

# Respons Pertumbuhan Semai Kayu Kuku [*Pericopsis Mooniana* (Thw.) Thw.] dengan Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Lokal dan Urea pada Media Tanah Serpentine

**Husna,\* Faisal Danu Tuheteru, Jesika Wulandari, Asrianti Arif, Basrudin, Albasri, Wiwin Rahmawati Nurdin**

Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan Universitas Halu Oleo, Jalan Mayjen S. Parman, Kendari

\* surel: husna@uho.ac.id

Tanah serpentine merupakan batuan ultramafik yang memiliki kandungan logam berat tinggi dan unsur hara rendah yang dapat menghambat regenerasi pertumbuhan tanaman. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan input pemupukan. Pemupukan yang dapat digunakan yaitu fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan pupuk urea. FMA merupakan pupuk hayati yang dapat membantu pertumbuhan tanaman dengan menyuplai unsur hara makro yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Adapun pupuk urea merupakan pupuk yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan unsur nitrogen pada tanah. Penelitian ini dilaksanakan di rumah plastik Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI) Cabang Sulawesi Tenggara dan Laboratorium Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan Universitas Halu Oleo, Kendari selama lima bulan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan tiga kali ulangan dan tiga unit tanaman. Faktor pertama meliputi tanpa inokulasi FMA, *Claroideoglossum etunicatum* dan *Septoglossum constrictum*. Faktor kedua meliputi tanpa pupuk urea, pupuk urea 1 g, pupuk urea 1,2 g dan pupuk urea 1,4 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi FMA jenis *C. etunicatum* dan tanpa pupuk urea dapat meningkatkan jumlah daun, nodulasi, berat kering pucuk dan nisbah pucuk akar. Inokulasi FMA jenis *C. etunicatum* dapat meningkatkan pertambahan tinggi, diameter batang, luas daun, berat kering tanaman, indeks mutu bibit, dan kolonisasi akar. *P. mooniana* memiliki ketergantungan yang cukup terhadap fungi mikoriza arbuskula. Pemberian pupuk urea 0 g meningkatkan tinggi, diameter batang, luas daun, berat kering total, dan indeks mutu bibit.

.....  
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, pericopsis mooniana, pupuk urea, serpentine.

## **Pendahuluan**

Tanah serpentine merupakan hasil pelapukan batuan ultramafik yang memiliki kandungan logam berat tinggi (Ni, Cr, Mn, dan Co) (Kazakou dkk. 2010; Seneviratne dkk. 2016) dan unsur hara rendah (N, P, Ca) (Kayama dkk. 2009; Seneviratne dkk. 2016) sehingga akan berdampak negatif terhadap respons fisiologis tanaman (ArefiFard, 2017). Oleh karena itu, untuk meningkatkan adaptasi dan pertumbuhan tanaman pada kondisi tanah serpentine perlu adanya input pemupukan. Secara umum jenis pupuk terdiri atas dua yaitu pupuk organik dan anorganik. Salah satu pupuk anorganik yang dapat digunakan yaitu pupuk urea. Pupuk urea merupakan unsur hara yang memiliki kandungan nitrogen (Apriliya, 2015) yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Andalusia, 2005). Selain pupuk organik dan pupuk anorganik juga dikenal pupuk hayati. Pupuk hayati merupakan inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman (Simanungkalit dkk. 2006). Salah satu pupuk hayati yang dapat digunakan yaitu Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) (Smith & Read, 2008). FMA merupakan fungi yang dapat bersimbiosis dengan akar tanaman yang tumbuh pada berbagai ekosistem (habitat) (Husna, 2015).

FMA mampu membantu tanaman dalam kondisi kritis seperti genangan (Tuheteru & Wu, 2017), salinitas, kekeringan dan logam berat (Miransari, 2017) karena dapat membantu peningkatan serapan hara nitrogen, fosfat (Bertolazi dkk. 2018), memacu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mereduksi nikel pada lahan pascatambang (Husna, 2015). Selain FMA, pupuk urea juga dapat membantu ketersediaan nitrogen bagi tanaman yang tidak tersedia pada tanah (Mawaddah dkk. 2016). Hasil studi ilmiah mengatakan interaksi FMA dan pupuk NPK dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Trisilawati dkk. 2012; Daras dkk. 2015) dan mampu mengefisieni penggunaan pupuk kimia pada tanah masam (Trisilawati dkk. 2012). Namun, studi terkait pemberian inokulasi FMA lokal dan pupuk urea pada tanah serpentine masih terbatas.

Saat ini, FMA lokal yang diinokulasi pada kayu kuku (Husna, 2015) telah diuji dan terbukti efektif meningkatkan pertumbuhan, diameter dan biomassa tanaman angkana pada tanah ultisol (Rafikasera, 2017). Selain itu, FMA juga telah terbukti efektif meningkatkan pertumbuhan, biomassa serta akumulasi hara tanaman kayu kuku pada media tanah inceptisol dan tanah nikel pada lahan pascatambang (Husna, 2015). Kayu kuku adalah salah satu jenis tumbuhan yang tumbuh secara alami dan endemik di Indonesia dan merupakan jenis lokal Sulawesi Tenggara yang berasal dari famili *Fabaceae* (Whitmore dkk. 1989; IUCN, 2014). Kayu kuku termasuk dalam jenis tumbuhan penghasil kayu bernilai ekonomi tinggi dan telah dikategorikan sebagai jenis pohon terancam punah dengan status rawan punah (IUCN, 2014).

Berdasarkan uraian tersebut maka studi informasi tentang inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan urea pada tanaman kayu kuku [*pericopsis mooniana* (Thw.) Thw.] dengan media tanah serpentine masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan dalam kegiatan rehabilitasi lahan bekas tambang nikel.

## Metode Penelitian

### Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di rumah plastik Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI) Cabang Sulawesi Tenggara dan Laboratorium Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan Universitas Halu Oleo, Kendari yang dilaksanakan pada bulan Mei–Oktober 2018.

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini didesain menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial terdiri atas dua faktor yaitu faktor pertama jenis FMA (A), terdiri atas tiga taraf, yakni tanpa FMA (kontrol) (A0), *Claroideoglossum etunicatum* (A1) dan *Septoglossum constrictum* (A2) dan faktor kedua pupuk urea (B), terdiri atas empat taraf, yakni tanpa pupuk urea (kontrol) (B0), pupuk urea 1 g (B1), pupuk urea 1,2 g (B2) dan pupuk urea 1,4 gr (B3) dengan tiga ulangan dan tiga unit tanaman sehingga total unit tanaman yaitu 108 tanaman kayu kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw.].

## Prosedur penelitian

### *Penyediaan Media Sapih*

Media sapih yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanah serpentine, pasir, dan arang sekam (2 : 1 : 1). Pengambilan tanah serpentine berasal dari lahan pascatambang nikel yang ada di PT Vale Pomalaa. Pasir yang digunakan berasal dari Kali Wanggu, Kecamatan Baruga. Adapun arang sekam diambil langsung dari pabrik beras yang ada di Ranomeeto, Kabupaten Konawe Selatan. Tanah serpentine dan pasir kemudian disterilisasi selama 6–7 jam dan arang sekam disangrai hingga berubah warna menjadi hitam. Media sapih kemudian dicampur merata dan dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 15 cm x 20 cm.

### *Penyiapan Inokulum Inokulasi FMA*

Inokulum FMA yang digunakan adalah *C. Etunicatum* dan *S. constrictum*, inokulum FMA tersebut merupakan hasil kultur menggunakan media zeolit dan inang *Pueraria javanica*. Berat inokulum yang digunakan yaitu per 10 g inokulum untuk setiap jenis inokulum FMA. Sebelum inokulasi FMA, *polybag* (15 cm x 20 cm) diisi media hasil campuran tanah tambang PT Vale Pomalaa, pasir dan arang sekam steril sebanyak  $\pm$  1,5 kg. Inokulasi FMA diberikan sesuai perlakuan untuk setiap *polybag*, yang diletakkan dekat akar semai kayu kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw.]. Semai yang tidak diinokulasi dijadikan sebagai kontrol (Husna, 2015).

### *Pemeliharaan Semai*

Semai disiram setiap hari pada pagi dan sore hari dengan air kran sebanyak 5 ml/tanaman dan pemberian terabuster setiap 2 minggu sekali. Air dan terabuster dicampur (1.000 ml: 2 ml) kemudian disiram pada tanaman dengan takaran 5 ml/tanaman pada kondisi rumah plastik. Pemeliharaan dan pengamatan selama lima bulan tanpa adanya kegiatan penyulaman. Gulma dan hama yang mengganggu semai dikendalikan setiap hari secara manual.

### *Parameter yang Diamati*

Parameter pengamatan yang diukur adalah tinggi, diameter, jumlah daun, biomasa tanaman (berat kering tanaman), nisbah pucuk akar (NPA), indeks mutu bibit (IMB), ketergantungan mikoriza, jumlah bintil akar, dan kolonisasi akar.

Tabel 1 Parameter Pertumbuhan dan Ketergantungan Jenis terhadap FMA

Parameter Bibit Kayu Kuku	Formula dan Definisi
tinggi (cm)	Pengukuran tinggi dilakukan dengan menggunakan penggaris, diukur mulai dari pangkal batang samai dengan titik tumbuh tertinggi pada jalur batang
diameter (mm)	Pengukuran dilakukan pada batang setinggi 1 cm di atas media dengan menggunakan caliper
jumlah daun (helai)	Menghitung pertambahan jumlah daun
nodulasi	Jumlah total bintil akar pada akhir pengamatan
berat kering tanaman (gram)	Bagian bibit dioven pada suhu 70°C selama 2 kali 24 jam kemudian ditimbang
nisbah pucuk akar (NPA)	Perbandingan berat kering bagian pucuk dengan berat kering bagian akar
indeks mutu bibit (IMB)	$[\text{Bobot kering pucuk} + \text{bobot kering akar}] / [(\text{tinggi} / \text{diameter}) + (\text{bobot kering pucuk} / \text{bobot kering akar})]$ . Bibit bermutu apabila nilai IMB $\geq 0,09$ (Duryea dan Dougherty, 1991 dalam Husna dkk. 2015)
kolonisasi FMA	$[\Sigma \text{bidang pandang bermikoriza} / S \text{ total bidang pandang yang diamati}] \times 100\%$ (Brundrett dkk., 1996 dalam Husna dkk. 2015)
<i>Mycorrhizae inoculation effect</i> (MIE)	$[\text{berat kering tanaman bermikoriza} - \text{berat kering tanaman non mikoriza} / \text{berat kering tanaman bermikoriza}] \times 100\%$ (Habte dan Manjunath, 1991).

## Analisis Data

Hasil pengamatan pada setiap satuan amatan akan dianalisis terlebih dahulu dengan analisis ragam (uji F). Apabila hasil uji menunjukkan pengaruh nyata maka dilakukan beda perlakuan menurut Duncan *Multiple Range Test* (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan software SAS *Portable* 9.1.3.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil

Hasil sidik ragam pengaruh perlakuan jenis FMA dan pupuk urea terhadap peubah pengamatan disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa interaksi inokulasi FMA dan pupuk urea memberikan pengaruh yang sangat nyata pada peubah nodulasi dan nisbah pucuk akar dan berpengaruh nyata pada peubah jumlah daun, berat kering pucuk serta tidak berpengaruh nyata pada peubah tinggi, diameter, luas daun, berat kering akar, indeks mutu bibit

dan kolonisasi. Pemberian inokulasi FMA berpengaruh sangat nyata terhadap semua peubah kecuali nisbah pucuk akar. Adapun pemberian pupuk urea berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi, diameter, nodulasi dan indeks mutu bibit. Namun, berpengaruh nyata terhadap peubah jumlah daun, berat kering pucuk, berat kering total dan tidak berpengaruh nyata terhadap peubah luas daun, berat kering akar, nisbah pucuk akar dan kolonisasi.

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil Sidik Ragam Peubah Pengamatan

No.	Parameter Pengamatan	FMA(A)	Pupuk Urea (B)	A*B	KK (%)
1	tinggi	**	**	tn	18,56
2	diameter	**	**	tn	16,89
3	jumlah daun	**	*	*	18,42
4	luas daun	**	tn	tn	11,23
5	nodulasi	**	**	**	13,33
6	berat kering pucuk	**	*	*	17,87
7	berat kering akar	**	tn	tn	22,44
8	berat kering total	**	*	tn	15,52
9	nisbah pucuk akar	*	tn	**	17,04
10	indeks mutu bibit	**	**	tn	19,98
11	kolonisasi	**	tn	tn	19,61

Keterangan: \* = berpengaruh nyata, \*\* = berpengaruh sangat nyata, tn = tidak berpengaruh nyata.

### Jumlah Daun, Nodulasi, Berat Kering Pucuk, dan Nisbah Pucuk Akar

Interaksi FMA jenis *C. etunicatum* dan pupuk urea 0 g meningkatkan peubah jumlah daun, nodulasi, BKP dan NPA. Namun, berbeda nyata dengan perlakuan lain. Kecuali pada interaksi FMA jenis *C. etunicatum* dan pupuk urea 1,2 g tidak berbeda nyata pada peubah jumlah daun dan tidak berbeda nyata pada interaksi *C. etunicatum* dan pupuk urea 1,4 g pada peubah BKP. Interaksi FMA jenis *S. constrictum* dan pupuk urea 0 g, 1 g, 1,2 g dan 1,4 g pada peubah jumlah daun, BKP dan NPA tidak berbeda nyata dengan kontrol maupun dengan interaksi FMA *S. constrictum* dan pupuk urea 1 g, 1,2 g dan 1,4 g. Begitu pula dengan peubah nodulasi, kecuali pada interaksi *S. constrictum* dan pupuk urea 0 g.

Tabel 3 Hasil Pengamatan Interaksi FMA dan Pupuk Urea terhadap Variabel Jumlah Daun, Nodulasi, Berat Kering Pucuk dan Nisbah Pucuk Akar *P. mooniana* umur 5 bulan.

Perlakuan		Jumlah Daun	Nodulasi	BKP	NPA
Inokulasi FMA(A)	Pupuk Urea(B)				
Kontrol	0 g	7.56±0.68 <sup>b</sup>	0.33±0.02 <sup>e</sup>	1.56±0.08 <sup>b</sup>	1.13±0.05 <sup>b</sup>
	1 g	7.33±1.20 <sup>b</sup>	0.33±0.02 <sup>e</sup>	1.64±0.15 <sup>b</sup>	1.51±0.25 <sup>b</sup>
	1,2 g	8.33±0.69 <sup>b</sup>	0.36±0.04 <sup>e</sup>	1.49±0.15 <sup>b</sup>	1.88±0.34 <sup>b</sup>
	1,4 g	6.55±1.35 <sup>b</sup>	0.33±0.02 <sup>e</sup>	1.58±0.03 <sup>b</sup>	1.39±0.07 <sup>b</sup>
<i>C. etunicatum</i>	0 g	16.89±1.42 <sup>a</sup>	30.0±0.57 <sup>a</sup>	3.75±0.40 <sup>a</sup>	2.25±0.39 <sup>a</sup>
	1 g	11.44±0.99 <sup>b</sup>	7.67±0.33 <sup>c</sup>	2.55±0.35 <sup>b</sup>	1.77±0.23 <sup>b</sup>
	1,2 g	16.22±0.11 <sup>ab</sup>	17.67±1.20 <sup>b</sup>	2.35±0.19 <sup>b</sup>	1.24±0.12 <sup>b</sup>
	1,4 g	10.67±1.89 <sup>b</sup>	9.33±0.67 <sup>c</sup>	3.54±0.29 <sup>a</sup>	1.80±0.14 <sup>b</sup>
<i>S. constrictum</i>	0 g	7.89±0.22 <sup>b</sup>	6.33±0.33 <sup>d</sup>	1.86±0.29 <sup>b</sup>	1.35±0.10 <sup>b</sup>
	1 g	10.44±0.95 <sup>b</sup>	0.33±0.02 <sup>e</sup>	1.85±0.20 <sup>b</sup>	1.45±0.27 <sup>b</sup>
	1,2 g	10.11±0.29 <sup>b</sup>	0.33±0.02 <sup>e</sup>	1.99±0.16 <sup>b</sup>	1.94±0.55 <sup>b</sup>
	1,4 g	6.22±1.28 <sup>b</sup>	0.33±0.02 <sup>e</sup>	2.07±0.07 <sup>b</sup>	2.03±0.38 <sup>b</sup>

Keterangan: huruf yang sama pada baris atau kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT ( $\alpha = 0.05\%$ ),  $\pm$  standard error.

### Pertumbuhan Tanaman

Hasil analisis pertumbuhan bibit *P. mooniana* umur lima bulan disajikan pada Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan bahwa inokulasi FMA jenis *C. etunicatum* meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter dan luas daun. Pada peubah tinggi, diameter dan luas daun dengan perlakuan *S. constrictum* tidak berbeda nyata dengan kontrol. Perlakuan pupuk urea 1,2 g meningkatkan pertumbuhan tinggi. Namun, tidak berbeda nyata dengan kontrol. Perlakuan pupuk urea 0 g meningkatkan peubah diameter dan berbeda nyata dengan perlakuan pupuk urea 1 g, 1,2 g dan 1,4 g. Perlakuan pupuk urea tidak signifikan meningkatkan peubah luas daun bibit *P. mooniana* umur lima bulan.

Tabel 4 Hasil Pengamatan Secara Mandiri Pengaruh Perlakuan Jenis FMA dan Pupuk Urea terhadap Variabel Tinggi, Diameter dan Luas Daun *P. mooniana* umur 5 bulan.

Perlakuan	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Luas Daun (cm)
Inokulum FMA(A)			
Kontrol	4.77±0.38 <sup>b</sup>	1.68±0.15 <sup>b</sup>	10.85±0.51 <sup>b</sup>
<i>C. etunicatum</i>	8.93±0.59 <sup>a</sup>	2.20±0.13 <sup>a</sup>	14.64±0.34 <sup>a</sup>
<i>S. constrictum</i>	5.66±0.52 <sup>b</sup>	1.65±0.09 <sup>b</sup>	11.72±0.43 <sup>b</sup>
Pupuk Urea(B)			
Kontrol	7.36±0.81 <sup>a</sup>	2.30±0.15 <sup>a</sup>	11.94±0.89
1 g	5.81±0.64 <sup>b</sup>	1.65±0.13 <sup>bc</sup>	11.99±0.53
1,2 g	7.82±0.84 <sup>a</sup>	1.90±0.13 <sup>b</sup>	12.69±0.73
1,4 g	4.82±0.71 <sup>b</sup>	1.54±0.16 <sup>c</sup>	13.00±0.80
KK	18.56	16.89	11.22

Keterangan: huruf yang sama pada baris atau kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT ( $\alpha = 0.05\%$ ), KK (koefisien keragaman),  $\pm$  standard error.

### Berat Kering Tanaman dan Indeks Mutu Bibit

Inokulasi FMA jenis *C. etunicatum* meningkatkan berat kering akar dan berat kering total bibit *P. mooniana* umur lima bulan dibanding *S. constrictum* dan kontrol (Tabel 5). Inokulasi FMA jenis *C. etunicatum* meningkatkan peubah indeks mutu bibit dibanding *S. constrictum* dan kontrol. Perlakuan pupuk urea 0 g meningkatkan peubah berat kering total. Namun, tidak berbeda nyata pada perlakuan pupuk urea 1 g dan pupuk urea 1,4 g. Perlakuan pupuk urea tidak signifikan meningkatkan peubah berat kering akar. Perlakuan pupuk urea 0 g meningkatkan indeks mutu bibit. Namun, tidak berbeda nyata pada perlakuan pupuk urea 1 g dan pupuk urea 1,4 g.

### Kolonisasi dan Mycorrhizae Inoculation Effect

Data peubah kolonisasi dan MIE bibit *P. mooniana* umur lima bulan disajikan pada Tabel 6. Tabel 6 menunjukkan bahwa kolonisasi FMA pada akar tertinggi bibit *P. mooniana* yang diinokulasi dengan FMA jenis *C. etunicatum* dan berbeda nyata dengan FMA jenis *S. constrictum* dan berbeda nyata dengan kontrol. Nilai MIE tertinggi ditemukan pada FMA jenis *C. etunicatum* sebesar 44.14%.

Tabel 5 Pengaruh Perlakuan Jenis FMA dan Pupuk Urea terhadap Variabel Berat Kering Tanaman dan Indeks Mutu Bibit *P. mooniana* umur 5 bulan.

Perlakuan	Berat Kering Tanaman (g)		IMB
	Akar	Total	
Inokulum FMA(A)			
Kontrol	1.11±0.07 <sup>b</sup>	2.68±0.08 <sup>c</sup>	0.63±0.04 <sup>b</sup>
<b>C. etunicatum</b>	1.75±0.09 <sup>a</sup>	4.80±0.26 <sup>a</sup>	0.83±0.05 <sup>a</sup>
<i>S. constrictum</i>	1.25±0.12 <sup>b</sup>	3.19±0.17 <sup>b</sup>	0.67±0.07 <sup>b</sup>
Pupuk Urea(B)			
Kontrol	1.48±0.09	3.87±0.43 <sup>a</sup>	0.81±0.05 <sup>a</sup>
1 g	1.3±0.11	3.31±0.25 <sup>ab</sup>	0.67±0.05 <sup>ab</sup>
1,2 g	1.3±0.19	3.24±0.32 <sup>b</sup>	0.58±0.07 <sup>b</sup>
1,4 g	1.39±0.16	3.79±0.45 <sup>ab</sup>	0.78±0.09 <sup>a</sup>
KK	22.44	15.52	19.98

Keterangan: huruf yang sama pada baris atau kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT ( $\alpha = 0.05\%$ ), KK (koefisien keragaman), \*± standard error.

Tabel 6 Hasil Pengamatan Pengaruh Perlakuan Jenis FMA dan Pupuk Urea terhadap Variabel Kolonisasi dan Mycorrhizae Inoculation Effect *P. mooniana* Umur Lima Bulan

Perlakuan	Kolonisasi	MIE (%)
<b>Inokulum FMA(A)</b>		
Kontrol	0.00 <sup>c</sup>	-
<i>C. etunicatum</i>	82.21±3.08 <sup>a</sup>	44.14
<i>S. constrictum</i>	5.64±1.16 <sup>b</sup>	16.11
KK	19.61	

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang tidak sama pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 95% BNT. Campuran (*G. holonatum*, *C. etunicatum*, *Glomus* sp.).

### Korelasi Peubah Pengamatan

Data korelasi peubah pengamatan kayu kuku umur lima bulan disajikan pada tabel 7. Tabel 7 menunjukkan bahwa terjadi korelasi sangat kuat antara peubah nodulasi dan kolonisasi. Pada peubah tinggi, jumlah daun, luas daun, berat kering pucuk, berat kering akar, berat kering total dan kolonisasi berkorelasi kuat. Pada peubah diameter dan kolonisasi berkorelasi cukup kuat. Adapun

pada peubah nisbah pucuk akar, indeks mutu bibit dan kolonisasi berkorelasi rendah.

Tabel 7 Korelasi Antarpeubah Pengamatan dengan Peubah Kolonisasi Tanaman Kayu Kuku umur 5 bulan.

Peubah Pengamatan	Kolonisasi
tinggi	0.74
diameter	0.52
jumlah daun	0.77
luas daun	0.73
nodulasi	0.83
berat kering pucuk	0.77
berat kering akar	0.63
berat kering total	0.79
nisbah pucuk akar	0.20
indeks mutu bibit	0.37

Keterangan: jika nilai korelasi 0.00–0.10 = sangat rendah, 0.20–0.40 = rendah, 0.41–0.60 = cukup, 0.61–0.80 = kuat dan 0.81–1.00 = sangat kuat (Riduwan, 2003).

### Pembahasan

Interaksi perlakuan FMA lokal dan pemberian pupuk urea meningkatkan peubah jumlah daun, nodulasi, berat kering pucuk dan nisbah pucuk akar bibit *P. mooniana* umur lima bulan. Interaksi perlakuan FMA *C. etunicatum* pada pemberian pupuk urea 0 g dan 1,2 g meningkatkan peubah jumlah daun. Peningkatan jumlah daun dipengaruhi oleh FMA yang dapat meningkatkan serapan hara P dan N sehingga laju fotosintesis meningkat (Gray, 2010). Tanaman yang cukup mendapat suplai N akan membentuk daun yang memiliki helai daun lebih luas dengan kandungan klorofil yang lebih tinggi sehingga mampu menghasilkan karbohidrat/asimilat dalam jumlah yang cukup untuk menopang pertumbuhan vegetatif tanaman (Wijaya, 2008) serta FMA dapat meningkatkan mekanisme toleransi daun dan juga melindungi kerusakan oksidatif daun pada tanah toksik logam berat (Dashtebani dkk. 2014; Bertolazi dkk. 2018). Penelitian ini sejalan dengan Trisilawati dkk. (2012) bahwa inokulasi FMA dan pemberian pupuk NPK dapat meningkatkan

pertambahan jumlah daun *A. occidentale* dan FMA mampu mengefisieni penggunaan pupuk NPK.

Selain itu, ketersediaan unsur hara P yang cukup digunakan oleh bakteroid sebagai nutrisi dalam pembentukan bintil akar (Muleta, 2010). Peningkatan bintil akar tertinggi ditemukan pada interaksi FMA *C. etunicatum* dan pupuk urea 0 g. Peningkatan bintil akar oleh FMA terkait dengan pemberian serapan fosfor oleh *rhizobium* (Muleta, 2010). Adanya bintil akar pada tanaman yaitu untuk mengikat unsur N bebas, menyuburkan tanah karena dapat menghemat  $\text{NH}_3$  yang tersedia di tanah dan penyediaan unsur N ke tanah (Kumalasari dkk. 2013). Hasil penelitian menunjukkan inokulasi FMA lebih efektif meningkatkan jumlah bintil akar dibanding pemberian pupuk urea. Hal ini diduga dengan adanya pupuk urea maka ketersediaan N di dalam tanah akan tercukupi sehingga *rhizobium* tidak berkembang dengan baik (Prayoga dkk. 2018). Hamidah dkk. (2015) menjelaskan bahwa N di dalam tanah berbentuk nitrat yang mempunyai kemampuan menghilangkan bulu-bulu akar yang dibutuhkan bakteri untuk menginfeksi akar sehingga mengurangi kemampuan akar untuk memproduksi bintil akar. Penelitian ini sejalan dengan Muleta (2017) bahwa inokulasi FMA signifikan meningkatkan jumlah bintil akar dibanding kontrol pada jenis tanaman legum, di antaranya yaitu *P. mooniana* (Husna, 2015; Wigati, 2017) dan *P. indicus* (Zahrul, 2018).

Interaksi FMA *C. etunicatum* pada pemberian pupuk urea 0 g dan 1,4 g meningkatkan peubah berat kering pucuk *P. mooniana* umur lima bulan. Peningkatan tersebut dipengaruhi oleh FMA yang mampu menyerap unsur hara untuk digunakan dalam proses pertumbuhan tanaman dan proses metabolisme tanaman seperti fotosintesis (Prayudyaningasih, 2014). Peningkatan berat kering pucuk merupakan indikator tentang baik tidaknya pertumbuhan tanaman, makin baik proses fisiologi tanaman, maka berat kering tanaman makin besar, artinya tanaman mampu menyerap unsur hara yang tersedia untuk digunakan dalam proses pertumbuhan tanaman (Salisbury & Ross, 1995). Hal tersebut sejalan dengan penelitian Ristiyanti dkk. (2014) bahwa inokulasi FMA dapat meningkatkan berat kering pucuk tanaman *A. moluccana*.

Nisbah pucuk akar tertinggi ditemukan pada interaksi FMA *C. etunicatum* dan pemberian pupuk urea 0 g. Hal tersebut dipengaruhi oleh FMA yang dapat membantu akar tanaman dalam menyerap unsur hara lebih

baik dibanding kontrol (Christina, 2010). Penjelasan tersebut didukung oleh Prayudyaningih dan Ramdani (2016) bahwa simbiosis FMA dengan akar tanaman dapat memperluas permukaan akar tanaman sehingga meningkatkan penyerapan air dan unsur hara. Christina (2010) menjelaskan bahwa pertumbuhan tanaman yang normal ditunjukkan dengan nilai nisbah pucuk akar yang seimbang, hal tersebut mengindikasikan bahwa bagian pucuk dan akar tanaman mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang seimbang. Akar berfungsi menyerap air dan hara dari dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan pucuk. Selain itu, Irianto (2015) menjelaskan bahwa kualitas bibit tanaman ditentukan oleh besarnya nilai nisbah pucuk akar. Hendramono (2003) dalam Husna (2015) menjelaskan bahwa nilai nisbah pucuk akar antara 2–5, namun sampai saat ini belum ada standar baku tentang nilai nisbah pucuk akar. Hasil penelitian menunjukkan inokulasi FMA dapat meningkatkan nilai nisbah pucuk akar semai *P. mooniana* umur lima bulan. Hal ini sejalan dengan penelitian Husna (2015) bahwa pemberian FMA lokal dapat meningkatkan nisbah pucuk *P. mooniana*.

FMA *C. etunicatum* efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman *P. mooniana* dibanding *S. constrictum* dan kontrol. Peningkatan tersebut terjadi karena FMA *C. etunicatum* cepat menyebar pada perakaran tanaman yang dapat membentuk kolonisasi akar yang tinggi (Ingleby dkk. 2007) dan FMA *C. etunicatum* tersebar luas di alam (Husna dkk. 2014; Husna, 2015). Efektivitas FMA dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman yaitu FMA dapat menyuplai unsur hara P dan N dengan membentuk hifa eksternal sehingga dapat tersedia bagi tanaman (Muleta, 2017), membantu tanaman dalam menyerap air (Lakitan, 2012) serta melindungi tanaman dari lahan tercemari logam berat (Husna, 2015). Unsur hara P merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk menyimpan dan mentransfer energy dalam bentuk ADP dan ATP (Liferdi, 2010), metabolisme karbohidrat dan protein serta transport karbohidrat di dalam sel daun (Husna, 2015). Meningkatnya kandungan P pada tanaman akan meningkatkan laju fotosintesis dan merangsang pembentukan daun baru (Christina, 2010). Selain itu, unsur hara N dibutuhkan tanaman untuk membantu proses pembentukan asam amino dan protein dalam tanaman (Hardjowigeno, 1995) dan membantu merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman yaitu menambah tinggi, diameter, merangsang pembentukan semai daun serta dapat membuat

tanaman lebih hijau karena merupakan bahan penyusun klorofil (Salisbury & Ross 1995).

Selain pertumbuhan, FMA juga berkontribusi terhadap peningkatan berat kering tanaman *P. mooniana*. Hal ini diduga FMA mampu meningkatkan penyerapan unsur hara pada tanaman yang berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan dan perkembangan organ vegetatif seperti tajuk sehingga menyebabkan berat kering tanaman menjadi besar (Utami, 2015). Peningkatan tajuk berkaitan dengan efisiensi metabolisme tanaman seperti proses fotosintesis (Prayudyaningsih, 2014), makin berat bobot berat kering tanaman, pertumbuhan tanaman akan makin baik dan unsur hara yang diserap tanaman juga makin banyak (Rini dkk. 2017). Ulfa dkk. (2009) juga menambahkan bahwa tanaman yang memiliki berat kering total yang lebih besar berarti produktivitas dan perkembangan sel-sel jaringannya tinggi dan cepat. Penelitian ini sejalan dengan Muleta (2017) bahwa inokulasi FMA dapat meningkatkan berat kering tanaman *L. leucocephala*. Selanjutnya hasil penelitian menunjukkan indeks mutu bibit *P. mooniana* umur lima bulan berkisar  $> 0.09$ . Hal tersebut berkaitan dengan kesiapan bibit untuk ditanam di lapangan. Hendramono (2003 dalam Husna, 2015) juga menjelaskan bahwa kriteria kesiapan bibit untuk ditanam di lapangan apabila nilai IMB  $> 0.09$ . Kegagalan pada kegiatan rehabilitasi disebabkan oleh kondisi bibit yang tidak mampu hidup pada kondisi kritis sehingga tidak memungkinkan akar berkembang dalam memperoleh unsur hara dan air (Darwo & Sugiarto, 2008). Namun, Keberadaan FMA mampu meningkatkan kualitas bibit dengan mempercepat pertumbuhan sehingga bibit dapat ditanam tepat pada waktunya dan mudah beradaptasi dengan lingkungan penanaman (Prayudyaningsih & Ramdani, 2016).

Adanya FMA pada akar tanaman memberikan pengaruh positif terhadap aspek fisiologis tanaman karena dapat membantu penyerapan unsur hara tanaman. Hasil penelitian menunjukkan kolonisasi akar dan MIE tertinggi ditemukan pada FMA *C. etunicatum* dibanding *S. constrictum* dan kontrol. Peningkatan kolonisasi oleh FMA diduga akar tanaman bermikoriza dapat memperluas bidang serapan akar dengan adanya hifa eksternal yang tumbuh dan berkembang melalui bulu akar (Ristiyanti dkk. 2014). Hal tersebut diperkuat Akhtar dan Siddiqui (2008) bahwa rambut akar tanaman yang berasosiasi dengan tanaman yang bermikoriza bisa berkontak

dengan volume tanah yang lebih luas dan memberikan absorpsi yang lebih besar dibandingkan pada rambut akar yang tanpa bermikoriza. Adanya pertumbuhan hifa eksternal bagi tanaman dapat membantu sistem perakaran dalam mentransfer hara ke tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Husna (2015) bahwa pengaruh kolonisasi akar juga berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan, biomassa serta serapan hara tanaman *P. mooniana*. Adapun persentase MIE tertinggi ditemukan pada inokulasi FMA *C. etunicatum*. Tingginya nilai MIE pada FMA lokal mengindikasikan bahwa pertumbuhan dan survival tanaman kayu kuku sangat tergantung dengan simbiosisnya terhadap FMA (Tuheteru dkk. 2011). Hasil penelitian menunjukkan nilai MIE sebesar 44.14%. Hal ini sejalan dengan penelitian Zahrul (2018) bahwa pemberian FMA *C. etunicatum* dapat meningkatkan ketergantungan bibit *P. indicus* sebesar 35.34%. Pengaruh FMA dalam mendukung pertumbuhan tanaman tergantung pada kesesuaian antara spesies tanaman inang dan fungi yang dikendalikan oleh genotip kedua simbion tersebut (Tuheteru dkk. 2011).

Hasil penelitian menunjukkan pemberian pupuk urea 0 g efektif meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter dan berat kering tanaman dibanding pemberian pupuk urea 1 g, 1,2 g dan 1,4 g. Hal ini di duga pemberian pupuk urea yang tinggi menyebabkan tanaman tidak tumbuh akibat kandungan N terlalu tinggi (Adil dkk. 2006). Birch dan Eagle (1969) dalam Adil dkk. (2006) melaporkan pupuk urea dengan dosis yang tinggi melepaskan N yang tinggi ke tanah sehingga mengakibatkan keracunan bagi tanaman. Hal tersebut serupa dengan penelitian ini, dimana pemberian pupuk urea yang tinggi dapat meracuni tanaman ditandai dengan gejala daun yang kering pada penanaman satu minggu setelah tanam (MST). Hal tersebut didukung Liferdi (2010) bahwa gejala kelebihan N pada tanaman yaitu munculnya wama cokelat dari sekitar pinggir daun kemudian merambat menuju tengah-tengah daun atau ke tulang daun dan akhirnya daun mengering dan rontok.

Selain itu, Kekurangan N juga menyebabkan ukuran daun yang baru terbentuk menjadi lebih kecil, karena suplai N dari dalam tanah melalui akar berkurang (Hernita dkk. 2012). Hal ini juga dapat disebabkan oleh sumbangan N ke daun muda menurun dengan menguning dan menuanya daun-daun bagian bawah. Bila ketersediaan N tidak cukup, protein pada daun tua dihidrolisis dan asam amino yang dihasilkan didistribusikan ke daun muda (Marschner 1995).

Kisaran kecukupan hara N merupakan konsentrasi kritis minimal yang diperlukan untuk memelihara pertumbuhan tanaman. Level kritis didefinisikan sebagai level di mana pertumbuhan atau hasil 5–10% di bawah maksimum (Marschner 1995). Keadaan di bawah dan di atas kisaran kecukupan menyebabkan terjadinya gejala kekurangan dan kelebihan N. Gejala kekurangan N muncul pada saat status hara rendah atau konsentrasi N daun berada pada tingkat minimum, sedangkan gejala kelebihan N mulai terlihat pada saat konsentrasi N (Hernita dkk. 2012).

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan tiga hal berikut.

1. Interaksi FMA *C. etunicatum* dan pemberian pupuk urea 0 g meningkatkan jumlah daun, nodulasi, berat kering pucuk dan nisbah pucuk akar.
2. Secara mandiri inokulasi FMA *C. etunicatum* meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter, luas daun, berat kering tanaman, indeks mutu bibit dan kolonisasi akar.
3. Secara mandiri pemberian pupuk urea 1,2 g dan 1,4 g masing-masing meningkatkan pertumbuhan tinggi dan luas daun bibit *P. mooniana* dan pemberian pupuk urea 0 g cenderung dapat meningkatkan diameter, berat kering akar, berat kering total dan indeks mutu bibit *P. mooniana*.

Saran yang dapat saya ajukan yaitu perlu adanya penelitian lanjutan terkait aplikasi FMA lokal dan pupuk urea pada jenis tanaman lokal lainnya dengan teknik pemberian pupuk yang berbeda.

### Daftar Pustaka

- [IUCN] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2.3.
- Adil, W. H., N. Sunarlim dan I. Roostika. 2006. Pengaruh tiga jenis pupuk nitrogen terhadap tanaman sayuran: *Effect of three different nitrogen fertilizers on several vegetable crops*. Biodiversitas. 7(1): 77–80.

- Akhtar, M. S dan Z. A. Siddiqui. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi as potential bioprotectans against plant pathogens. In: Mycorrhizae: Sustainable agriculture and forestry. Siddiqui, Z. A., M. S. Akhtar and Futai (Eds). Springer Netherland. Dordrecht. The Netherland. pp: 61–97.
- Andalusia, J. 2005. Pengaruh media tanam dan pupuk N terhadap pertumbuhan bibit Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk.). [skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Apriliya, I. 2015. Pembuatan pupuk urea bersalut gipsum (*Gypsum coated urea, gcu*) dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan jagung (*Zea mays*). [skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- ArefiFard, M. 2017. The study of the effect of nickel heavy metal on some growth parameters and production of alkaloids in *Catharanthus roseus*. Springer. International Publishing AG.
- Bertolazi, A. A., M. da S. F. Polli-Pereira., G. Caione., L. Z. Passamani., C. M. Colodete., S. B. de Souza., A. C. Ramos., N. Rasool., G. de F. S. Junior dan E. L. Schoninger. 2018. Linking plant nutritional status to plant-AMF Interactions. Springer. Nature Singapore Pte Ltd.
- Christina, F. 2010. Pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula (FMA) *mycorrhizal helper bacteria* (MHBs) serta arang kayu dan batubara untuk meningkatkan pertumbuhan semai jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq.). [skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Daras, U., I. Sobari., O. Trisilawati dan J. Towaha. 2015. Pengaruh mikoriza dan pupuk NPKMg terhadap pertumbuhan dan produksi kopi arabika. Jurnal Tidp. 2(2): 91–98.
- Darwo dan Sugiarto. 2008. Pengaruh dosis serbuk spora cendawan *Scleroderma citrinum* persoon dan komposisi media terhadap pertumbuhan tusam di persemaian. Jurnal Penelitian Hutan Konservasi Alam. 5(5): 461–472.
- Dashtebani, F., R. Hajiboland dan N. Aliasgharзад. 2014. Characterization of salt-tolerance mechanisms in mycorrhizal (*Claroideoglossum etunicatum*) halophytic grass, *Puccinellia distans*. Springer. Acta Physiol Plant.
- Gray, V. M. 2010. The role of the C: N: P stoichiometry in the carbon balance dynamics of the Legume-AMF-Rhizobium tripartite symbiotic association. Springer. Verlag Berlin Heidelberg.
- Habte, M dan A. Manjunath. 1991. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. Mycorrhiza. 1: 3–12.

- Hamidah, M., H. Hanum dan D. Elfiati. 2015. Efisiensi serapan hara nitrogen tiga varietas kedelai dengan pemupukan nitrogen dan penambahan rhizobium pada tanah dengan status hara N rendah. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2(2): 140–147.
- Hardjowigeno, S. 1985. Ilmu tanah. Edisi Revisi. Jakarta: Penerbit Akademika Pressindo.
- Hernita, D., Poerwanto, R., Susila, A. D dan Anwar, S. 2012. Penentuan status hara nitrogen pada bibit duku. *Jurnal Hort*. 22(1): 29–36.
- 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., Sri, W. B. R., I. Mansur., C. Kusmana dan K. Kramadibrata. 2014. Fungi mikoriza arbuskula pada rizosfer *Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw. di Sulawesi Tenggara: [Arbuscular Mycorrhizal Fungi from Rhizosphere of *Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw. in South-East Sulawesi]. *Berita Biologi*. 13(3): 263–273.
- Ingleby, K., J. Wilson., R. C. Munro dan S. Cavers. 2007. Mycorrhizas in agroforestry: spread and sharing of arbuscular mycorrhizal fungi between trees and crops: complementary use of molecular and microscopic approaches. *Springer. Plant Soil*. 294: 125–136.
- Irianto, R. S. B. 2015. Efektivitas fungi mikoriza arbuskula dan plant growth promoting bacteria terhadap pertumbuhan *Aquilaria crassna*: Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria on growth of *Aquilaria crassna*. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 9(3): 149–158.
- Kayama, M., K. Makoto., M. Nomura., F. Satoh dan T. Koike. 2009. Nutrient dynamics and carbon partitioning in larch seedlings (*Larix kaempferi*) regenerated on serpentine soil in Northern Japan. *Landscape Ecol Eng*. 5: 125–135.
- Kazakou, E., G. C. Adamidis., A. J. M. Baker., R. D. Reeves., M. Godino dan P. G. Dimitrakopoulos. 2010. Species adaptation in serpentine soils in Lesbos Island (Greece): metal hyperaccumulation and tolerance. *Plant Soil*. 332: 369–385.
- Kumalasari, I. D., E. D. Astuti dan E. Prihastanti. 2013. Pembentukan bintil akar tanaman kedelai (*Glycine max* (L) *Merill*) dengan perlakuan jerami pada masa inkubasi yang berbeda. *Jurnal Sains dan Matematika*. 21(4): 103–107.

- Lakitan, B. 2012. Dasar-dasar fisiologi tumbuhan. Rajawali Pers. Jakarta.
- Liferdi, L. 2010. Efek pemberian fosfor terhadap pertumbuhan dan status hara pada bibit manggis. *Jurnal Hort.* 20(1): 18–26.
- Liferdi. 2010. Status hara nitrogen sebagai pedoman rekomendasi pupuk pada bibit manggis. *Jurnal Agrivita.* 3(1): 76–82.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition in higher plants, Academic Press, New York.
- Mawaddah, A., Roto dan Adhitasari, S. 2016. Pengaruh penambahan urea terhadap peningkatan pencemaran Nitrit dan nitrat dalam tanah (*influence of addition of urea to increased pollution of nitrite and nitrate in the soil*). *J. Manusia dan Lingkungan.* 23(3): 360–364.
- Muleta D. 2010. Legume response to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation in sustainable agriculture. Khan MS, editor. New York (US): Springer.
- Muleta, D. 2017. Legume response to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation in sustainable agriculture. Springer International Publishing.
- Prayoga, D., M. Riniarti dan D. Duryat. 2018. Aplikasi rhizobium dan urea pada pertumbuhan semai sengon laut. *Jurnal Sylva Lestari.* 6(1): 1–8.
- Prayudyaningsih, R dan Ramdani, S. 2016. Aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan kompos untuk meningkatkan semai jati (*Tectona grandis* Linn.f.) pada media tanah bekas tambang kapur: (*The application of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and compost to improve the growth of teak seedlings (Tectona grandis* Linn.f.) on limestone post-mining soil). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea.* 5(1): 37–46.
- Prayudyaningsih, R. 2014. Pertumbuhan semai *Alstonia scholaris*, *Acacia auriculiformis* dan *Muntingia calabura* yang diinokulasi fungi mikoriza arbuskula pada media tanah bekas tambang kapur: (*Growth of Alstonia scholaris, Acacia auriculiformis dan Muntingia calabura that was inoculated by arbuscular mycorrhizal fungi on postmining limestone soil*). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea.* 3(1): 13–23.
- Rafikasera, G. 2017. Pertumbuhan bibit angkana (*Pterocarpus indicus* Willd) dengan aplikasi fungi mikoriza arbuskula lokal. [skripsi]. Universitas Halu Oleo. Kendari.
- Riduwan, 2003. Dasar-dasar statistika. Alfa Beta. Bandung.
- Rini, M. V., K. O. Pertiwi dan H. Saputra. 2017. Seleksi lima isolat fungi mikoriza arbuskula untuk kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika.* 5(3): 138–143.

- Ristiyanti., Yusran dan Rahmawati. 2014. Pengaruh beberapa spesies mikoriza arbuskula pada media tanah dengan pH berbeda terhadap pertumbuhan semai kemiri (*Aleurites moluccana* (L.) Willd.). *Warta Rimba*. 2(2): 117–124.
- Salisbury, F. B dan C. W. Ross, 1995. Fisiologi tumbuhan jilid 1–4. Lukman, R. D. (Penerjemah). Bandung: Penerbit ITB. Terjemahan dari: *Plant Physiology*.
- Seneviratne, M., S. Madawala dan M. Vithanage. 2016. Heavy metal uptake and tolerance mechanisms of serpentine flora: implications for phytoremediation. Springer. International Publishing Switzerland
- Simanungkalit, R. D. M., D. A. Suriadikarta., R. Saraswati., D. Setyorini dan W. Hartatik. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati *Organic fertilizer and biofertilizer*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Smith, S. E and D. J. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Third ed. Academic Press. New York (US).
- Trisilawati, O., J. Towaha dan U. Daras. 2012. Pengaruh mikoriza dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan produksi jambu mete muda. *Buletin Ristri*. 3(1): 1–8.
- Tuheteru, F. D dan I. S. Wu. 2017. Arbuscular mycorizal fungi and tolerance of waterlogging stress in plants. Springer. Nature Singapore Pte Ltd.
- Tuheteru, F. D., Husna dan Alimuddin, L. D. 2011. Respon pertumbuhan dan ketergantungan *Albizia saponaria* (Lour.) Miq terhadap fungi arbuskula mikoriza lokal Sulawesi Tenggara. *Biota*. 16(2): 252–261.
- Ulfa, M., E. A. Waluyo dan E. Martin. 2009. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula *Glomus clorum*, *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora* sp. terhadap pertumbuhan semai mahoni dan seru. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 6(5): 273–280.
- Utami, Y. 2015. Produktivitas dan kualitas hijauan Indigo ferazollingeriana yang diinokulasi fungi mikoriza arbuskula dengan berbagai level boron. [tesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Whitmore, T. C., I. G. M. Tantra and U. Sutisna. 1989. Tree flora of Indonesia: check list for Sulawesi. Forest Research and Development Centre, Forestry of Departemen. Bogor.
- Wigati, E. 2017. Uji efektivitas fungi mikoriza arbuskula (FMA) local terhadap pertumbuhan bibit kayu kuku [*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw]. [skripsi]. Universitas Halu Oleo. Kendari.

- Wijaya, K. A. 2008. Nutrisi tanaman sebagai penentu kualitas dan resistensi alami tanaman. Jakarta (ID): Penerbit Prestasi Pustaka.
- Zahrul, L. O. 2018. Pertumbuhan dan ketergantungan tanaman angsana (*Pterocarpus indicus* willd.) dengan fungi mikoriza arbuskula (FMA) *Glomus* spp. [skripsi]. Universitas Halu Oleo. Kendari.