

## Seleksi empat jenis fungi mikoriza arbuskular pada bibit kelapa sawit yang ditanam pada tanah histosol

*Selection of four types arbuscular mycorrhizal fungi in oil palm seedling planted in histosol soil*

Maria Viva RINI<sup>1\*)</sup>, Radix SUHARJO<sup>1)</sup>, Lestari WIBOWO<sup>1)</sup>, David IRVANTO<sup>2)</sup>, & Adhy ARIYANTO<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro No 1 Bandar Lampung 35144, Indonesia

<sup>2)</sup>Departemen Riset PT Bumitama Gunajaya Agro, Jl. Cilik Riwtu KM 125, Desa Pundu, Kec. Cempaga Hulu, Kab. Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah, 74354. Indonesia

Diterima tgl 18 November 2020/ Disetujui tgl 26 April 2021

### Abstract

*Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are beneficial microbes for plants, especially in the absorption of nutrients and water from the soil. Some factors that influence the effectiveness of this fungus are the suitability of the AMF species with their host plants and abiotic condition such as soil characteristics. Therefore, this study aims to determine the type of AMF that produced the best growth and nutrient uptake in oil palm seedlings planting in histosol soil. This study used a single factor treatment design consisting of 9 AMF treatments, namely control without AMF (T<sub>1</sub>), given *Glomus sp.* (T<sub>2</sub>), *Gigaspora sp.* (T<sub>3</sub>), *Entrophospora sp.* (T<sub>4</sub>), *Acaulospora sp.* (T<sub>5</sub>), a mixture of *Glomus sp.* and *Gigaspora sp.* (T<sub>6</sub>), a mixture of *Glomus sp.* and *Entrophospora sp.* (T<sub>7</sub>), a mixture of *Gigaspora sp.* and *Entrophospora sp.* (T<sub>8</sub>), and a mixture of *Glomus sp.*, *Gigaspora sp.*, *Entrophospora sp.*, and *Acaulospora sp.* (T<sub>9</sub>). Each treatment was repeated five times. The experimental design used was a randomized block design. In the AMF treatment, 500 spores per seedling were given when the seedlings were transplanted from prenursery to the main nursery. The seedlings were kept in the prenursery for 3.5 months and in the main nursery for nine months. The results showed that the type of mycorrhizae that consistently produced better seedling growth and nutrients uptake compared to the control were *Glomus sp.* (T<sub>2</sub>) and a mixture of *Gigaspora sp.* and *Entrophospora sp.* (T<sub>8</sub>), which supported by data on plant height, number of leaves, shoot dry weight, and total nutrient uptake of N, P, K, Ca, Mg, and B.*

[Keywords: Peat, growth, nutrient uptake, symbiosis]

### Abstrak

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan mikroba bermanfaat bagi tanaman terutama dalam hal penyerapan unsur hara dan air dari dalam tanah. Faktor yang mempengaruhi efektivitas

fungi ini antara lain adalah kesesuaian antara jenis FMA dengan tanaman inangnya dan faktor abiotik seperti karakteristik tanah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis FMA yang menghasilkan pertumbuhan dan serapan unsur hara terbaik pada bibit kelapa sawit yang ditanam di tanah histosol. Penelitian ini menggunakan rancangan tunggal tidak terstruktur yang terdiri dari 9 perlakuan FMA yaitu kontrol tanpa FMA (T<sub>1</sub>), diberi *Glomus sp.* (T<sub>2</sub>), *Gigaspora sp.* (T<sub>3</sub>), *Entrophospora sp.* (T<sub>4</sub>), *Acaulospora sp.* (T<sub>5</sub>), campuran *Glomus sp.* dan *Gigaspora sp.* (T<sub>6</sub>), campuran *Glomus sp.* dan *Entrophospora sp.* (T<sub>7</sub>), campuran *Gigaspora sp.* dan *Entrophospora sp.* (T<sub>8</sub>), dan campuran *Glomus sp.*, *Gigaspora sp.*, *Entrophospora sp.*, dan *Acaulospora sp.* (T<sub>9</sub>). Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak kelompok. Pada perlakuan FMA (sesuai perlakuan), sebanyak 500 spora per bibit diberikan saat bibit dipindah tanam dari prenursery ke main nursery. Bibit dipelihara di prenursery selama 3,5 bulan dan di main nursery selama 9 bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis mikoriza yang secara konsisten menghasilkan pertumbuhan bibit dan serapan hara yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol adalah *Glomus sp.* (T<sub>2</sub>) dan campuran *Gigaspora sp.* dan *Entrophospora sp.* (T<sub>8</sub>). Hal ini didukung oleh data tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering tajuk, dan total serapan hara N, P, K, Ca, Mg, dan B.

[Kata kunci: gambut, pertumbuhan, serapan hara, simbiosis]

### Pendahuluan

Luas lahan kelapa sawit di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada tahun 1990, luas lahan kelapa sawit hanya sebesar 1.126.677 ha, pada tahun 2010 meningkat menjadi 8.385.394 ha dan pada tahun 2018 dilaporkan seluas 14.326.350 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019). Dalam budidaya kelapa sawit, pupuk kimia digunakan secara intensif. Total

\*)Korespondensi penulis: [rinihariaviva@gmail.com](mailto:rinihariaviva@gmail.com)

pupuk kimia (urea, *rock phosphate*, MOP, kieserit dan borate) yang digunakan pada tanaman belum menghasilkan (TBM) 1—TBM 3 mencapai 16,4 kg/pohon atau sekitar 2.345 kg/ha. Untuk tanaman menghasilkan jumlahnya lebih tinggi lagi, karena dosis pupuk meningkat seiring pertambahan umur tanaman (Tim Pengembangan Materi LPP, 2016). Penggunaan pupuk kimia yang intensif dapat berdampak negatif terhadap kesehatan tanah berupa pemadatan tanah, menurunnya populasi dan keragaman mikroba tanah, pencemaran air tanah, dan menurunnya efisiensi pemupukan (Imeson, 2012). Salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia dan meningkatkan efisiensi pemupukan adalah melalui penggunaan pupuk hayati berbasis mikoriza.

Mikoriza merupakan asosiasi simbiotik antara akar tanaman dengan fungi pada zona rizosfer tanah (Carillo et al., 2020). Asosiasi ini bersifat mutualisme dimana masing-masing pihak memperoleh keuntungan. Fungi memperoleh sekitar 10-20% total fotosintat (senyawa karbon) dari tanaman inang, dan sebaliknya fungi melalui hifanya menyerap unsur hara, mineral, dan air untuk membantu meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman inangnya (Posta & Duc, 2019; Susilowati et al., 2019). Fungi ini juga dilaporkan mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen, meningkatkan toleransi terhadap cekaman lingkungan (cekaman logam berat dan kekeringan), memproduksi senyawa kimia sebagai hormon pertumbuhan, meningkatkan serapan fosfat (P), dan memperbaiki agregat tanah (Posta & Duc, 2019; Saia et al., 2020).

Salah satu jenis mikoriza yang umum digunakan adalah fungi mikoriza arbuskular (FMA). Fungi ini mampu bersimbiosis dengan hampir 80-90% spesies tanaman di muka bumi. Fungi mikoriza arbuskular merupakan jenis fungi yang umum ditemukan di dalam tanah (Smith & Read, 2008). Fungi mikoriza arbuskular dapat bersimbiosis dengan banyak tanaman inang atau dengan kata lain tidak menunjukkan tanaman inang yang spesifik. Akan tetapi, tanaman inang tertentu memperlihatkan respons yang lebih baik terhadap satu jenis spesies FMA. Lebih jauh dilaporkan bahwa keberhasilan asosiasi FMA dengan tanaman inang juga dipengaruhi oleh jenis FMA, dan aktivitas mikroorganisme (faktor biotik) dan faktor abiotik (suhu, kadar air tanah, pH, zat organik, intensitas cahaya, ketersediaan hara, logam berat, salinitas, dan fungisida) (Souza, 2015). Tanaman inang yang tepat dan spesifik mampu meningkatkan jumlah FMA tertentu (Ijdo et al., 2011). Sebagai contoh, *Acaulospora colossica* memiliki populasi yang dominan jika berasosiasi dengan *Allium vineale*, tetapi fungi ini memiliki populasi yang sedikit di dalam komunitas FMA jika berasosiasi dengan *Plantago lanceolate*. Selain itu, *Scutellospora calospora* mampu melakukan sporulasi dengan banyak ketika berasosiasi dengan *Plantago*, tetapi aktivitas

sporulasi rendah ketika berasosiasi dengan *Allium* (Bever et al., 2001).

Kelapa sawit secara alami bersimbiosis dengan FMA dan menurut Phosri et al. (2010) tanaman kelapa sawit tergolong kedalam tanaman yang sangat bergantung pada FMA karena perakarannya yang tidak memiliki rambut akar. Widiastuti et al. (2005) melaporkan peningkatan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit yang diberi perlakuan FMA *Acaulospora tuberculata* dan *Gigaspora margarita*. Mereka juga melaporkan bahwa jumlah spora yang efektif dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit adalah 500 spora. Peningkatan pertumbuhan bibit yang diaplikasikan FMA juga dilaporkan oleh Rini dan Efrani (2016). Di samping peningkatan pertumbuhan, aplikasi FMA juga meningkatkan ketahanan bibit terhadap cekaman air. Lebih jauh Rias et al. (2014) meneliti efektivitas 5 isolat FMA (*Entrophospora sp.* Isolat MV3 dan MV 12; *Glomus sp.* Isolat MV4, MV 11, dan MV 13) di pembibitan kelapa sawit yang ditanam di tanah Ultisol. Mereka menemukan bahwa semua isolat yang diteliti kecuali *Glomus sp.* isolat MV 11, mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit.

Penambahan luas lahan kelapa sawit yang pesat saat ini di Indonesia tidak hanya terjadi di tanah mineral, tetapi juga berkembang di lahan-lahan marjinal seperti lahan gambut (histosol). Menurut Miettinen et al. (2016) luas lahan kelapa sawit di tanah gambut di Indonesia seluas 2.106.580 ha yang sebagian besar berada di Pulau Sumatera (1.315.830 ha) dan Kalimantan (730.750 ha). Lahan gambut jenis Haplosaprists yang merupakan ordo tanah histosol memiliki ciri khas yang berbeda dengan tanah mineral yaitu memiliki pH yang sangat rendah atau masam, kematangan gambut sudah lanjut (saprik), drainase agak terhambat, KTK rendah, dan retensi hara yang tinggi (Wigena et al., 2009). Tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis Haplosaprists dengan tingkat kematangan 100% dan kedalaman gambut 1,5 m yang diambil dari kebun kelapa sawit milik PT Bumitama Gunajaya Agro di Kalimantan Tengah. Di perusahaan ini, 15.233 ha kebun kelapa sawit ditanam di jenis tanah Haplosaprists. Keberhasilan aplikasi FMA dipengaruhi oleh kesesuaian tanaman inang dengan jenis FMA dan faktor abiotik (jenis dan kesuburan tanah, tekstur, dll.). Sejauh ini belum banyak diteliti jenis FMA yang sesuai untuk jenis tanah gambut Haplosaprists. Penelitian ini bertujuan untuk menyeleksi jenis isolat FMA yang sesuai untuk kelapa sawit yang ditanam pada tanah gambut haplosaprists (histosol).

## Bahan dan Metode

### Metode penelitian

Penelitian dilaksanakan menggunakan rancangan perlakuan tunggal dengan 9 perlakuan yang terdiri dari kontrol tanpa mikoriza (T<sub>1</sub>), diberi

*Glomus* sp. (T<sub>2</sub>), *Gigaspora* sp. (T<sub>3</sub>), *Entrophospora* sp. (T<sub>4</sub>), *Acaulospora* sp. (T<sub>5</sub>), campuran *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. (T<sub>6</sub>), campuran *Glomus* sp. dan *Entrophospora* sp. (T<sub>7</sub>), campuran *Gigaspora* sp. dan *Entrophospora* sp. (T<sub>8</sub>), dan campuran *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., *Entrophospora* sp., dan *Acaulospora* sp. (T<sub>9</sub>). Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali dan setiap satu satuan percobaan diwakili oleh 1 tanaman, sehingga total populasi tanaman adalah 45 tanaman. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Pengelompokan didasarkan atas keseragaman bibit yang digunakan di *main nursery*. Data yang diperoleh dari hasil penelitian diolah menggunakan analisis sidik ragam (Uji F/Anova), kemudian dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengahnya dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

#### *Pelaksanaan pre nursery dan main nursery*

Pembibitan *pre nursery* (PN) dilakukan dengan menggunakan tanah haplosaprist atau histosol yang diambil dari Kebun Plantaran Agro Estate PT Bumitama Gunajaya Agro di Kalimantan Tengah. Tanah Haplosaprist yang digunakan ini merupakan tanah gambut yang sudah matang 100% dengan kedalaman gambut setebal 1,5 m. Karakteristik tanah gambut yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Tanah kemudian diayak dengan ayakan berukuran 1 cm dan selanjutnya dimasukkan ke dalam *baby polibag* ukuran 22 x 14 cm dengan bobot media tanam 1 kg per polibag, lalu disiram. Tanah yang digunakan tidak disterilkan terlebih dahulu. Hal ini dilakukan supaya hasil penelitian ini dapat langsung diterapkan dalam skala besar di lapangan yang tidak memungkinkan untuk mensterilkan media tanam dalam jumlah yang banyak. Dalam media tanam terdapat spora FMA sebanyak 159 spora FMA per 50 gram tanah. Sebagian besar spora dalam kondisi yang rusak pecah dan tidak dijumpai cairan ketika spora dipecahkan.

Kecambah kelapa sawit (*germinated seed*) yang digunakan adalah jenis Tenera dengan nomor persilangan F160801946 dan F160802120 yang diperoleh dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan. Kecambah ditanam dengan 1 benih per polibag kemudian dipelihara di pembibitan PN selama 3,5 bulan dengan pemeliharaan mengikuti standar pembibitan kelapa sawit. Di PN

diaplikasikan pupuk bayfolan (11.8.6) pada saat bibit berumur 2-11 minggu dengan dosis 2 g L<sup>-1</sup> air untuk 100 bibit.

Setelah bibit berumur 3,5 bulan di PN, bibit selanjutnya ditransplanting ke *main nursery* (MN). Media tanam yang digunakan untuk pembibitan di MN juga tanah haplosaprist atau histosol dengan bobot 16 kg per polibag. Penyiapan tanah sebagai media tanam MN sama dengan penyiapan media tanah untuk PN. Selanjutnya polybag disusun di lapangan terbuka dengan jarak tanam segitiga dengan panjang sisi 75 cm.

#### *Aplikasi fungi mikoriza arbuskular (FMA)*

Keempat isolat FMA yang digunakan yaitu *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., *Entrophospora* sp., dan *Acaulospora* sp. merupakan koleksi Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang diperbanyak menggunakan media tanam campuran pasir sungai dan zeolite (isolat *Glomus* sp., *Entrophospora* sp., dan *Acaulospora* sp. diisolasi dari rizosfer kelapa sawit sedangkan isolat *Gigaspora* sp. diisolasi dari rizosfer sengon). Aplikasi FMA pada bibit kelapa sawit dilaksanakan pada saat bibit dipindahkan dari PN ke MN. Inokulum FMA yang mengandung sebanyak 500 spora diaplikasikan sesuai perlakuan dengan menaburkan inokulum di dasar lubang tanam, kemudian bibit dari polibag PN ditanam di lubang tersebut. Selanjutnya polibag yang sudah ditanam disusun menurut tata letak rancangan acak kelompok. Polibag diletakkan di dalam wadah baskom yang berisi air untuk menghindari terjadinya kekeringan media tanah yang merupakan tanah gambut (histosol).

#### *Pemeliharaan*

Bibit yang sudah dipindah ke MN dipelihara selama 9 bulan. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan adalah penyiraman pada pagi dan sore hari, penyiangan gulma secara manual dengan bantuan cangkul dan kored, pengendalian hama menggunakan insektisida berbahan aktif sipermetrin, serta pemupukan dengan pupuk NPKMg (12:12:17:2) setiap 2 minggu sekali. Dosis yang diberikan 5 g per-bibit pada umur 14-25 minggu setelah tanam (MST), 7,5 g per bibit pada umur 27 dan 29 MST, 10 g per bibit pada umur 31-37 MST, dan 15 g per bibit pada umur 39-45 MST (75% dari dosis rekomendasi).

Tabel 1. Karakteristik kimia tanah gambut (histosol) yang digunakan sebagai media tanam

Table 1. Chemical characteristics of peat soil (histosol) used as planting media

Ciri <i>Carateristic</i>	Nilai <i>Value</i>	Ciri <i>Carateristic</i>	Nilai <i>Value</i>
pH	3,37	P total ( <i>Total P</i> )	390,33 ppm
C-organik ( <i>C-organic</i> )	34,21 %	K	0,347 Cmol (+)/kg
N	0,473 %	Ca	1,817 Cmol (+)/kg
P tersedia ( <i>Available P</i> )	39,23 ppm	Mg	0,573 Cmol (+)/kg

### Pengamatan

Pengamatan dilakukan di akhir penelitian yaitu setelah tanaman dipelihara selama 9 bulan di MN. Peubah-peubah yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, bobot segar dan kering tajuk, bobot kering akar, dan analisis unsur hara N, P, K, Ca, Mg, dan B di daun. Untuk keperluan analisis unsur hara tajuk tanaman, sampel daun diambil dari daun ke 3. Dari daun ke 3 tersebut diambil 2 pasang anak daun yang berada di tengah, kemudian dibuang lidinya. Dari helaian anak daun tersebut, sampel daun diambil di bagian tengah helaian daun sepanjang  $\pm 25$  cm. Analisis unsur hara dilaksanakan di Laboratorium Analitik PT Bumitama Gunajaya Agro, Kalimantan Tengah.

### Hasil dan Pembahasan

Keseluruhan jenis FMA yang diaplikasikan baik satu spesies maupun campuran beberapa spesies mampu bersimbiosis dengan akar bibit kelapa sawit. Hal ini dibuktikan dengan data persen akar yang telah dikolonisasi oleh FMA (Tabel 2). Umumnya, persen (%) akar yang dikolonisasi oleh mikoriza termasuk dalam kategori tinggi yaitu  $>50\%$  dan berbeda nyata dengan kontrol. Persen kolonisasi akar terendah (59,5%) selain kontrol dihasilkan oleh perlakuan T<sub>7</sub> (campuran *Glomus* sp. dan *Entrophosporas* sp.) dan yang tertinggi (92,8%) dihasilkan dari perlakuan T<sub>5</sub> (*Acaulospora* sp.), dan perlakuan yang lain memiliki nilai kolonisasi berkisar di 70-an% (T<sub>9</sub>, 79,6%; T<sub>2</sub>, 78,6%; T<sub>8</sub>, 77,5%; T<sub>4</sub>, 76,1%; T<sub>6</sub>, 70,1%; dan T<sub>3</sub>, 64,2%). Data yang diperoleh menunjukkan bahwa jenis FMA yang berbeda dapat menghasilkan persen kolonisasi yang berbeda pada tanaman kelapa sawit. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Sundram (2010) yang menggunakan FMA jenis *Glomus etunicatum*, *Gigaspora rosea*, *Scutellospora heterogama*, dan *Acaulospora morrowiae* pada bibit kelapa sawit. Persen kolonisasi tertinggi di hasilkan dari FMA campuran *Glomus etunicatum* dan *Scutellospora heterogama* (52,18%) diikuti oleh *Glomus etunicatum* (51,08%) dan campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora rosea* (32,49%).

Akar tanaman kontrol juga dikolonisasi oleh FMA dengan persentase kolonisasi terendah yaitu 36,3%. Hal ini mengindikasikan adanya FMA indigen di dalam tanah, dan tanah yang digunakan tidak disterilkan terlebih dahulu sebelum digunakan. Data sebelum penelitian menunjukkan bahwa terdapat 159 spora FMA per 50 gram tanah yang digunakan sebagai media tanam, namun kondisi spora banyak dalam keadaan rusak. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis tanah Histosol atau sering juga disebut dengan tanah gambut. Beberapa peneliti melaporkan kehadiran spora FMA di tanah gambut. Rini *et al.* (2010) menemukan 4 jenis *Glomus* sp., dan 1 jenis

*Entrophospora* sp. di tanah gambut di Rawa Jitu Tulang Bawang Lampung. Di tanah gambut Mediterania, Ciccolini *et al.* (2015) menemukan berbagai spesies mikoriza seperti *Funneliformis* sp., *Rhizophagus* sp., *Sclerocystis* sp., *Scutellospora* sp. dan *Glomus* spp.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa serapan unsur hara N, P, dan K dipengaruhi oleh perlakuan FMA. Hanya perlakuan T<sub>2</sub> (*Glomus* sp.) dan T<sub>8</sub> (campuran *Gigaspora* sp. dan *Entrophospora* sp.) secara konsisten menghasilkan serapan hara yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol walaupun tidak berbeda dengan beberapa perlakuan FMA lainnya. Data pada Tabel 3 juga menunjukkan bahwa perlakuan T<sub>2</sub> menghasilkan serapan hara Ca, Mg, dan B daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Walaupun semua perlakuan menghasilkan persen kolonisasi FMA pada akar yang tergolong tinggi (kecuali kontrol), namun tidak semua perlakuan menghasilkan serapan hara yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Hal ini dapat disebabkan oleh persen kolonisasi yang tinggi di dalam akar tidak diikuti oleh perkembangan hifa di luar akar yang juga tinggi. Menurut Melati *et al.* (2011), perkembangan hifa yang tinggi di dalam akar tidak selalu berkorelasi positif dengan perkembangan hifa yang tinggi juga di luar akar. Persen kolonisasi akar yang tinggi tidak diikuti oleh peningkatan pertumbuhan juga dilaporkan oleh Sundram (2010). Pada penelitian Sundram (2010), perlakuan FMA *Glomus etunicatum* menghasilkan persen kolonisasi sebesar 51,08% pada bibit kelapa sawit dan perlakuan campuran *Glomus etunicatum* dan *Scutellospora heterogama* sebesar 52,18%. Perlakuan *Glomus etunicatum* mampu meningkatkan pertumbuhan sebesar 80,36%, sedangkan perlakuan campuran *Glomus etunicatum* dan *Scutellospora heterogama* yang memiliki persen kolonisasi yang lebih tinggi namun memiliki pertumbuhan yang lebih rendah dari pada tanaman kontrol atau dengan kata lain menekan pertumbuhan tanaman. Menurut Sundram, tertekannya pertumbuhan tanaman dapat disebabkan oleh terjadinya kompetisi antarspesies FMA yang digunakan sehingga menguras senyawa karbon dari tanaman inangnya. Namun dalam penelitian ini, persen kolonisasi yang berbeda dari berbagai perlakuan FMA menghasilkan respons serapan hara dan pertumbuhan yang berbeda tetapi tidak ada perlakuan yang menyebabkan tertekannya pertumbuhan. Oleh karena itu, dapat diduga bahwa berbedanya peningkatan serapan hara daun walaupun tingkat persen kolonisasi sama-sama tinggi lebih dipengaruhi oleh perkembangan hifa eksternal yang berbeda. Miller *et al.* (1995) menyatakan bahwa kemampuan atau kapasitas FMA dalam menghasilkan hifa eksternal sangat bervariasi antarspesies.

Tabel 2. Kolonisasi akar dan serapan hara N, P, dan K oleh bibit kelapa sawit yang diinokulasi dengan 4 jenis FMA baik secara tunggal maupun campuran pada umur 9 bulan setelah inokulasi

Table 2. Root colonization, N, P, and K uptake by oil palm seedling inoculated with 4 different type of AMF either single or mixed at 9 months after inoculation

Perlakuan <i>Treatment</i>	Kolonisasi Akar <i>Root colonization</i>	Serapan N <i>N uptake</i>	Serapan P <i>P uptake</i>	Serapan K <i>K uptake</i>
	---- % ----	---g---	---g---	---g---
(T <sub>1</sub> ) Kontrol/ <i>Control</i>	36,3 c*	23,69 b	1,54 bc	13,33 b
(T <sub>2</sub> ) <i>Glomus</i> sp. (G)	78,0 ab	<b>31,96 a</b>	<b>1,94 ab</b>	<b>16,65 a</b>
(T <sub>3</sub> ) <i>Gigaspora</i> sp. (Gi)	64,2 abc	29,58 ab	1,57 bc	13,95 ab
(T <sub>4</sub> ) <i>Entrophospora</i> sp. (E)	76,1 ab	29,58 ab	1,65 abc	15,26 ab
(T <sub>5</sub> ) <i>Acaulospora</i> sp. (A)	92,8 a	29,47 ab	1,73 abc	13,70 ab
(T <sub>6</sub> ) G + Gi	70,1 ab	28,59 ab	1,90 ab	15,02 ab
(T <sub>7</sub> ) G + E	59,5 bc	29,38 ab	1,86 abc	14,71 ab
(T <sub>8</sub> ) Gi + E	77,5 ab	<b>31,06 a</b>	<b>2,06 a</b>	<b>16,90 a</b>
(T <sub>9</sub> ) G + Gi+ E + A	79,6 ab	28,23 ab	1,44 c	14,19 ab
BNT 5%	28,87	7,33	0,44	2,97
LSD 5%				

\*) Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada  $\alpha = 0,05$ .\*) Means in the same column followed by the same letters are not significantly different according to least significant different (LSD) test at  $\alpha = 0.05$ .

Tabel 3. Serapan hara Ca, Mg, dan B oleh bibit kelapa sawit yang diinokulasi dengan 4 jenis FMA baik secara tunggal maupun campuran pada umur 9 bulan setelah inokulasi

Table 3. Ca, Mg, and B uptake by oil palm seedling inoculated with 4 different type of AMF either single or mixed at 9 months after inoculation

Perlakuan <i>Treatment</i>	Serapan Ca <i>Ca uptake</i>	Serapan Mg <i>Mg uptake</i>	Serapan B <i>B uptake</i>
	---g---	---g---	---mg---
(T <sub>1</sub> ) Kontrol/ <i>Control</i>	5,46 b*	2,84 b	28,88 b
(T <sub>2</sub> ) <i>Glomus</i> sp. (G)	<b>6,94 a</b>	<b>3,72 a</b>	<b>43,22 a</b>
(T <sub>3</sub> ) <i>Gigaspora</i> sp. (Gi)	5,12 b	2,83 b	29,21 b
(T <sub>4</sub> ) <i>Entrophospora</i> sp. (E)	5,31 b	3,08 b	42,64 ab
(T <sub>5</sub> ) <i>Acaulospora</i> sp. (A)	5,50 b	3,19 ab	33,89 ab
(T <sub>6</sub> ) G + Gi	6,06 ab	3,29 ab	44,89 a
(T <sub>7</sub> ) G + E	5,20 b	3,24 ab	37,10 ab
(T <sub>8</sub> ) Gi + E	5,50 b	3,39 ab	42,16 ab
(T <sub>9</sub> ) G + Gi+ E + A	4,69 b	2,98 b	36,56 ab
BNT 5%	1,37	0,59	13,80
LSD 5%			

\*) Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada  $\alpha = 0,05$ .\*) Means in the same column followed by the same letters are not significantly different according to least significant different (LSD) test at  $\alpha = 0.05$ .

Tanah yang digunakan dalam studi ini tergolong ke dalam jenis tanah haplosaprists yang termasuk ke dalam ordo histosol. Tanah haplosaprists yang digunakan ini merupakan tanah gambut dengan karakteristik berupa pH asam (3,37) dan C-organik yang tinggi (34,21%) serta kandungan hara yang rendah (Tabel 1). Smith & Read (2008) menyatakan bahwa faktor abiotik seperti kesuburan tanah, pH, suhu, kelembaban, dapat mempengaruhi perkembangan dan efektivitas FMA. Tingginya serapan unsur hara pada perlakuan T<sub>2</sub> dan T<sub>8</sub>, diduga dikarenakan hifa FMA pada perlakuan T<sub>2</sub> dan T<sub>8</sub> dapat berkembang dengan baik di dalam akar (hifa internal dengan % kolonisasi 78,0 dan 77,5% berturut-turut) dan di luar akar (hifa eksternal). Berkembangnya hifa eksternal di luar akar dapat dimungkinkan karena cocoknya kondisi tanah yang digunakan untuk perkembangan hifa tersebut.

Hifa eksternal FMA yang berkembang di luar akar mampu menyerap air dan unsur hara

(terutama unsur hara yang bersifat *immobile* di dalam tanah), kemudian ditransfer ke dalam akar. Disamping itu, FMA dapat menghasilkan enzim fosfatase yang dapat melepaskan fosfat yang terikat di dalam tanah menjadi fosfat dalam bentuk yang bebas dan terlarut untuk tanaman di dalam larutan tanah sehingga dapat diserap oleh akar tanaman maupun hifa mikoriza (Widiastuti *et al.*, 2005; Smith & Read, 2008; Selvakumar *et al.*, 2018). Mekanisme lain yang dapat menyebabkan lebih tingginya serapan hara tanaman yang bersimbiosis dengan FMA dibandingkan dengan tanaman kontrol adalah adanya FMA di akar tanaman dapat mengubah komposisi eksudat akar yang dikeluarkan oleh tanaman (Lu *et al.*, 2019). Eksudat akar tanaman yang bersimbiosis dengan FMA mampu meningkatkan populasi mikroba bermanfaat lainnya di daerah rizosfer (Vazquez *et al.*, 2000) seperti meningkatnya populasi mikroba kelompok *plant growth promoting bacteria* (PGPB) atau bakteri pemicu pertumbuhan

tanaman. Sebagian mikroba-mikroba tersebut berperan penting dalam peningkatan ketersediaan dan penyerapan unsur hara seperti bakteri pelarut fosfat, bakteri penambat nitrogen, dan lain-lain (Numan et al., 2018).

Pada Tabel 4 dan 5 dapat dilihat bahwa tinggi tanaman dan jumlah daun dipengaruhi oleh perlakuan FMA, tetapi tidak untuk diameter batang, bobot segar tajuk, dan bobot kering akar. Perlakuan T<sub>8</sub> (campuran *Gigaspora* sp. dan *Entrophospora* sp.) konsisten memiliki tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih tinggi daripada kontrol. Perlakuan T<sub>2</sub> dan T<sub>8</sub> juga menghasilkan bobot kering tanaman yang nyata lebih tinggi dari pada kontrol dan perlakuan FMA lainnya kecuali T<sub>6</sub>. Meningkatnya serapan hara daun oleh bibit yang diberi perlakuan T<sub>2</sub> (*Glomus* sp.) dan T<sub>8</sub> (campuran *Gigaspora* sp. dan *Entrophospora* sp.) menghasilkan pertumbuhan bibit yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini dapat disebabkan karena perkembangan hifa FMA di luar akar mampu membantu tanaman menyerap air dan unsur hara yang diperlukan tanaman untuk proses fotosintesis dan proses metabolisme lainnya.

Hifa eksternal FMA dapat memanjang beberapa sentimeter dari permukaan akar ke dalam tanah (Smith & Read, 2008). Dengan demikian, hifa tersebut dapat mengakses air dan unsur hara yang tidak mobil di dalam tanah atau dapat menjembatani daerah kahat unsur hara yang terbentuk di sekitar permukaan akar. Panjang hifa di luar akar ini dapat mencapai 111 m per cm<sup>3</sup> tanah di padang rumput dan 81 m per cm<sup>3</sup> tanah di padang penggembalaan (Miller et al., 1995). Peningkatan serapan air dan unsur hara pada tanaman yang terinfeksi FMA selanjutnya dapat memperbaiki hubungan air tanaman seperti proses transpirasi dan fotosintesis. Chandrasekaran et al. (2019) melaporkan bahwa aplikasi FMA meningkatkan laju konduktansi stomata dan laju transpirasi tanaman di tanah salin, sehingga mengakibatkan meningkatnya laju fotosintesis. Mereka juga menemukan bahwa dari 2 jenis FMA yang digunakan pada tanah salin tersebut yaitu *Rhizophagus intraradices* and *Funnelliformis mosseae*, spesies *F. mosseae* menunjukkan efektivitas yang lebih baik daripada *R. intraradices*. Hasil penelitian ini juga memperkuat fakta bahwa efektivitas FMA pada kondisi tanah tertentu dipengaruhi oleh jenis FMA.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bobot basah tajuk tidak dipengaruhi oleh perlakuan FMA. Hal ini dapat dijelaskan karena polibag yang berisi media tanam dan bibit diletakkan dalam bak yang selalu berisi air untuk menghindari tanah gambutnya mengering (sifat gambut jika sudah mengering tidak dapat lagi menyerap air walaupun air tersedia). Hal ini berdampak pada bobot segar bibit yang tidak dipengaruhi oleh berbagai perlakuan mikoriza yang diberikan. Sebaliknya, bobot kering tanaman dipengaruhi oleh perlakuan mikoriza dengan bobot tertinggi yang berbeda

nyata dibandingkan dengan kontrol ditunjukkan oleh perlakuan T<sub>2</sub> (*Glomus* sp.) dan T<sub>8</sub> (campuran *Gigaspora* sp. dan *Entrophospora* sp.).

Pada penelitian ini, semua jenis mikoriza yang diaplikasikan pada bibit kelapa sawit yang ditanam pada tanah gambut (histosol) mampu bersimbiosis dengan akar bibit kelapa sawit, akan tetapi jenis mikoriza yang secara konsisten menghasilkan pertumbuhan bibit yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol adalah mikoriza *Glomus* sp. (T<sub>2</sub>) dan campuran *Gigaspora* sp. dan *Entrophospora* sp. (T<sub>8</sub>). Hal ini didukung oleh data tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering tajuk, dan total serapan hara N, P, K, Ca, dan, B daun. Meningkatnya nilai parameter-parameter tersebut dibandingkan dengan kontrol telah membuktikan bahwa FMA memiliki kunci penting dalam meningkatkan ketersediaan dan serapan unsur hara dalam tanah serta berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Ma, et al., 2007; Liu et al., 2007; Rini et al., 2020). Berdasarkan data pada Tabel 2 dan Tabel 3 dapat diketahui bahwa perlakuan *Glomus* sp. (T<sub>2</sub>) secara konsisten dapat meningkatkan serapan hara N sebesar 34,9%, P 26,0%, K 24,0%, Ca 27,1%, Mg 31,0%, B 49,7%, dan peningkatan bobot kering sebesar 30,9%. Sementara perlakuan campuran *Gigaspora* sp. dan *Entrophospora* sp. (T<sub>8</sub>) secara konsisten dapat meningkatkan serapan hara N sebesar 31,1%, P 33,8%, K 26,8%, Ca 0,73, Mg 19,4%, B 46,0% dan peningkatan bobot kering sebesar 20,8%. Secara umum telah terjadi peningkatan pertumbuhan dan serapan hara yang berkisar antara 24-46%. Sementara perlakuan jenis FMA yang lain walaupun mampu bersimbiosis dengan bibit kelapa sawit, namun belum efektif meningkatkan serapan hara dan pertumbuhan bibit yang lebih baik dari pada tanaman kontrol tanpa aplikasi FMA. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Simo-Gonzales et al. (2019) yang melakukan seleksi 4 strain FMA (*Funnelliformis mosseae*, *Glomus cubense*, *Claroideoglomus claroideum*, *Rhizoglomus intraradices*) pada tanah *Calcaric* Histosol (tanah Histosol dengan kandungan kalsium karbonat yang melimpah dengan pH 7,8-7,9). Mereka menemukan *R. intraradices* menghasilkan bobot biomasa dan kandungan hara tertinggi pada tanaman *Canavalia ensiformis* L. Aplikasi *G. cubense* dan *C. claroideum* juga lebih baik dari pada kontrol namun lebih rendah dari *R. intraradices*. Sementara, aplikasi *F. mosseae* menghasilkan pertumbuhan dan serapan hara yang tidak berbeda dengan kontrol.

Hasil penelitian seleksi FMA pada tanah Haplosaprists Histosol ini memperkuat teori bahwa keberhasilan simbiosis FMA pada kondisi tanah tertentu ditentukan oleh jenis FMA yang diaplikasikan. Oleh karena itu, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian ini, sebaiknya dilakukan seleksi jenis FMA yang paling sesuai terlebih dahulu pada jenis tanah tertentu sebelum dilakukan aplikasi FMA untuk memperoleh hasil yang maksimum.

Tabel 4. Tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun bibit kelapa sawit yang diinokulasi dengan 4 jenis FMA baik secara tunggal maupun campuran pada umur 9 bulan setelah inokulasi

Table 4. Plant height, stem diameter, and number of leaves of oil palm seedling inoculated with 4 different type of AMF either single or mixed at 9 months after inoculation

Perlakuan <i>Treatment</i>	Tinggi tanaman <i>Plant Height</i>	Diameter batang <i>Stem Diameter</i>	Jumlah daun <i>Number of Leaf</i>
	----- cm -----	----- cm -----	---- helai ----
(T <sub>1</sub> ) Kontrol/ <i>Control</i>	199,3 b*	11,18 a	24,8 b
(T <sub>2</sub> ) <i>Glomus</i> sp. (G)	206,9 ab	11,47 a	25,4 ab
(T <sub>3</sub> ) <i>Gigaspora</i> sp. (Gi)	207,0 ab	11,96 a	25,8 ab
(T <sub>4</sub> ) <i>Entrophospora</i> sp. (E)	215,2 ab	11,78 a	25,8 ab
(T <sub>5</sub> ) <i>Acaulospora</i> sp. (A)	214,2 ab	11,32 a	26,2 a
(T <sub>6</sub> ) G + Gi	216,1 ab	11,37 a	26,0 ab
(T <sub>7</sub> ) G + E	205,0 ab	11,27 a	25,8 ab
(T <sub>8</sub> ) Gi + E	<b>224,6 a</b>	12,19 a	<b>26,4 a</b>
(T <sub>9</sub> ) G + Gi+ E + A	205,6 ab	11,81 a	25,4 ab
BNT 5%	23,2	1,42	1,3
LSD 5%			

\*) Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada  $\alpha = 0,05$ .

\*) Means in the same column followed by the same letters are not significantly different according to least significant different (LSD) test at  $\alpha = 0,05$ .

Tabel 5. Bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, dan bobot kering bibit kelapa sawit yang diinokulasi dengan 4 jenis FMA baik secara tunggal maupun campuran pada umur 9 bulan setelah inokulasi.

Table 5. Fresh weight of shoot, dry weight of shoot, and dry weight root of oil palm seedling inoculated with 4 different type of AMF either single or mixed at 9 months after inoculation.

Perlakuan <i>Treatment</i>	Bobot segar tajuk <i>Fresh weight of shoot</i>	Bobot kering tajuk <i>Dry weight of shoot</i>	Bobot kering akar <i>Dry weight of root</i>
	----- g -----	----- g -----	----- g -----
(T <sub>1</sub> ) Kontrol	3143,1 a	698,1 c	239,3 a
(T <sub>2</sub> ) <i>Glomus</i> sp. (G)	3782,1 a	<b>913,9 a</b>	273,2 a
(T <sub>3</sub> ) <i>Gigaspora</i> sp. (Gi)	3596,2 a	710,4 bc	365,4 a
(T <sub>4</sub> ) <i>Entrophospora</i> sp. (E)	3368,6 a	769,1 bc	303,3 a
(T <sub>5</sub> ) <i>Acaulospora</i> sp. (A)	3441,0 a	762,7 bc	292,1 a
(T <sub>6</sub> ) G + Gi	3608,0 a	788,9 abc	300,2 a
(T <sub>7</sub> ) G + E	3316,8 a	771,6 bc	296,4 a
(T <sub>8</sub> ) Gi + E	3360,8 a	<b>843,1 ab</b>	331,9 a
(T <sub>9</sub> ) G + Gi+ E + A	3311,0 a	743,3 bc	253,8 a
BNT 5%	745,6	134,7	129,0
LSD 5%			

\*) Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada  $\alpha = 0,05$ .

\*) Means in the same column followed by the same letters are not significantly different according to least significant different (LSD) test at  $\alpha = 0,05$ .

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, jenis FMA yang efektif dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang ditanam di tanah histosol (gambut) adalah *Glomus* sp. dan campuran *Gigaspora* sp. dan *Entrophospora* sp.

### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Bumitama Gunajaya Agro yang telah mendanai penelitian ini dan menyediakan tempat untuk melaksanakan penelitian.

### Daftar Pustaka

Bever JD, Schultz PA, Pringle A & Morton JB (2001). Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why: the high diversity of ecologically distinct species of arbuscular mycorrhizal fungi

within a single community has broad implications for plant ecology. *Biosci* 51(11), 923-931.

Carillo P, Kyratzis A, Kyriacou MC, Dell'Aversana E, Fusco GM, Corrado G & Roupael Y (2020). Biostimulatory action of arbuscular mycorrhizal fungi enhances productivity, functional and sensory quality in 'Piennolo del Vesuvio' Cherry tomato landraces. *Agronomy* 10 (6), 911.

Chandrasekaran M, Chanratana M, Kim K, Seshadri S & Sa T (2019). Impact of arbuscular mycorrhizal fungi on photosynthesis, water status and gas exchange of plant under salt stress-A meta analysis. *Front Plant Sci* 10, 457.

Ciccolini V, Bonari BE & Pellegrino E (2015). Land-use intensity and soil properties shape the composition of fungal communities in Mediterranean peaty soils drained for

- agricultural purposes. *Biol Fertil Soil* 51 (6), 719-731.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2019). *Statistik Perkebunan Indonesia 2018-2020: Kelapa Sawit*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.
- Ijdo M, Cranenbrouck S & Declerck S (2011). Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. *Mycorrhiza* 21(1), 1-16.
- Imeson A (2012). *Desertification, Land Degradation and Sustainability*. Wiley-Blackwell. UK.
- Liu A, Plenchette C & Hamel C (2007). Soil nutrient and water providers: How arbuscular mycorrhizal mycelia support plant performance in a resource limited world. In: Hamel C & Plenchette C (eds.), *Mycorrhizae in Crop Production*. Haworth Press, Inc. p. 37-66
- Lu LU, Zou YN & Wu QS (2019). Mycorrhizas mitigate soil replant disease of peach through regulating root exudates, soil microbial population, and soil aggregate stability. *Comm Soil Sci Plant Anal* 50 (7), 909-921
- Ma N, Yokoyama K & Marumoto T (2007). Effect of peat on mycorrhizal colonization and effectiveness of the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. *J Soil Sci Plant Nutr* 53 (6), 744-752
- Melati M, Iskandar MP, Bambang SP, Hariyadi & Sri W (2011). Morfosiologi dan hasil berbagai provenan jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dan asosiasinya dengan fungi mikoriza arbuskular di lapangan. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Mikoriza: Pupuk dan Pestisida Hayati Pendukung Pertanian Berkelanjutan yang Ramah Lingkungan*. Universitas Lampung, 20-21 Juli 2011 p, 99-113.
- Miettinen J, Shi C & Liew SC (2016). Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatera and Borneo in 2015 with changes since 1990. *Glob Ecol Conserv* 6, 67-78.
- Miller RM, Reinhardt DR & Jastrow JD (1995). External hyphal production of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in pasture and tallgrass prairie. *Oecologia* 103, 17-23.
- Numan M, Bashir S, Khan Y, Mumtaz R, Shinwari ZK, Khan AL, Khan A & Ahmed AH (2018). Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: a review. *Microbiol Res* 209, 21-32.
- Phosri C, Rodriguez A, Sanders IR & Jeffries P (2010). The role of mycorrhizas in more sustainable oil palm cultivation. *Agric Ecosyst Environ* 135 (3), 187-193.
- Posta K & Duc NH (2019). Benefits of arbuscular mycorrhizal fungi application to crop production under water scarcity. In *Drought-Detection and Solutions*. IntechOpen. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86595>
- Rias RR, Rini MV & Yelli F (2014). Seleksi lima fungi mikoriza arbuskular untuk pembibitan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada dua dosis pupuk NPK. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 15 (1), 24-32.
- Rini MV & Efriani U (2016). Respons bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap pemberian fungi mikoriza arbuskular dan cekaman air. *Menara Perkebunan* 84 (2), 107-116
- Rini MV, Utoyo B & Timotiwu PB (2010). Populasi dan keragaman fungi mikoriza arbuskular pada kebun kelapa sawit di tanah mineral dan gambut. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Keragaman Hayati Tanah 1*, Bandar Lampung 29-30 Juni 2010 p, 208-217.
- Rini MV, Susilawati E, Riniarti M & Lukman I (2020). Application of *Glomus* sp. and a mix of *Glomus* sp. with *Gigaspora* sp. in improving the agarwood (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) seedling growth in Ultisol soil. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 449 (2020) 012004.
- Saia S, Aissa E, Luziatelli F, Ruzzi M, Colla G, Ficca AG, Cardarelli, M & Rouphael Y (2020). Growth-promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi differentially benefit tomato and corn depending upon the supplied form of phosphorus. *Mycorrhiza* 30 (1), 133-147.
- Selvakumar G, Shagol CC, Kang Y, Chung BN, Han SG & Sa TM (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi spore propagation using single spore as starter inoculum and a plant host. *J Appl Microbiol* 124 (6), 1556-1565.
- Simó-González JE, Rivera-Espinosa R & Ruiz-Sánchez M (2019). Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi inoculated on *Canavalia ensiformis* L. in Calcaric Histosol soils. *Agron Mesoam* 30 (2), 395-405.
- Smith SE & Read DJ (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*, 3rd edition. New York, Elsevier.
- Souza T (2015). *Handbook of arbuscular mycorrhizal fungi*. Cham: Springer.
- Sundram S (2010). Growth effects by arbuscular mycorrhiza fungi on oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings. *J Oil Palm Res* 22, 796-802.
- Susilowati E, Riniarti M & Rini MV (2019). Asosiasi *Glomus* sp. dan *Gigaspora margarita* pada bibit *Aquilaria malaccensis*. *Menara Perkebunan* 87(2), 104-110
- Tim Pengembangan Materi LPP (2016). *Buku Pintar Mandor Serial Budidaya: Tanaman*

*Kelapa Sawit*. Edisi Revisi. Lembaga Pendidikan Perkebunan. Yogyakarta.

- Vazquez MM, Cesar S, Azcon R & Barea JM (2000). Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and other microbial inoculants (*Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*) and their effects on microbial population and enzyme activities in the rhizosphere of maize plants. *Appl Soil Ecol* 15, 261-272.
- Widiastuti H, Sukarno N, Darusman LK, Goenadi DH, Smith S & Guhardja E (2005).

Penggunaan spora cendawan mikoriza arbuskula sebagai inokulum untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit. *Menara Perkebunan* 73 (1), 26-34.

- Wigena IGP, Sudrajat, Sitorus SRP & Siregar H (2009). Karakterisasi tanah dan iklim serta kesesuaiannya untuk kebun kelapa sawit plasma di Sei Pagar, kabupaten Kampar, Provinsi Riau. *Jurnal Tanah dan Iklim* 30, 1-16.