dengan pertambahan umur tanaman. Semua isolat FMA memiliki kemampuan yang tinggi mengkolonisasi akar tanaman pisang. Pada media tanam tanah Ultisol, persentase kolonisasi mikoriza tergolong tinggi hingga sangat tinggi 80.00-90.00 % dan kelas intensitas 4-5. Kolonisasi akar tertinggi ditemukan pada isolat PPUI-GI1KeP₁ (95%) dengan kepadatan spora 294/100 g tanah dan isolat PPU3-GI1KeP₃ (98%) kepadatan spora 390/100 g tanah, sebaliknya pada kontrol ditemukan lebih rendah yaitu 5.00-10.0 % dengan kelas intensitas 2 (Tabel 8). FMA berkembang di jaringan korteks akar dimana jaringan ini akan terkolonisasi secara intensif oleh hifa internal dan spora intraradikal (Gambar 3), juga terbentuk arbuskular, vesikula dan ekstra hifa matrikal.



Gambar 3. Struktur kolonisasi FMA pada korteks akar. A. s = spora dan hi = hifa internal.

Tabel8. Persentase, intensitas kolonisasi dan kepadatan spora isolat FMA pada akar bibit pisang Barangan

Kode FMA	Isolat	Persentase kolonisasi (%)			Intensitas kolonisasi (Skal3)			Kepadatan spora 100 g ⁻¹ contoh tanah		
		30 hst	60 hst	90 hst	30 hst	60 hst	90 hst	30 hst	60 hst	90 hst
PPUI-GhJtP I		30.00	75.00	8LOO	2	4	4	38.00	68.00	175.50
PPUI-GI ₆ JtP I		32.00	76.00	85.00	3	4	4	54.00	79.00	101.00
PPUI-GIsKePr		40.00	80.00	89.00	3	4	5	78.00	85.00	104.00
PPUI-GIIKeP I		35.00	75.00	95.00	2	4	5	74.00	193.00	294.00
PPU2- GI ₃ JtP ₂		25.00	60.00	80.00	2	4	4	58.00	85.00	178.50
PPU2- I ₅ MaP ₂		25.00	72.00	86.00	2	4	5	37.00	78.50	198.00
PPU3-IIKeP ₃		40.00	80.00	98.00	3	4	5	72.00	132.00	390.00
PPU3-GbKeP ₃		32.00	75.00	87.00	2	4	5	73.00	90.00	193.50
PPU4-clrBuP ₄		40.00	76.00	80.00	2	4	4	52.00	74.00	185.50
PPU5-cl ₂ KeP ₅		35.00	70.00	87.00	2	4	5	50.00	158.00	194.00
PPU6-GI ₄ CvP ₆		25.00	75.00	83.00	2	4	4	28.50	60.00	186.00
PPU4- GIKeP ₄		32.00	62.00	80.00	2	4	4	34.50	96.00	106.00
PPU7-GI ₂ BrP ₇		40.00	80.00	92.00	3	4	5	67.00	76.00	198.50
Kontrol										

Introduksi FMA indigenus pada bibit pisang umur 2 bulan setelah aklimatisasi dapat meningkatkan ketahanan sistemis tanaman pisang terhadap Foe. Semua isolat FMA indigenus dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap Foe dengan kemampuan bervariasi, sementara bibit pisang yang tidak diintroduksi FMA (Kontrol) gejala muneul lebih cepat. Pada tanaman pisang yang diintroduksi FMA indigenus tetapi masih dapat terserang Foe ras 4, tampak adanya penekanan persentase dan intensitas serangan. FMA indigenus mampu menekan intensitas serangan dengan efektivitas tinggi yaitu 38.65 - 100.00%. Isolat FMA terbaik dalam mengendalikan penyakit layu Fusarium adalah isolat PPUI-GIIKePI dan PPUI-GIIKeP₃ dapat menekan diskolorasi batang semu sampai 100.00%. Adanya perbedaan kemampuan isolat FMA dalam menekan berbagai parameter penyakit pada tanaman pisang dalam pengujian rumah kaca diduga dipengaruhi oleh isolat berasal dari kultivar pisang berbeda.

Informasi mengenai kondisi lahan pengambilan sampel FMA, jenis tanah dan ragam vegetasi serta sejarah pengelolaan tanah sangat penting artinya dalam perolehan inokulum FMA indigenus potensial. Carenho *et al.*, (2001) melaporkan bahwa kelimpahan *Glomus etunicatum* berkorelasi dengan kadar bahan organik, akan tetapi Yusnaini *et al.* (2001) melaporkan bahwa kadar bahan organik tidak berkorelasi dengan kadar P tersedia dalam tanah. Sebaliknya FMA indigenus yang berasal dari tanah berkadar P rendah justru menghasilkan persentase kolonisasi dan serapan P tertinggi pada tanaman jagung, padi gogo maupun kedelai.

Semua isolat FMA indigenus efektif dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap Foe ras 4, walaupun terjadi variasi antar isolat. Efektivitas FMA sangat tergantung pada kesesuaian antara faktor jenis FMA, jenis tanaman dan jenis tanah serta interaksi ketiga faktor tersebut. Setiap jenis tanaman memberi tanggap yang berbeda terhadap FMA demikian juga dengan jenis tanah yang berkaitan dengan tingkat keasamaan dan tingkat kesuburan tanah, sehingga menyebabkan perbedaan tingkat ketergantungan tanaman terhadap mikoriza. Declerck *et al.* (1995) melaporkan bahwa tanaman pisang asal kultur jaringan mempunyai tingkat ketergantungan yang tinggi terhadap FMA. Adanya saling ketergantungan yang kuat antara FMA dengan inangnya akan menghasilkan hubungan yang sinergis sehingga menimbulkan respon yang tinggi dibandingkan dengan tanaman tanpa FMA. Hal ini terlihat dari tingkat simbiosis yang tergolong tinggi yaitu sebesar 68-90% antara tanaman pisang dengan berbagai isolat FMA. Menurut Gianinazzi and Pearson (1984) bahwa syarat utama terbentuknya asosiasi FMA adalah kesesuaian fungsional dalam hal ini ditentukan oleh aktivitas fisiologi tanaman, faktor genetik FMA dan morfologi serta karakter akar tanaman. Selain itu faktor eksternal juga ikut mempengaruhi asosiasi ini seperti suhu, Cahaya, kesuburan tanah dan pestisida.

Tingginya efek perlindungan dan penekanan perkembangan populasi Foe dalam tanaman yang terinduksi ketahanannya oleh FMA indigenus diduga berkaitan dengan tingginya tingkat

kolonisasi FMA indigenus dalam jaringan korteks akar. Pada saat inokulasi Foe (umur 2 bulan setelah aklimatisasi) tingkat kolonisasi FMA indigenus dari ketiga lokasi pengambilan sampel pada perakaran tanaman pisang telah mencapai 60.00% - 80.00% dengan kelas intensitas berkisar 2-3 meningkat menjadi 80.00% - 92.00% pada 90 hst dengan kelas intensitas 4-5. Kondisi ini menyebabkan isolat FMA indigenus dapat melindungi tanaman pisang dari Foe dengan efektivitas tinggi 95.33% - 98.88% (Tabel 6). Kolonisasi FMA yang tinggi menyebabkan terbentuknya selaput tipis hifa eksternal yang berfungsi sebagai penghambat masuknya jamur patogen, kondisi akar tersebut sulit dipenetrasi oleh patogen karena patogen harus berkompetisi dengan FMA terlebih dahulu. Kondisi ini akan menghalangi perkembangan patogen akar, sehingga memperkecil terjadinya infeksi (Graham, 1981). Kolonisasi *Glomus mosseae* pada tanaman tomat dapat menurunkan persentase serangan dengan menurunkan unit pembentuk koloni *Erwinia carotovora* dan *Pseudomonas syringae* (Garcia-Garrido and Ocampo, 1989). Introduksi *G. fasciculatum* pada tanaman tomat di percobaan pot dan persemaian dapat menurunkan populasi nematoda. massa telur dan indeks puru *Meloydogine incognita* (Nagesh *et al.*, 1999). Introduksi FMA dapat menyebabkan terhambatnya produksi klamidospora *Thielaviopsis basicola* (Chambell, 1989), tertekannya pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersicum* pada tanaman tomat (Reflin, 1993). Hal ini terjadi karena pemanfaatan FMA indigenus dari rizosfir pisang merupakan solusi potensial untuk mengendalikan patogen tular tanah dan mampu meningkatkan ketahanan pisang terhadap berbagai jenis patogen. Terhambatnya pembentukan zoosporangium dan pembebasan zoospora *Phytophthora parasitica* pada akar jeruk yang bennikoriza, dapat menurunkan kerusakan akar (Campbel, 1989). Penetrasi dan kolonisasi FMA menyebabkan permeabilitas membran menjadi berkurang. pelepasan eksudat akar rendah sekali, kondisi ini menjadi tidak sesuai bagi perkembangan patogen (Smith,1988). Hal ini diperkuat oleh Brundrett (1999) melaporkan bahwa struktur FMA dapat berfungsi sebagai pelindung biologi terhadap patogen akar karena (1) terdapatnya selaput tipis hifa sebagai penghalang masuknya patogen, (2) mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat lainnya sehingga tercipta lingkungan tidak sesuai untuk pathogen, dan (3) P-vIAdapat mengeluarkan antibiotik yang dapat mematikan atau menghambat pertumbuhan patogen. Tingginya tingkat kolonisasi FMA pada perakaran tanaman terindikasi dengan ditemukannya struktur vesicular, arbuskular, hifa, dan spora pada jaringan korteks akar tanaman pisang yang diamati secara mikroskopis (Gambar 3).

Perbedaan kemampuan isolat mikoriza sangat dipengaruhi oleh jenis FMA yang diberikan, umur tanaman pada saat introduksi FMA, jenis tanaman dan faktor lingkungan lain yang mendukung. Introduksi FMA pada saat aklimatisasi akan lebih cepat mengkolonisasi akar dibandingkan dengan umur yang lebih lanjut. Selain itu kemampuan dari masing-masing isolat dalam bersimbiosis dengan akar bibit pisang juga sangat berpengaruh. Hasil peneliti lainnya melaporkan bahwa ada kemungkinan setiap isolat FMA mempunyai preferensi yang berbeda terhadap eksudat yang dikeluarkan oleh bibit pisang tersebut. Keberhasilan introduksi FMA dalam penekanan penyakit akan ditentukan berbagai faktor diantaranya oleh jenis FMA, tingkat kolonisasi FMA, urutan introduksi, fase: pertumbuhan tanaman (Singh *et al.*, 2000) dan jenis tanaman inang (Berta *et al.*, 1990).

Menurut Akthar and Siddiq (2008) FMA memiliki 4 peran fungsional. yaitu: adalah sebagai bioprotektor karena mampu melindungi tanaman dari cekaman biotika seperti patogen tanaman, sebagai bioprosesor karena mampu membantu tanaman menyerap hara dan air dari lokasi yang tidak terjangkau akar rambut, sebagai bioaktivator karena mampu meningkatkan simpanan karbon di rizosfer sehingga meningkatkan aktivitas jasad renik dalam menjalankan proses biogeokimia. dan bioagregator karena mampu meningkatkan agregasi tanah,

Mikoriza mampu dapat membentuk kolonisasi sebelum melakukan infeksi tanaman dan menjalankan berbagai fungsinya untuk tanaman. Menurut Carenho *et al.*, (2001), tahapan kolonisasi FMA dimulai dari prekolonisasi, kontak dan penembusan, perkembangan kolonisasi, pergantian arbuskulula, pertumbuhan hifa eksternal dan produksi spora. Prekolonisasi yang diawali pertumbuhan hifa, spora, maupun potongan akar yang terinfeksi FMA Meskipun ada peningkatan pertumbuhan miselium pada akar, hifa tidak langsung tumbuh menuju akar sampai hifa tersebut benar-benar dekat akar. Selanjutnya, terjadi kontak hifa dengan akar yang diikuti pelekatan hingga membentuk presorium yang membengkak. Kemudian hifa masuk menembus dinding sel dengan penekanan yang ditandai hifa semakin mengecil dan berbentuk runcing sehingga percabangan hifa ke

dalam korteks bagian tengah dan dalam akar memanjang membentuk kolonisasi sehingga terjadi mutualistik fungi-tanaman. Hasil kolonisasi ini membentuk bidang kontak interseluler dan intraseluler. Adanya pertumbuhan hifa eksternal merupakan sumber inokulum penting untuk kelanjutan kolonisasi sistem perakaran yang sama dalam memproduksi spora yang dibentuk dalam tanah yang fungsinya mentransfer hara dari tanah ke tanaman.

Introduksi FMA paling berperan dalam meningkatkan serapan P oleh akar tanaman karena memiliki hifa yang menjalar luas ke dalam tanah melampaui jauh jarak yang dicapai rambut akar. Mikoriza dengan hifa eksternalnya dapat meningkatkan absorpsi dari unsur-unsur yang imobil di dalam tanah, seperti unsur P, Co, dan Zn dengan cara menambah atau memperluas absorpsi hara yang diluar kemampuan tanaman tersebut mengabsorpsinya. Rambut akar tanaman yang berasosiasi dengan tanaman yang bennikoriza bisa berkontak dengan volume tanah yang lebih luas dan memberikan permukaan absorpsi yang lebih besar dibandingkan pada rambut akar yang tanpa bermikoriza (Akthar and Siddiq 2008).

Terjadinya peningkatan biomassa tanaman disebabkan karena terjadi peningkatan kandungan P dan K tanaman. Peningkatan penyerapan hara yang menguntungkan disebabkan karena volume tanah yang dieksplorasi hifa eksternal FMA meningkat 5-200 kali dibanding tanpa mikoriza (Sieverding, 1991). Dari data yang diperoleh dapat dikemukakan bahwa introduksi FMA mengubah proporsi hara yang terdapat pada tanaman. Perubahan proporsi hara ini dapat memacu proses metabolisme lebih cepat yang ditunjukkan oleh peningkatan biomassa pada waktu yang sama. Akar yang bermikoriza dapat meningkatkan kapasitas pengambilan hara karena lama hidup akar (root longevity) yang terkolonisasi menjadi lebih panjang dan derajat pereabangan serta diameter akar menjadi lebih besar sehingga luas permukaan absorpsi akar diperluas. Disamping itu akar yang terkolonisasi hifa eksternal FMA mempunyai kemampuan yang lebih tinggi menyerap hara dibanding bulu-bulu akar khususnya terhadap unsur-unsur yang mobilitasnya rendah seperti P (Akthar and Siddiq, 2008). Hal ini disebabkan karena FMA menghasilkan hormon pengatur tumbuh seperti auksin, sitokinin dan gibberelin bagi tanaman inang. Auksin berfungsi memperlambat proses penuaan akar sehingga fungsi akar sebagai penyerap hara dan air akan bertahan lebih lama,

KESIMPULAN

Keragaman FMA indigenus lebih tinggi di lahan endemik Foc dengan kondisi tanah miskin hara dibanding dengan endemik Foc dengan-kondisi tanah subur. Genus FMA yang diperoleh adalah: *Glomus. Acaulospora* dan *Gigaspora*. Genus *glomus* merupakan genus yang dominan ditemukan di semua lokasi pengambilan contoh tanah. Introduksi FMA indigenus pada tanaman pisang rentan dapat meningkatkan ketahanan tanaman pisang tersebut terhadap layu Fusarium, masa inkubasi Foc menjadi lebih panjang, persentase dan intensitas serangan, serta populasi Foc di rizosfir tanaman pisang menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tanaman tanpa introduksi FMA. Isolat FMA (PPU3- GI₁KeP₃) adalah paling efektif meningkatkan kerahanan tanaman terhadap Foc sekaligus dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pisang karena lebih adaptif dengan ekosistem asal dan tanaman inang yang sama. FMA dapat berfungsi sebagai biokontrol terhadap Foc maupun sebagai biofertilizer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ueapan terima kasih disampaikan kepada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Andalas dan bapak Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Direktorat jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui DIPA Universitas Andalas skim Hibah Bersaing tahun 2015 yang telah mendanai dan menyediakan tempat dan fasilitas penelitian. Ueapan terima kasih juga kepada saudari Ir. Yefriwati. M.Si., Ade Rahil. SP., Arifah, Syafruddin dan Lydia Dharma sebagai teknisi labor dan lapang yang telah membantu pelaksanaan penelitian di laboratorium dan di rumah kaea serta di lapangan

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, M.S., and Siddiqui, Z.A. 2008. Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Potential Bioprotectants against Plant Pathogens. In: Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry. Siddiqui. Z.A., M.S. Akhtar and K. Futai (Eds.). Springer Netherlands. Dordrecht. The Netherlands. pp: 61-97.
- Booth, C., 1977. *Fusarium*: Laboratory Guide to the Identification of the Major Species. Commonwealth Mycological Institute, Kew, UK.
- Brundrett, M.C., Bougher, N., Dells, B., Grove, T., and Malajczuk B. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR. Canberra, 374p.
- Campbell R. 1989. Effect of *Glomus intraradices* on infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* in tomatoes 12 week period. Canadian Journal Botany 64:552-556.
- Carrenho R. Silva ES. Trufem SFB. Bononi VLR. 2001. Successive cultivation of maize and agricultural practices on root colonization, number of hyphae and species of arbuscular mycorrhizal fungi. Brazilian J. Microbiol. 32:262-270.
- Cruz, C., Green, J.J., Watson, C.A., Wilson, F and Martin-Lucao, M.A. 2004. Functional aspect of root architecture and mycorrhizal inoculation with respect to nutrient uptake capacity. Mycorrhiza 14: 177-184.
- Echeverri, F., W. Quinones, F. Torres, B. Scheinede. 2002. Correlation Between phenylphenalenones phytoalexins and phytopathological properties In Musa and role of a dehydrophenylphenalenonetriol. Molecules: 7:331-334.
- Edison A. Sutanto. Hermanto C. Uji T and Razak N. 1998. The Exploration of Musaceae in Maluku Island Research Institute for fruit-INIBAP.
- Gianinazzi dan Pearson (1984)
- Gerdermann, I.W. and Nicolson T.H. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transaction of the British Mycological Society. 46 : 235-244.
- Janisiewicz, W.J., Tworkoski, T.J., and Sharer, C. 2000. Characterizing The Mechanism Of Biological Control Of Postharvest Disease On Fruits With A Simple Method To Study Competition For Nutrients. Phytopathology. 90 : 1196-1200.
- Habazar, T. 2001. Aspek imunisasi dalam pengendalian penyakit tanaman secara hayati. Orasi ilmiah pada rapat senat terbuka Fakultas Pertanian, Universitas Andalas dalam rangka Dies Natalis ke-47. Tanggal 30 November. 31 hal.
- Hanum, C. 2004. Penapisan Beberapa Galur Kedelai (*Glycine max.* Merr.) Toleran Cekaman Aluminium dan Kekeringan serta Tanggapan Mikoriza Vesikular Arbuskular. (Disertasi). Sekolah Pascasarjana IPB. 162p. (tidak dipublikasikan),
- Harran dan Ansori. 1998. Bioteknologi pertanian 2. Pusat antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. Bogor. 264 ha.
- Haryantini, B. A., dan Santoso, H.M. 2008. Pertumbuhan dan hasil cabai merah (*Capsicum annum*) pada andisol yang diberi mikoriza, pupuk fosfor dan zat pengatur tumbuh. <http://72.14.235.104/search?q=cache:GuUn4d67ZgJ:images.soemarno.multiply.com/>. 11p. (10 Mei 2008).
- INIBAP. 1998. Evaluation of musa germplasm resistance to sigatoka disease and fusarium wilt. Montpellier. France. 63 hal.
- Invam. 1998. International culture collection of arbuscular and vesicular mycorrhizal fungi. West. Virginia University.
- Konnanik, P.P. and McGraw, A.C. 1982. Quantification of Vesicular-arbuscular Mycorrhizae in Plant Roots. In: Methods and Principles of Mycorrhizal Research, Sheed, N.C. (Ed.). American Phytopathological Society, St. Paul, pp: 37-45.
- Klement Z. Rudolph K and Sand D.C. 1990. Method in Phytobacteriology. Academia Kiado. Budapest.
- Kobayashi, N and Branch, K. 1991. Biological control of soil borne disease with vesicular arbuscular mycorrhiza fungi and charcoal compost. In: Proceeding of the international seminar biological control of plant disease and Virus vektor. Sept 17-21. Tsukuba. Japan. 153-160.
- Morrissey, John.P. Osburn, Anne.E. Fungal Resistance to Plant Antibiotics as a