

# Uji Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Lokal Terhadap Pertumbuhan Semai Pala Hutan (*Knema latericia*) pada Media *Tailing* Emas

**Husna<sup>1\*</sup>, Asrianti Arif<sup>1</sup>, Hermansyah<sup>1</sup>, Faisal Danu Tuheteru<sup>1</sup>, Basrudin<sup>1</sup>, Sedek Karepesina,<sup>2</sup> Albasri<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan Universitas Halu Oleo, Jl. Mayjen S. Parman, Kendari

<sup>2</sup> Program Studi Kehutanan, Universitas Darussalam Ambon

\* surel: [husna@uho.ac.id](mailto:husna@uho.ac.id)

Pertambangan emas merupakan suatu kegiatan yang mengeksploitasi sumber daya alam. Namun, selain memberi dampak positif juga menimbulkan dampak negatif karena menyisahkan lahan *tailing* dengan karakteristik sifat fisik, kimia maupun biologi tanah yang kurang baik sebagai media tumbuh untuk tanaman. Mekanisme untuk mengatasi kondisi lahan yang ekstrem tersebut yaitu menggunakan mikroba bermanfaat seperti fungi mikoriza arbuskula (FMA). FMA merupakan agen hayati yang ada di alam yang mampu meningkatkan produktivitas tanaman dan bersimbiosis dengan tumbuhan darat yang ditemukan pada berbagai ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas jenis FMA lokal terhadap peningkatan pertumbuhan semai pala hutan (*Knema latericia*) pada media *tailing* emas. Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Plastik Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI) cabang Sulawesi Tenggara selama lima bulan. Desain penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga kali ulangan dan lima unit tanaman. Perlakuan yang dicobakan terdiri atas lima perlakuan yaitu perlakuan (A) control, (B) FMA jenis *Claroideoglomus etunicatum*, (C) FMA jenis *Septoglomus costrictum*, (D) FMA jenis *Glomus* sp.2 dan (E) campuran FMA jenis (B+C+D). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan FMA lokal terhadap pertumbuhan semai pala hutan (*Knema latericia*) pada media *tailing* emas berpengaruh sangat nyata pada peubah tinggi, jumlah daun, panjang akar, berat kering pucuk, berat kering total, nisbah pucuk akar, indeks mutu bibit, kolonisasi FMA, dan *Mycorrhizae inoculation effect* serta berpengaruh nyata terhadap berat kering akar. Kesimpulan pada penelitian ini yaitu FMA lokal efektif meningkatkan pertumbuhan semai *Knema latericia* umur lima bulan pada media *tailing* emas, dimana FMA *C. etunicatum* lebih efektif dibanding dengan perlakuan lain.

.....  
F. D. Tuheteru, Husna, A. Arif, & Albasri (Editor). (2021). *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza: Mikoriza untuk Pembangunan Pertanian dan Kehutanan Berkelanjutan, Kendari 10 Agustus 2018*. UHO EduPress.

**Kata kunci:** fungi mikoriza arbuskula lokal, pala hutan (*Knema latericia*), *tailing* emas.

## Pendahuluan

Indonesia memiliki potensi sumberdaya alam yang melimpah baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan bumi (Siburian, 2012). Salah satu kegiatan pemanfaatan sumberdaya alam yang tersebar di wilayah Indonesia adalah kegiatan penambangan. Kegiatan penambangan berupa penambangan minyak bumi, emas, batu bara, perak, timah, dan lain-lain diambil dan dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia (Ahyani, 2011). Sulawesi Tenggara merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki potensi pertambangan cukup besar sehingga dijadikan sebagai kawasan pertambangan nasional, salah satunya yaitu pertambangan emas yang terdapat di Kabupaten Bombana.

Penambangan emas selain memberi dampak positif melalui pendapatan, keuntungan dan sumbangan devisa bagi negara juga menyisahkan lahan pascatambang dengan karakteristik tanah yang kurang baik sebagai media tumbuh untuk tanaman (Sitorus dkk., 2008). Limbah hasil penambangan (*tailing*) emas memiliki sifat porositas yang tinggi sehingga kapasitas untuk memegang air dan unsur hara rendah, struktur tidak stabil, sangat miskin bahan organik, miskin unsur hara makro dan mikro bahkan tidak adanya aktivitas mikroba sama sekali (Purwantari, 2007). *Tailing* emas juga mengandung beberapa unsur logam berat yang membuat tumbuhan akan sulit untuk dapat bertahan hidup (Siregar, 2013). Kondisi tersebut menjadikan lahan pascatambang emas sebagai lahan kritis yang sangat minim akan vegetasi. Untuk itu perlu dilakukan upaya reklamasi lahan dengan menggunakan agen-agen hayati berupa fungi mikoriza arbuskula (FMA) dalam memperbaiki ekosistem setempat.

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) merupakan salah satu fungi obligat pembentuk mikoriza yang bersimbiosis dengan perakaran tanaman (Brundrett dkk., 1996 *dalam* Sari dkk. 2017) dan efektif meningkatkan keberhasilan program reklamasi, konservasi dan budidaya jenis terancam punah (Zubek dkk., 2009; Husna, 2015). FMA memberi keuntungan bagi tanaman inang dengan cara membantu tanaman dalam menyerap unsur hara terutama Posfor dan air (Smith & Read, 2008) sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan

tinggi, diameter batang, jumlah daun, berat kering akar, nodulasi, dan panjang akar pada tanaman (Husna dkk., 2017). Hasil uji FMA lokal yang diisolasi dari rizosfer Kayu Kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw.] juga efektif meningkatkan pertumbuhan kayu kuku meskipun ditumbuhkan pada media tanah nikel (Husna dkk., 2014; Husna dkk., 2017). FMA secara luas mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pada lahan yang terdegradasi dan sangat terganggu, termasuk lahan yang terkontaminasi logam berat (Gaur dan Adholeya, 2004) seperti lahan *tailing* (Suharno dkk., 2014). Hal ini menunjukkan aplikasi FMA merupakan faktor penting dalam meningkatkan kemampuan tumbuh tanaman (Takács, 2012). Kehadiran FMA pada tanah *tailing* yang terkontaminasi logam berat memainkan peran penting dalam proses adaptasi jenis pohon tertentu (Husna, 2015; Husna dkk., 2016), termasuk pala hutan (*Knema latericia*).

Pala hutan merupakan spesies kelompok genus *knema* dari famili *Myristicaceae* (Salleh & Ahmad, 2017). Pala hutan banyak tersebar di negara Indonesia, Singapura, dan Malaysia (de Wilde, 1998). Pala hutan diduga memiliki nilai ekonomi tinggi melalui biji dan fuli dari buahnya yang dapat diolah seperti jenis Pala pada umumnya. Potensi pala hutan sangat efektif jika digunakan sebagai tanaman pascatambang karena untuk memperoleh nilai ekonomi cukup dengan memanfaatkan buahnya tanpa dilakukan penebangan. Penelitian mengenai simbiosis antara pala hutan dengan FMA lokal belum pernah diteliti sebelumnya. Namun, Mahdi (2015) melaporkan bahwa Pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt) yang satu famili (*Myristicaceae*) dengan pala hutan dapat bersimbiosis dengan FMA. Adanya hasil penelitian tersebut, menjadi dasar untuk melakukan penelitian mengenai uji efektivitas FMA melalui simbiosis antara pala hutan dengan FMA lokal Sulawesi Tenggara dan pemanfaatan pala hutan sebagai salah satu jenis tanaman untuk kegiatan reklamasi pada lahan pascatambang emas.

## Metode Penelitian

### Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah plastik Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI) Cabang Sulawesi Tenggara dan Laboratorium Jurusan Kehutanan,

Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan (FHIL) Universitas Halu Oleo (UHO) Kendari selama lima bulan (September 2018-Januari 2019).

### Rancangan penelitian

Penelitian ini didesain menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas lima perlakuan yaitu perlakuan (A) kontrol, (B) FMA jenis *Claroideoglossum etunicatum*, (C) FMA jenis *Septoglossum costrictum*, (D) FMA jenis *Glomus* sp2. dan (E) campuran FMA jenis (B+C+D). Setiap perlakuan diulang tiga kali dan tiap ulangan digunakan lima unit tanaman sehingga keseluruhan tanaman yang digunakan berjumlah 75 unit tanaman.

### Prosedur penelitian

#### *Penyediaan Media Sapih dan Semai*

Media sapih yang digunakan adalah kombinasi antara tanah *tailing* emas dan arang sekam padi. Pengambilan media sapih berupa *tailing* emas di lahan pascatambang PT Panca Logam Makmur Kabupaten Bombana. Adapun sekam padi diambil dari pabrik beras yang ada di Ranomeeto kabupaten Konawe Selatan. *Tailing* emas disterilisasi selama 6–7 jam dan sekam padi disangrai hingga berubah warna menjadi hitam. Media kemudian dicampur merata antara *tailing* emas dan arang sekam padi dengan perbandingan 2 : 1. Semai pala hutan yang digunakan berasal dari Persemain Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan Universitas Halu Oleo. Semai tersebut umur 3–4 minggu dan memiliki tinggi serta diameter yang relatif sama pada setiap jenis tanaman.

#### *Inokulasi FMA dan Penyapihan Pala Hutan (Knema latericia)*

Inokulum FMA yang digunakan adalah FMA jenis *Claroideoglossum etunicatum*, *Septoglossum costrictum*, *Glomus* sp2. dan campuran dari ketiganya. Sebelum inokulasi FMA, *polybag* (ukuran 15 x 20 cm) diisi media hasil campuran tanah *tailing* emas dan arang sekam padi steril sebanyak  $\pm$  1,5 kg. Pindahan semai dan penyapihan dilakukan pada saat pala hutan umur 3–4 minggu, tingginya 4–5 cm serta memiliki 2–3 helai daun. Semai disapih ke dalam *polybag* yang telah berisi media. Inokulasi FMA diberikan sesuai perlakuan untuk setiap *polybag*, yang diletakkan dekat akar semai pala hutan. Semai yang tidak diinokulasi dijadikan sebagai kontrol (Tuheteru dkk., 2017).

### ***Pemeliharaan semai***

Penyiraman air sebanyak 5 ml per tanaman setiap hari dimana dalam sehari dilakukan dua kali penyiraman yaitu pagi dan sore hari. Selain itu, pemberian terabuster yang dicampur dengan air dengan perbandingan 2 ml: 1.000 ml air yang diberikan ke tanaman sebanyak 5 ml/tanaman setiap dua minggu sekali pada kondisi rumah kaca. Pemberian terabuster ini bertujuan untuk merangsang pertumbuhan akar dan memberi tambahan unsur hara bagi tanaman. Pemeliharaan dan pengamatan selama lima bulan tanpa adanya kegiatan penyulaman. Gulma dan hama yang mengganggu semai dikendalikan setiap hari secara manual (dicabut).

### **Parameter Pengamatan**

#### ***Pengamatan pertumbuhan tanaman***

1. Pengukuran tinggi (cm), dilakukan dengan menggunakan penggaris, mulai dari pangkal batang yang ditandai dengan lidi sampai dengan titik tumbuh tertinggi pada jalur batang. Pengukuran tinggi dilakukan setiap dua minggu.
2. Diameter tanaman (mm), pengukuran dilakukan pada batang setinggi 1 cm di atas tanah dengan menggunakan *caliper*. Pengukuran diameter dilakukan setiap dua minggu.
3. Jumlah daun, perhitungan pertambahan jumlah daun yang dilakukan setiap dua minggu.

#### ***Luas daun***

Pengukuran luas daun dilakukan pada akhir pengamatan dengan cara mengukur lebar dan panjang pada daun bagian pangkal, tengah dan ujung tanaman menggunakan penggaris, kemudian dirata-ratakan. Untuk mendapatkan luas daun yaitu lebar daun dikalikan dengan panjang daun.

#### ***Panjang akar***

Panjang akar primer dan akar sekunder (cm) diukur pada akhir pengamatan. Panjang akar dihitung berdasarkan metode perpotongan garis (Grid Intersect Method) dengan rumus  $R = \lambda \times N$ . Dimana  $\lambda$  adalah konstanta dengan nilai 0,393; 0,786; 1,57; atau 3,93 cm untuk lebar grid 0.5, 1, 2, atau 5 cm dan N adalah jumlah garis potong yang dilalui akar (Rowel, 1995).

### ***Berat Kering Tanaman***

Berat kering tanaman yang dihitung terdiri atas berat kering akar (BKA), berat kering pucuk (BKP) dan berat kering total (BKT). Setiap bagian tanaman tersebut diambil dan dimasukkan ke dalam amplop tebal. Bagian tanaman untuk BKA yaitu dari ujung akar sampai pangkal akar adapun untuk BKP yaitu dari ujung daun sampai pangkal batang. Amplop selanjutnya dimasukkan ke dalam oven pada suhu 70 °C selama 2 kali 24 jam (Husna, 2015), kemudian didinginkan di dalam desikator dan setelah itu dilakukan penimbangan. BKT diperoleh dari hasil penjumlahan BKA dan BKP tanaman.

### ***Nisbah Pucuk Akar (NPA)***

Nisbah Pucuk Akar (NPA) adalah perbandingan berat kering bagian pucuk dengan berat kering bagian akar.

### ***Indeks Mutu Bibit (IMB)***

Indeks Mutu Bibit (IMB) adalah perbandingan [Berat kering pucuk + berat kering akar] dengan [(tinggi / diameter) + (berat kering pucuk / berat kering akar)]. Bibit bermutu apabila nilai  $IMB = 0,09$  (Duryea & Dougherty, 1991 dalam Husna dkk., 2015).

### ***Kolonisasi FMA***

Pengamatan kolonisasi FMA pada akar tanaman dilakukan melalui teknik pewarnaan akar dengan menggunakan 15 sampel akar yang diambil dari masing-masing ulangan. Adapun metode yang digunakan untuk pembersihan dan pewarnaan akar sampel adalah metode Brundrett dkk. (1996) sebagai berikut.

1. Memilih akar-akar segar dan dicuci dengan air mengalir hingga bersih. Sampel akar direndam dengan larutan KOH 2,5% selama 24 jam di dalam botol vial yang telah diberi label. Perendaman dengan larutan KOH 2,5% bertujuan untuk membersihkan dan melarutkan pigmen maupun kotoran yang ada di akar.
2. Larutan KOH kemudian dibuang dan dicuci pada air mengalir selama 5–10 menit.
3. Sampel akar direndam dalam larutan HCL 2% selama 30 menit, bertujuan untuk melunakkan dinding sel atau jaringan akar. Sifat HCL yang

merupakan asam juga akan mempermudah larutan Trypan Blue untuk merekat pada bagian struktur FMA. Pada proses ini sampel akar akan berwarna putih atau pucat. Larutan HCL 2% kemudian dibuang dengan mengalirkannya secara perlahan-lahan.

4. Sampel akar direndam dalam larutan *trypan blue* 0,05% yang diperoleh dari campuran *glycerol*, asam laktat, dan aquades dengan perbandingan 7 : 3 : 1 selama 24 jam.
5. Larutan *trypan blue* 0,05% dibuang dan diganti dengan larutan *glycerol* untuk proses *destaining*. Proses *destaining* bertujuan untuk mengurangi adanya kelebihan warna pada sampel akar akibat perendaman larutan *trypan blue*. Kegiatan pengamatan untuk mengetahui persentase kolonisasi FMA pada sampel akar dilakukan di bawah mikroskop.
6. Perhitungan persentase kolonisasi akar menggunakan metode panjang slide dari Giovenetti dan Mosse (1980). Secara acak diambil potongan-potongan akar yang telah diwarnai dengan panjang  $\pm 1$  cm sebanyak 10 potong akar dan disusun pada preparat slide. Kolonisasi akar ditandai dengan adanya hifa, vesikula, arbuskula atau salah satu dari ketiganya. Setiap bidang pandang mikroskop yang menunjukkan tanda kolonisasi diberi simbol (+). Persentase kolonisasi dihitung dengan menggunakan rumus  $[\Sigma \text{bidang pandang bermikoriza} / \Sigma \text{bidang pandang yang diamati}] \times 100\%$  (Brundrett dkk., 1996).

### ***Mycorrhizae Inoculation Effect (MIE)***

*Mycorrhizae Inoculation Effect* (MIE) adalah perbandingan [berat kering tanaman bermikoriza-berat kering tanaman non mikoriza dengan berat kering tanaman bermikoriza] x 100% (Habte & Manjunath, 1991).

### ***Data Pendukung***

Data pendukung yang dimaksud berupa kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan dan intensitas cahaya. Pengambilan data dilakukan setiap hari pada pagi, siang dan sore hari. Data ini diperoleh dari hasil perhitungan alat ukur berupa *hygrometer*.

### **Analisis Data**

Hasil pengamatan pada setiap satuan parameter yang diamati dianalisis terlebih dahulu dengan analisis sidik ragam (uji F). Apabila hasil uji

menunjukkan pengaruh nyata maka dilakukan uji beda perlakuan menurut Duncan *Multiple Range Test* (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95% dengan menggunakan software SAS (*Statistic Analysis System*) versi 9.1.3 *portable*.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Penelitian

Rekapitulasi hasil sidik ragam pengaruh perlakuan FMA lokal terhadap pertumbuhan semai pala hutan (*Knema latericia*) disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan FMA lokal berpengaruh sangat nyata terhadap parameter tinggi, jumlah daun, panjang akar, berat kering pucuk, berat kering total, kolonisasi FMA, nisbah pucuk akar, *mycorrhizae inoculation effect*, dan indeks mutu bibit semai pala hutan. Berpengaruh nyata terhadap parameter berat kering akar, namun tidak berpengaruh nyata terhadap parameter diameter dan luas daun semai pala hutan.

Tabel 1 Rekapitulasi Hasil Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Inokulasi FMA terhadap Parameter Pengamatan Semai Pala Hutan (*Knema latericia*) Umur Lima Bulan

No.	Parameter Pengamatan	Pengaruh Perlakuan FMA Lokal	Pr> F
1	tinggi (cm)	**	0.0005
2	diameter (dm)	tn	0.369
3	jumlah daun (helai)	**	0.0029
4	luas daun (cm)	tn	0.8548
5	panjang akar	**	0.0016
6	berat kering pucuk (g)	**	<.0001
7	berat kering akar (g)	*	0.0278
8	berat kering total (g)	**	0.0033
9	nisba pucuk akar (NPA)	**	<.0001
10	indeks mutu bibit (IMB)	**	0.0049
11	kolonisasi FMA	**	<.0001
12	<i>mycorrhizae inoculation effect</i> (MIE)	**	<.0001

Keterangan: tn = tidak nyata [(Pr> F)>0,05], \* = berpengaruh nyata, \*\* = berpengaruh sangat nyata

## Pertumbuhan Semai Pala Hutan

Rata-rata hasil uji DMRT pertumbuhan semai pala hutan umur lima bulan disajikan pada tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada parameter tinggi, jumlah daun dan panjang akar FMA jenis *C. etunicatum* berbeda nyata dengan perlakuan kontrol dan FMA jenis *Glomus* sp.2, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan FMA jenis *S. costrictium* dan campuran. Perlakuan FMA jenis *Glomus* sp.2 tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol pada parameter tinggi, jumlah daun dan panjang akar.

Tabel 2 Pengaruh Perlakuan Inokulasi FMA terhadap Pertumbuhan Semai Pala Hutan (*Knema latericia*) Umur Lima Bulan

Inokulum FMA	Tinggi (cm)	Jumlah Daun (helai)	Panjang Akar (cm)
Kontrol	1.74 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.80 ± 0.20 <sup>bc</sup>	45.33 ± 5.17 <sup>b</sup>
<i>C. etunicatum</i>	2.56 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.86 ± 0.24 <sup>a</sup>	76.00 ± 5.51 <sup>a</sup>
<i>S. costrictium</i>	2.55 ± 0.17 <sup>a</sup>	2.53 ± 0.23 <sup>a</sup>	77.66 ± 8.84 <sup>a</sup>
<i>Glomus</i> sp.2	1.74 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.33 ± 0.18 <sup>c</sup>	42.33 ± 4.84 <sup>b</sup>
Campuran	2.54 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.26 ± 0.18 <sup>ab</sup>	78.00 ± 3.06 <sup>a</sup>
KK	9.56	16.6	15.72

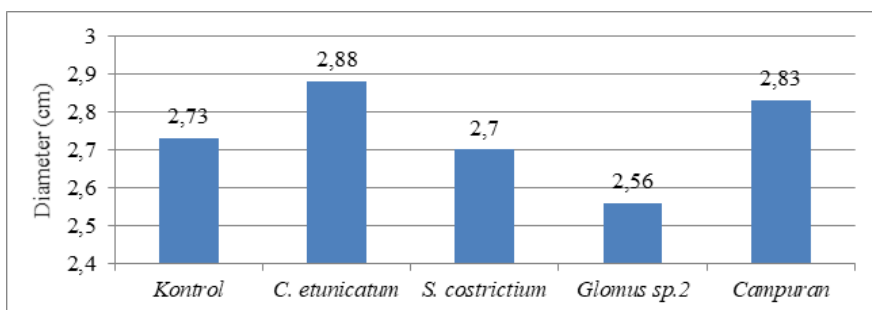
Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan nilai ± *standard error* dengan huruf yang tidak sama pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 95% DMRT. Campuran (*C. etunicatum*, *S. costrictium*, dan *Glomus* sp.2). KK (koefisien keragaman).



Gambar 1 Performa pertumbuhan semai pala hutan (*Knema latericia*) umur lima bulan [A = Kontrol, B = *Claroideoglomus etunicatum*, C = *Septoglomus costrictium*, D = *Glomus* sp.2, E = FMA campuran).

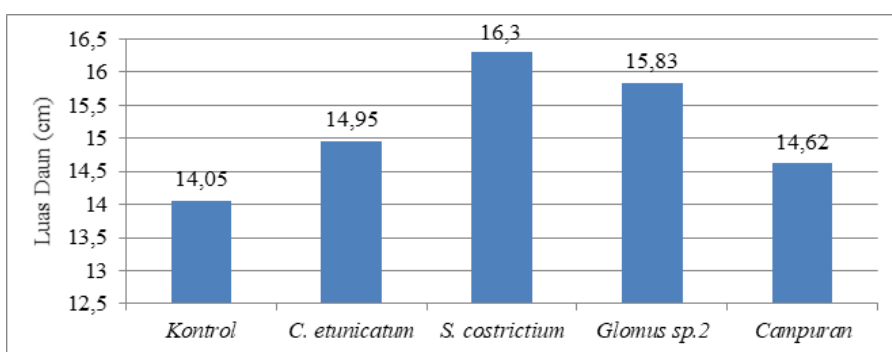
Rata-rata pertambahan diameter pala hutan disajikan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa inokulasi FMA tidak signifikan meningkatkan

diameter semai pala hutan. Namun, perlakuan FMA jenis *C. etunicatum* cenderung meningkatkan diameter semai pala hutan umur 5 bulan dibanding perlakuan lainnya.



Gambar 2 Pengaruh perlakuan inokulasi FMA terhadap diameter semai pala hutan (*Knema latericia*) umur lima bulan.

Rata-rata pertambahan luas daun pala hutan disajikan pada gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa inokulasi FMA tidak signifikan meningkatkan luas daun semai pala hutan. Namun, perlakuan FMA jenis *S. costrictium* cenderung meningkatkan luas daun semai pala hutan umur lima bulan dibanding dengan perlakuan lain.



Gambar 4 Pengaruh perlakuan inokulasi FMA terhadap luas daun semai pala hutan (*Knema latericia*) umur lima bulan.

### Biomassa Semai Pala Hutan (*Knema latericia*)

Hasil analisis data biomassa semai pala hutan umur lima bulan disajikan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa inokulasi FMA jenis *C. etunicatum* pada parameter berat kering pucuk dan berat kering total merupakan perlakuan terbaik dibandingkan perlakuan kontrol, FMA jenis *S. costrictium* dan *Glomus*

sp.2, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan FMA campuran. Adapun pada parameter berat kering akar perlakuan FMA jenis *S. costrictium*, *Glomus* sp.2 dan campuran lebih tinggi dibandingkan FMA jenis *C. etunicatum*.

Tabel 3 Pengaruh Perlakuan terhadap Biomassa Semai Pala Hutan (*Knema latericia*) Umur Lima Bulan

Inokulum FMA	Berat Kering (g)		
	Pucuk	Akar	Total
Kontrol	0.37 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.03 <sup>c</sup>
<i>C. etunicatum</i>	0.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.98 ± 0.04 <sup>a</sup>
<i>S. costrictium</i>	0.52 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.37 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.01 <sup>ab</sup>
<i>Glomus</i> sp.2	0.45 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.35 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.03 <sup>bc</sup>
FMA Campuran	0.66 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.98 ± 0.05 <sup>a</sup>
KK	6.09	12.99	6.45

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan nilai ± standard error dengan huruf yang tidak sama pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 95% DMRT. Campuran (*C. etunicatum*, *S. costrictium*, dan *Glomus* sp.2), KK (koefisien keragaman).

#### Nisbah Pucuk Akar (NPA) dan Indeks Mutu Bibit (IMB) Semai Pala Hutan

Pada parameter NPA, FMA jenis *C. etunicatum* berbeda nyata dengan semua perlakuan dan merupakan perlakuan terbaik dibanding jenis FMA lainnya dengan peningkatan sebesar 190,43% terhadap perlakuan kontrol. Adapun untuk parameter IMB yang terbaik pada perlakuan kontrol dan berbeda nyata dengan perlakuan lain, namun tidak berbeda nyata dengan FMA jenis

Tabel 4 Pengaruh Perlakuan Inokulasi FMA terhadap NPA dan IMB Semai Pala Hutan (*Knema latericia*) Umur Lima Bulan

Inokulum FMA	NPA	IMB
Kontrol	0.94 ± 0.04 <sup>d</sup>	0.49 ± 0.03 <sup>a</sup>
<i>C. etunicatum</i>	2.73 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>c</sup>
<i>S. costrictium</i>	1.39 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.38 ± 0.01 <sup>b</sup>
<i>Glomus</i> sp.2	1.34 ± 0.23 <sup>cd</sup>	0.40 ± 0.05 <sup>ab</sup>
Campuran	2.10 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.32 ± 0.03 <sup>bc</sup>
KK	13.14	14.29

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan nilai ± standard error dengan huruf yang tidak sama pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 95% DMRT. Campuran (*C. etunicatum*, *S. costrictium*, dan *Glomus* sp.2). KK (koefisien keragaman).

*Glomus* sp.2. IMB semai pala hutan berkisar antara 0,27–0,49 yang secara keseluruhan perlakuan telah memenuhi standar nilai IMB > dari indeks mutu bibit minimum = 0.09.

### Kolonisasi FMA dan Mycorrhizae Inoculation Effect (MIE) Semai Pala Hutan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa akar semai pala hutan terkolonisasi oleh FMA yang ditandai dengan adanya struktur FMA berupa hifa internal (HI) dan hifa eksternal (HE) (Gambar 5). Pada parameter kolonisasi FMA semua perlakuan terhadap semai pala hutan terkolonisasi dengan FMA. Perlakuan FMA jenis *C. etunicatum* merupakan perlakuan terbaik dan berbeda nyata dengan semua perlakuan, namun perlakuan FMA jenis *S. costrictum* dan *Glomus* sp.2 tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Semai pala hutan

Tabel 5. Pengaruh perlakuan inokulasi FMA terhadap kolonisasi FMA dan Mycorrhizae Inoculation Effect (MIE) semai Pala Hutan (*Knema latericia*) umur lima bulan.

Inokulum FMA	Kolonisasi (%)	MIE (%)
Kontrol	0.96 ± 0.97 <sup>c</sup>	0
<i>C. etunicatum</i>	29.04 ± 2.12 <sup>a</sup>	20.36 ± 2.75 <sup>a</sup>
<i>S. costrictum</i>	4.98 ± 0.32 <sup>c</sup>	13.09 ± 0.65 <sup>ab</sup>
<i>Glomus</i> sp.2	3.83 ± 0.99 <sup>c</sup>	4.1 ± 0.46 <sup>bc</sup>
Campuran	21.38 ± 1,37 <sup>b</sup>	20.18 ± 0.58 <sup>a</sup>
KK	18.6	19.61

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan nilai ± standard error dengan huruf yang tidak sama pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 95% DMRT. Campuran (*C. etunicatum*, *S. costrictum*, dan *Glomus* sp.2). KK (koefisien keragaman).



Gambar 5. Kolonisasi FMA akar semai Pala Hutan (*Knema latericia*) umur lima bulan [Struktur FMA: hifa internal (HI) dan hifa eksternal (HE)].

yang diinokulasi mempunyai rata-rata MIE berkisar antara 4%-20%. Perlakuan FMA jenis *C. etunicatum* memberikan persentase ketergantungan tertinggi terhadap semai pala hutan dan berbeda nyata dengan perlakuan *Glomus* sp.2.

## Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan FMA lokal efektif meningkatkan pertumbuhan semai pala hutan umur lima bulan pada media *tailing* emas. Inokulasi FMA jenis *C. etunicatum* lebih efektif dari inokulasi FMA lain dengan peningkatan tinggi, jumlah daun dan panjang akar masing-masing sebesar 47,13%, 58,89% dan 67,66% dibanding dengan perlakuan kontrol. Adanya simbiosis FMA dengan akar pala hutan diduga dapat memperbaiki struktur *tailing* melalui hifa internal, hifa eksternal, dan produksi glomalin yang berupa kelenjer perekat dari FMA. Selain itu adanya struktur FMA juga diduga dapat meningkatkan kemampuan tumbuh semai karena adanya peningkatan serapan hara. Hal ini sejalan dengan pernyataan Gaur dan Andholeya (2004) bahwa FMA secara luas mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman meskipun pada lahan terdegradasi. Lebih lanjut, Budi dkk. (2015) menyatakan FMA mampu mengubah morfologi dan fisiologi akar sehingga meningkatkan laju fotosintat dari daun ke akar yang diikuti dengan peningkatan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Penelitian terkait pertumbuhan tanaman dengan pemberian FMA juga dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan *Myristica fragrans* Houtt (Mahdi, 2015), kayu kuku (Husna, 2015), dan *Albizia saponaria* (Lour.) Miq (Tuheteru & Husna, 2011).

Hasil penelitian pertumbuhan semai pala hutan pada parameter diameter dan luas daun tidak memberi pengaruh nyata. Hal ini karena adanya dorongan karakter fisiologis tanaman hutan yang cenderung melakukan pertumbuhan vegetatif pada awal pertumbuhannya (Sari dkk., 2016) sehingga menyebabkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman lebih banyak ke pembentukan sel meristem apikal. Pembentukan sel meristem apikal akan mendorong pertumbuhan apikal; pertumbuhannya berupa penambahan jumlah sel yang menyebabkan pertumbuhan tinggi dan penambahan jumlah daun (Iskandar dkk., 2015). Akan tetapi, meskipun parameter diameter dan luas daun tidak berpengaruh nyata, perlakuan inokulasi FMA lokal jenis *C. etunicatum* dan *S. constrictum* mampu berkontribusi dalam peningkatan

pertumbuhan diameter sebesar 5,49% dan peningkatan luas daun sebesar 16,01% dibanding dengan perlakuan kontrol.

Selama proses pertumbuhan semai, selain dipengaruhi oleh faktor genetik, juga akan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kondisi media tanam, ketersediaan unsur hara, karbondioksida, air, dan intensitas radiasi matahari (Budi dkk., 2015). Adanya simbiosis FMA dengan akar tanaman akan berperan penting dalam proses adaptasi (Husna dkk., 2016) dan kemampuan tumbuh tanaman (Takacs, 2012) meskipun dalam kondisi yang tertekan. Simbiosis FMA mampu memperluas permukaan akar melalui struktur FMA berupa hifa eksternal dan hifa internal sehingga akan meningkatkan penyerapan unsur hara dan air oleh tanaman. Ketergantungan semai pala hutan terhadap FMA akan meningkatkan laju fotosintesis akibat dari meningkatnya pertumbuhan akar dan pucuk ketika FMA menyerap unsur hara fosfor (Smith & Read, 2008; Husna dkk., 2014). Fosfor yang diserap FMA dibutuhkan tanaman untuk pembentukan sel pada jaringan akar dan tunas dalam proses pertumbuhan dan produksi (Liferdi, 2010). Serapan fosfor pada FMA juga memengaruhi pembentukan ATP yang merupakan sumber energi untuk melakukan berbagai proses metabolisme dalam tubuh tanaman (Liferdi, 2010; Lizawati dkk., 2014). Hal tersebut akan memengaruhi kondisi fisiologi dan morfologi tanaman yang menyebabkan produksi energi pada tanaman meningkat dan berimplikasi pada peningkatan biomassa atau berat kering tanaman (Imam, 2014; Husna dkk., 2014).

Berdasarkan hasil penelitian, inokulasi FMA pada akar semai pala hutan umur lima bulan efektif meningkatkan berat kering tanaman dibandingkan semai yang tidak diinokulasi (Tabel 3). FMA *C. etunicatum* memberi tingkat efektivitas tertinggi pada berat kering pucuk dan berat kering total sebesar 91,89% dan 27,27% terhadap kontrol. FMA jenis *C. etunicatum* lebih efektif dibanding FMA lain karena jenis FMA ini mempunyai penyebaran yang luas (Husna dkk., 2015), tingkat produksi spora yang tinggi (Suharno, 2017) dan cepat berkembang serta membentuk jaringan bawah tanah yang memungkinkan terjadinya translokasi nutrisi dan energi. Peningkatan biomassa tanaman dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengetahui baik tidaknya pertumbuhan bibit karena dapat menggambarkan efisiensi proses fisiologis tanaman dengan interaksi lingkungan tempat tumbuhnya. Hal ini sejalan dengan pernyataan Karepesina (2007) biomassa menunjukkan

kemampuan tanaman dalam mengambil unsur hara dari media tanam untuk menunjang pertumbuhan. Peningkatan biomassa semai pala hutan umur lima bulan akan berkontribusi terhadap nilai parameter NPA dan IMB.

Nilai NPA hasil penelitian berkisar antara 0,94–2,73 dan inokulasi FMA *C. etunicatum* menunjukkan nilai NPA tertinggi (Tabel 4). Menurut Hendromono (2003) nilai NPA yang baik berada di antara 2–5; yang mendekati angka 5 lebih baik dibanding yang mendekati angka 2. Makin tinggi nilai NPA maka akan makin baik kesiapan bibit ditanam di lapangan (Husna, 2015) karena telah mampu menyerap air dan unsur hara serta kemampuan pucuk dalam melakukan transpirasi (Alkautsar, 2012). Fenomena rendahnya NPA pada perlakuan tanpa FMA atau kontrol terjadi karena bibit pada kondisi tertekan atau stress sering kali mengalokasikan sebagian besar hasil fotosintesisnya ke organ-organ di bagian bawah.

Selain NPA, IMB merupakan salah satu indikator dalam menentukan pertumbuhan dan kualitas bibit di lapangan. IMB semai pala hutan yang dihasilkan berkisar antara 0,27–0,49 dan semua perlakuan memiliki nilai IMB yang telah memenuhi persyaratan ( $>0,09$ ) (Hendromono, 2003; Husna, 2015). Namun, IMB perlakuan kontrol lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang diberi FMA diduga karena pengaruh kontaminasi FMA. Hendromono dan Durahim (2004) mengemukakan bahwa bibit yang memiliki nilai IMB minimal 0,09 akan memiliki daya tahan hidup yang tinggi dan menjadi indikator bahwa semai telah siap ditanam di lapangan. Nilai NPA dan IMB semai pala hutan tersebut sangat dipengaruhi oleh tingkat kolonisasi FMA karena dapat meningkatkan kapasitas pengambilan hara. Selain itu, nilai NPA dan IMB yang memenuhi standar menunjukkan bahwa keberadaan FMA sangat dibutuhkan semai pala hutan yang ditandai dengan nilai ketergantungannya terhadap mikoriza (MIE).

Kolonisasi FMA lokal pada semai pala hutan umur lima bulan dibuktikan dengan adanya struktur FMA berupa hifa internal dan hifa eksternal (Gambar 5). Persentase kolonisasi FMA berkisar antara 0,96%–29,04% (Tabel 5). Persen kolonisasi tertinggi pada FMA *C. etunicatum* (29,04%) dan termasuk dalam kategori sedang (26%–50%) menurut kriteria yang digunakan pada Institute of Mycorrhizal Research and Development (Rajapakse & Miller, 1992). Hal ini disebabkan oleh respons tanaman terhadap simbiosis FMA bergantung pada interaksi tiga faktor antara tanah, fungi, dan tanaman inang (Setiadi, 1992

dalam Brundrett, 2004). Selain itu, kolonisasi FMA pada semai yang masih berada dalam kategori rendah disebabkan oleh karakter *tailing* yang ekstrem telah menjadi penghambat bagi pertumbuhan FMA (Setyaningsih, 2007). Perlakuan kontrol pada penelitian ini mengalami kolonisasi FMA 0,96% diduga terjadi karena terkontaminasi dengan perlakuan yang diberi inokulasi FMA. Hal ini dijelaskan dalam penelitian Husna (2015) bahwa adanya struktur FMA di bagian akar pada perlakuan kontrol atau tanpa FMA disebabkan oleh kontaminasi melalui angin atau dari air penyiraman sehingga terkolonisasi oleh FMA alami yang ada di media tanam. Tingkat kolonisasi FMA pada akar semai pala hutan akan berimplikasi terhadap tingkat ketergantungan semai pala hutan terhadap mikoriza (MIE).

Tingkat ketergantungan semai pala hutan terhadap FMA lokal berkisar antara 4,1%-20,36% dengan nilai tertinggi pada perlakuan FMA *C. etunicatum* (Tabel 5). Tingkat ketergantungan FMA tersebut diduga dipengaruhi oleh kondisi *tailing* dan sistem perakaran semai pala hutan yang bertipe akar tunggang. Hal ini sejalan dengan pernyataan Muleta (2010) bahwa ketergantungan tanaman terhadap FMA dipengaruhi oleh kondisi tanah, iklim, morfologi tanaman dan jenis FMA yang digunakan. Ketergantungan pohon lain terhadap FMA juga dijumpai pada kayu kuku (Husna, dkk., 2015), jarak pagar (Irianto, 2009), dan *Albizia saponari* (Lour.) Miq (Tuheteru dkk., 2011). Menurut Setyaningsih (2007), persentase kolonisasi dan tingkat ketergantungan FMA memberi gambaran akan efektivitas dan kompatibilitas antara jenis FMA dengan semai yang dijadikan sebagai inang.

Secara keseluruhan pertumbuhan semai pala hutan jika dibanding dengan pertumbuhan tanaman lain dapat dikategorikan rendah. Hal ini karena pertumbuhan tinggi, diameter, jumlah daun, dan luas daun semai pala hutan lebih rendah jika dibanding dengan pertumbuhan kayu kuku yang memiliki tinggi 4,84 cm, diameter 3,10 cm, jumlah daun 4,66 helai dan luas daun 23,53 cm (Salim, 2019). Adapun pada pala hutan mengalami pertumbuhan tinggi, diameter, jumlah daun dan luas daun masing-masing hanya 2,56 cm, 2,88 cm 2,83 helai dan 16,3 cm. Begitupun pada BKT, NPA dan IMB semai pala hutan juga lebih rendah dibandingkan pertumbuhan kayu kuku dengan rata-rata BKT 4,68 g, NPA 4,11 (Masbullah, 2018) dan IMB 0,82 (Wigati, 2017) sedangkan pada semai pala hutan hanya memiliki rata-rata BKT 0,88 g, NPA 1,71 dan IMB 0,3. Pertumbuhan semai pala hutan

yang rendah tersebut diduga terjadi karena pengaruh *tailing* emas yang sangat minim akan unsur hara dan mengandung unsur logam berat sehingga menjadi faktor pembatas pertumbuhan. Selain itu, karakter fisiologis pala hutan, keterlambatan inokulasi FMA, dan pengaruh pemberian terabuster juga diduga ikut memengaruhi pertumbuhan semai pala hutan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Nursayuti (2017) bahwa pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh sifat media tanam berupa kandungan unsur hara tanah yang dapat diserap tanaman. Selain itu faktor biotik berupa kemampuan tumbuh tanaman dan faktor abiotik berupa kondisi lingkungan yang menguntungkan akan berpengaruh terhadap laju pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan hasil pengamatan dari 75 unit tanaman yang disemaikan ada beberapa semai yang tumbuh secara abnormal. Pertumbuhan abnormal tersebut ditandai dengan adanya bercak kuning hingga cokelat pada daun, bahkan beberapa semai mati terutama terjadi pada perlakuan kontrol atau tanpa FMA. Menurut Suwardi dan Suzana (2008) perubahan warna daun terjadi karena tanaman mengalami kekurangan air dan hara akibat sifat *tailing* yang tidak dapat menahan air dan akan mengeras apabila disiram sehingga menyebabkan penetrasi akar pada media terhambat. Selain itu kandungan logam berat yang tinggi pada *tailing* menyebabkan rusaknya membran sel akar sehingga akan menghambat reaksi enzim dan absorpsi unsur hara yang penting dalam proses fotosintesis. Anggraeni (2009) dalam Irawan dkk. (2015) memperkuat bahwa kerusakan pada daun tanaman dapat mengakibatkan proses fotosintesis terganggu sehingga daun menjadi kering, rontok dan berdampak pada terhambatnya pertumbuhan bahkan yang lebih fatal akhirnya bibit akan mati.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa inokulasi FMA lokal meningkatkan pertumbuhan tinggi, jumlah daun, panjang akar, berat kering tanaman, nisbah pucuk akar, indeks mutu bibit, kolonisasi FMA dan MIE semai pala hutan (*Knema latericia*) umur lima bulan. Inokulasi FMA lokal jenis *C. etunicatum* lebih efektif meningkatkan pertumbuhan semai pala hutan.

## Daftar Pustaka

- Alkautsar, I. 2012. Respon Pertumbuhan Bibit Sengon Buto pada Media *Tailing* PT Antam Pangkor dengan Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Bokashi Pupuk Kandang [skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Brundrett, M. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biological Reviews*. 79: 473–495.
- Brundrett, M, N, Bougher, B., Dell, T., Grove dan Majalaczk. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Canberra (AU): Australian Centre for International Agriculture Research.
- Budi, S. W., Purwanti, S. I. dan Turjaman, M. 2015. Fungi mikoriza arbuskula dan arang tempurung kelapa mempercepat pertumbuhan awal bibit *Calliandra Calothyrsus* di media tanah marjinal. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 6(2): 114–118.
- Gaur, A. dan A. Adholeya. 2004. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Current Science*. 86: 528–534.
- Hendromono dan Durahim. 2004. Pemanfaatan limbah sabut kelapa sawit dan sekam padi sebagai medium pertumbuhan bibit Mahoni Afrika (*Khaya anthocela*. C. DC). Buletin Penelitian Hutan no 644. Badan Litbang Kehutanan. Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Hendromono. 2003. Kriteria penilaian mutu bibit dalam wadah yang siap tanam untuk rehabilitasi hutan dan lahan. *Buletin Litbang Hutan*. 4: 11–66.
- Husna dan Kandari, A. M. 2005. Efektivitas Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) lokal dan tepung tulang terhadap pertumbuhan bibit Jati (*Tectona grandis* L. F.) *Makalah Ilmiah Agriolus*. 15(02): 181–186.
- Husna, Wilarso, S., Budi, R., Mansur, I. dan Kusmana, C. 2016. Growth and nutrient status of kayu kuku (*Pericopsis mooniana* Thw.) with micorrhiza in soil media of nickel post mining. *Journal Biological Science*. 19: 158–170.
- Husna, 2015. Potensi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Lokal Dalam Konservasi Ex-Situ Jenis Terancam Punah Kayu Kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw.] [disertasi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Husna, Budi, R. S. W., Mansur, I., Kusmana, C., dan Kramadibrata, K. 2014. Fungi Mikoriza Arbuskula pada rizosfer *Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw. di Sulawesi Tenggara. *Jurnal Berita Biologi*. 13(3): 263–273.
- Husna., Budi, S. W., Mansur, I. dan Kusmana, C. 2015. Respon pertumbuhan bibit kayu kuku (*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw) Terhadap inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula lokal. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 9(3): 131–148.

- Irawan, A., Anggraeni, I. dan Christita, M. 2015. Identifikasi penyebab penyakit bercak daun pada bibit Cempaka [*Magnolia elegans* (Blume.) H. Keng] dan teknik pengendaliannya. *Jurnal WASIAN*. 2(2): 87–94.
- Iskandar, E. P., Sampoerno dan Saputra, S. I. 2015. Pertumbuhan beberapa klon bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada tanah gambut dan podsolik merah kuning. *Jurnal JOM Faperta*. 2(1): 1–10.
- Irianto, R. S. B. 2009. Inokulasi ganda *Glomus* sp. dan *Pisolithus arrhizus* meningkatkan pertumbuhan bibit *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Jurnal Penelitian Hutan dan konservasi Alam*. 6(2): 159–167.
- Karepesina, S. 2007. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula dari Bawah Tegakan Jati Ambon (*Tectona grandis* Linn. f.) dan Potensi Pemanfaatannya [tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Liferdi, I. 2010. Efek pemberian fosfat terhadap pertumbuhan dan status hara pada bibit manggis. *Journal Hort*. 20(1): 14–21.
- Lizawati., Kartika, E., Alia, Y. dan Handayanil, R. 2014. Pengaruh pemberian isolasi isolat fungi mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) yang ditanam pada tanah bekas tambanag batu bara. *Biospecies*. 7(1)14–21.
- Masbullarjan. 2018. Uji Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula *Glomus* spp. Terhadap Pertumbuhan Kayu Kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw] [skripsi]. Universitas Halu Oleo. Kendari.
- Mahdi, S. 2015. Respon Pertumbuhan Bibit Pala (*Myristica fragrans* Houtt) pada Perlakuan Kompos Organik Cangkang Pala dan Mikroba Endofit Asal Pala + Mikoriza pada Tanah Ultisol [tesis]. Universitas Syiah Kuala Darussalam. Banda Aceh.
- Muleta, D. 2010. Legum Respon to Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation in Sustainable Agriculture. In: Khan, M. S., Zaidi, A., and Musarrat, J (eds). *Microbes for Legume Improvement*. Springer. New York (US).
- Nursayuti. 2017. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman Kedelai (*Glicine max* L. Merrill) akibat tingkat pengolahan tanah dan teknik pengendalian gulma. *Jurnal S. Pertanian* 1(1): 20–27.
- Rajapakse, S. dan Jr. J. C. Miller. 1992. Methods For Studying Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Root Kolonozation and Related Root Physical Properties. *Methods Microbial*. 24: 302–316.
- Salim, M. R. 2019. Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula lokal terhadap pertumbuhan jenis terancam punah Kayu Kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw] pada media tambang emas [skripsi]. Universitas Halu Oleo. Kendari. (belum dipublikasikan).

- Sari, A., Noli, Z. A. dan Suwirman. 2016. Pertumbuhan bibit Surian [*Toona sinensis* (Juss.) M. Roem] yang diinokulasikan Mikoriza pada media tanam tanah ultisol. *Al-kauniyah Jurnal biologi*. 9(1): 1–9.
- Setyaningsih, L. 2017. Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Kompos Aktif untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Mindi (*Melia Azedarach* LINN) pada Media Tailing Tambang Emas Pongkor [tesis]. pascasarjana IPB. Bogor.
- Smith, S. E. dan Read, D. J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Edisi-3. Academic Press. San Dirgo.
- Smith, S. E. dan Read, D. J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Third ed. New York (US): Academic Press.
- Suharno. 2017. Mikoriza Arbuskula pada Tumbuhan Dominan di Kawasan *Tailing* Timika dan Efektivitasnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pokem (*Setaria italica* L.) [disertasi]. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Suwardi dan Suzana K. K., 2008. Penggunaan zeolit sebagai bahan reklamasi *tailing* pada tambang emas. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 7(1): 61–69.
- Takács, T. 2012. Site-specific optimization of arbuscular mycorrhizal fungi mediated phytoremediation. Dalam Zaidi A, Wani PA, Khan MS, editor. Toxicity of heavy metals to legumes and bioremediation. Springer.
- Tuheteru, F.D. dan Husna. 2011. Respon pertumbuhan dan tingkat ketergantungan *Albizia saponaria* (Lour.) Miq terhadap Fungi Mikoriza Arbuskula lokal Sulawesi Tenggara. *Jurnal Biota*. 16(2): 52–261.
- Tuheteru, F.D., Husna dan Arif, A. 2011. Respon pertumbuhan dan ketergantungan *Albizia saponaria* (Lour.) Miq terhadap inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula lokal Sulawesi Tenggara pada media tanah pascatambang nikel. *Jurnal Berita Biologi* 10(5): 605–612.
- Wigati, E. Uji Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula Lokal Terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw] [skripsi]. Universitas Halu Oleo. Kendari