EKSPLORASI DAN IDENTIFIKASI MIKORIZA DARI BERBAGAI MACAM VEGETASI PADA LAHAN *AGROFORESTRY*

Exploration and Identification of Mycorrhizae from Various Types of Vegetation in Agroforestry

Jessica Maria Purba, Budi Prasetya *

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis korespondensi: budiprasetya@ub.ac.id

Abstract

Soil fertility degradation has been accelerated by the heavy use of inorganic fertilizers for a long time, especially in agroforestry lands of Sumbermanjing Wetan, Malang, East Java. This study was aimed to find out arbuscular mycorrhizae that can be used for improving soil fertility. This study was conducted by purposive random sampling continued by randomized block design with the measured variables were basal area, canopy, number of spores, percentage of root mycorrhizal colonization, soil pH, soil C-organic, available P, litterfall, and types of spores. The results showed that the most common type of spore found was *Glomus* sp. The spore populations depended on vegetation and were most commonly found in *Albicia falcataria*. The soil pH of agroforestry land ranged from 5.1 to 5.4, organic carbon content ranged from 3.43 to 4.04%, and available P content ranged from 7.7-9.9 kg P₂O₅ ha⁻¹. Vegetation affected the soil physicochemical and biological properties.

Keywords: *agroforestry, arbuscular mycorrhizae, colonization*

Pendahuluan

Upaya peningkatan produksi tanaman dengan pengelolaan yang intensif melalui pemberian pupuk kimia adakalanya tidak meningkatkan produksi seperti yang diharapkan, dan bahkan dapat mengalami penurunan produksi. Gejala ini disebabkan oleh degradasi kesuburan tanah akibat praktek pemupukan yang hanya bertumpu pada pemberian pupuk anorganik dengan jenis dan dosis yang tidak rasional. Degradasi kesuburan tanah dicirikan oleh rendahnya kandungan bahan organik dan unsur hara dalam tanah, pada kondisi semacam ini sifat fisik, kimia dan biologi tanah menjadi kurang baik (Dewi *et al.*, 2014). Akibatnya sisa-sisa pupuk yang tidak terserap oleh akar tanaman terakumulasi dalam tanah dan mempengaruhi kondisi fisik, kimia, serta biologi tanah (Subowo, 2011).

Produktivitas tanah sebagai daya dukung terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman di atasnya dapat menurun akibat rendahnya

kesuburan tanah. Apabila kondisi seperti ini tidak diatasi akan terjadi *levelling off*, yaitu kondisi dimana penambahan input hara tidak lagi mampu meningkatkan produksi tanaman (Djamhari, 2009). Peningkatan pemakaian pupuk buatan dan pestisida terkadang menimbulkan masalah bagi lingkungan. Seiring dengan berkembangnya kesadaran tentang pertanian berkelanjutan, makin disadari pentingnya pemanfaatan bahan organik dalam pengelolaan hara di dalam tanah.

Mikoriza Arbuskular (MA) merupakan salah satu mikroorganisme tanah yang membantu dalam siklus unsur hara (Muryati *et al.*, 2016). Struktur hifa yang panjang dan halus dapat menjelajah ke dalam tanah untuk menyerap air, unsur hara makro, dan mikro yang tidak dapat dijangkau oleh akar (Simanungkalit, 2006). Simbiosis MA dengan tanaman simbiotiknya dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit akar (Varma *et al.*, 2018). Menurut Brundrett (2004), keberadaan

MA dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti tanaman simbiosis, jamur MA itu sendiri, dan jenis tanah.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari keragaman MA dan kolonisasinya pada akar tanaman kopi (*Coffea arabica*), gamal (*Gliricidia sepium*), sengon (*Albizia falcataria*), dan sakao (*Theobroma cacao* L.), serta mempelajari perbedaan sifat fisiko-kimia tanah pada 4 vegetasi tersebut.

Bahan dan Metode

Lokasi dan waktu

Penelitian ini terdiri dari observasi lapang dan Analisa laboratorium. Observasi lapang dilaksanakan di lahan *Agroforestry*, Desa Argotirto, Sumbermanjing Wetan, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Tepatnya terletak di titik geografis 8°15'57"S dan 112°41'30"E. Observasi dilaksanakan pada bulan Juli hingga Agustus 2020. Analisis Laboratorium dilaksanakan di laboratorium biologi, kimia dan fisika tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Waktu pelaksanaan analisis laboratorium pada bulan Agustus hingga Oktober 2020.

Rancangan penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap yaitu observasi lapang dan analisis laboratorium. Observasi lapang dilakukan dengan mengamati lokasi penelitian yang terdapat beberapa jenis tanaman yaitu : Kopi (*Coffea arabica*), Gamal (*Gliricidia sepium*), Sengon (*Albizia falcataria*), dan

Kakao (*Theobroma cacao* L.). Metode yang digunakan adalah *purposive random sampling* yang ditujukan untuk mengambil sampel tanah dan sampel akar dari 4 jenis vegetasi. Selain itu juga dilakukan analisis fisiko-kimia tanah dengan metode rancangan acak kelompok dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan. Setiap perlakuan terdapat titik sampling plot (20 x 20 m) dengan 5 ulangan, sehingga total keseluruhan terdapat 20 plot penelitian.

Survei lapangan dan pengambilan sampel penelitian

Survei lapangan dilakukan untuk melihat dan mengamati kondisi aktual di lahan. Lahan yang sudah ditentukan titik pengamatannya, dilanjutkan dengan menentukan plot penelitian berdasarkan keadaan vegetasi yang ada di lahan. Tahap ini juga dilakukan pengukuran luas bidang dasar (LBD). Perhitungan LBD dilakukan sesuai dengan dasar metode dari Buonocore *et al.* (2019). Selain pengukuran LBD, juga dilakukan pengukuran ketebalan seresah. Pengukuran ini dilakukan untuk melihat tingkat C-organik dalam mempengaruhi keberadaan MA.

Tahap selanjutnya dilakukan pengambilan sampel tanah dan akar. Tahapan ini dilakukan dengan metode *purposive random sampling* yang telah diatur dalam rancangan penelitian. Pengambilan sampel tanah dan akar ini dilakukan untuk menghitung jumlah spora dan kolonisasi akar MA. Pengambilan sampel dilakukan dengan penggalan tanah pada kedalaman 0-20 cm (Gustian and Herawatiningsih, 2015).

Gambar 1. Sketsa pengambilan sampel dan pengamatan plot penelitian. Keterangan : setiap plot merupakan tatanan *agroforestry*. Lambang yang diberi tanda lingkaran merupakan titik pengamatan dan sampel setiap vegetasi yang ditemukan.

Pengamatan jumlah spora dan identifikasi mikoriza

Pengamatan jumlah spora dilakukan atas beberapa tahapan, antara lain: ekstraksi, isolasi, dan identifikasi spora. Sampel yang digunakan Gamal (*Gliricidia sepium*), sengon (*Albizia falcataria*), dan kakao (*Theobroma cacao* L.). Proses ekstraksi, isolasi, maupun identifikasi dilakukan dengan metode dasar dari Samsi *et al.* (2017).

Pengamatan kolonisasi akar oleh mikoriza

Pewarnaan akar mengacu pada metode Dewi *et al.* (2014) dengan beberapa tahapan antara lain (1) sampel akar dicuci 3 kali sampai bersih dengan air dan potong akar sepanjang ± 1 cm, (2) akar direndam dalam KOH 10% pada suhu 90°C selama 2 jam, (3) selanjutnya dibilas 4 kali untuk menghilangkan sisa KOH yang menempel pada akar, (4) setelah dicuci bersih kemudian diberikan HCL 5% selama 3 menit, (5) menuangkan zat pewarna 0,05% *trypan blue* dan didiamkan selama 24 jam, (6) kemudian diletakkan berjajar pada gelas objek dengan setiap 10 potong akar ditutup dengan sebuah *cover slip*, (9) mencatat data hasil pengamatan, selanjutnya (10) dilakukan perhitungan kolonisasi mikoriza (Samsi *et al.*, 2017). Presentase kolonisasi akar dihitung dan dicocokkan dengan menggunakan persamaan Hadianur *et al.* (2016) berikut ini:

$$\% \text{ Kolonisasi MA} = \frac{\text{Jumlah MA dalam akar}}{\text{Jumlah keseluruhan akar}}$$

Tabel 1. Kriteria efektivitas derajat kolonisasi mikoriza

No.	Derajat Kolonisasi (%)	Kriteria
1.	0-5	Sangat rendah
2.	>5-25	Rendah
3.	>25-50	Sedang
4.	>50-75	Tinggi
5.	>75-100	Sangat tinggi

Analisis fisio-kimia tanah

Analisis fisio-kimia tanah dilakukan untuk menentukan perbedaan sebaran mikoriza disetiap vegetasi yang diteliti. Sifat fisio-kimia yang dianalisis meliputi pH, C-organik, Serapan

P pada akar. Variabel yang telah disebutkan dianalisis dengan mengikuti metode dasar dari Balai Penelitian Tanah (2009).

Analisis data

Data yang disajikan adalah nilai rata-rata $\pm$ standart eror. Semua data yang dikumpulkan dilakukan analisis ragam (*Analysis of Variance*). Data yang menunjukkan adanya pengaruh nyata, selanjutnya dilakukan uji *Tukey* (5%), kemudian dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara pH, jumlah seresah, kerapatan tajuk, luas bidang dasar dengan jenis dan jumlah spora spora. Selain itu juga dilakukan uji korelasi antara jumlah spora, kolonisasi MA pada akar dengan kadar P pada akar tanaman.

Hasil dan Pembahasan**Karakteristik plot**

Analisis ragam perhitungan luas bidang dasar dan kerapatan kanopi memiliki $p < 0.05$. Data menunjukkan bahwa luas bidang dasar dan kerapatan kanopi berpengaruh nyata terhadap keberadaan spora. Hasil pengukuran, diperoleh LBD tertinggi pada lahan sengon yaitu sebesar 37 cm². Luas bidang dasar (LBD) pada berbagai vegetasi yang diamati menunjukkan perbedaan nyata (Gambar 2A). hasil pengamatan menunjukkan LBD tertinggi dari tanaman sengon dengan nilai 37 cm². Nilai LBD pada setiap vegetasi berbeda-beda tergantung dengan umur dan kecepatan tumbuh. Sengon menduduki tingkat pertama dengan kecepatan tumbuh yang cepat dan perilakunya yang menyerap hara dan air lebih besar dibanding yang lain membuat Sengon lebih unggul dibanding vegetasi lain. Analisis ragam pada kerapatan tajuk juga menunjukkan perbedaan yang nyata (Gambar 2B). berdasarkan hasil pengamatan, setiap vegetasi yang diuji memberikan rata-rata kerapatan dalam kategori jarang. Hal ini berdasarkan klasifikasi Sallata (2013) yang membagi atas 3 kategori, dan sengon menduduki kategori yang sedang karena kerapatan kanopinya menunjukkan tingkat 40%, dan yang lain masuk dalam kategori rendah kurang dari 40%. Tinggi pohon, jumlah pohon dan luas bidang dasar merupakan penjabaran dari diameter yang mencerminkan kerapatan tegakan, volume tegakan mencerminkan massa

kayu dan luas tajuk yang merupakan penjabaran dari diameter tajuk dapat menggambarkan produksi buah dan semai suatu tegakan (Sudomo dan Handayani, 2013).

Gambar 2. Karakteristik plot: (A) luas bidang dasar (LBD); (B) kerapatan kanopi; (C) jumlah seresah. Nilai yang tersaji adalah nilai rata rata + SD dengan 3 ulangan. Notasi dengan huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata ($p > 0,05$).

Kerapatan pohon tersebut menurut Sallata (2005) dapat diketahui melalui besarnya luas bidang dasar tegakan. Selain itu, ketebalan seresah yang ada disekitar vegetasi juga mempengaruhi sebaran MA (Nannipieri *et al.* 2003). Hasil menunjukkan bahwa tanaman sengon memiliki ketebalan seresah yang tinggi,

tetapi analisis ragam perhitungan ketebalan ini memiliki hasil berbeda nyata ($p > 0.05$), yang artinya ketebalan seresah tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap sebaran MA dalam tanah.

Karakteristik fisio-kimia tanah

Analisis fisiokimia dilakukan untuk melihat kondisi lingkungan yang ada di lahan sehingga dengan hasil ini dapat menjadi dasar dalam perkembangbiakan MA. Analisis fisiokimia yang dilakukan meliputi pH, C-organik, dan serapan P oleh tanaman. Berdasarkan analisis ragam, pH tidak menunjukkan pengaruh nyata ($p > 0.05$) terhadap sebaran MA dari 4 vegetasi tersebut, sedangkan C-organik dan serapan P menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0.05$) terhadap sebaran MA dari 4 vegetasi tersebut. C-Organik termasuk suatu sistem kompleks dan dinamis, dipengaruhi oleh sisa tanaman dan atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk. C-organik juga dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, kimia.

Putra and Jalil (2015) mengemukakan bahwa pemberian bahan organik ke dalam tanah baik itu dari bahan tanaman atau kotoran hewan dapat menaikkan pH tanah pada tanah masam, dengan jalan menghambat proses hidrolisis dari Al sehingga Al berada pada kondisi tidak tersedia di dalam tanah. Tetapi hasil analisa ragam dari pH tidak menunjukkan beda nyata, maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan rata-rata pH tanah dari kopi, kakao, sengon dan gamal. Jika skala pH adalah 7 maka benda tersebut bersifat netral, tidak asam maupun basa. pH tanah terendah yaitu gamal sebesar 5.187.

Berdasarkan hasil penelitian pH tanah kakao, kopi, sengon, dan gamal termasuk asam karena nilai pH lebih kecil dari 5.5. Setiap jamur memiliki pH optimum yang berbeda untuk perkembangannya. Perkecambahan spora dan perkembangan mikoriza oleh jamur yang berbeda dapat dipengaruhi oleh keragaman pH dalam tanah. *Glomus fasciculatum* dan *Acaulospora laevis* berkembang paling optimal pada tanah masam, tetapi *Glomus mosseae* berkembang paling optimal pada tanah dengan pH netral sampai alkalis (Jin *et al.*, 2013). Keadaan pH inilah yang membuat tingkat P yang dapat diserap oleh tanaman juga berbeda. P tersedia merupakan P

yang siap diambil tanaman yaitu bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} dalam larutan tanah (Harrison, 2005). Tanah disekitar vegetasi Kakao memiliki P-tersedia yang paling tinggi yaitu sebesar 9.930% dibandingkan vegetasi yang lain. Perbedaan yang tidak signifikan atas pH itu juga membuat besar P dari keempat vegetasi memiliki besaran yang tidak terlalu jauh. Hasil serapan P yang ada di setiap vegetasi menunjukkan efektivitas mikoriza dalam menyediakan P untuk tanaman simbiosisnya. Hasil ini tidak sesuai dengan data populasi spora (Gambar 4A). Berdasarkan jumlah spora, sengon memiliki populasi tertinggi, tapi sengon

tidak memiliki tingkat P tertinggi dibandingkan dengan vegetasi lain. Besar kemungkinan terjadi adanya jumlah fosfatase yang berbeda dihasilkan setiap vegetasi. Sesuai dengan pernyataan Dewanti *et al.* (2016), tanaman yang terinfeksi mikoriza dapat menyerap P lebih banyak, tapi itu tergantung pada aktivitas enzim fosfatase asam dan basah. Fosfatase asam sendiri tergantung pada aktivitas mikroorganisme, dalam hal ini adalah mikoriza yang menghasilkan enzim fosfatase. Fosfatase basa dihasilkan dari bahan organik atau akar itu sendiri yang mengekskresi enzim fosfatase untuk menambat P.

Gambar 3. Data Sifat Fisio-kimia tanah dan tanaman: (A) C-organik; (B) pH tanah; (C) P-tersedia dalam tanah; (D) serapan P. Nilai yang tersaji adalah nilai rata rata + SD dengan 3 ulangan. Notasi dengan huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata ($p > 0,05$).

Populasi dan kolonisasi akar

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa populasi berbeda nyata ($p < 0.05$) untuk setiap vegetasi, sedangkan kolonisasi akar tidak menunjukkan beda nyata ($p > 0.05$) untuk setiap vegetasi. Mikoriza memiliki hubungan mutualistik dengan tanaman. Mikoriza memberikan jalan mobilisasi fosfor dan hara mineral lain dalam tanah. Sebagai bentuk keberhasilan asosiasi dapat dilihat dari kolonisasi akarnya. Namun tingkat efektivitas setiap tanaman inang juga berbeda-beda, karena beberapa MA sendiri memiliki spesifikasi dalam

memilih dan berasosiasi dengan jenis tanaman tertentu. Jenis tanaman yang tepat untuk berasosiasi dan kondisi lingkungan akan sangat menentukan tingkat kolonisasi akar, jumlah spora, dan keragaman jenis spora (Harrison, 2005). Berdasarkan hasil analisis, sengon memiliki tingkat kolonisasi tertinggi, yakni sebesar 66,67% dibandingkan vegetasi lain. Jumlah spora yang beragam mengindikasikan bahwa vegetasi mempengaruhi interaksinya. Hasil yang berpengaruh nyata terdapat pada tanaman sengon. Sengon adalah tanaman legum, itu artinya bentuk interaksi “*tripartite*

symbiosis” atau interaksi yang terjadi antara tanaman, *Rhizobium*, dan mikoriza berjalan dengan sangat baik (Chang *et al.*, 2017)

Gambar 4. Mikoriza arbuskular: (A) jumlah spora; (B) kolonisasi akar. Nilai yang tersaji adalah nilai rata rata + SD dengan 3 ulangan.

Notasi dengan huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata ($p>0,05$).

Gambar 5. Kenampakan kolonisasi akar: (A) kakao; (B) gamal; (C) kopi; (D) sengon. Bar = 50 µm.

Identifikasi mikoriza arbuskular

Hasil eksplorasi yang dilakukan pada lahan *agroforestry* di Sumbermanjing Wetan ada 2 genus mikoriza. Hasil pengamatan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa genus pertama yang ditemukan adalah *Glomus*, yang memiliki warna coklat tua, bentuk bulat, ukuran spora 119,74 µm, memiliki 2 struktur dinding, serta lapisan dinding dengan ketebalan sebesar 7,76 µm. Mikoriza kedua yang ditemukan adalah genus *Acaulospora*, yang memiliki warna kuning kehijauan, berbentuk bulan, ukuran spora sebesar 113,87 µm, memiliki struktur dinding sebanyak 3 lapisan, dengan ketebalan sebesar 4,77 µm.

Gambar 6. Identifikasi mikoriza: (A) *Glomus* sp. 5 µm ; (B) *Acaulospora* sp. 5µm. Gambar sebelah kanan adalah hasil identifikasi dinding spora dengan perbesaran 50 µm.

Faktor lokasi dan rhizosfer sangat berpengaruh terhadap keanekaragaman spesies dan populasi mikoriza. Tanah menjadi faktor yang berpengaruh terhadap keberadaan mikoriza. Hal ini dapat terjadi karena setiap jenis tanah memiliki kandungan organik dan pH tanah berbeda sehingga dapat ditemukan spora genus jamur mikoriza yang bervariasi (Yadav *et al.*, 2015). Vegetasi tidak terlalu berpengaruh, karena hampir semua vegetasi ditemukan dua jenis genus yang telah disebutkan. Tanaman sendiri dapat bersimbiosis lebih dari 1 genus MA (Kanno *et al.* 2006). Mengingat jaringan akar menyebar ke segala arah, menjadi peluang dari setiap mikoriza untuk bersimbiosis dengan tanaman.

Kesimpulan

Eksplorasi yang dilakukan memiliki perbedaan jenis dari berbagai vegetasi yang ada di lahan *agroforestry*. Genus yang ditemukan adalah dari genus *Glomus* dan *Acaulospora*. Populasi kedua enus tersebut juga berbeda dari berbagai vegetasi, dimana sengon memiliki populasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan vegetasi yang lain. Bentuk keberhasilan asosiasi jamur dengan akar tanaman dibuktikan dengan adanya kolonisasi akar. Besar kolonisasi tergantung pada fisio-kimia tanah, yakni pH dan C-organik memiliki pengaruh yang besar terhadap keberadaan mikoriza, sehingga serapan P yang ada di setiap vegetasi juga memberikan hasil yang berbeda pula.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf UB *forest* yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

- Balai Penelitian Tanah. 2009. Teknik Dasar Analisis Tanah, Tanaman, dan Pupuk Kimia. Bogor: Balai Penelitian Tanah dan Tanaman.
- Brundrett, M. 2004. Diversity and Classification of Mycorrhizal Associations. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society.
- Buonocore, E., Paletto, A., Russo, G.F. dan Franzese, P.P. 2019. Indicators of environmental performance to assess wood-based bioenergy production: a case study in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production*. 221: 242-248.
- Chang, C., Nasir, F., Ma, L. and Tian, C. 2017. Molecular communication and nutrient transfer of arbuscular mycorrhizal fungi, symbiotic nitrogen-fixing bacteria, and host plant in tripartite symbiosis. In : *Legume Nitrogen Fixation in Soils With Low Phosphorus Availability* (pp169-183). doi:10.1007/978-3-319-55729-8_9
- Dewanti, A.W., Pratiwi, E. dan Nuraini, Y. 2016. Viabilitas dan aktivitas enzim fosfatase serta produksi asamorganik bakteri pelarut fosfat pada beberapa suhu simpan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 3(1): 316-322.
- Dewi, N.K.S., Wirawan, I.G.P. dan Sritamin, M. 2014. Identifikasi mikoriza arbuskula secara mikroskopis pada rhizosfer beberapa jenis rumput-rumputan dan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika* 3(4):259-268.
- Djamhari, S. 2009. Pemupukan dengan bahan organik untuk menuju pertanian yang berwawasan lingkungan Desa Sembalun Lawang, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Rekayasa Lingkungan* 5(3): 225-231.
- Gustian, B. dan Herawatiningsih, R. 2015. Asosiasi fungi mikoriza arbuskula pada *Avicennia spp.* *Jurnal Hutan Lestari* 3(3): 411-422.
- Hadianur, Syafruddin, dan Kesumewati, E. 2016. Effect of fungi arbuskular mycorrhiza on the growth and yield of tomato plants. *Jurnal Agrista* 20(3): 126-134
- Harrison, M.J. 2005. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annual Review of Microbiology* 59(1): 19-42.
- Jin, H., James, J., Germid, H. and, Walley, F.L. 2013. Impact of arbuscular mycorrhizal fungal inoculants on subsequent arbuscular mycorrhizal fungi colonization in pot-cultured field pea (*Pisum Sativum* L.). *Mycorrhiza* 23(1): 45-59, doi: 10.1007/s00572-012-0448-
- Kanno, T., Saito, M., Ando, Y., Macedo, M.C.M., Nakamura, T. and Miranda, C.H.B. 2006. Importance of indigenous arbuscular mycorrhiza for growth and phosphorus uptake in tropical forage grasses growing on an acid, infertile soil from the Brazilian savannas. *Tropical Grasslands* 40: 94-101.
- Sallata, M.K. 2013. Pinus Merkusi (*Pinus Merkusii* Jungh et de Vriese) dan Keberadaannya di Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan. *Info Teknis Eboni*. 10(2):85-98.
- Muryati, S., Mansur, I. dan Budi, S.W. 2016. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7(3):188-197.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M.T., Landi, L., Pietramellara, G. and Renella, G. 2003. Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science* 54(4): 655-670.
- Putra, I. dan Jalil, M. 2015. The effect of organic matter on soil chemical properties on acidic dry land. *Jurnal Agrotek Lestari* 1(1):27-34.
- Samsi, N., Patadungan, Y.S. dan Thaha, A.R. 2017. Isolasi dan identifikasi morfologi spora fungi. e-*Jurnal Agrotekbis* 5(2):204-211.
- Simanungkalit, R.D.M. 2006. Cendawan mikoriza arbuskuler. Dalam: *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Hal 159-190.
- Subowo. 2011. Penambangan sistem terbuka ramah lingkungan dan upaya reklamasi pasca tambang untuk memperbaiki kualitas sumberdaya lahan dan hayati tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 5(2): 83-94.
- Sudomo, A. dan Handayanti, W. 2013. Karakteristik tanah pada empat jenis tegakan penyusun agroforestry berbasis kapulaga (*Amomum*

- compactum* Soland Ex Maton). Jurnal Penelitian Agroforestry 1(1): 1-11.
- Varma, A., Prasad, R. and Tuteja, N. 2018. Mycorrhiza - Nutrient Uptake, Biocontrol, Ecorestoration: Fourth Edition. (12):1-533.
- Yadav, B.K., Akhtar, M.S. and Panwar, J. 2015. Rhizospheric Plant-Microbe Interactions: Key Factors to Soil Fertility and Plant Nutrition. In: Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets (pp. 127-145), Springer.