

KETAHANAN TERIMBAS TANAMAN CABAI MERAH TERHADAP PENYAKIT ANTRAKNOSA MELALUI INDUSER MIKORIZA INDIGENUS
(Induce Resistance Of Red Chili Plant To The Anthracnose Disease By Means Of Inducer Indigenous Mycorrhiza)

Mulyani, R. B.^{1*}, Sastrahidayat, I. R.², Abadi, A. L.², Djauhari, S.²

¹Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya

*E-mail : rahmawati.mulyani@yahoo.com

² Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

Diterima : 26 Pebruari 2016

Disetujui : 15 Maret 2016

ABSTRACT

The high intensity of anthracnose disease in the peat swamp area in Palangka Raya has consequently forced the farmers to expend higher costs for controlling and coping the disease using synthetic fungicides. The aim of this study was to investigate the role of indigenous mycorrhiza on the induce resistance structural and chemical resistance of red chili plant and to reduce the intensity of anthracnose disease. This study was performed by using a randomized complete design method, which was arranged into two treatment groups in three independent repeats. The treatment factors were classified as follows: 1) the application of indigenous mycorrhiza (M), which was divided into two subgroups: M0 (without mycorrhiza) and M1 (with mycorrhiza); and 2) the different doses of weed ash (A), which consisted of A0 (without ash), A1 (with 200 g of ash), A2 (with 250 g of ash), and A3 (with 300 g of ash). Plants without mycorrhiza and without ash administration served as controls. The result of this study showed that the usage of mycorrhiza with 250 g of ash per plant could reduce 49.2% of anthracnose disease intensity, increase total phenol level amount 68,4% and the thickness of the fruit cuticle amount 49,8% compared to control groups. In conclusion, the application of mycorrhiza is beneficial to induce resistance the total phenol level and fruit cuticle thickness; therefore it subsequently might increase the resistance of the plant to the anthracnose disease.

Keywords : *indigenous mycorrhiza, inducer, induce resistance, anthracnose disease*

ABSTRAK

Intensitas serangan penyakit antraknosa di lahan gambut Palangka Raya cukup tinggi sehingga petani harus mengeluarkan biaya cukup mahal untuk pengendaliannya dengan menggunakan fungisida sintetik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran mikoriza indigenus pada mekanisme ketahanan terimbasi struktural dan kimiawi tanaman dalam menekan intensitas serangan penyakit antraknosa di lahan gambut. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial, terdiri dari dua faktor perlakuan dengan tiga ulangan. Faktor pertama yang dicobakan adalah aplikasi mikoriza indigenus (M) terdiri dari 2 taraf yaitu: M0 (tanpa mikoriza), M1 (aplikasi mikoriza), dan faktor ke 2 adalah dosis abu gulma (A) terdiri dari 4 taraf yaitu: A0 (tanpa abu), A1 (abu 200 g), A2 (abu 250 g), A3 (abu 300 g). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza dan dosis abu 250 g tanaman⁻¹ mampu menekan intensitas serangan penyakit antraknosa sebesar 49,2%, meningkatkan kandungan fenol total sebesar 68,4% dan ketebalan kutikula buah cabai sebesar 49,8% bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa aplikasi mikoriza dan tanpa pemberian abu (kontrol). Aplikasi mikoriza dapat menginduksi ketahanan kimiawi dan struktural tanaman dengan meningkatnya kandungan fenol total dan penebalan kutikula buah, sehingga dapat mengurangi intensitas serangan penyakit antraknosa.

Kata kunci : *Induser mikoriza indigenus, pengimbasan ketahanan, penyakit antraknosa*

PENDAHULUAN

Tanah gambut cukup potensial untuk dijadikan lahan pertanian. Provinsi Kalimantan Tengah memiliki lahan gambut seluas 3.472.000 ha (Limin, 2004), dimana hanya sebagian kecil saja (672.723 ha) yang dimanfaatkan menjadi lahan pertanian atau perkebunan.

Beberapa kendala dijumpai pada tanah gambut yang dapat menghambat proses produksi tanaman adalah tingginya kemasaman tanah (pH kurang dari 5), kesuburan tanah rendah karena unsur hara N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mo dan Bo tidak tersedia bagi tanaman, kandungan N total tinggi tetapi tidak tersedia bagi tanaman karena tingginya C/N rasio, serta intensitas serangan penyakit yang tinggi (Suprihatno *et al.*, 2000; Akbar dan Priyanto, 2008; Sasli, 2008).

Salah satu penyebab rendahnya produksi cabai di Palangka Raya, Kalimantan Tengah adalah karena tingginya intensitas serangan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum*, selain kendala-kendala pada tanah gambut, dan pengelolaan lahan budidaya yang kurang memadai. Dilaporkan bahwa intensitas serangan penyakit antraknosa di tanah gambut Palangka Raya dapat mencapai 27% (Prinata, 2012). Penyakit ini bahkan dapat menyebabkan kehilangan hingga 80% (Semangun, 2000)

Pengendalian penyakit antraknosa selama ini dengan menggunakan fungisida sintetik, yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan konsumen dan lingkungan, untuk itu perlu dicari alternatif cara pengendalian lain yang lebih ramah lingkungan, aman bagi konsumen dan mempertimbangkan keseimbangan agroekosistem (Than *et al.*, 2008; Gianinazzi *et al.*, 2010).

Upaya untuk mengatasi beberapa permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan potensi mikoriza indigenus tanah gambut yang memiliki keunggulan tersebut. Hasil penelitian sebelumnya

melaporkan bahwa pada tanah gambut di Kalimantan Tengah ditemukan mikoriza indigenus *Glomus* sp. *G. clarum*, *Gigaspora* sp., *Gi. decipiens*, *Entrophospora* sp dan *Acaulospora* (Suciatmih, 2003; Yuwati *et al.*, 2008; Burhanuddin, 2011). Peneliti lain menyatakan bahwa mikoriza vesikular arbuskular indigenus gambut dapat diaplikasikan pada rehabilitasi lahan gambut terdegradasi (bongkor), karena mampu meningkatkan penyerapan hara terutama P dan N. Simbiosis dengan mikoriza vesikular arbuskular menyebabkan vigor tanaman lebih baik sehingga mampu tumbuh dan toleran pada tanah masam (Maftuah dan Maas, 2010).

Pada lahan gambut, unsur fosfat (P) terdapat dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Mikoriza yang berasosiasi dengan tanaman cabai dapat meningkatkan penyerapan P tersedia dan penyerapan unsur hara makro dan mikro yang berdampak pada pertumbuhan vigor tanaman yang lebih baik dibanding tanpa mikoriza (Sastrahidayat, 2011). Simbiosis tanaman dengan mikoriza dapat mengendalikan patogen akar maupun patogen yang menginfeksi pada bagian pucuk (*shoot*) melalui mekanisme pengimbasan ketahanan tanaman (Gianinazzi *et al.*, 2010); memproduksi zat pengatur tumbuh yang dapat meningkatkan perkembangan sistem perakaran tanaman (Agarwal dan Sah, 2009); meningkatkan vigor tanaman, produksi senyawa kimia yang bersifat antimikroba dan peningkatan aktivitas mikroba rhizosfer yang bermanfaat (Jaderlund *et al.*, 2008; Suharti, 2011). Dilaporkan bahwa mikoriza berperan dalam mengendalikan penyakit pada tanaman cabai merah yaitu *Colletotrichum capsici* (Marlina *et al.*, 2010) dan penyakit layu *Verticillium dahliae* (Goicoechea *et al.*, 2010).

Respon ketahanan tanaman bermikoriza terhadap infeksi patogen dapat berupa respon kimiawi seperti terjadinya peningkatan produksi senyawa asam salisilat, ekspresi gen pertahanan, peningkatan ethylene dan metilasi DNA dalam akar, induksi enzim-enzim hidrolitik, peningkatan tingkat PR-protein, akumulasi

kandungan phenolik, fitoalexin, kalose, kitinase dan spesies oksigen reaktif (Blilou *et al.*, 2000; Larose *et al.*, 2002; Suswati *et al.*, 2011). Selain itu, dapat berupa respon struktural yang menyebabkan terjadinya perubahan morfologi inang melalui penebalan dinding sel, lignifikasi, produksi polisakarida, penebalan lapisan kutikula pada bagian luar epidermis yang berfungsi melindungi tanaman dari infeksi patogen maupun senyawa-senyawa toksin, dan sistem pembuluh yang lebih kuat meningkatkan aliran nutrisi mengakibatkan kekuatan yang lebih pada tanaman bermikoriza dan mengurangi masuknya patogen (Serrano *et al.*, 2014). Terbentuknya respon ketahanan tersebut akibat induksi ketahanan atau ketahanan terimbas.

Potensi mikoriza indigenus tersebut masih perlu ditingkatkan efektivitasnya melalui teknik kultur *trapping* untuk memacu perkembangbiakan spora dalam tanah. Produksi spora mikoriza vesikula arbuskula yang baik dan dalam jumlah yang cukup dapat menggunakan sumber inokulum langsung dari lapangan dan cara kultur *trapping* (Delvian, 2007). Pada kondisi tertentu, selektivitas sejumlah spesies mikoriza dipengaruhi oleh tanaman inang atau kultur *trapping* (Liu dan Wang, 2003). Pemanfaatan abu hasil pembakaran gulma sebagai amelioran bertujuan untuk mengoptimalkan peran mikoriza dalam memperbaiki kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah gambut (Norhasanah, 2012). Abu hasil pembakaran serasah tanaman dapat meningkatkan pH tanah dan suplai unsur-unsur hara terutama P, Ca, Mg, K dan N (Nurita dan Jumberi, 1997).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas mikoriza indigenus pada pengimbasan ketahanan tanaman cabai merah terhadap penyakit antraknosa, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas tanaman cabai merah khususnya di lahan gambut. Penelitian ini sangat penting sebagai salah satu alternatif pengelolaan kesuburan tanah gambut, peningkatan kesehatan dan produktivitas tanaman pada budidaya pertanian yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian berlokasi di lahan gambut di kecamatan Sebangau, Palangka Raya, provinsi Kalimantan Tengah, Laboratorium Mikologi Faperta UB dan Laboratorium MIPA UB, Malang. dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Desember 2013. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial, yaitu terdiri dari dua faktor perlakuan dengan tiga ulangan. Faktor pertama yang dicobakan adalah aplikasi mikoriza indigenus (M) terdiri dari 2 taraf yaitu: M0 (tanpa mikoriza), M1 (aplikasi mikoriza), dan faktor ke 2 adalah dosis abu gulma (A) terdiri dari 4 taraf yaitu: A0 (tanpa abu), A1 (abu 200 g), A2 (abu 250 g), A3 (abu 300g).

Penanaman Tanaman Trapping, Aplikasi Mikoriza dan Abu, Penanaman Bibit Cabai

Petak percobaan berukuran 3 m x 2 m, tinggi 30 cm. Jarak antar petakan 50 cm dan jarak antar blok 100 cm. Penanaman tanaman *trapping* kacang panjang (varietas Kanton Tavi) dilakukan selama satu bulan sebelum penanaman bibit cabai merah (varietas Arimbi). Sebanyak 100 g lubang⁻¹ propagul mikoriza indigenus dari gambut sungai (*backswamp*) diberikan pada petak perlakuan mikoriza. Tiga biji benih kacang panjang dimasukkan pada lubang tanam, bersamaan dengan aplikasi abu gulma sesuai dosis perlakuan. Setelah satu bulan tanaman *trapping* dipotong pada pangkal batang dengan menyisakan bagian perakaran. Dua hari kemudian bibit cabai merah yang berumur 4 minggu (berdaun 4 helai) ditanam dengan jarak tanam 50 cm x 40 cm. Pemeliharaan tanaman cabai merah dilakukan hingga panen.

Variabel Pengamatan.

1). Intensitas serangan penyakit antraknosa. Perhitungan intensitas serangan penyakit antraknosa diadopsi dari Hermanto *et al.* (2004).

2). Kandungan fenol total. Sebanyak 10 g daun cabai dicuci bersih dan diekstraksi dengan

ethanol 80%, disaring dan dikeringkan di atas penangas air. Hasil ekstrak dilarutkan dengan 50 ml air dan diaduk. Sebanyak 10 ml ekstrak ditambahkan 0.5 ml NaOH 8% dan 1 ml pereaksi (campuran 150 ml asam sulfanilat 7.64% dalam NaOH 8%, ditambahkan 30 ml H₂SO₄ dan 150 ml NaNO₂ 4.8% yang sudah didinginkan pada suhu 10°C selama 30 menit). Campuran dibiarkan selama 30-40 menit sampai terbentuk warna, selanjutnya dianalisis dengan *Spektrofotometer U-Vis (Thermo Spectronic)* pada panjang gelombang 360 nm.

3). *Ketebalan Kutikula*

Pengamatan kutikula dengan prosedur preparat semi permanen. Spesimen buah cabai segar dan yang bergejala antraknosa difiksasi dengan larutan FAA, kemudian diiris dengan hati-hati menggunakan mikrotom. Irisan diambil dengan kuas dan direndam selama 5-10 menit dalam larutan aquades dan safranin 1%. Beberapa irisan diletakkan pada *objek glass*, ditetesi dengan gliserin dan diamati di bawah mikroskop.

4). *Populasi Spora Mikoriza*

Perhitungan jumlah spora mikoriza dilakukan dengan terlebih dahulu mengekstraksi sampel tanah dengan metode penyaringan dan sentrifugasi menurut Brundrett *et al.* (1996). Pemisahan spora dari bahan organik dilakukan secara manual dengan menggunakan mikroskop binokuler *Olympus SZ Series (61)*. Perhitungan jumlah spora mengacu pada metode yang digunakan Daniels dan Skipper (1982) dalam Muhibuddin (2006).

4). *Infeksi Akar*

Akar dicuci bersih kemudian direndam dalam larutan KOH 10% sampai berwarna putih atau kuning bening. Dibuat 20 potongan akar yang berukuran panjang 1 cm, selanjutnya diwarnai mengikuti metode Phyllip dan Hyman (1970) dalam Setiadi dan Setiawan (2011). Pengamatan infeksi akar menggunakan mikroskop cahaya (*Olympus BX 41*) dengan perbesaran 100-400 kali pada setiap potongan akar untuk melihat ada tidaknya struktur

kolonisasi mikoriza versikula arbuskula yang ditandai minimal oleh satu struktur yaitu hifa internal, spora, arbuskula dan vesikula. Persentase akar terinfeksi dihitung mengikuti Giovannety dan Mosse (1980) dalam Setiadi dan Setiawan (2011). Kategori tingkat infeksi (kolonisasi) mikoriza mengikuti Bethlenfalvay dan Yoder (1981) dalam Suciatmih (2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peran fenol, dan kutikula terhadap intensitas serangan penyakit antraknosa

Respon ketahanan tanaman terhadap penyakit antraknosa akibat perlakuan aplikasi mikoriza indigenus ditunjukkan dengan terjadinya pengurangan intensitas serangan penyakit antraknosa akibat meningkatnya kandungan fenol total tanaman dan penebalan kutikula pada buah cabai merah (Tabel 1).

Aplikasi mikoriza dan dosis abu 250 g tanaman⁻¹ mampu menekan intensitas serangan penyakit antraknosa sebesar 49,20%, bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa introduksi mikoriza dan tanpa pemberian abu (Tabel 1).

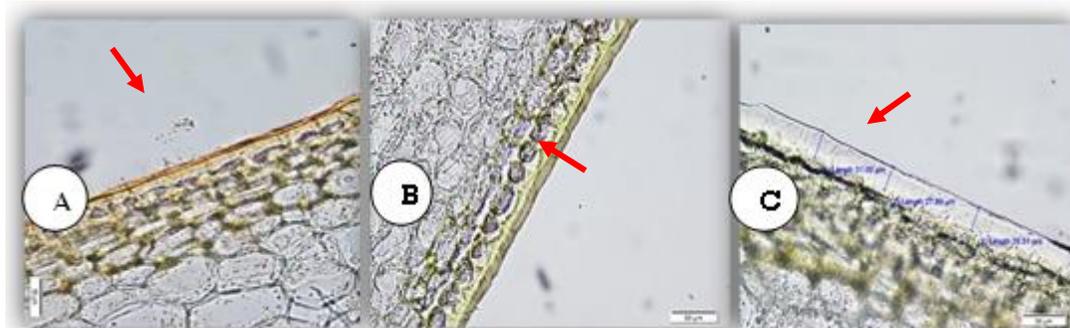
Meningkatnya ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit antraknosa berhubungan dengan meningkatnya kandungan fenol total tanaman dan ketebalan kutikula buah cabai. Pada perlakuan mikoriza dan pemberian abu 250 g tanaman⁻¹ menunjukkan kandungan fenol total sebesar 68,4% dan peningkatan ketebalan kutikula tertinggi sebesar 49,8% dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Respon ketahanan struktural tanaman terjadi karena pengimbasan ketahanan oleh mikoriza sehingga dapat menekan perkembangan penyakit antraknosa pada cabai merah. Kutikula merupakan ketahanan struktural yang dipengaruhi oleh sifat morfologi dan anatomi, semakin tebal kutikula maka patogen akan sulit melakukan infeksi (Gambar 1).

Tabel 1. Pengaruh mikoriza indigenus dan dosis abu terhadap kandungan fenol total, ketebalan kutikula, intensitas penyakit antraknosa, perkembangan populasi spora dan infeksi akar tanaman cabai merah

Perlakuan	Intensitas Serangan Antraknosa (%)	Kandungan Fenol Total (%)	Ketebalan Kutikula (µm)	Populasi Mikoriza (spora)		Pesentase infeksi akar (%)
				0 hst	60 hst	
Tanpa Mikoriza, tanpa abu	37.93 b	0.37 a	13.37 a	215 b	194 a	16.67 a
Tanpa Mikoriza, abu 200 g	34.65 ab	0.71 d	17.73 b	220 bc	207 b	20.00 a
Tanpa Mikoriza, abu 250 g	33.29 ab	0.47 c	18.85 b	209 b	210 b	18.33 a
Tanpa Mikoriza, abu 300 g	32.13 ab	0.86 f	21.92 c	158 a	192 a	26.67 a
Mikoriza, tanpa abu	26.81 ab	0.43 b	17.55 b	228 c	242 d	46.67 b
Mikoriza, abu 200 g	25.31 ab	0.92 g	20.36 c	220 bc	234 c	51.67 bc
Mikoriza, abu 250 g	19.27 a	1.17 h	26.63 d	314 e	402 f	65.00 c
Mikoriza, abu 300 g	25.37 ab	0.74 e	22.26 c	262 d	326 e	56.67 bc

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada tingkat kepercayaan 95%



Gambar 1. Kenampakan mikroskopis lapisan kutikula buah cabai merah pada perlakuan aplikasi mikoriza indigenus dan abu di lahan gambut. A. buah terserang antraknosa; B. buah pada perlakuan tanpa mikoriza dan tanpa abu; C. buah pada perlakuan mikoriza dan abu 250 g

Kolonisasi mikoriza menginduksi resistensi lokal dan sistemik tanaman cabai merah terhadap infeksi *C. capsici* penyebab penyakit antraknosa melalui mekanisme ketahanan terimbas atau induksi ketahanan, menyebabkan perubahan seperti terjadinya stimulasi biokimia yaitu peningkatan fenil propanoid dalam jaringan inang (Hoeksema, 2010). Dapat diasumsikan bahwa aplikasi mikoriza indigenus asal tanah gambut pada rizosfer tanaman cabai merah mampu menginduksi ketahanan sistemik pada daun, cabang, ranting dan buah cabai merah terhadap

penyakit antraknosa. Menurut Faizah *et al.* (2012) terdapat korelasi positif antara ketahanan biokimia (akumulasi asam salisilat, fitoaleksin, fenol) dan ketahanan struktural seperti panjang sel palisade, lapisan lilin (kutikula), kutin dan ketebalan trikhoma. Meningkatnya kandungan fenol total dan penebalan kutikula buah, dapat mengurangi intensitas penyakit antraknosa. Huang *et al.* (2003) dan Suswati *et al.*, (2011) yang menyatakan bahwa setelah dikolonisasi oleh mikoriza senyawa fenol akan terakumulasi pada tanaman..

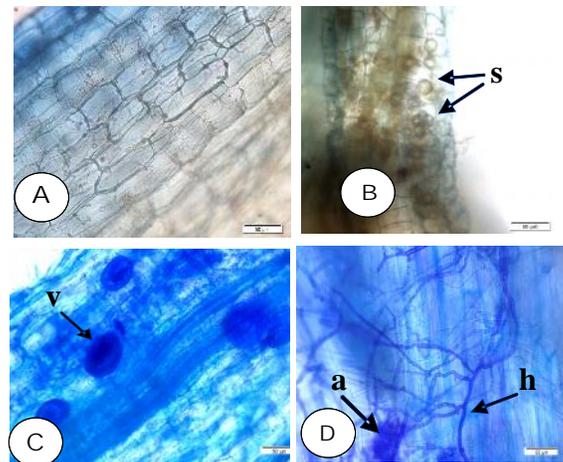
Pengaruh aplikasi mikoriza dan abu pada perkembangan populasi spora mikoriza dan infeksi akar

Aplikasi mikoriza indigenus dan abu memberikan pengaruh yang berbeda terhadap perkembangan populasi spora mikoriza dan infeksi akar. Perkembangan populasi spora mikoriza (0 dan 60 hari) dan persentase infeksi akar pada akhir periode tanam cabai (90 hari) ditunjukkan pada Tabel 1. Terjadi peningkatan populasi mikoriza baik pada umur 0 hst maupun pada umur tanaman 60 hst, yang diikuti dengan tingginya infeksi akar pada tanaman cabai. Aplikasi mikoriza indigenus dan dosis abu 250 g tanaman⁻¹ menunjukkan tingkat infeksi akar lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya dengan kategori infeksi tergolong tinggi.

Tingginya infeksi akar berkaitan dengan kemampuan mikoriza berkembang lebih baik. Terlihat dari meningkatnya populasi mikoriza seiring dengan meningkatnya dosis abu pada perlakuan aplikasi mikoriza. Astiko (2013) dan Kato dan Miura (2008), menyatakan bahwa penambahan bahan organik dapat memicu perkembangan jasad renik yang ada di dalam tanah, termasuk pada populasi mikoriza. Hasil pengamatan secara mikroskopis, beberapa struktur yang ditemukan pada akar terinfeksi antara lain, yaitu hifa, arbuskula, spora, dan vesikula (Gambar 2). Menurut Setiadi dan Setiawan (2011), dengan adanya satu atau lebih struktur tersebut pada jaringan akar, maka dapat dipastikan telah terjadi infeksi oleh mikoriza vesikula arbuskula.

Ditemukannya infeksi akar pada perlakuan tanpa introduksi mikoriza mengindikasikan bahwa sebelum dilakukan introduksi sudah terdapat mikoriza indigenus pada habitat tersebut. Pemberian abu gulma secara tunggal belum mampu meningkatkan aktifitas mikoriza secara optimal, sehingga ketika dilakukan introduksi mikoriza indigenus yang berasal dari tanah gambut sungai (*back swamp*) terjadi peningkatan yang nyata terhadap populasi spora mikoriza dan persentase akar terinfeksi.

Simbiosis antara mikoriza dengan akar tanaman cabai merah sudah terjadi pada fase vegetatif sebelum tanaman berumur 60 hari. Perkembangan populasi mikoriza dalam tanah dapat terjadi segera setelah jamur berhasil menginfeksi perakaran tanaman.



Gambar 2. Kenampakan akar tanaman cabai merah yang terinfeksi mikoriza pada perlakuan aplikasi mikoriza dan dosis abu. **A** : Penampang akar tanaman cabai merah yang tidak terinfeksi mikoriza; **B-D** : Akar yang terinfeksi mikoriza, **a** (arbuskula), **v** (vesikel), **s** (spora), **h** (hifa).

Setelah menginfeksi jaringan tanaman inang, maka mikoriza akan mendapat suplai karbon dari tanaman inang, selanjutnya karbon yang didapat oleh mikoriza menjadi faktor utama dalam aktivitas perkembangan biakannya. Sebaliknya, tanaman yang terinfeksi akan mendapatkan keuntungan melalui meningkatnya penyerapan hara, air dan mineral dari dalam tanah, dan selanjutnya akan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hal ini berarti bahwa simbiosis antara tanaman dan mikoriza harus terjadi terlebih dahulu agar dapat terjadi perkembangbiakan jamur mikoriza (Muhibuddin, 2006).

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian adalah, bahwa aplikasi mikoriza indigenus dengan penambahan dosis abu gulma dapat mengimbas ketahanan tanaman cabai merah terhadap penyakit antraknosa berupa ketahanan struktural dan kimiawi, terjadi peningkatan populasi spora mikoriza seiring dengan tingginya infeksi akar tanaman cabai merah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai melalui dana BPPDN Dirjen Dikti, Kementerian Pendidikan Tinggi dan Ristek RI serta bantuan dana penelitian dari Rektor Universitas Palangka Raya, merupakan bagian dari penelitian Disertasi penulis pada Program Doktor Ilmu Pertanian Universitas Brawijaya, untuk itu disampaikan terimakasih atas bantuan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, P dan Sah, P. 2009. Ecological Importance of Ectomycorrhizae in World Forest Ecosystems. *Nature and Science* 7(2): 107-116. ISSN 1545-0740.
- Akbar, A. dan Priyanto, E. 2008. Dampak pembakaran terkendali pada ladang terhadap produktifitas lahan di rawa gambut. *Dalam: Udiansyah et al. (Eds.). Prosiding seminar Optimasi Tata Kelola Kehutanan untuk Mendukung Rehabilitasi Hutan Rawa Gambut*. Balai Penelitian Kehutanan Banjarbaru, Palangka Raya, 30 Oktober 2008. pp 131-150.
- Astiko, W. 2013. Peranan mikoriza indigenus pada pola tanam berbeda dalam meningkatkan hasil kedelai di tanah berpasir (Studi kasus di lahan kering Lombok Utara). Disertasi. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Malang. 210 hal.
- Blilou, I., Ocampo, J.A., dan García-Garrido, J.M. 2000. Induction of *Ltp* (*Lipid transfer protein*) and *Pal* (*Phenylalanine ammonia-lyase*) gene expression in rice roots colonized by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *J ExpBot* 51:1969–1977
- Burhanuddin. 2011. Asosiasi Jamur Mikoriza Arbuskula dengan Perepat (*Combretocarpus rotundatus* Miq) dan Jelutung (*Dyera lowii* Hook) di Lahan Gambut. Disertasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 221p
- Delvian. 2007. Penggunaan asam humik dalam kultur *trapping* cendawan mikoriza arbuskula dari ekosistem dengan salinitas tinggi. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* 9 (2) : 124-129
- Faizah, R., Sujiprihati, S., Syukur, M., dan Hidayat, S. H. 2012. Ketahanan biokimia tanaman cabai terhadap Begomovirus penyebab penyakit daun keriting kuning. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 8 (5) : 138-144
- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M.N., van Tuinen, D., Redecker, D. dan Wipf, D. 2010. Agroecology : the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* 20 : 519-530
- Goicoechea, N, Garmendia, I, Sánchez-Díaz, M., dan Aguirreolea, J. 2010. Review.Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) as bioprotectoragents against wilt induced by *Verticillium* spp.in pepper.Spanish Journal of Agricultural Research 8(S1), S25-S42
- Hermanto, D.D., Abadi, A.L., dan Aini, L.Q. 2004. Pengujian Beberapa Isolat *Bacillus megaterium* dan *Bacillus subtilis* Sebagai Agens Hayati Penyakit Antraknosa (*Gloeosporium piperatum* Syd.) Ell. Et Ev. Pada Cabai Besar (*Capsicum annum*) . Hal 209-227. *Dalam* : Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia, Komda Jatim Bagian Barat dan Universitas Brawijaya, Malang 21 Februari 2004.

- Hoeksema J.D., Chaudhary, V.B., Gehring, C.A., Johnson, N.C., Karst, J., Koide, R.T., Pringle, A., Zabinski, C.J.D., Moore, J.C., Wilson, G.W.T., Klironomos, J.N. and Umbanhowar, J. 2010. A meta-analysis of context-dependency in plant response to inoculation with mycorrhizal fungi. *Ecol. Lett.* 13 : 394-407
- Huang, J., Luo, S., and Zeng, R. 2003. Mechanisms of plant disease resistance induced by arbuscular mycorrhizal fungi. [Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.](#) 14 (5): 19-22.
- Jaderlund, L., Arthurson, V., Granhall, U., and Jansson, J.K. 2008. Specific interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria : as revealed by different combination. *FEMS Microbiol Lett* 287 : 174-180
- Kato, K., and Miura, N. 2008. Effect of matured compost as a bulking and inoculating agent on the microbial community and maturity of cattle manure compost. *Bioresour Technol.* 99: 3372-3380.
- Larose, G., Chenevert, P., Moutoglis, S. Gagne, Piché and Vierheilig, H. 2002. Flavonoid levels in roots of *Medicago sativa* are modulated by the developmental stage of the symbiosis and the root colonizing arbuscular mycorrhizal fungus. *J Plant Physiol* 159:1329-1339.
- Limin, S.H. 2004. Kondisi hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah dan strategi pemulihannya. *Di dalam* A.P. Tampubolon, T.S. Hadi, W. Wardani dan Norliani [Editor]. Kesiapan Teknologi untuk Mendukung Rehabilitasi Hutan dan Lahan Rawa Gambut di Kalimantan Tengah. Prosiding Seminar Ilmiah. Palangkaraya, 12 Mei 2004. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Kehutanan. Yogyakarta. pp 1 – 14.
- [Liu, R and Wang, F. 2003.](#) Selection of appropriate host plants used in trap culture of arbuscular mycorrhizal fungi. (Abstrak). *Mycorrhiza* 13(3):123-127
- Maftu'ah, E. dan Maas, A. 2010. The role of mycorrhiza arbuskula vesikula (VAM) on Idle peat land rehabilitation. Proceedings of Palangkaraya International Symposium and Workshop on Tropical Peatland Management, Palangkaraya, Indonesia, 10-11 Juni 2010 "The Proper Use of Tropical Peatland". p 119-124
- Marlina, Susanna, dan Kausa, CMF. 2010. Kemampuan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dalam Menekan Perkembangan *Colletotrichum capsici* Penyebab Antraknosa pada Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains* 12 (2) : 37-42.
- Muhibuddin, A. 2006. Model matematik populasi Vesicular Arbuscular Mycorrhizae pada pergiliran tanaman jagung dan kedelai di Jatikerto, Malang. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang. 97 hal.
- Norhasanah. 2012. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabe Rawit (*Capsicum frutescens* Linn.) Varietas Cakra Hijau terhadap Pemberian Abu Sekam Padi pada Tanah Rawa Lebak. *Agroscientiae* 19 (1) : 1-5
- Nurita dan A., Jumberi, 1997. Pemupukan KCl dan abu sekam pada padi gogo di tanah podsolik merah kuning. *Dalam* Prosiding Seminar Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Menyongsong Era Globalisasi (Buku 1). Peragi Komisariat Kalimantan Selatan. Banjarbaru. pp 215.
- Prinata, R. E. 2012. Pemanfaatan Beberapa Pestisida Nabati dan Pupuk Organik Cair untuk Mengendalikan Hama *Bractocera dorsalis* dan penyakit *Colletotrichum capsici* pada tanaman cabai. Skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya
- Sasli, I. 2008. Perbaikan Daya Adaptasi Bibit, pertumbuhan, dan Kualitas Tanaman Lidah Buaya dengan Abu Janjang Kelapa

- Sawit, Mikoriza, dan Pemupukan di Tanah Gambut. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Sastrahidayat, I.R. 2011. Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza dalam Meningkatkan Produksi Pertanian. Universitas Brawijaya Press. Malang. 237p
- Semangun, H. 2000. Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Serrano, M., Coluccia, F., Torres, M., L'Haridon, F., and Métraux, J.P. 2014. The cuticle and plant defense to pathogens. *Frontiers in Plant Science* June 2014 Vol. 5 Article 274 : 1-8
- Setiadi, Y., dan Setiawan, A. 2011. Studi status fungi mikoriza arbuskula di areal rehabilitasi pasca penambangan nikel (Studi kasus PT INCO Tbk. Sorowako, Sulawesi Selatan). *Jurnal Silvikultur Tropika* 3 (1): 88-95
- Suciatmih. 2003. Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Status of Plant Species in the Peat Swamp Forest of Setia Alam Jaya, Sebangau, Central Kalimantan. *Berk. Penel. Hayati* (9): 13-17
- Suharti, N., Habazar, T., Nasir, N., Dachryanus, dan Jamsari. 2011. Induksi ketahanan tanaman jahe terhadap penyakit layu *Ralstonia solanacearum* Ras 4 menggunakan fungi mikoriza arbuskular indigenus. *J. HPT Tropika* 11 (1) : 102 - 111
- Suprihatno, B., Prayudi, B., dan Sutikno, H. 2000. Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Tanaman Pangan. *Dalam : Daryono et al.* (Eds.). *Prosiding Seminar Pengelolaan Hutan Rawa Gambut dan Ekspose Hasil Penelitian di Hutan Lahan Basah, Banjarmasin* 9 Maret 2000. Balai Teknologi Reboisasi Banjarbaru. Pp 55-63
- Suswati, T. Habazar, Husin, E.F., Nasir, N., Putra, D.P., dan Taylor, P. 2011. Senyawa phenolik akar pisang cv. Kepok (*Musa acuminata*) yang diinduksi dengan fungi mikoriza arbuskular indigenus PU10-Glomus sp 1 terhadap penyakit darah bakteri. *Jurnal Natur Indonesia* 13(3): 207-213
- Than, P.P., Prihastuti, H., Phoulivong, S., Taylor, P.W.J., dan Hyde, K.D. 2008. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* spesies (Review). *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 9 (10): 764-778
- Yuwati, T.W, Santosa, B., dan Hermawan, B. 2008. Arbuscular Mycorrhiza Fungi Application for Rehabilitation of Degraded Peat Swamp Forest in Central Kalimantan. *Forestry Research Institute of Banjarbaru, South Kalimantan.*