

Pengaruh Fungi Mikoriza Arbuskula dan Kompos Limbah Kakao terhadap Kolonisasi Mikoriza, dan Pertumbuhan Bibit Kakao pada Ultisol

(The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and compost of cocoa waste on mycorrhiza colonization, and the cocoa seedling growth on Ultisol)

Raina Muzlifa¹, Fikrinda¹, Yadi Jufri^{1*}

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

Corresponding author: yadijufri@unsyiah.ac.id

Abstrak. Ultisol merupakan salah satu tanah marginal yang memerlukan pengelolaan yang tepat untuk meningkatkan kesuburannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan kompos limbah kakao terhadap kolonisasi FMA, dan pertumbuhan bibit kakao pada Ultisol. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial dengan dua faktor perlakuan dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah jenis FMA yaitu tanpa FMA (F_0), *Glomus* sp (F_1), dan *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. (F_2). Faktor kedua adalah dosis kompos yaitu 0 ton ha⁻¹ (K_0), 20 ton.ha⁻¹ (K_1), dan 30 ton.ha⁻¹(K_2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa FMA berpengaruh nyata terhadap kolonisasi mikoriza, namun tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada 30, 60, 90 HST, diameter batang pada 30, 60, 90 HST, dan luas daun pada 90 HST. Pemberian kompos limbah kakao berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada 90 HST, namun tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada 30 dan 60 HST, diameter batang pada 30, 60 90 HST, dan luas daun pada 90 HST. Kombinasi FMA dan kompos limbah kakao berpengaruh nyata terhadap diameter batang pada 30 HST namun tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada 30, 60, 90 HST, diameter batang pada 60 dan 90 HST, dan luas daun pada 90 HST. Perlakuan FMA jenis *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. dan kompos 20 g.pot⁻¹ memberikan pengaruh terbaik terhadap kolonisasi mikoriza dan pertumbuhan tanaman.

Kata kunci: Kompos Limbah Kakao, Kolonisasi Akar, Pertumbuhan, Ultisol.

Abstract. Ultisol is one of marginal soils which requires proper management to increase its fertility. This study aims to determine the administration of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (FMA) and cocoa waste compost to FMA colonization, and the growth of cacao seedlings on Ultisols. This research used factorial randomized block design (RBD) with two treatment factors and three replications. The first factor is the type of FMA that is without FMA (F_0), *Glomus* sp (F_1), and *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. (F_2). The second factor is the compost dose which is 0 ton ha⁻¹ (K_0), 20 tons ha⁻¹ (K_1), and 30 tons ha⁻¹ (K_2). The results showed that FMA significantly affected mycorrhizal colonization, but did not significantly affect plant height at 30, 60, 90 HST, stem diameter at 30, 60, 90 HST, and leaf area at 90 HST. Cocoa waste compost has a significant effect on plant height at 90 HST, but no significant effect on plant height at 30 and 60 HST, stem diameter at 30, 60 90 HST, and leaf area at 90 HST. The combination of AMF and compost of cocoa waste significantly affected the stem diameter at 30 HST but did not significantly affect the plant height at 30, 60, 90 HST, stem diameter at 60 and 90 HST, and leaf area at 90 HST. Treatment of FMA type *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. and compost 20 g.pot⁻¹ provides the best effect on mycorrhizal colonization and plant growth.

Keywords: Cocoa Waste Compost, Root Colonization, Growth, Ultisol.

PENDAHULUAN

Ultisol merupakan jenis tanah yang penyebarannya cukup luas di Indonesia, yaitu mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan di Indonesia (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Tanah ini mempunyai kendala kesuburan seperti rendahnya kandungan

bahan organik tanah, pH, KTK, kejenuhan basa, dan beberapa unsur hara seperti N, P, K, Ca dan Mg namun memiliki kadar Al-dd yang tinggi (Nurmasyitah *et al.*, 2013). Disamping itu Ultisol juga merupakan lahan yang miskin mikroba, namun mempunyai keanekaragaman yang cukup tinggi dan bersifat toleran terhadap kondisi lingkungan tumbuh alaminya (Prihastuti *et al.*, 2006).

Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut tidak cukup dengan memberikan pupuk anorganik, tetapi juga diperlukan penambahan pupuk hayati dan bahan organik. Berbagai mikroorganisme tanah berperan sebagai pupuk hayati, salah satunya adalah fungi mikoriza arbuskula (FMA). FMA merupakan asosiasi simbiotik antara fungi dengan FMA yang dapat berasosiasi dengan hampir 90% tanaman inang (Gadkar dan Vijay, 2001) dan mempunyai peranan yang penting dalam pertumbuhan tanaman (Herlina *et al.*, 2017). Fungi ini dapat meningkatkan serapan fosfor (P) dan unsur hara lainnya, seperti nitrogen (N), kalium (K), zinc (Zn), kobalt (Co), sulfur (S) dan molibdenum (Mo) dari dalam tanah, tahan terhadap kekeringan, memperbaiki agregat tanah, meningkatkan pertumbuhan mikroba tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman, dan dapat melindungi tanaman dari infeksi patogen akar (Halis *et al.*, 2008; Pulungan, 2018) dan keracunan logam berat (Prasetya, 2011; Suharno dan Sahcayaningsih 2013). Selain itu, FMA juga dapat memacu pertumbuhan akar tanaman dari hormon tumbuh yang dihasilkan (Kartikawati *et al.*, 2017). Karena itu, tanaman yang terkolonisasi oleh FMA memiliki pertumbuhan dan produktivitas yang lebih baik dibandingkan dengan yang tidak terkolonisasi (Prayudyaningsih dan Ramdana, 2016).

Selain jenis tanaman, keberhasilan inokulasi FMA juga dipengaruhi oleh jenis FMA (Ristiyanti *et al.*, 2014). Hasil penelitian Irianto (2015) menunjukkan bahwa tanaman kihiang (*Albizia procera* Benth) yang dikolonisasi oleh *Glomus* pertumbuhan tanaman lebih tinggi daripada yang diinokulasi oleh FMA jenis *Gigaspora*. Hasil penelitian lainnya oleh Prayudyaningsih dan Ramdana (2016) menunjukkan bahwa FMA jenis *Acaulospora* sp memberikan pengaruh lebih baik terhadap pertambahan diameter batang dan luas daun tanaman semai jati daripada yang diinokulasi FMA jenis *Gigaspora* sp.

Pemberian bahan organik seperti kompos merupakan alternatif lain dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Pemberian kompos berfungsi sebagai penyumbang unsur hara, memperbaiki sifat fisik tanah melalui peranannya sebagai pemantap agregat tanah serta dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Beberapa penelitian menunjukkan aplikasi kompos dan FMA memberikan pengaruh positif terhadap tanaman (Ermansyah, 2012; Rahmayanti *et al.*, 2013).

Pengaruh kompos tersebut terhadap produktivitas tanah dan tanaman dipengaruhi oleh jenis dan kualitas kompos (Widodo dan Zaenal, 2018). Penelitian ini menggunakan kompos limbah kakao yg diproduksi oleh petani kakao di Kabupaten Gayo lues sebagai salah satu penghasil kakao di Aceh (BPS Aceh, 2018).

Pemanfaatan kompos kakao dalam budidaya kakao diharapkan dapat memperbaiki produktivitas tanaman tersebut selain sebagai upaya pemanfaatan produk samping dari perkebunan kakao dan upaya mengurangi dampak negatif pencemaran lingkungan.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah pemberian FMA dan kompos limbah kakao dapat mempengaruhi kolonisasi FMA dan pertumbuhan bibit kakao pada Ultisol.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kasa Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian, dan Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Penelitian ini berlangsung pada September 2018 sampai dengan Maret 2019.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan percobaan pot yang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial yang terdiri dari dua faktor perlakuan dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah jenis FMA yaitu F_0 : tanpa FMA, F_1 : *Glomus* sp. dan F_2 : *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. Faktor kedua adalah dosis kompos yaitu K_0 : 0 g.pot⁻¹, K_1 : 20 g.pot⁻¹, K_2 : 30 g.pot⁻¹.

Penyiapan Media Tanam

Persiapan media tanam pembibitan kakao yaitu dimulai dengan mengambil sampel tanah Ultisol di Desa Jalin Kota Jantho Kabupaten Aceh Besar. Bahan tanah tersebut dibersihkan dari gulma dan dikeringkan selama satu minggu sebelum ditumbuk dan diayak dengan ukuran ayakan 5 mm. Setelah itu bahan tanah tersebut ditimbang dan dimasukkan masing-masing sebanyak 2 kg ke dalam setiap pot percobaan. Sebagian sampel tanah analisis beberapa sifat kimianya. Karakteristik kimia bahan tanah Ultisol yang digunakan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Tanah Ultisol

No	Parameter	Hasil	Kriteria
1.	pH H ₂ O	5,67	Agak masam
2.	C-Organik (%)	0,69	Sangat rendah
3.	N-Total (%)	0,05	Sangat rendah
4.	C/N (%)	13,8	Sedang
5.	P-Total(me/100 g tanah)	0,06	Sangat rendah
6.	P-Tersedia (mg kg ⁻¹)	0,90	Sangat rendah
7.	K-dd (cmol kg ⁻¹)	0,20	Rendah
8.	Ca-dd(cmol kg ⁻¹)	2,95	Rendah
9.	Mg-dd (cmol kg ⁻¹)	0,39	Rendah
10.	Na-dd (cmol kg ⁻¹)	0,21	Rendah
11.	KB (%)	20,68	Rendah
12.	KTK (cmol kg ⁻¹)	14,80	Rendah

Sumber: Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Unsyiah (2018)

Inkubasi Kompos Limbah Kakao

Kompos limbah kakao yang digunakan berbahan baku kulit (pulp). Kadar hara kompos yang digunakan tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Hara Kompos Limbah Kakao

No	Parameter	Hasil	Kriteria
1.	C-Organik (%)	6,36	Rendah
2.	N-Total (%)	0,36	Rendah
3.	P-Total (%)	0,06	Sangat Rendah
4.	K-Total (%)	0,06	Sangat Rendah
5.	C/N (%)	17,67	Sedang

Sumber: Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Unsyiah (2018)

Inokulasi FMA

Inokulasi FMA sesuai perlakuan sebanyak 10 g.pot⁻¹ diberikan pada saat bibit kakao dipindahkan ke media tanam. Inokulan tersebut diberikan di dalam lubang tanam sedalam 5 cm.

Penanaman

Benih kakao yang digunakan adalah varietas Hibrida ICCRI 08 H yang diperoleh dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (Puslitkoka) Jember. Benih tersebut dikecambah selama tujuh hari (setelah memiliki 2-3 daun). Bibit kakao tersebut ditanam didalam lubang tanam di atas inokulan FMA sesuai perlakuan. Bibit tersebut dipelihara selama 90 hari.

Perawatan

Perawatan tanaman ini dimulai dengan menyirami tanaman dua kali dalam sehari pagi dan sore kecuali saat hujan.

Pengamatan

Kolonisasi FMA

Pengamatan kolonisasi FMA dilakukan pada saat tanaman bibit kakao berumur 90 hari. Parameter ini dimatai dengan menggunakan metode pewarnaan akar (Vierheilig *et al.*, 1998). Pengamatan akar yang terinfeksi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ akar terkolonisasi} = \frac{\text{jumlah bidang pandang bermikoriza}}{\text{total jumlah pandang yang diamati}} \times 100\%$$

Kriteria persentase kolonisasi akar FMA di klasifikasikan yaitu 0-25% rendah, 26-50% sedang, 51-75% tinggi, 76-100% sangat tinggi.

Pertumbuhan

Parameter pertumbuhan yang diamati adalah tinggi tanaman pada 30, 60, 90 HST, diameter batang pada 30, 60, 90 HST dan luas daun pada 90 HST.

Analisis Data

Analisis data menggunakan Uji F dan di lanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kolonisasi FMA pada Akar

Besarnya kolonisasi FMA pada perakaran tanaman merupakan parameter paling umum yang menunjukkan banyaknya FMA pada tanaman (Treseder, 2013) dan banyaknya FMA pada perakaran berkorelasi positif dengan kualitas tanah (Bedini *et al.*, 2013).

Tabel 3 menunjukkan bahwa kolonisasi FMA dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan inokulasi FMA namun tidak nyata oleh perlakuan kompos limbah kakao dan kombinasi kedua faktor yang dicobakan. Rata-rata kolonisasi FMA pada akar bibit kakao pada perlakuan FMA yaitu 40% yang termasuk dalam kriteria sedang. Persentase kolonisasi akar dilasifikasikan berdasarkan kriteria Soemartiningsih *et al.* (2015). Setiap FMA mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam menginfeksi akar tanaman karena jumlah eksudat yang dikeluarkan oleh akar tidak sama.

Tabel 3. Rata-rata Kolonisasi Akar Bibit Kakao akibat Perlakuan FMA dan Kompos Limbah Kakao

Perlakuan FMA	Kolonisasi FMA (%)
Tanpa FMA	31,22a
<i>Glomus</i> sp.	41,56a
<i>Glomus</i> sp.+ <i>Gigaspora</i> sp.	51,22b
BNJ _{0,05}	16,52
Perlakuan kompos g.pot ⁻¹	
0	40,89a
20	38,78a
30	44,33a
BNJ _{0,05}	16,52

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada BNJ_{0,05}

Menurut Rini dan Rozalinda (2006) tanaman mengeluarkan eksudat akar yang berbeda sehingga respons FMA terhadap bibit kakao juga tidak sama. Asosiasi FMA dengan bibit kakao dapat diketahui dengan terbentuknya struktur yang khas dari kolonisasi akar oleh FMA. Struktur FMA yang ditemukan dari pengamatan akar bibit kakao yaitu berupa hifa, vesikula dan spora. Setiap struktur yang dibentuk oleh spora FMA ini masing-masing mempunyai peranan penting dalam proses asosiasi dengan tanaman (Muryati *et al.*, 2016)

Adanya infeksi akar oleh FMA dalam penelitian ini sesuai dengan sifat kimia tanah Ultisol yang dicobakan yaitu pH tanah yang asam dan kandungan P yang sangat rendah. Nurmasiyah dan Khairuna (2017) menyatakan bahwa meningkatnya persentase kolonisasi akar dipengaruhi oleh kadar hara didalam tanah terutama ketersediaan P. Wicaksono *et al.*, (2014) juga berpendapat bahwa terjadi asosiasi antara FMA dengan akar tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis FMA, karakteristik tanaman, pH tanah, serta kandungan hara P.

Pertumbuhan Bibit Kakao

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter pertumbuhan bibit kakao hanya dipengaruhi secara nyata oleh kompos limbah kakao terhadap tinggi tanaman pada 90 HST dan oleh kombinasi FMA dan kompos limbah kakao terhadap diameter batang pada 30 HST.

Rata-rata pertumbuhan bibit kakao akibat pemberian FMA dan kompos limbah kakao berturut-turut tertera pada Tabel 4 dan Tabel 5. Tinggi bibit kakao pada 30 HST akibat pengaruh kombinasi FMA dan kompos limbah kakao ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 4. Rata-rata pertumbuhan bibit kakao akibat pemberian FMA

Perlakuan	Pertumbuhan bibit kakao						
	Tinggi tanaman (cm)			Diameter batang (mm)			Luas daun (cm ²)
	30	60	90	30	60	90	
Tanpa FMA	19,93a	28,17a	37,47a	4,64a	9,36a	11,25a	57,65a
<i>Glomus</i> sp.	19,28a	26,48a	31,56a	5,33a	9,00a	11,14a	55,18a
<i>Glomus</i> sp.+ <i>Gigaspora</i> sp.	18,08a	25,61a	33,99a	5,92a	9,00a	10,33a	62,14a
BNJ _{0,05}	4,04	4,27	1,89	1,78	1,79	1,86	21,54

Tabel 5. Rata-rata pertumbuhan bibit kakao akibat pemberian Kompos Limbah Kakao

Perlakuan	Pertumbuhan bibit kakao						
	Tinggi tanaman (cm)			Diameter batang (mm)			Luas daun (cm ²)
	30	60	90	30	60	90	
0	18,63a	25,00a	32,44a	4,75a	9,06a	10,00a	55,75a
20	19,14a	28,28a	35,98b	6,28a	9,00a	11,47a	60,01a
30	19,51a	26,98a	34,59b	4,86a	9,31a	11,25a	59,21a
BNJ _{0,05}	4,04	4,27	1,89	1,78	1,79	1,86	21,54

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada BNJ_{0,05} (BNJ_{0,05} = 1,89)

Tabel 6. Rata-Rata Diameter Batang Bibit Kakao 30 HST akibat Perlakuan FMA dan Kombinasi Kompos Limbah Kakao

Kode Perlakuan	Rata-Rata (cm)
F ₀ K ₀	12,50a
F ₀ K ₁	12,50a
F ₀ K ₂	16,75b
F ₁ K ₀	16,75b
F ₁ K ₁	17,75b
F ₁ K ₂	13,50a
F ₂ K ₀	13,50a
F ₂ K ₁	26,25c
F ₂ K ₂	13,50a
BNJ _{0,05}	4,24

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada BNJ_{0,05} kombinasi FMA dan kompos limbah kakao (BNJ_{0,05} = 4,24)

Tabel 4 menunjukkan bahwa tinggi tanaman, diameter batang, dan luas daun tidak berbeda nyata antar perlakuan FMA yang dicobakan. Hal ini diduga rendahnya kandungan C-organik pada tanah Ultisol yang berperan sebagai sumber energi bagi mikoriza. Hairiah *et al*, (2000) keberadaan karbon sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme tanah dan FMA sebagai sumber makanan sehingga dengan adanya karbon dapat memacu pertumbuhan tanaman. Selain itu ketersediaan P-total yang rendah sebagai salah satu unsur hara makro yang penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Pemberian kompos limbah kakao sebanyak 20 dan 30 t ha⁻¹ memberikan pengaruh yang sama terhadap tinggi tanaman umur 90 HST dibandingkan tanaman yang tidak mendapat perlakuan pupuk kompos tersebut. Hal ini sesuai dengan Wijaya (2014) yang menyatakan bahwa kompos dapat menyumbang hara dan menjaga kelembaban tanah yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhannya. Fauzi (2009) menyatakan bahwa unsur hara N, P dan K merupakan hara yang paling banyak diperlukan pada pembentukan dan pertumbuhan masa vegetatif yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti batang, akar dan daun.

Lambatnya pengaruh kompos terhadap pertumbuhan tanaman ini (90 HST) diduga berhubungan dengan rendahnya pada lambatnya penyediaan hara oleh kompos akibat tingginya kadar lignin pada bahan organik tersebut. Hasil penelitian Wijaya dan Wiharto (2017) kandungan hara kulit buah kakao yaitu hemiselulosa 21,06%, selulosa 20,15% dan lignin 51,98%. Perez *et al.*, (2003) menyatakan bahwa bobot molekul yang tinggi, struktur yang kompleksitas serta sifat ketidaklarutannya dalam air sehingga proses dekomposisi kadar lignin sangat sulit terurai.

Tabel 6 menunjukkan bahwa kombinasi FMA campuran dan 20 g.pot⁻¹ kompos limbah kakao memberikan pengaruh terbaik hanya terhadap diameter batang bibit kakao pada 30 HST. Hal ini diduga kadar bahan organik tanah akibat perlakuan 20 g.pot⁻¹ kompos limbah kakao mendukung pertumbuhan dan aktivitas FMA dalam menunjang pertumbuhan tanaman dan dihambat oleh kadar bahan organik yang tinggi. Hasil ini sejalan dengan Cavagnaro (2014) yang menyatakan bahwa pemberian dosis kompos yang rendah dapat meningkatkan serapan hara yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Inokulasi FMA jenis *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kolonisasi FMA pada akar bibit kakao, namun tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman pada 30, 60, 90 HST, diameter batang pada 30, 60, 90 HST dan luas daun 90 HST. Pemberian kompos limbah kakao 20 g.pot⁻¹ memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman umur 90 HST, namun tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kolonisasi FMA, tinggi tanaman 30, 90 HST, diameter batang 30, 60, 90 HST dan luas daun 90 HST. Kombinasi pemberian jenis FMA campuran (*Glomus* sp. + *Gigaspora* sp.) dan kompos limbah kakao 20 g.pot⁻¹ memberikan pengaruh nyata terhadap diameter batang umur 30 HST namun tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kolonisasi FMA, tinggi tanaman 30, 60, 90 HST, diameter batang 60, 90 HST dan luas daun 90 HST.

DAFTAR PUSTAKA

- Bedini, S., Lavio, C. Sabrana, A. Turrini, P. Migliorini, C. Vazzana dan M. Giovannetti. 2013. Mycorrhizal activity and diversity in a long-term organic. Mediterranean agroecosystem Bio Fertile Soils. 49:781-790.
- BPS Aceh. 2018. Aceh dalam angka. Badan Pusat Statistik Aceh. Banda Aceh.

- Cavagnaro, T.R. 2014. Impacts of compost application on the formation and functioning of arbuscular mycorrhizas .Soil Biology and Biochemistry. 78:38-44.
- Ermansyah. 2012. Pemanfaatan Mikoriza Vesicular Arbuskular (MVA) dan berbagai jenis kompos terhadap pertumbuhan bibit sambung pucuk tanaman kakao (*Theobroma cacao* L). Skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Fauzi. 2009. Analisa kadar unsur hara karbon organik dan nitrogen di dalam tanah perkebunan kelapa sawit. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Gadkar. H dan Vijay. H. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization factors involved in host recognition. Plant Physiology. 127:1439-1499.
- Hairiah. K., Widiyanto, Noordwijk, dan Cadish. 2000. Pengelolaan tanah masam secara biologis. ICRAF. Bogor.
- Halis. Murni, P. dan A.B Fitria. 2008. Pengaruh jenis dan dosis cendawan mikoriza arbuskular terhadap pertumbuhan cabai (*Capsicum annum* L.) pada tanah Ultisol. Biospecies. 1(2):59-62.
- Herlina. B., Sutejo, dan J. Laksono. 2017. Peranan Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dan Pupuk Fosfat terhadap Produktivitas dan Kandungan Nutrisi *Indigofera zollingeriana*. Sain Peternakan Indonesia. 12(2):184-190.
- Irianto. R.S.B. 2015. Efektifitas fungi mikoriza arbuskular terhadap pertumbuhan kihiang (*Albizia procera* Benth) di persemaian dan lapangan. Penelitian hutan tanaman. 12(2):115-122.
- Kartikawati. A., O. Trisilawati, dan I. Darwati. 2017. Pemanfaatan pupuk hayati (biofertilizer) pada tanaman rempah dan obat. Perspektif. 16(1):33 -43.
- Muryati. S, Irdika. M, dan Sri. WB. 2016. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada rhizosfer *Desmodium* spp. asal PT. Cibaliung Sumberdaya, Banten. Silvikultur Tropika. 7(3): 188-197.
- Nurmasyitah dan Khairuna. 2017. Aplikasi pupuk NPK dan fungi mikoriza arbuskula (FMA) terhadap P-tersedia tanah, serapan P dan pertumbuhan bibit lada lokal Aceh pada media tanah Inceptisol. Floratek. 12(2):62-74.
- Nurmasyitah, Syafruddin, dan M. Sayuthi. 2013. Pengaruh jenis tanah dan dosis fungi mikoriza arbuskula pada tanaman kedelai terhadap sifat kimia tanah. Agrista. 17(3):103-104.
- Perez, J., J.M. Dorado, T. de la Rubia, and J. Martinez. 2003. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemi cellulose, and lignin: an overview. Int Microbial. 5:53-63.
- Prasetya, C. A.B. 2011. Assesment of the effect of long term tillage on the arbuscular mychoriza colonization of vegetable grop grown in Andisol. Agrivita. 33(1): 85- 92.
- Prasetyo, B.H. dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan Ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. Litbang Pertanian. 25(2):39-42.
- Prayudyarningsih. R, dan Ramdana. S. 2016. Aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan kompos untuk meningkatkan pertumbuhan semai jati (*Tectona grandis* linn.F.) Pada media tanah bekas tambang kapur. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea. 5(1):37-46.
- Prihastuti, Sudaryono, dan T. Wardani. 2006. Kajian mikrobiologis pada lahan kering masam, Lampung. Agritek. 14(5):10-25.
- Pulungan. A.S.S. 2018. Tinjauan ekologi fungi mikoriza arbuskula. Biosains. 4(1):17-22.

- Rahmayanti, A. Y., Maria, V. R., M.A. Syamsul. A., dan Sri, Y. 2013. Pengaruh pemberian fungi mikoriza arbuskula dan kompos limbah kakao pada pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Agrotek Tropika*. 1(2): 121-127.
- Rini, M. V. dan V. Rozalinda. 2006. Pengaruh tanaman inang dan media tanam pada produksi fungi mikoriza arbuskula. *Agrotropika*. 15(1):37-43.
- Ristiyanti, Yusran, Rahmawati. 2014. Pengaruh beberapa spesies fungi mikoriza arbuskular pada media tanah dengan ph berbeda terhadap pertumbuhan semai kemiri (*Aleurites moluccana* (L.) Willd.). *Warta Rimba*. 2(2). 117-124.
- Soemartiningsih, M. rauf dan A. Buntan. 2015. Efektifitas cendawan Mikoriza Vesikular Arbuskula (MVA) pada beberapa isolat dan perbedaan jumlah spora terhadap pertumbuhan tanaman jagung. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain*. 3:35- 44.
- Suharno dan Sancayaningsih. R.P. 2013. Potensi teknologi mikorizoremediasi logam berat dalam rehabilitasi lahan tambang. *Bioteknologi*. 10 (1): 37-48.
- Treseder. K.K., 2013. The extent of mycorrhizal colonization of roots and its influence on plant growth and phosphorus content. *Plant Soil*. 371:1-13.
- Wicaksono, M. I., M. Rahayu, Samanhudi. 2014. Pengaruh pemberian mikoriza dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bawang putih. *Ilmu-Ilmu Pertanian*. 29(1):35-44.
- Widodo, K.H dan Zaenal. K. 2018. Pengaruh kompos terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung di inceptisol. *Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 5(2):959-967.
- Wijaya, M.M., dan Wiharto, M. 2017. Karakterisasi kulit buah kakao untuk karbon aktif dan bahan kimia yang ramah lingkungan. *Kimia dan Pendidikan Kimia*. Vol.2(1):66-71.
- Wijaya, R. 2014. Kombinasi inokulan mikoriza dan kompos kiambang dalam meningkatkan pertumbuhan bibit tebu. *Skripsi*. Politeknik Negeri Lampung. Bandar Lampung.