

Seleksi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Bibit Kelapa Sawit di Tanah Haplohumods

Oleh:

David Irvanto^{1*}, Maria Viva Rini², Radix Suharjo³, Lestari Wibowo³, dan Adhy Ardiyanto¹

¹ Departemen Riset PT. Bumitama Gunajaya Agro, Kalimantan Tengah

² Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung

³ Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung

*Penulis Korespondensi: david.irtanto@bumitama.com

ABSTRAK

Penanaman bibit kelapa sawit pada haplohumods memiliki faktor pembatas, yaitu kadar pasir yang tinggi dan rendahnya kandungan hara. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit pada tanah tersebut, yakni dengan pengaplikasian fungi mikoriza arbuskular (FMA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis FMA yang paling sesuai dari 4 genus beserta kombinasinya untuk bibit kelapa sawit pada haplohumods. Penelitian dilaksanakan dari bulan Oktober 2018 hingga Agustus 2019, di lapangan percobaan Departemen Riset PT Bumitama Gunajaya Agro dan Laboratorium Produksi Perkebunan, Universitas Lampung. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri dari 9 perlakuan dengan 5 ulangan, sehingga terdapat 45 satuan percobaan. Perlakuan yang digunakan yaitu, kontrol (T₀), Glomus sp. (T₁), Gigaspora sp. (T₂), Entrophospora sp. (T₃), Acaulospora sp. (T₄), Glomus sp. + Gigaspora sp. (T₅), Glomus sp. + Entrophospora sp. (T₆), Gigaspora sp. + Entrophospora sp. (T₇), dan Glomus sp. + Gigaspora sp. + Entrophospora sp. + Acaulospora sp. (T₈). FMA sesuai perlakuan diberikan dengan dosis 500 spora per bibit. Aplikasi FMA dilakukan saat bibit dipindah tanam dari pre nursery (umur 3,5 bulan) ke main nursery dengan menaburkan inokulum FMA pada lubang tanam. Di main nursery, bibit dipelihara selama 9 bulan. Data yang diperoleh diolah dengan analisa sidik ragam (uji Anova), kemudian dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis FMA yang efektif pada haplohumods adalah Acaulospora sp. dan Glomus sp. + Gigaspora sp., ditunjukkan dengan nilai bobot kering tajuk yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol dengan peningkatan bobot kering sebesar 38,0% dan 53,2% secara berturut-turut.

Kata Kunci: bibit kelapa sawit, haplohumods, mikoriza

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan primadona di Indonesia. Kelapa sawit menghasilkan minyak kelapa sawit (*crude palm oil*) dan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang digunakan sebagai minyak makanan, minyak industri, dan bahan bakar nabati (*biodiesel*). Seiring dengan berjalannya waktu, luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia semakin meningkat. Menurut Dirjen perkebunan (2019), luas areal kelapa sawit mengalami peningkatan sebesar 3,46 juta ha dari 11.260.227 ha di tahun 2015 menjadi 14.724.420 ha pada tahun 2019.

Peningkatan luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia ternyata tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan yang optimal untuk tumbuh dan berkembangnya kelapa sawit. Oleh karena itu, pengembangan lahan untuk penanaman kelapa sawit mulai diarahkan pada lahan marginal. Salah satu jenis tanah yang digunakan untuk budi daya perkebunan kelapa sawit adalah haplohumods. Haplohumods adalah tanah dari ordo spodosol yang dapat ditemukan pada dataran alluvial dan koluvial yang merupakan peralihan antara dataran struktural atau tektonik dari batu pasir kuarsa dengan dataran berawa atau gambut. Di Indonesia, tanah ini terdapat di pulau Kalimantan, yaitu di provinsi Kalimantan Tengah (1,51 juta ha), Kalimantan Barat (0,42 juta ha), dan Kalimantan Timur (0,51 juta ha) (Subagjo *et al.*, 2004).

Haplohumods merupakan lahan marginal yang memiliki dua faktor pembatas, yaitu adanya lapisan spodik dan tekstur berpasir (Syarovy *et al.*, 2015). Sifat fisik penting pada spodosol adalah tekstur kasar (pasir atau pasir berlempung) yang berdampak pada rendahnya kemampuan tanah meretensi air (rawan kekeringan) dan rendahnya meretensi hara (mudah tercuci dan perkolasi). Sifat kimia tanah spodosol dicirikan oleh reaksi tanah masam, kandungan-kandungan basa dapat ditukar dan kejenuhan basa rendah. Hara P dan K serta cadangan mineral sangatlah rendah. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah rendah dan sangat tergantung pada kandungan bahan organik (Suharta dan Yatno, 2009).

Berdasarkan faktor pembatas yang dimiliki haplohumods, maka perlu dilakukan pengaplikasian mikroba bermanfaat untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit pada tanah tersebut. Rini *et al.* (2010) menyatakan bahwa kelapa sawit merupakan tanaman yang secara alami bersimbiosis dengan fungi mikoriza arbuskular (FMA). Manaroinsong dan Lolong (2015) memperoleh FMA genus *Glomus* sp. dari rhizosfir tanaman kelapa sawit sebanyak 259 spora per 100 g tanah Lempung berpasir di Kalimantan Tengah. Pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit berpengaruh nyata pada variabel tinggi tanaman, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, jumlah akar primer, volume akar, persen infeksi akar, dan jumlah spora (Rias *et al.*, 2014).

FMA merupakan simbiosis mutualisme antara fungi tertentu dengan 90% tanaman di dunia (Smith dan Read, 2008). Infeksi FMA pada tanaman diawali dengan terbentuknya apresorium pada permukaan akar, selanjutnya hifa menembus dinding epidermis akar tanaman (Fakuara, 1988). Hifa FMA yang tumbuh dalam jaringan korteks akar membentuk vesikel dan arbuskul. Hifa eksternal FMA yang berada di rhizosfer mampu meningkatkan absorpsi unsur hara N, P, K, Ca, serta nutrisi mikro yang dibutuhkan tanaman, mencegah infeksi patogen akar, membantu memacu peningkatan zat pengatur tumbuh, memperbaiki struktur dan agregat tanah, serta menambah daur mineral (Sastrahidayat, 2011).

Menurut Suhardi (1988), efektivitas FMA dipengaruhi oleh faktor abiotik berupa cahaya, suhu, kesuburan tanah, pH tanah, dan jenis tanah, serta faktor biotik berupa jenis tanaman, organisme tanah, dan jenis FMA. Dengan demikian, pengujian berbagai jenis FMA pada jenis tanah dan tanaman tertentu perlu dilakukan untuk mengetahui jenis FMA yang dapat meningkatkan pertumbuhan pada tanaman dan jenis tanah yang spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis FMA yang paling sesuai untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit pada tanah haplohumods.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di lapangan percobaan Departemen Riset PT Bumitama Gunajaya Agro dan Laboratorium Produksi Perkebunan Universitas Lampung dari bulan Oktober 2018 sampai Agustus 2019. Rancangan perlakuan disusun dalam rancangan perlakuan tunggal tidak terstruktur dengan 9 perlakuan dan 5 ulangan, sehingga terdapat 45 satuan percobaan. Perlakuan yang digunakan yaitu kontrol (T₀), *Glomus* sp. (T₁), *Gigaspora* sp. (T₂),

Entrophospora sp. (T₃), *Acaulospora* sp. (T₄), *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. (T₅), *Glomus* sp. + *Entrophospora* sp. (T₆), *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp. (T₇), dan *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp. + *Acaulospora* sp. (T₈). Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok. Pengelompokkan berdasarkan keseragaman bibit 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%.

Penanaman Kecambah di Pre Nursery

Pembibitan *pre nursery* (PN) dilakukan dengan menggunakan tanah haplohumods dari kebun Panaga Raya Estate di kebun PT Bumitama Gunajaya Agro. Sebelum digunakan, tanah diayak dengan saringan berukuran 1 cm, kemudian dimasukkan ke dalam *polybag* ukuran 22x14 cm lalu disiram pada pagi dan sore hari selama 1 minggu. Setelah itu, kecambah kelapa sawit dari jenis Tenera (No. Persilangan F160801946 dan F160802120 yang diperoleh dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan) ditanam dengan satu kecambah per *polybag*. Kemudian bibit dipelihara selama 3,5 bulan dengan mengikuti standar pembibitan kelapa sawit.

Penanaman dan Aplikasi FMA pada Bibit di Main Nursery

Setelah bibit berumur 3,5 bulan di PN, bibit selanjutnya dipindah tanam ke *main nursery* (MN) menggunakan media tanam tanah haplohumods yang telah diayak menggunakan ayakan ukuran 1 cm. Tanah kemudian dimasukkan sebanyak 20 kg ke dalam *polybag* ukuran 50x20 cm. Selanjutnya *polybag* yang sudah diisi media disusun di lahan percobaan menurut tata letak rancangan acak kelompok. Aplikasi FMA pada bibit kelapa sawit dilaksanakan pada saat bibit dipindahkan dari PN ke MN. Inokulum mikoriza (sesuai perlakuan) hasil produksi Laboratorium Produksi Perkebunan Universitas Lampung diaplikasikan dengan dosis 500 spora per bibit. Inokulum mikoriza sesuai perlakuan ditaburkan di dasar lubang tanam, kemudian bibit dari PN ditanam di lubang tersebut.

Pemeliharaan Tanaman

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. Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk bayfolan (11.8.6) pada saat bibit berumur 2—11 minggu dengan dosis 2 g/l air. Kemudian dilanjutkan dengan pupuk NPKMg (12.12.17.2) pada saat bibit berumur 14, 19, 21, 23, 25 minggu dengan dosis 5g/bibit dengan cara dibenamkan dalam tanah. Dosis 7,5 g/bibit diberikan saat bibit berumur 27 dan 29 minggu, dosis 10g/bibit pada umur bibit 31, 33, 35, 37 minggu, dan dosis 15 g/bibit pada umur 39, 41, 43, dan 45 minggu. Pada akhir penelitian, dilakukan pengamatan terhadap variabel tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan persen infeksi akar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi fungi mikoriza arbuskular pada bibit kelapa sawit di haplohumods berpengaruh nyata terhadap peubah bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, diameter batang, dan infeksi akar. Akan tetapi, tidak berpengaruh nyata terhadap peubah tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot kering akar.

Pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit di haplohumods pada tahap *main nursery* berpengaruh nyata pada persen infeksi akar. Semua bibit kelapa sawit yang diinokulasikan FMA

memiliki infeksi akar berkisar antara 60,9—88,7% (tinggi sampai sangat tinggi). Persen infeksi akar tertinggi diperoleh pada perlakuan *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp. (88,7%), dan *Acaulospora* sp. (84,3%). Persen infeksi akar terendah diperoleh pada bibit kelapa sawit tanpa diaplikasi FMA yaitu sebesar 44,1 % (Tabel 1).

Tingginya infeksi FMA pada akar bibit kelapa sawit menunjukkan keberhasilan FMA dalam bersimbiosis dengan akar bibit kelapa sawit. FMA yang diaplikasikan akan membentuk jaringan hifa secara internal pada jaringan korteks dan sebagian hifanya memanjang dan menjulur keluar kemudian masuk kedalam tanah untuk menyerap air dan unsur hara seperti fosfat, ammonium, kalium, dan nitrat (Lakitan, 2010). Semakin berkembangnya hifa eksternal, maka volume tanah yang dapat dijangkau dalam penyerapan unsur hara dan air akan semakin besar sehingga unsur hara dan air yang diserap oleh bibit kelapa sawit juga akan semakin banyak (Rini dan Efriyani, 2016).

Adanya infeksi akar pada bibit kelapa sawit yang tidak diaplikasikan FMA dikarenakan tanah haplohumods yang digunakan sebagai media tanam di *main nursery* tidak disterilkan sebelum digunakan. Oleh karena itu, spora *indigenous* pada tanah tersebut menginfeksi bibit kelapa sawit. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Rini *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa bibit kelapa sawit yang tidak diinokulasi FMA memiliki persen infeksi terendah (51,4%) jika dibandingkan dengan perlakuan aplikasi FMA. Hal tersebut terjadi karena adanya spora *indigenous* pada media tanam yang digunakan tidak disterilkan. Setelah dilakukan pengamatan kandungan spora pada tanah, secara alami tanah haplohumods yang digunakan mengandung mikoriza *indigenous* sebanyak 29,05 spora per 50 gram tanah.

Mekanisme lain yang dapat menyebabkan tanaman bermikoriza mampu menyerap unsur hara lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang tidak bermikoriza adalah berubah komposisi eksudat akar yang dikeluarkan oleh tanaman yang bermikoriza (Lu *et al.*, 2019). Eksudat akar yang dihasilkan oleh tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza mampu meningkatkan populasi mikroba yang bermanfaat bagi tanaman di daerah rizosfer (Vazquez *et al.*, 2000). Sebagian mikroba ada yang terlibat dalam ketersediaan unsur hara, penyerapan unsur hara seperti bakteri pelarut fosfat, bakteri penambat nitrogen, dan lain-lain.

Peningkatan serapan air dan unsur hara pada bibit kelapa sawit yang terinfeksi mikoriza arbuskular, akan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan bibit yang diinokulasi FMA. Pada peubah diameter batang, FMA jenis *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp., *Glomus* sp. + *Entrophospora* sp., dan *Gigaspora* sp. memiliki diameter batang lebih besar dibandingkan kontrol sebesar 10,57 cm, 10,37cm, dan 10,36 cm. Sedangkan diameter terendah diperoleh pada perlakuan *Acaulospora* sp. sebesar (9,36 cm) (Tabel 1).

Pemberian FMA pada bibit kelapa sawit tidak berbeda nyata pada peubah tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot kering akar. Diduga bahwa pada penelitian ini, FMA yang diaplikasikan pada bibit kelapa sawit lebih berperan dalam meningkatkan bobot tajuk tanaman dibandingkan peubah jumlah daun, tinggi tanaman, dan bobot akar. Menurut Reksa (2007), jumlah daun pada bibit kelapa sawit lebih dominan dipengaruhi oleh faktor genetik, dimana bibit kelapa sawit dapat membentuk satu sampai dua helai daun setiap bulannya.

Tabel 1. Pengaruh aplikasi jenis Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, bobot kering akar, infeksi akar oleh FMA pada bibit sawit umur 9 bulan di MN yang ditanam menggunakan haplohumods

Perlakuan	Tinggi Tanaman	Diameter Batang	Jumlah Daun	Bobot Kering Akar	Infeksi Akar Oleh FMA
	-- cm --	-- cm --	-- helai --	--- g ---	--- % ---
(T ₀) Kontrol	162,5 a	9,59 bc	24,2 a	121,9 a	44,1 d
(T ₁) <i>Glomus</i> sp. (G)	165,5 a	9,60 bc	23,6 a	140,4 a	63,7 bc
(T ₂) <i>Gigaspora</i> sp. (Gi)	166,6 a	10,36 a	24,4 a	172,3 a	77,1 abc
(T ₃) <i>Entrophospora</i> sp. (E)	167,3 a	9,61 bc	24,2 a	122,5 a	82,3 ab
(T ₄) <i>Acaulospora</i> sp. (A)	174,7 a	9,36 c	23,8 a	166,4 a	84,3 a
(T ₅) G + Gi	168,2 a	9,65 bc	24,4 a	160,3 a	60,9 cd
(T ₆) G + E	176,0 a	10,37 a	24,2 a	144,9 a	77,6 ab
(T ₇) Gi + E	174,3 a	10,57 a	24,2 a	174,7 a	88,7 a
(T ₈) G + Gi+ E + A	72,8 a	10,02 ab	24,0 a	163,9 a	76,6 abc
BNT 5%	13,9	0,65	1,5	59,8	20,53

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf nyata 5%.

Pada Tabel 2, peubah bobot segar tajuk pada pengaplikasian FMA berbeda nyata dengan tanpa pengaplikasian FMA. Bobot tertinggi diperoleh pada perlakuan *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp. (2.586,9 g), *Gigaspora* sp. (2.503,9 g), dan *Acaulospora* sp. (2.418,5 g). Untuk bobot segar tajuk terendah diperoleh pada perlakuan tanpa pengaplikasian FMA, yaitu sebesar 1979,2 g. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rias *et al.* (2014) bahwa pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit memiliki nilai bobot segar tajuk lebih tinggi dibandingkan dengan bibit tanpa pengaplikasian FMA.

Pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit di tanah haplohumods menghasilkan bobot kering tajuk yang berbeda nyata dibandingkan tanpa pengaplikasian FMA (Tabel 2), kecuali pada perlakuan *Glomus* sp.+*Entrophospora* sp. (485,3 g). Bobot kering tajuk tertinggi diperoleh pada bibit kelapa sawit yang diinokulasi dengan FMA jenis *Glomus* sp.+*Gigaspora* sp. dan *Acaulospora* sp. yaitu sebesar (715,8 g) dan (644,8 g). Hal tersebut sesuai dengan penelitian Rini dan Efriyani (2016), bahwa pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap peubah bobot kering brangkasannya jika dibandingkan dengan bibit yang tidak diaplikasikan FMA.

Cavagnaro *et al.* (2003) menyatakan bahwa efektivitas simbiosis FMA dengan tanaman dapat dilihat berdasarkan kemampuan FMA dalam meningkatkan bobot kering tanaman. Bobot kering tanaman merupakan salah satu indikator proses metabolisme tanaman (Taiz dan Zeiger, 2010). Unsur hara dan air yang diserap oleh FMA kemudian ditransfer pada tanaman melalui akar, yang selanjutnya digunakan oleh tanaman untuk membantu proses metabolisme. Produk dari proses metabolisme tanaman adalah bobot kering tanaman. Musfal (2010) menyatakan bahwa bobot kering tanaman mencerminkan banyaknya unsur hara yang diserap oleh tanaman. Semakin banyak unsur hara yang diserap tanaman, maka akan semakin besar bobot kering tanaman.

Tabel 2. Pengaruh aplikasi jenis Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap bobot segar dan kering tajuk bibit sawit umur 9 bulan di MN yang ditanam menggunakan haplohumods

Perlakuan	Bobot Segar Tajuk	Bobot Kering Tajuk	Selisih Bobot Kering Tajuk Dengan Kontrol	Peningkatan Pertumbuhan
	----- g -----	----- g -----	----- g -----	----- % -----
(T ₀) Kontrol	1979,2 b	467,1 c		
(T ₁) <i>Glomus</i> sp. (G)	2308,8 ab	529,5 bc	62,4	13,4
(T ₂) <i>Gigaspora</i> sp. (Gi)	2503,9 a	587,6 abc	120,5	25,8
(T ₃) <i>Entrophospora</i> sp. (E)	2258,1 ab	530,2 bc	63,1	13,5
(T ₄) <i>Acaulospora</i> sp. (A)	2418,5 a	644,8 ab	177,7	38,0
(T ₅) G + Gi	2347,6 ab	715,8 a	248,7	53,2
(T ₆) G + E	2267,2 ab	485,3 c	18,2	3,9
(T ₇) Gi + E	2586,9 a	588,5 abc	121,4	26,0
(T ₈) G + Gi+ E + A	2392,7 ab	581,6 abc	114,5	24,5
BNT 5%	415,5	146,9		

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf nyata 5%.

Menurut Brundrett *et al.* (1996), keefektifan setiap jenis FMA bergantung pada jenis FMA yang diaplikasikan, jenis tanah, jenis tanaman, dan interaksi antar ketiga faktor tersebut. Pada penelitian ini, dapat diketahui bahwa dari 9 perlakuan yang telah diberikan pada bibit kelapa sawit dengan media tanam haplohumods di *main nursery*, FMA jenis *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. memberikan pertumbuhan tertinggi pada bibit kelapa sawit jika dibandingkan dengan bibit yang tidak diberi FMA yaitu sebesar 38% dan 53%. Hal tersebut dibuktikan dengan tingginya bobot kering tajuk pada kedua perlakuan tersebut jika dibandingkan dengan tanpa pemberian FMA.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa FMA jenis *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp.+*Gigaspora* sp. merupakan FMA yang efektif dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit pada haplohumods yang ditunjukkan dengan nilai bobot kering tajuk yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol dengan peningkatan bobot kering sebesar 38,0% dan 53,2% secara berturut-turut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Bumitama Gunajaya Agro yang telah membiayai penelitian ini melalui kerjasama PT BGA dan FAPERTA UNILA serta Laboratorium Produksi Perkebunan Universitas Lampung yang telah menyediakan inokulum FMA dan membantu dalam analisa infeksi akar.

DAFTAR PUSTAKA

- Brundrett, M.C., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., and Malajczuk, N., 1996, *Working With Mycorrhizal in Forestry and Agricultural*. Piere Printers: Canberra, Australia.
- Direktoral Jendral Perkebunan, 2019; Luas Areal dan Produksi Kelapa Sawit (Minyak Sawit) Menurut Status Pengusahaan Tani (1980—2020). Statistik Perkebunan Indonesia 2018—2020 (Kelapa Sawit); Dhani Gartian, R. Lucky Lukmana Sukriya; Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan: Jakarta, Indonesia, pp. 27.
- Fakuara, Y.M., 1988. *Mikoriza, Teori dan Kegunannya Dalam Praktek*. Fahutan IPB: Bogor, Indonesia, 23 hlm.
- Lakitan B., 2010. *Penyerapan Unsur Hara. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT. Raja Grafindo Persada: Jakarta, Indonesia, pp. 75—76.
- Lu, L.U., Zou Y.N., and Wu Q.S., 2019. Mycorrhizas Mitigate Soil Replant Disease of Peach Through Regulating Root Exudates, Soil Microbial Population, and Soil Aggregate Stability. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*. 50 (7): pp. 909—921.
- Manaroinsong E. dan Lolong A.A., 2015. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Pada Beberapa Tekstur Tanah di Lahan Kelapa Sawit di Kalimantan Tengah. *B. Palma* 16 (2): pp. 203—210.
- Reksa A., 2007. Perubahan Pola Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Pemberian ZPT Atonik pada Media Campuran Pasir dan Blotong Tebu di *Pre Nursery*. Skripsi. Medan: Indonesia, Universitas Sumatra Utara.
- Rias, R.R., Rini, M.V., dan 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, V.M. Utoyo, B. dan Timotiwi B.P., 2010, Populasi dan Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Kebun Kelapa Sawit di Tanah Mineral dan Gambut. Dalam *Prosiding Seminar Keragaman Hayati Tanah*, Bandar Lampung, Indonesia, 29—30 Juni 2010; Rosma Hasibuan, F.X. Susilo, I Gede Wibawa, Agus Karyanto, Pitojo Budiono, Endah Setyaningrum, Bainah Sari Dewi, Yuyun Fitriana (Eds.) Universitas Lampung, Indonesia, pp. 208—218.
- Rini, V.M. dan Efriyani, U., 2016. Respon Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Terhadap Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular dan Cekaman. *Menara Perkebunan*, 84 (2): pp. 107—116.
- Rini, V.M., Pertiwi, O.K., dan Saputra, H., 2017. Seleksi Lima Isolat Fungi Mikoriza Arbuskular Untuk Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jaq.) di Pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika*, 5 (3): pp. 138—143.
- Sastrahidayat, I. R., 2011. *Pendahuluan. Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian*. Universitas Brawijaya Press: Malang, Indonesia, pp. 8—9.
- Smith, S.E. and Read, D.J., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London: England. 800 p.
- Subagjo, H., Suharta N., dan Siswanto A.B., 2004. *Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia. Dalam Sumberdaya Lahan dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat; Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Suhardi, 1998. *Ekologi Dari VAM. Pedoman Kuliah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)*. Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi Universitas Gadjah Mada: Jogjakarta, Indonesia, pp. 26—41.
- Suharta N. dan Yatno E., 2009. Karakteristik Spodosol, Kendala dan Potensi Penggunaannya. *Jurnal Sumberdaya lahan*. 3 (1): pp. 1—14.

- Syarovy M. Ginting, E.N., Wiratmoko D., dan Santoso, H., 2015. Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit di Tanah Spodosol. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2 (39): pp. 340—347.
- Vazquez, M.M., Cesar, S., Azcon, R., and Barea, J.M., 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: pp. 261—272.