

Efektivitas Inokulum Tunggal dan Konsorsium Fungi Mikoriza Arbuskula pada Pembibitan Tanaman *Indigofera zollingeriana*

Effectiveness of Single and Consortium Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculum on *Indigofera zollingeriana* Plant Nurseries

M R Pratama, I Prihantoro*, P D M H Karti

Corresponding email:
prihantoro@apps.ipb.ac.id,

Departemen Ilmu Nutrisi dan
Teknologi Pakan, Fakultas
Peternakan, Institut Pertanian
Bogor, Jl. Agatis Kampus IPB
Dramaga, Jawa Barat, Indonesia

Submitted: November 12, 2022

Accepted: April 11, 2023

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are potential biofertilizers for plants. The success and quality of AMF inoculation is related to the type of AMF and plants. This study aimed to find the most effective AMF species in *Indigofera zollingeriana* nurseries. This experiment study was designed using a completely randomized design with six treatments and five replications based on different types of AMF in single and consortium forms. Treatment details include: IFMIX (consortium: a mixture of five types of AMF), IFTE (*Glomus etinucatum*), IFTM (*Glomus manihotis*), IFTA (*Acaulospora tuberculata*), IFTG (*Gigaspora margarita*), IFTS *Glomus* sp. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test. Based on the results of variance, AMF inoculation at *Indigofera zollingeriana* nurseries in a single form (IFTE, IFTM, IFTA, IFTG, and IFTS) resulted in effectiveness that was not significantly different with the consortium FMA inoculation (IFMIX) against AMF colonization, plant height, stem diameter, fresh and dry biomass of plants. Inoculation of inoculums in a single IFTE form resulted in a higher colonization value ($p < 0.05$) than single inoculums IFTA and IFTM. It can be concluded that inoculation of a single AMF (*Glomus etinucatum*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora tuberculata*, *Gigaspora margarita*, *Glomus* sp.) against AMF consortium produced the same symbiotic effectiveness on root colonization, morphological response and plant biomass production level in *Indigofera zollingeriana* nurseries. The root colonization rate of a single IFTE inoculum was better than a single inoculum of IFTA and IFTM.

Key words: consortium AMF, *Indigofera zollingeriana* nurseries, single AMF

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula) yang paling efektif pada pembibitan tanaman *Indigofera zollingeriana*. Penelitian didesain menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan enam perlakuan dan lima ulangan berdasarkan perbedaan jenis FMA dalam bentuk tunggal dan konsorsium. Detail perlakuan meliputi: IFMIX (konsorsium: campuran dari lima jenis FMA), IFTE (*Glomus etinucatum*), IFTM (*Glomus manihotis*), IFTA (*Acaulospora tuberculata*), IFTG (*Gigaspora margarita*), IFTS *Glomus* sp. Data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* dan *Duncan Multiple Range Test*. Hasil Penelitian menunjukkan inokulasi FMA pada pembibitan *Indigofera zollingeriana* dalam bentuk tunggal (IFTE, IFTM, IFTA, IFTG, dan IFTS) menghasilkan efektivitas yang tidak berbeda nyata dengan inokulasi FMA konsorsium (IFMIX) terhadap kolonisasi FMA, tinggi tanaman, diameter batang, biomassa segar dan biomassa kering tanaman. Inokulasi inokulum dalam bentuk tunggal IFTE dihasilkan nilai kolonisasi yang lebih tinggi ($p < 0,05$) dibandingkan inokulum tunggal IFTA dan IFTM. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa inokulasi FMA tunggal (*Glomus etinucatum*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora tuberculata*, *Gigaspora margarita*, *Glomus* sp.) terhadap FMA konsorsium menghasilkan efektivitas simbiosis yang sama baik pada kolonisasi akar, respon morfologi dan tingkat produksi biomassa tanaman pada pembibitan *Indigofera zollingeriana*. Tingkat kolonisasi akar dari inokulum tunggal IFTE lebih baik dibandingkan inokulum tunggal IFTA dan IFTM.

Kata kunci: FMA tunggal, FMA konsorsium, pembibitan *Indigofera zollingeriana*

PENDAHULUAN

Aspek terpenting dalam pengembangan suatu usaha peternakan adalah pakan ternak. Bagi ternak ruminansia, hijauan pakan sangat dibutuhkan untuk menunjang kebutuhan hidup pokok, produksi dan reproduksinya. Tanaman leguminosa merupakan jenis hijauan pakan unggul dengan kandungan serat dan protein yang ideal. *Indigofera zollingeriana* merupakan salah satu jenis leguminosa unggul dengan palatabilitas tinggi. Menurut Abdullah & Suharlina (2010), *Indigofera zollingeriana* mengandung protein kasar 29,76%-29,83%, mineral kalsium 2,4%; fosfor 0,46%; magnesium 0,051%; kalium 4,21%, dan pencernaan bahan kering 72%-81%.

Di Indonesia, tanaman *Indigofera zollingeriana* ditanam pada bermacam-macam kondisi lahan, mulai dari lahan yang memiliki tingkat kesuburan tinggi hingga lahan-lahan marginal yang kurang subur. Beberapa permasalahan yang terdapat pada lahan marginal antara lain pH tanah yang rendah, nilai KTK (kapasitas tukar kation) yang rendah, serta kandungan hara yang relatif rendah (Paramanathan 2013). Maka dari itu, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi dan kualitas *Indigofera zollingeriana* pada lahan marginal adalah dengan melakukan inokulasi pupuk hayati seperti fungi mikoriza arbuskula.

FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula) didefinisikan sebagai inokulum dengan bahan aktif berupa mikroorganisme hidup yang memiliki peran dalam hal menambat atau menyediakan kebutuhan hara bagi inang (Purba et al. 2014). FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula) efektif dalam meningkatkan serapan P dan serapan N (Karti dan Setiadi, 2011). Memiliki struktur hifa yang halus dan panjang yang dapat membantu tanaman dalam keterbatasan penyerapan air dan P (Prayudyaningsih dan Sari, 2016). Inokulasi FMA pada psroses pembibitan tanaman menghasilkan efektivitas simbiosis yang baik dan menghasilkan performa bibit yang lebih baik.

Bagian Teknologi Tumbuhan Pakan dan Pastura (TPP), Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor memiliki beberapa koleksi FMA unggul dalam bentuk tunggal dan konsorsium. Beberapa koleksi FMA tunggal meliputi *Glomus etinucatum*, *Glomus manihotis*, *Glomus sp.*, *Acaulospora tuberculata*, dan *Gigaspora margarita*. Beberapa kajian terhadap FMA konsorsium hasil koleksi menghasilkan efektivitas kolonisasi yang baik dalam meningkatkan adaptasi dan produksi tanaman pakan. Inokulasi FMA dalam bentuk konsorsium menghasilkan tingkat kolonisasi akar yang tinggi dan performa bibit *Indigofera zollingeriana* yang baik. Menurut Fitria et al. (2021), inokulum FMA konsorsium dapat menghasilkan persentase kolonisasi akar hingga 80% pada tanaman *Indigofera zollingeriana*. Hingga saat ini, belum dilakukan evaluasi perihal kualitas dan efektivitas inokulum tunggal FMA hasil koleksi pada proses pembibitan *Indigofera zollingeriana*. Inokulum FMA tunggal diharapkan memiliki kualitas dan efektivitas simbiosis yang sama baik dengan FMA konsorsium. Penelitian ini

bertujuan untuk mendapatkan jenis FMA yang paling efektif pada pembibitan tanaman *Indigofera zollingeriana*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Agustus 2020 – Agustus 2021 yang berlokasi di rumah kaca laboratorium Agrostologi, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University. Bahan yang digunakan beberapa jenis inokulum fungi mikoriza arbuskula (*Glomus etinucatum*, *Glomus manihotis*, *Glomus sp.*, *Acaulospora tuberculata*, *Gigaspora margarita*, konsorsium), bibit *Indigofera zollingeriana*, zeolit dan tanah latosol.

Rancangan Penelitian

Penelitian didesain menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan enam perlakuan dan lima ulangan berdasarkan perbedaan jenis FMA dalam bentuk tunggal dan konsorsium. Detail perlakuan meliputi: IFMIX (konsorsium: campuran dari lima jenis FMA), IFTE (*Glomus etinucatum*), IFTM (*Glomus manihotis*), IFTA (*Acaulospora tuberculata*), IFTG (*Gigaspora margarita*), IFTS *Glomus sp.*

Prosedur Penelitian

Persiapan benih meliputi pencucian biji *Indigofera zollingeriana* dengan air mengalir hingga bersih dan disterilisasi melalui teknik perendaman dengan larutan klorok (bayclin) selama 7 menit. Biji yang sudah disterilisasi dibilas dengan air mengalir hingga bersih. Skarifikasi biji dilakukan melalui perendaman dengan air hangat selama 24 jam. Tahap selanjutnya, dilakukan penyemaian biji *Indigofera zollingeriana* pada media zeolit (ukuran 0,7-1,4 mm) didalam bak plastik yang berukuran 22cm x18cm x 5cm yang dimodifikasi melalui pelubangan di dasar bak. Inokulasi FMA sesuai perlakuan dilakukan pada awal persemaian (0 hari setelah semai (HSS)). Media semai terdiri dari zeolit dan inokulum FMA dengan rasio perbandingan 9:1. Setelah bibit berumur 30 HSS, dilakukan proses pindah tanam ke dalam pot bervolume 5 kg yang berisikan tanah latosol tanpa penambahan pupuk. Setiap pot terdiri dari satu individu tanaman *Indigofera zollingeriana*. Pemeliharaan dan pengambilan data pertumbuhan bibit tanaman dilakukan setiap minggu hingga tanaman berumur 8 minggu setelah tanam (MST). Pemanenan biomassa dan pengambilan sampel akar untuk pengukuran kolonisasi FMA dari bibit tanaman *Indigofera zollingeriana* dilakukan pada umur 8 MST.

Peubah yang Diukur

Peubah yang diukur meliputi: 1) tinggi tanaman, diukur dari pangkal batang hingga ke ujung daun menggunakan mistar; 2) diameter batang, diukur pada batang bagian bawah menggunakan jangka sorong; 3) jumlah daun, diukur dengan cara menghitung seluruh daun yang masih berwarna hijau; 4) biomassa segar tanaman,

didapatkan dengan cara memotong tanaman dari pangkal batang dan ditimbang menggunakan timbangan analitik; 5) biomassa kering tanaman, didapatkan dengan cara menjemur tanaman dibawah sinar matahari selama 2 hari selanjutnya dioven dengan suhu 70°C selama 48 jam; 6) perhitungan kolonisasi akar mengacu pada metode Brundrett *et al.* (1996). Pengamatan tingkat kolonisasi FMA pada akar dilihat dari sebagian sampel akar tanaman yang diambil pada saat pemanenan. Sampel akar dicuci hingga bersih dengan air mengalir, dimasukkan ke dalam tabung film dan selanjutnya direndam dengan KOH 10% selama 24 jam. Akar yang telah direndam KOH 10% kemudian dibilas dengan air mengalir kemudian direndam kembali dengan larutan HCl 2% selama 24 jam dan dilakukan pembilasan. Akar yang telah bersih kemudian direndam dengan larutan trypan blue dalam laktogliserin (rasio gliserin: asam laktat: aquadest = 2:2:1). Sampel akar dipotong sepanjang ± 1 cm dan disusun berjajar sebanyak 10 potong pada *object glass* dan setiap 5 potong akar ditutup dengan sebuah *cover glass*. Preparat tersebut kemudian diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100x. Pengamatan dilakukan dengan melihat beberapa karakteristik infeksi FMA pada akar seperti hifa, vesikula, spora internal dan arbuskula dari sampel akar yang diamati dengan mikroskop.

Analisis Statistik

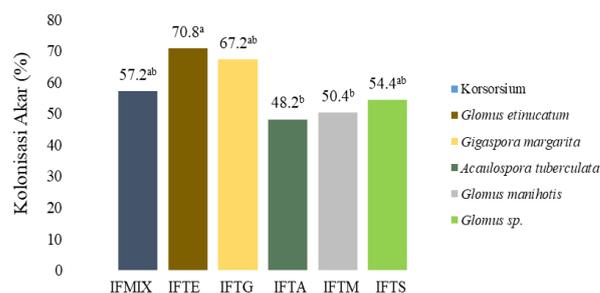
Analisis data menggunakan sidik ragam (ANOVA) dengan aplikasi SPSS. Apabila pengaruhnya berbeda nyata maka dilakukan uji *Duncan's Multiple Range Test* (Steel & Torrie 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kolonisasi Akar Bibit Tanaman *Indigofera zollingeriana*

FMA termasuk simbiosis obligat, yang artinya dapat berkembang dan berperan dengan baik ketika kolonisasi akar optimal. Kolonisasi akar merupakan indikator untuk mengetahui hubungan simbiosis antara FMA terhadap tanaman inang yang ditandai dengan adanya beberapa struktur dari FMA di akar tanaman seperti vesikel, hifa atau arbuskula. Kolonisasi akar bibit tanaman *Indigofera zollingeriana* dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan inokulasi menggunakan FMA dalam bentuk tunggal dan konsorsium bersimbiosis dengan baik melalui kolonisasi perakaran tanaman *Indigofera zollingeriana* dengan nilai berkisar 48,2%-70,8%. Nilai kolonisasi akar pada pembibitan tanaman *Indigofera zollingeriana* termasuk dalam kategori sedang hingga tinggi. Kategori kolonisasi FMA pada akar meliputi sangat rendah 0%-5%, rendah 6%-25%, sedang 26%-50%, tinggi 51%-75%, dan sangat tinggi 76%-100% (Rajapakse & Miller, 1992). Nilai kolonisasi akar dengan kategori sedang-tinggi pada pembibitan tanaman



Gambar 1 Kolonisasi FMA pada akar bibit tanaman *Indigofera zollingeriana*. Superskrip yang berbeda menunjukkan berbeda nyata $p < 0,05$

Indigofera zollingeriana adalah wajar seiring umur tanaman yang relatif muda (8 MST). Inokulum FMA tunggal menghasilkan tingkat kolonisasi yang sama baik dibandingkan inokulum FMA konsorsium pada bibit tanaman *Indigofera zollingeriana*. Perbedaan karakteristik kolonisasi FMA menggambarkan kemampuan simbiosis pada inang. Adanya perbedaan tingkat kolonisasi ($p < 0,05$) pada inokulum tunggal IFTE yang lebih tinggi dari IFTA dan IFTM pada akar tanaman berkaitan erat dengan kecocokan antara jenis tanaman dengan jenis FMA yang diinokulasikan. Bibit tanaman *Indigofera zollingeriana* memiliki tingkat simbiosis yang lebih baik dari FMA *Glomus etinucatum* dibandingkan FMA *Glomus manihotis*. Menurut Kartika *et al.* (2014) tingkat infektivitas FMA bergantung dengan kemampuan inokulum melakukan proses simbiosis dengan tanaman dengan karakteristik yang spesifik. Jika dibandingkan dengan *Acaulospora tuberculata*, jenis FMA *Glomus* pada umumnya memiliki kecepatan sporulasi yang lebih tinggi. Menurut Opik *et al.* (2008) bangsa *Glomerales* menghasilkan lebih banyak spora FMA daripada miselium sehingga tingkat kolonisasi jenis *Glomus etinucatum* lebih tinggi dibandingkan jenis FMA lainnya.

Karakteristik Pertumbuhan Bibit Tanaman *Indigofera zollingeriana*

Pertumbuhan merupakan perubahan secara kuantitatif yang sifatnya *irreversible* dan ditandai dengan adanya pertambahan berat dikarenakan adanya perubahan struktural pada tanaman. Karakteristik pertumbuhan bibit tanaman *Indigofera zollingeriana* pada umur 8 MST disajikan pada Tabel 1.

Tinggi Tanaman *Indigofera zollingeriana*

Inokulasi FMA tunggal dan konsorsium tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman *Indigofera zollingeriana* pada 8 MST. Hasil ini menunjukkan bahwa FMA tunggal dan konsorsium mampu menghasilkan nilai tinggi tanaman yang relatif sama baik. organ yaitu hifa yang berperan dalam menyerap unsur hara dari luar. FMA

Tabel 1 Tinggi, jumlah daun, dan diameter batang bibit tanaman *Indigofera zollingeriana* pada 8 MST

Peubah	Perlakuan					
	IFMIX	IFTE	IFTG	IFTA	IFTM	IFTS
Tinggi tanaman (cm)	53,48±9,96	67,14±6,06	67,53±8,77	59,21±9,87	57,88±8,64	57,57±6,15
Jumlah daun (helai)	11,8±2,04 ^a	11,8±1,14 ^a	11,8±2,82 ^a	10,5±1,72 ^{ab}	9,1±1,91 ^b	10,9±1,20 ^{ab}
Diameter batang (mm)	4,32±1,07	5,03±0,60	5,01±1,49	4,44±0,76	4,21±1,33	4,43±0,82

IFMIX= inokulum FMA konsorsium; IFTE= inokulum FMA *Glomus etinucatum*; IFTG= inokulum FMA *Gigaspora margarita*; IFTA= inokulum FMA *Acaulospora tuberculata*; IFTM= inokulum FMA *Glomus manihotis*; IFTS= inokulum FMA *Glomus* sp.; MST= minggu setelah tanam. Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

juga memiliki peran dalam menstimulasi terbentuknya beberapa hormon-hormon pertumbuhan seperti auksin dan sitokinin (Prasasti *et al.* 2013). Hormon-hormon inilah yang berkaitan dengan peningkatan tinggi vertikal tanaman.

Jumlah Daun *Indigofera zollingeriana*

Jumlah daun bibit tanaman *Indigofera zollingeriana* pada 8 MST nyata ($p < 0,05$) dipengaruhi oleh inokulasi FMA tunggal dan konsorsium. Inokulasi FMA tersebut menyebabkan daun berkembang dengan baik sehingga tanaman mampu berfotosintesis dengan lebih baik dan berpeluang menghasilkan produk fotosintat yang lebih tinggi. Inokulasi IFMIX, IFTE dan IFTG menunjukkan nilai kumulasi daun yang lebih banyak dibandingkan IFTM. Hasil ini menunjukkan bahwa FMA (konsorsium, *Glomus etinucatum*, dan *Gigaspora margarita*) efektif meningkatkan jumlah daun bibit *Indigofera zollingeriana* dibandingkan *Glomus manihotis*. Menurut Nikolaou *et al.* (2003), simbiosis FMA pada inang berkaitan dengan modifikasi hormon pertumbuhan sehingga perkembangan inang lebih optimal. Kharisma (2013) melaporkan FMA jenis *Glomus* dan *Gigaspora* efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman, serapan unsur hara, air dan pada tanah marginal. Umumnya, kolonisasi akar yang tinggi dapat memicu terjadinya simbiosis mutualisme antara FMA dengan tanaman, sehingga pertumbuhan dan produksi tanaman akan meningkat, tetapi tidak menutup kemungkinan bahwa nilai kolonisasi akar yang tinggi tidak berbanding lurus dengan besarnya produksi pada tanaman. Hal ini dapat disebabkan karena pertumbuhan tanaman juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan antara lain kelembaban, suhu udara, serta suplai air sehingga mempengaruhi pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman inang (Sufardi 2012).

Diameter Batang *Indigofera zollingeriana*

Diameter batang bibit tanaman *Indigofera zollingeriana* umur 8 MST tidak nyata dipengaruhi inokulasi FMA tunggal dan konsorsium. Diameter batang yang dihasilkan pada rentang ukuran 4,21mm - 5,03 mm. Semua Perlakuan yang tidak berbeda menggambarkan efektivitas FMA dalam bentuk tunggal maupun

konsorsium yang sama baik terhadap perkembangan diameter batang. Hal ini diduga karena serapan unsur-hara pada akar yang diinokulasi FMA dalam bentuk tunggal dan konsorsium membuat pertumbuhan diameter batang menjadi lebih cepat dikarenakan hasil fotosintesis untuk keperluan tinggi tanaman sudah terpenuhi.

Produksi Biomassa Bibit Tanaman *Indigofera zollingeriana*

Pengaruh perlakuan inokulasi beberapa jenis FMA tunggal dan konsorsium terhadap biomassa segar tanaman dan biomassa kering bibit tanaman *Indigofera zollingeriana* disajikan pada Tabel 2. Inokulasi FMA tunggal dan konsorsium tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap biomassa segar dan biomassa kering tanaman *Indigofera zollingeriana* pada 8 MST. Hasil ini menunjukkan efektivitas FMA tunggal dan konsorsium adalah sama baik terhadap kumulasi produk biomassa yang dihasilkan. Perbedaan tingkat kolonisasi akar (Gambar 1) tidak berkaitan langsung dengan kumulasi biomassa yang dihasilkan. Seluruh FMA dalam bentuk tunggal dan konsorsium menghasilkan efektivitas yang sama baik dalam mendukung pembibitan tanaman *Indigofera zollingeriana*.

Kolonisasi FMA yang tinggi pada akar tanaman tidak terkait langsung dan menjadi indikator terhadap pertumbuhan dan produksi biomassa bibit tanaman *Indigofera zollingeriana*. Perbedaan efektivitas yang terdapat pada beberapa jenis inokulum FMA berkaitan dengan kemampuan simbiosis yang berbeda dan kecocokan FMA yang spesifik terhadap inang. Beberapa kajian melaporkan bahwa inokulasi FMA menunjukkan efektivitas dan karakteristik pertumbuhan tanaman yang bervariasi. Menurut Sari *et al.* (2016), pengaplikasian fungsi mikoriza arbuskula mampu membebaskan unsur hara fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia, kemudian unsur fosfat tersebut mempengaruhi laju fotosintesis sehingga memicu pembentukan daun serta penambahan biomassa tanaman.

Tabel 2 Biomassa segar dan biomassa kering bibit tanaman *Indigofera zollingeriana*

Parameter	Perlakuan					
	IFMIX	IFTE	IFTG	IFTA	IFTM	IFTS
Biomassa segar (g)	78,22±12,70	83,70±15,76	73,83±9,90	77,18±13,21	78,88±12,73	77,02±3,09
Biomassa kering (g)	17,31±2,72	19,43±3,60	16,47±2,37	17,15±3,67	18,33±5,15	16,86±1,12

IFMIX= inokulum FMA konsorsium; IFTE= inokulum FMA *Glomus etinucatum*; IFTG= inokulum FMA *Gigaspora margarita*; IFTA= inokulum FMA *Acaulospora tuberculata*; IFTM= inokulum FMA *Glomus manihotis*; IFTS= inokulum FMA *Glomus* sp. Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

SIMPULAN

Inokulasi FMA tunggal (*Glomus etinucatum*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora tuberculata*, *Gigaspora margarita*, *Glomus* sp.) terhadap FMA konsorsium menghasilkan efektivitas simbiosis yang sama baik pada kolonisasi akar, respon morfologi dan tingkat produksi biomassa tanaman pada pembibitan *Indigofera zollingeriana*. Tingkat kolonisasi akar dari inokulum tunggal IFTE (*Glomus etinucatum*) lebih baik dibandingkan inokulum tunggal IFTA (*Acaulospora tuberculata*) dan IFTM (*Glomus manihotis*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah L & Suharlina. 2010. Herbage yield and quality of two vegetative parts of *Indigofera* at different times of first regrowth defoliation. *Media Peternakan* 33(1): 44-49.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T & Malajczuk N. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. Canberra (AU): Australian Centre for International Agricultural Research.
- Fitria A, Abdullah L & Karti PDMH. 2022. Pertumbuhan dan produksi *Sorghum bicolor* pada kultur fungi mikoriza arbuskula (FMA) dengan sistem fertigasi dan fortifikasi nutrisi berbeda. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 20 (2): 51-57.
- Karti PDMH & Setiadi Y. 2011. Respon pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput terhadap penambahan fungi mikoriza arbuskula dan asam humat pada tanah masam dengan aluminium tinggi. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 16 (2): 104-111.
- Kartika E, Lizawati & Hamzah. 2014. Efektivitas fungi mikoriza arbuskula terhadap bibit jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) pada media tanah bekas tambang batu bara. *Prosiding seminar nasional lahan suboptimal*. Jambi (ID): Universitas Jambi. Hal. 1-10.
- Kharisma D A. 2013. Peran fungi mikoriza arbuskula. *Artikel Biologi Tanah*. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.
- Nikolaou NA, Koukourikou M, Angelopoulos K & Karagiannidis N. 2003. Cytokinin content and water relations of 'Cabernet Sauvignon' grapevine exposed to drought stress. *Journal Horticultural Science Biotechnology*. 78 (1) : 113-118.
- Nusantara AD, Bertham YH & Mansur I. 2012. *Bekerja dengan Fungi Mikoriza Arbuskula*. Bogor (ID): Kerjasama SEAMEO BIOTROP dengan IPB press.
- Opik M, Saks U, Kennedy J & Daniell T. 2008. Global diversity patterns of arbuskular mycorrhizal fungi-community composition and links with functionality. Di dalam: Varma A. (editor). *Mycorrhiza State of The Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Edisi ke-3. Berlin (DE): Springer-Verlag. Hal: 89-111.
- Paramanathan S. 2013. Managing marginal soils for sustainable growth of oil palms in the tropics. *Journal of Oil Palm and The Environment*. 4: 1-16.
- Prasasti OH, Purwani KI & Nurhatika S. 2013. Pengaruh mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kacang tanah yang terinfeksi patogen *Sclerotium rolfsii*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(2): 74-78.
- Prayudyaningsih R & Sari R. 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.
- Purba PRO, Rahmawati N, Kardhinata EH & Sahar A. 2014. Efektivitas beberapa jenis fungi mikoriza arbuskular terhadap pertumbuhan tanaman karet (*Hevea brassiliensis* Muell. Arg.) di pembibitan. *Jurnal Online Agroekoteknologi 2* (2): 919-932.
- Rajapakse S & Miller JR. 1992. Methods for studying vesicular-arbuscular root colonization and related root physical properties. In: Norris JR, Read DJ dan Varma AK, editor. *Methods microbiology*. 24:301-316.
- Sari DN, Yusnaini S, Niswati A & Sarno. 2016. Pengaruh dosis dan ukuran butir pupuk fosfat super yang diasidulasi limbah cair tahu terhadap serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 4(1): 81-85.
- Setiadi Y & Setiawan A. 2011. Studi status fungi mikoriza arbuskula di areal rehabilitasi pasca penambangan nikel. *Jurnal Silviculture Tropica*. 3 (1): 88-95.
- Steel RGD & Torrie JH. 1995. *Prinsip dan Prosedur Statistik Suatu Pendekatan Biometrik*. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Sufardi. 2012. *Pengantar Nutrisi Tanaman*. Banda Aceh (ID): Syiah Kuala University Pr.