

PENGARUH APLIKASI KOMPOS DAN MIKORIZA ARBUSKULAR PADA *TAILING* TAMBANG EMAS TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SERAPAN FOSFOR TANAMAN BUNGA MATAHARI

Effects of Application of Compost and Arbuscular Mycorrhiza to Gold Mine Tailings on Phosphorus Uptake and Growth of Sun Flower Plant

Izhar Ashofie, Budi Prasetya*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No. 1 Malang 65145

*Penulis korespondensi: bprasetya@ub.ac.id

Abstract

Tailings are waste (sludge) generated from various mining activities. Abundance of tailings can be a very serious problem in soils. One method that can be used to anticipate chemical hazard is phytoremediation using hyperaccumulator. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the hyperaccumulator plants. In the other way, using compost to support macro and microelements for plants in phytoremediation activities can improve the physical and chemical of soil properties. Beside of using hyperaccumulator plants and compost, inoculation of arbuscular mycorrhiza (AM) can also be used to improve plant growth. The aim of this was to explore the effects of application of compost and mycorrhizal spores of *Glomus* sp. to gold mine tailing on sunflower growth, and P uptake. This study used a completely randomized design factorial consisting of two primary factors. The first factor was planting media composition (M) consisting of five levels and the second factor was the mycorrhizal spore numbers (S) consisting of three levels. The results showed that the composition of planting media (25% tailings : 75% compost) and the addition of 50 mycorrhiza spores increased plant height up to 45.67 cm (42.87%), and the leaves number 9.34 (72.97%), and able to increase P uptake 2.9 g plant⁻¹ (45.79%).

Keywords: *arbuscular mycorrhiza, compost, P uptake, tailing*

Pendahuluan

Kegiatan pertambangan bahan galian berharga dari lapisan bumi telah berlangsung sejak lama, salah satunya adalah pertambangan emas. Desa Kertajaya, Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat, merupakan salah satu daerah pertambangan emas skala kecil yang sudah beroperasi sejak tahun 1980-an. Metode yang digunakan penambang untuk mendapatkan emas adalah amalgamasi merkuri dan sianidasi, metode ini merupakan metode tradisional yang sering dijumpai pada pertambangan emas skala kecil. Metode amalgamasi merkuri (Hg) atau sianidasi akan

menghasilkan limbah berupa lumpur yang disebut *tailing*. Menurut Fauziyah (2009), *tailing* adalah limbah (lumpur) yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan pertambangan emas dalam jumlah banyak, dan dapat menjadi masalah yang sangat serius, yaitu menurunnya kualitas tanah, karena *tailing* dibuang begitu saja tanpa proses pengolahan lebih lanjut. Umumnya *tailing* masih mengandung logam berat. Upaya penanganan lahan yang tercemar akibat *tailing* masih jarang dilakukan, hal ini karena diperlukan biaya yang cukup besar. Akan tetapi pengolahan limbah *tailing* yang mengandung logam berat tetap perlu dilakukan agar tidak membahayakan lingkungan ataupun

manusia. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk pembebasan kondisi kimia tanah dari unsur logam berat adalah dengan teknologi fitoremediasi menggunakan jenis tanaman hiperakumulator. Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan hijau atau mikroorganisme yang berasosiasi untuk menyerap, memindahkan, menurunkan serta mengurangi konsentrasi senyawa toksik dalam tanah (Malini dan Jais, 2010). Salah satu tanaman hiperakumulator untuk fitoremediasi adalah bunga matahari (*Helianthus annuus* L.), karena tanaman bunga matahari mempunyai toleransi terhadap logam berat dan memiliki berbagai macam manfaat (Suwarniati, 2014). Sumber unsur hara makro dan mikro bagi tanaman bisa didapatkan dari penambahan kompos pada kegiatan fitoremediasi, selain itu kompos dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah (Simanungkalit *et al.*, 2006). Proses penyerapan unsur hara bagi tanaman dapat dibantu dengan menginokulasikan mikoriza arbuskular, supaya unsur hara yang sulit dijangkau oleh akar tanaman dapat diserap melalui hifa yang dibentuk oleh mikoriza. Selain itu inokulasi mikoriza arbuskular dapat membantu pertumbuhan tanaman menjadi lebih optimal. Menurut Chairuman (2008) mikoriza arbuskular memiliki manfaat bagi tanaman, diantaranya dapat meningkatkan

penyerapan ion dengan tingkat mobilitas rendah dan mampu berperan sebagai biokontrol penyerapan logam berat, serta dapat membantu tanaman terhindar dari keracunan logam berat, dimana logam berat tersebut diikat dan dikelilingi oleh gugus karboksil dari senyawa pektat (hemiselulose) yang dihasilkan diantara matriks mikoriza dengan tanaman inang. Kompos sebagai penyedia unsur hara bagi tanaman dan kemampuan bunga matahari yang tumbuh pada lahan terkontaminasi logam berat serta mikoriza arbuskular (*Glomus* sp.) yang mampu membantu tanaman dalam penyerapan unsur hara mikro dan makro dijadikan dasar dalam penelitian ini.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2017 sampai bulan Juni 2017 di Rumah Kaca Dau, Kabupaten Malang. Analisis biologi dan kimia tanah dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan Kimia Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial. Perlakuan yang digunakan terdiri dari 15 perlakuan dan 3 ulangan, sehingga terdapat 45 satuan percobaan (Tabel 1).

Tabel 1. Unit perlakuan penelitian

No.	Kode	Perlakuan
1.	M1S0	75% Tailing : 25% Kompos + tanpa spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
2.	M2S0	60% Tailing : 40% Kompos + tanpa spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
3.	M3S0	50% Tailing : 50% Kompos + tanpa spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
4.	M4S0	40% Tailing : 60% Kompos + tanpa spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
5.	M5S0	25% Tailing : 75% Kompos + tanpa spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
6.	M1S1	75% Tailing : 25% Kompos + 25 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
7.	M2S1	60% Tailing : 40% Kompos + 25 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
8.	M3S1	50% Tailing : 50% Kompos + 25 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
9.	M4S1	40% Tailing : 60% Kompos + 25 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
10.	M5S1	25% Tailing : 75% Kompos + 25 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
11.	M1S2	75% Tailing : 25% Kompos + 50 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
12.	M2S2	60% Tailing : 40% Kompos + 50 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
13.	M3S2	50% Tailing : 50% Kompos + 50 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
14.	M4S2	40% Tailing : 60% Kompos + 50 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹
15.	M5S2	25% Tailing : 75% Kompos + 50 spora <i>Glomus</i> sp. <i>polybag</i> ⁻¹

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap yaitu: (1) Pengambilan sampel *tailing* dan sampel tanah, analisis mikoriza meliputi ekstraksi, isolasi, identifikasi spora; (2) Penanaman tanaman bunga matahari dengan kultur spora pada berbagai komposisi media tanam, (3) Analisis laboratorium sifat biologi dan kimia tanah pada hasil percobaan setelah masa vegetatif tanaman (42 HST).

Pengambilan sampel tailing

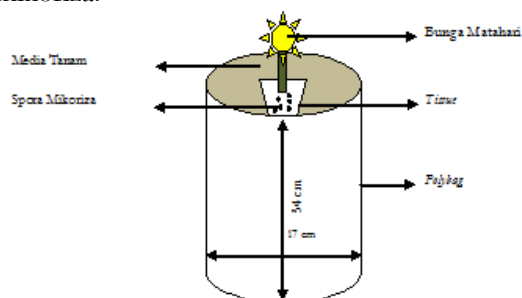
Pengambilan *tailing* dilakukan di Desa Kertajaya, Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Pengambilan *tailing* dilakukan dengan metode acak. *Tailing* yang diambil merupakan *tailing* pengolahan pertama sampai kedalaman 0-80 cm. *Tailing* yang diambil sebanyak sebanyak 60 kg, kemudian dikering anginkan selama 7 hari dan dihancurkan menggunakan *mortar* dan *pestle*.

Analisis spora mikoriza

Sampel tanah yang digunakan untuk analisis mikoriza yaitu sampel tanah *rhizosfer* yang berasal dari UB *Forest*. Metode yang digunakan dalam ekstraksi dan isolasi spora yaitu menggunakan metode *Wet Sieving* (ayakan basah).

Penanaman tanaman bunga matahari dan inokulasi spora mikoriza

Penanaman dan inokulasi dilakukan setelah dibuat lubang tanam pada masing-masing media sekitar 5 cm, kemudian kertas saring dimasukkan kedalam lubang tanam dibentuk corong (Gambar 1), tujuannya adalah pada saat benih berkecambah diharapkan dapat bersinggungan langsung dengan spora mikoriza.



Gambar 1. Cara penanaman bunga matahari dan inokulasi spora mikoriza

Setelah kertas saring dimasukkan ke dalam lubang tanam, lalu benih bunga matahari dimasukkan kedalam kertas saring. Spora yang sudah dikumpulkan dalam *vial* film dituangkan kedalam lubang tanam yang sudah terdapat benih bunga matahari sehingga mikoriza dapat langsung menginfeksi. Setelah dilakukan aplikasi spora mikoriza, lubang tanam ditutup menggunakan media tanam percobaan.

Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan, dan penyulaman. Penyiraman dilakukan 2 kali sehari (pagi dan sore hari) untuk mempertahankan keadaan kapasitas lapangan media tanam. Penyiangan dilakukan 7 hari sekali dengan cara mekanis atau dicabut langsung gulma yang ada disekitar tanaman percobaan. Penyulaman dilakukan apabila tanaman percobaan tidak tumbuh atau mati dengan umur bibit tanaman yang sama

Pengamatan dan pengumpulan data

Parameter pada penelitian ini dilakukan pada 3 objek yaitu tanaman percobaan, analisis media tanam dan mikoriza. Pengamatan pada tanaman percobaan meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun pada 7, 14, 21, 28, 35 dan 42 HST, kemudian serapan P-tajuk tanaman pada 42 HST. Pengamatan pada media tanam meliputi pH tanah, C-Organik tanah, dan P-tersedia tanah pada 42 HST, sedangkan pengamatan mikoriza meliputi jumlah spora mikoriza dan kolonisasi akar pada 42 HST.

Analisis data

Data yang diperoleh kemudian ditabulasi, kemudian dilakukan analisis keragamannya (ANOVA) menggunakan *software* Genstat 12th. Apabila ANOVA menunjukkan hasil berpengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan Uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%. Untuk mengetahui hubungan antar variabel dilakukan uji korelasi dan regresi menggunakan *software* Ms. Excel.

Hasil dan Pembahasan

Aplikasi dari berbagai kombinasi media tanam (*tailing* dan kompos) dan inokulasi spora mikoriza arbuskular (*Glomus* sp.)

mempengaruhi variabel pengamatan yaitu tinggi tanaman, jumlah daun tanaman, pH media tanam, C-organik media tanam, P-tersedia media tanam, Serapan P-tajuk tanaman, jumlah spora mikoriza dan kolonisasi akar.

Tinggi tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam pengamatan tinggi tanaman pada 7 sampai 42 HST menunjukkan bahwa faktor komposisi media tanam dan jumlah spora mikoriza yang diinokulasikan berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman ($p < 0,01$). Interaksi antar kedua faktor tidak berpengaruh nyata

($P > 0,05$) pada 7 dan 14 HST, tetapi berpengaruh sangat nyata pada 21, 28 dan 35 HST, dan pada 42 HST menunjukkan berpengaruh nyata. Secara umum menunjukkan bahwa pada seluruh perlakuan diperoleh peningkatan tinggi tanaman dari 7 HST sampai dengan 42 HST (Tabel 2). Tanaman tertinggi dijumpai pada pengamatan 42 HST pada perlakuan M5S2 (25% *tailing* : 75% kompos + 50 spora *Glomus* sp. *polybag*⁻¹) sebesar 80 cm, sedangkan tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan M1S0 (75% *tailing* : 25% kompos + tanpa spora *Glomus* sp. *polybag*⁻¹) sebesar 34,33 cm (Tabel 2).

Tabel 2. Rerata tinggi tanaman bunga matahari dan uji Duncan pada 7 sampai 42 HST

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)					
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST
M1 S0	9,33	14,33	20,33 a	25,00 a	29,67 a	34,33 a
M2 S0	11,00	16,00	23,67 b	30,00 b	36,33 bc	42,67 c
M3 S0	11,67	16,67	25,33 b	33,00 c	40,67 de	48,33 d
M4 S0	12,33	17,33	28,00 c	37,33 d	46,67 f	56,00 e
M5 S0	13,00	18,00	29,33 cd	40,00 e	50,67 g	61,33 f
M1 S1	10,00	17,00	24,67 b	29,33 b	34,00 b	38,67 b
M2 S1	11,67	18,67	30,33 d	36,67 d	43,00 e	49,33 d
M3 S1	13,00	20,00	33,33 e	41,00 e	48,67 fg	56,33 e
M4 S1	13,67	20,67	37,00 f	46,33 g	55,67 h	65,00 f
M5 S1	14,00	21,00	38,67 f	49,33 h	60,00 i	70,67 g
M1 S2	10,00	18,00	29,33 cd	34,00 c	38,67 cd	43,33 c
M2 S2	12,33	20,33	37,33 f	43,6 f	50,00 g	56,33 e
M3 S2	13,33	21,33	40,67 g	48,33 gh	56,00 h	63,67 f
M4 S2	14,33	22,33	46,00 h	55,33 i	64,67 j	74,00 g
M5 S2	15,00	23,00	48,00 i	58,67 j	69,33 k	80,00 h
Duncan 5%	tn	tn	**	**	**	*

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata, * = berpengaruh nyata, ** = berpengaruh sangat nyata; Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Uji Duncan 5%).

Penambahan pupuk kompos pada media tanam mampu membantu dalam menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, selain itu kompos berpengaruh sebagai pembenah sifat fisik, kimia, dan biologis tanah (Simanungkalit *et al.*, 2006). Inokulasi spora mikoriza mampu membantu penyerapan unsur hara bagi tanaman, dengan membuat jaringan-jaringan hifa pada akar yang berfungsi membantu akar menyerap unsur hara (Supeni *et al.*, 2011). Sehingga semakin besar dosis kompos yang

diberikan dan inokulasi spora mikoriza yang diaplikasikan, akan meningkatkan tinggi tanaman bunga matahari.

Jumlah daun tanaman

Pada pengamatan mingguan, 7 sampai 42 HST menunjukkan bahwa faktor komposisi media tanam dan jumlah spora mikoriza yang diinokulasikan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi antar kedua faktor menunjukkan tidak berpengaruh nyata

($p>0,05$) pada 7, 14, 21, dan 28 HST, tetapi berpengaruh sangat nyata pada 35 dan 42 HST terhadap jumlah daun. Secara umum masing-masing perlakuan menunjukkan peningkatan jumlah daun pada setiap minggunya (Tabel 3). Perhitungan jumlah daun dilakukan pada daun yang masih segar dan masih terbentuk pada batang tanaman. Berdasarkan pengamatan

jumlah daun tanaman terbanyak pada pengamatan 42 HST yaitu perlakuan M5S2 (25% *tailing* : 75% kompos + 50 spora *Glomus* sp. *polybag*⁻¹) dengan jumlah 35 daun, sedangkan jumlah daun tanaman terendah terdapat pada perlakuan M1S0 (75% *tailing* : 25% kompos + tanpa spora *Glomus* sp. *polybag*⁻¹) dengan jumlah 25 daun (Tabel 3).

Tabel 3. Rerata jumlah daun tanaman bunga matahari dan uji Duncan pada 7 sampai 42 HST

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)					
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST
M1 S0	2,33	5,33	11,33	15,33	19,33 a	25,33 a
M2 S0	3,33	6,33	12,33	16,33	20,33 ab	26,33 ab
M3 S0	4,33	7,33	13,33	17,33	21,33 bc	27,33 bc
M4 S0	5,67	8,67	14,67	18,67	22,67 de	28,67 de
M5 S0	6,67	9,67	15,67	19,67	23,67 ef	29,67 ef
M1 S1	3,67	6,67	12,67	17,67	20,67 bc	26,67 bc
M2 S1	4,67	7,67	13,67	18,67	21,67 cd	27,67 cd
M3 S1	5,00	8,00	14,00	19,00	24,00 fg	30,00 fg
M4 S1	6,00	9,00	15,00	20,00	25,00 gh	31,00 gh
M5 S1	6,33	9,33	15,33	20,33	25,33 hi	31,33 hi
M1 S2	3,67	6,67	12,67	17,67	21,67 cd	27,67 cd
M2 S2	4,67	7,67	13,67	18,67	22,67 de	28,67 de
M3 S2	5,33	8,33	14,33	19,33	26,33 ij	32,33 ij
M4 S2	6,33	9,33	15,33	20,33	27,33 j	33,33 j
M5 S2	7,67	10,67	16,67	21,67	28,67 k	34,67 k
Duncan 5%	tn	tn	tn	tn	**	**

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata, ** = berpengaruh sangat nyata; Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Uji Duncan 5%).

Dilihat dari hasil pengamatan jumlah daun tanaman, semakin tinggi dosis kompos dan spora mikoriza yang diinokulasikan, maka jumlah daun tanaman pada 7 sampai dengan 42 HST akan lebih banyak dibandingkan dengan penambahan yang lebih sedikit. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Suwarniati (2014) bahwa pemakaian pupuk kompos mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

pH media tanam

Pada pengamatan pH media tanam yang dianalisis pada 42 HST menunjukkan bahwa faktor komposisi media tanam dan jumlah spora mikoriza yang diinokulasi berpengaruh sangat nyata ($p<0,01$), sedangkan interaksi antar kedua faktor tidak berpengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap pH media tanam 42 HST.

Hasil pengamatan pH pada masing-masing faktor perlakuan yaitu komposisi media tanam *tailing* dengan kompos, dan penambahan sejumlah spora mikoriza menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 4). Penambahan kompos pada *tailing* sebagai media tanam mampu memperbaiki pH tanah. Menurut Khairuna *et al.* (2015) bahwa kompos mampu mengadsorpsi kation, termasuk H^+ sehingga kemasaman tanah berkurang dan pH menjadi meningkat. Pengaruh inokulasi mikoriza terhadap peningkatan pH media tanam diduga karena adanya pengaruh tidak langsung dari sumber-sumber kemasaman. Hal tersebut dapat dilihat dari meningkatnya kolonisasi akar dan ketersediaan P, pada perlakuan dengan inokulasi mikoriza 50 spora diperoleh kolonisasi dan P-tersedia lebih tinggi

dibandingkan dengan perlakuan tanpa inokulasi spora mikoriza. Sehingga mikoriza secara tidak langsung mempengaruhi nilai pH media tanam 42 HST, ketersediaan P yang tinggi mampu mengikat sumber-sumber kemasaman yaitu Al atau H^+ . Ion P yang terurai dalam jumlah banyak akan mengikat Al sehingga menjadi Al-P dan Al tidak bergabung dengan H^+ sehingga menyebabkan pH menjadi meningkat.

Tabel 4. Pengaruh media tanam dan spora mikoriza terhadap pH media tanam 42 HST

Media Tanam	pH media tanam 42 HST
M1	5,43 a
M2	5,67 b
M3	6,46 c
M4	6,53 c
M5	7,10 d
Spora Mikoriza	
S0	6,07 a
S1	6,20 a
S2	6,47 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Duncan 5%).

C-organik media tanam

Hasil analisis ragam C-organik media tanam pada 42 HST menunjukkan bahwa faktor media tanam dan jumlah spora mikoriza yang diinokulasi berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi antar kedua faktor tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar C-organik. Dosis kompos dan penambahan spora mikoriza mempengaruhi kadar C-organik, semakin tinggi dosis kompos dan spora mikoriza yang diberikan maka semakin tinggi kadar C-organik (Tabel 5). Semakin tinggi dosis kompos yang diaplikasikan, maka diperoleh kadar C-organik yang tinggi. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Suwarniati (2014) bahwa penambahan 150 g kompos pada *polybag* bobot 5 kg sebagai campuran *tailing* mampu meningkatkan kadar C-organik menjadi 1% dari semula 0,82% pada 40 HST. Menurut Simanungkalit *et al.* (2006) bahwa hasil dekomposisi bahan organik (karbon) sebagian akan diserap mikroba tanah untuk membentuk jaringan dan menyusun sel, kemudian sisanya

mentransformasikan ke dalam bentuk humus, sehingga kadar C-organik media tanam akan meningkat. Menurut Khairuna *et al.* (2015) bahwa meningkatnya kadar C-organik diduga berasal dari aktivitas akar tanaman yang terinfeksi oleh mikoriza yang mengeluarkan karbon organik, selain itu C-organik juga berasal dari mikroorganisme lain yang ada di dalam tanah, sehingga kadar C-organik menjadi meningkat.

Tabel 5. Pengaruh media tanam dan spora mikoriza terhadap C-organik media tanam 42 HST

Media Tanam	C-organik media tanam (%) 42 HST
M1	2,13 a
M2	4,83 b
M3	7,14 c
M4	9,98 d
M5	12,30 e
Spora Mikoriza	
S0	6,74 a
S1	7,37 b
S2	7,72 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Duncan 5%).

P-tersedia media tanam

Hasil analisis ragam P-tersedia media tanam pada 42 HST menunjukkan bahwa faktor komposisi media tanam berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan faktor jumlah spora mikoriza yang diinokulasi menunjukkan pengaruh nyata, interaksi antar kedua faktor tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap P-tersedia. Ketersediaan P meningkat pada media tanam dengan komposisi kompos yang tinggi dan penambahan spora mikoriza (Tabel 5). Menurut Malini dan Jais (2010) bahwa penambahan kompos sebagai media tanam campuran pada *tailing* dengan dosis yang tinggi mampu meningkatkan P-tersedia. Selain itu menurut Sagala *et al.* (2013) bahwa terjadi proses dekomposisi dan mineralisasi dari kompos sehingga adsorpsi P meningkat. Penambahan spora mikoriza mampu meningkatkan ketersediaan P, aktivitas

mikoriza yang mampu melarutkan P yang terfiksasi melalui aktivitas enzim fosfatase yang dapat mengurai hara dari keadaan tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman dan menyerap hara khususnya fosfat yang konsentrasinya rendah dalam larutan tanah (Khairuna *et al.*, 2015).

Tabel 6. Pengaruh media tanam dan spora mikoriza terhadap P-tersedia media tanam 42 HST

Media Tanam	P-tersedia media tanam (ppm) 42 HST
M1	33,47 a
M2	43,90 b
M3	54,60 c
M4	70,44 d
M5	82,68 e
Spora Mikoriza	
S0	54,88 a
S1	56,35 a
S2	59,83 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Duncan 5%).

Serapan P-tajuk tanaman

Analisis ragam pada pengamatan serapan P-tajuk tanaman pada 42 HST menunjukkan bahwa faktor komposisi media tanam berpengaruh sangat nyata ($<0,01$), sedangkan faktor jumlah spora mikoriza yang diinokulasikan menunjukkan berpengaruh nyata. Interaksi antar kedua faktor menunjukkan tidak berpengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap serapan P-tajuk tanaman. Inokulasi sejumlah spora mikoriza memperoleh hasil serapan P-tajuk tanaman yang berbeda-beda pada masing-masing komposisi media tanam (Tabel 6). Menurut Malini dan Jais (2010) bahwa penambahan kompos pada *tailing* sebagai media tanam dapat membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman yang memungkinkan tanaman dapat memperoleh unsur hara yang cukup. Inokulasi spora mikoriza yang diberikan mampu meningkatkan serapan P-tanaman, hal tersebut karena fungsi utama mikoriza sebagai penyerap P bagi tanaman.

Tabel 6. Pengaruh media tanam dan spora mikoriza terhadap serapan P-tajuk tanaman 42 HST

Media Tanam	Serapan P-tajuk tanaman (g tanaman ⁻¹) 42 HST
M1	2,37 a
M2	3,14 ab
M3	4,18 bc
M4	4,87 c
M5	6,09 d
Spora Mikoriza	
S0	2,45 a
S1	4,60 b
S2	5,34 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Duncan 5%).

Jumlah spora mikoriza

Hasil analisis ragam pengamatan jumlah spora mikoriza 42 HST menunjukkan faktor media tanam dan jumlah spora mikoriza yang diinokulasikan berpengaruh sangat nyata ($p<0,01$), sedangkan interaksi antar kedua faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap jumlah spora mikoriza 42 HST. Komposisi media tanam dan inokulasi spora mikoriza memberikan hasil yang berbeda-beda pada jumlah spora mikoriza 42 HST (Tabel 7). Menurut Malini dan Jais (2010) bahwa penambahan kompos berperan dalam meningkatkan porositas tanah sehingga memberikan juga ruang hidup yang optimal bagi mikroba tanah seperti mikoriza. Semakin banyak spora mikoriza yang diberikan dalam satu media, maka hasil analisis akhir jumlah spora mikoriza akan banyak juga. Menurut Supeni *et al.* (2011) bahwa adanya spora pada perlakuan tanpa penambahan spora mikoriza, karena terdapat indigenus aktif pada media tanam yang digunakan, sehingga pada saat dilakukan analisis terdapat spora mikoriza.

Kolonisasi akar

Analisis ragam kolonisasi akar pada 42 HST menunjukkan bahwa faktor media tanam dan jumlah spora mikoriza yang diinokulasi berpengaruh sangat nyata ($<0,01$), sedangkan interaksi antar kedua faktor perlakuan tidak

berpengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap kolonisasi akar (Tabel 8). Inokulasi sejumlah spora mikoriza pada komposisi media tanam yang berbeda memberikan persentase kolonisasi akar yang beragam pada 42 HST (Tabel 8). Menurut Malini dan Jais (2010) bahwa penambahan kompos membantu mikoriza mendapatkan ruang untuk hidup, sehingga kolonisasi meningkat karena mikoriza menginfeksi akar tanaman dan membantu dalam proses penyerapan unsur hara yang sulit dijangkau oleh akar tanaman melalui hifa-hifa mikoriza.

Tabel 7. Pengaruh media tanam dan spora mikoriza terhadap jumlah spora mikoriza 42 HST

Media Tanam	Jumlah spora mikoriza 42 HST
M1	10,22 a
M2	11,78 ab
M3	13,78 bc
M4	16,00 c
M5	19,11 d
Spora Mikoriza	
S0	5,47 a
S1	17,67 b
S2	19,40 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Duncan 5%).

Hubungan P-tersedia media tanam 42 HST terhadap pertumbuhan tanaman

Hasil uji korelasi antara P-tersedia dengan tinggi tanaman dan jumlah daun memiliki hubungan korelasi positif dengan tingkat korelasi sangat kuat, nilai r berturut-turut sebesar 0,91 dan 0,82. Hal tersebut menunjukkan hubungan yang mengikuti persamaan garis regresi linear positif antara P-tersedia dengan tinggi tanaman dan jumlah daun (Gambar 2). Berdasarkan uji regresi linier, diketahui bahwa P-tersedia dan tinggi tanaman menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,833, apabila terjadi peningkatan ketersediaan P sebesar 1 ppm, maka tinggi tanaman akan bertambah 0,65 cm (Gambar

2a). P-tersedia dan jumlah daun menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,669, kenaikan ketersediaan P sebesar 1 ppm, maka jumlah daun akan bertambah 0,12 daun (Gambar 2b).

Tabel 8. Pengaruh media tanam dan spora mikoriza terhadap kolonisasi akar 42 HST

Media Tanam	Kolonisasi akar (%) 42 HST
M1	16,67 a
M2	21,48 a
M3	25,56 ab
M4	34,07 b
M5	43,70 c
Spora Mikoriza	
S0	08,44 a
S1	34,89 b
S2	41,56 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (Duncan 5%).

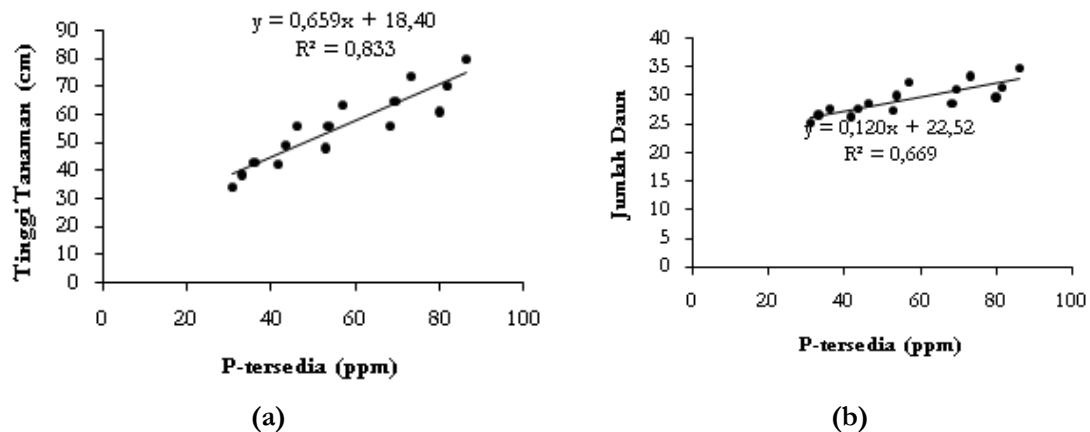
Menurut Chairuman (2008) bahwa penambahan kompos pada *tailing* sebagai media tanam dapat menghasilkan asam-asam organik seperti asam humat dan asam fulfat dimana kedua asam ini mampu mengikat Al dan Fe sehingga P menjadi tersedia untuk sumber hara bagi tanaman. Kompos sebagai sumber unsur hara mampu memberikan kondisi yang menguntungkan bagi mikoriza, sehingga dapat meningkatkan P-tersedia (Khairuna *et al.*, 2015). Menurut Sagala *et al.* (2013) bahwa unsur P yang tersedia cukup dalam tanah akan membantu penyerapan unsur hara lain yang sangat penting bagi proses metabolisme tanaman. Ketersediaan P yang cukup dibantu oleh inokulasi spora mikoriza mampu membantu pertumbuhan tanaman bunga matahari lebih optimal.

Hubungan serapan P-tajuk Tanaman 42 HST terhadap pertumbuhan tanaman.

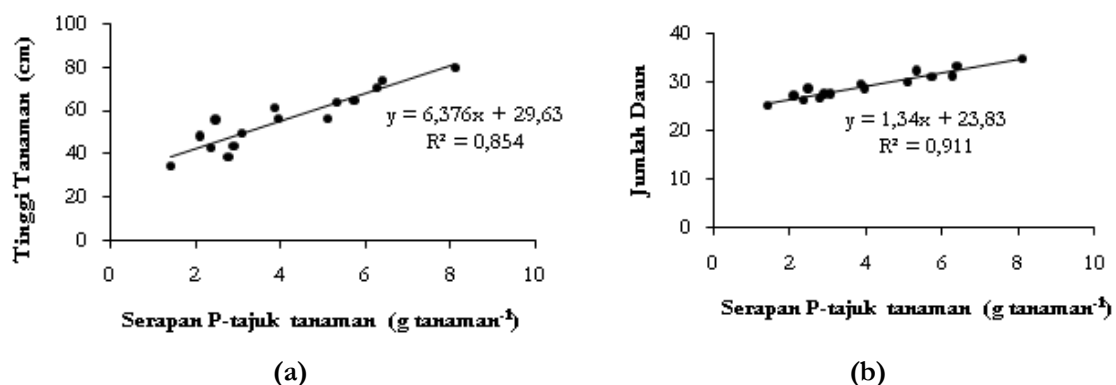
Hasil uji korelasi antara serapan P-tajuk tanaman dengan tinggi tanaman dan jumlah daun berkorelasi positif dengan tingkat korelasi sangat kuat dan kuat. Nilai r berturut-turut

sebesar 0,80 dan 0,77. Oleh karena itu, hubungan serapan P-tajuk tanaman dengan tinggi tanaman dan jumlah daun menunjukkan persamaan garis regresi linear positif (Gambar 3). Berdasarkan uji regresi linier, diketahui bahwa serapan P-tajuk tanaman 42 HST dan tinggi tanaman menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,854, apabila serapan P-tajuk tanaman meningkat 1 g.tan⁻¹, maka tinggi tanaman akan bertambah 6,37 cm (Gambar 3a). Sementara serapan P-tajuk tanaman 42 HST dan jumlah daun menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,911, kenaikan serapan P-tajuk tanaman sebesar 1 g.tan⁻¹, maka jumlah daun akan bertambah 1,34 daun (Gambar 3b). Unsur

P merupakan salah satu unsur yang penting bagi tanaman sebagai konversi, penyimpanan, transportasi dan penggunaan energi di dalam tanaman (Sagala *et al.*, 2013). Serapan P meningkat seiring dengan meningkatnya ketersediaan P dalam tanah. Penambahan spora mikoriza bertujuan untuk membantu proses penyerapan P bagi tanaman. Menurut Chairuman (2008) mikoriza dapat meningkatkan serapan unsur hara dengan adanya hifa eksternal yang memiliki jangkauan yang luas dan mampu mencukupi kebutuhan tanaman untuk tumbuh secara optimal. Sehingga serapan unsur hara salah satunya unsur hara P akan meningkat dengan adanya bantuan dari mikoriza.



Gambar 2. Hubungan P-tersebut 42 HST dengan: tinggi tanaman (a), dan jumlah daun (b).

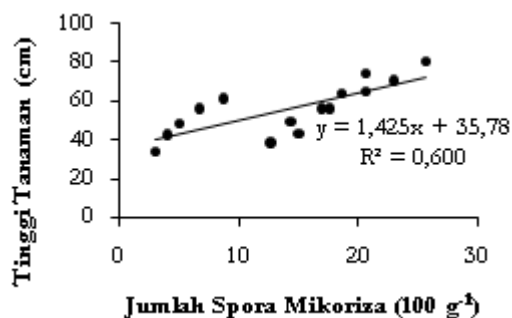


Gambar 3. Hubungan serapan P-tajuk tanaman 42 HST dengan: tinggi tanaman (a), dan jumlah daun (b).

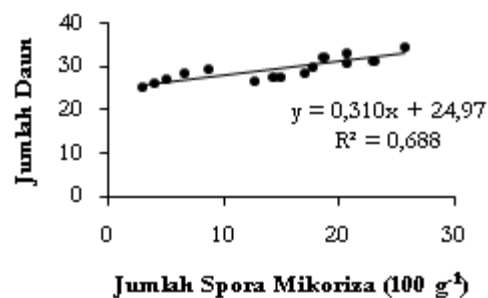
Hubungan jumlah spora mikoriza per 100 gram media 42 HST terhadap pertumbuhan tanaman.

Penambahan spora mikoriza mampu membantu tanaman untuk tumbuh optimal. Hasil uji korelasi antara jumlah spora mikoriza dengan tinggi tanaman dan jumlah daun berkorelasi positif dengan tingkat korelasi kuat dan sangat kuat. Nilai r berturut-turut sebesar 0,77 dan 0,83. Berdasarkan hasil tersebut, hubungan jumlah spora mikoriza dengan tinggi tanaman dan jumlah daun menunjukkan persamaan garis regresi linear positif (Gambar 4). Berdasarkan uji regresi linear, diketahui bahwa jumlah spora mikoriza dan tinggi tanaman menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,60, apabila jumlah spora

meningkat 1, maka tinggi tanaman akan bertambah 1,42 cm (Gambar 4a). Sedangkan jumlah spora mikoriza dan jumlah daun menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,688, kenaikan jumlah spora mikoriza sebanyak 1 spora, maka jumlah daun akan bertambah 0,31 daun (Gambar 4b). Penambahan sejumlah spora mikoriza yang berbeda-beda memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bunga matahari. Menurut Suwarniati (2014) bahwa pemberian spora mikoriza tersebut membantu tanaman untuk mencukupi kebutuhan nutrisi, melalui hifa yang mampu menjangkau unsur hara yang tidak dapat dijangkau oleh akar tanaman, sehingga tanaman tumbuh dapat tercukupi kebutuhan unsur haranya.



(a)



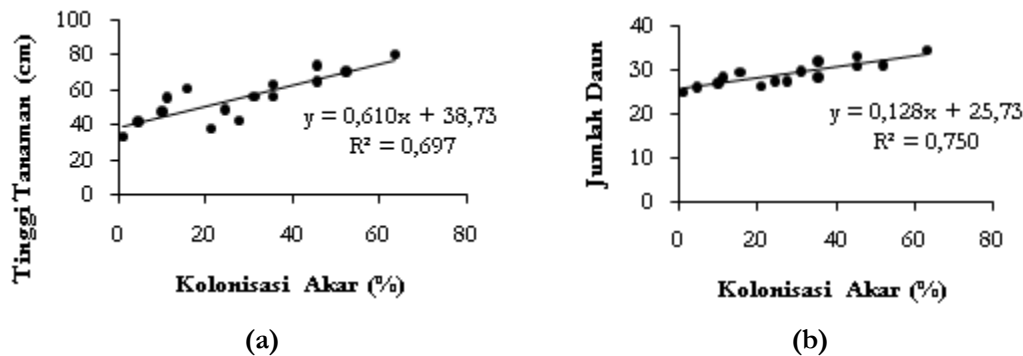
(b)

Gambar 4. Hubungan jumlah spora mikoriza pada 42 HST dengan tinggi tanaman (a), dan jumlah daun (b).

Hubungan kolonisasi akar 42 HST terhadap pertumbuhan tanaman.

Kolonisasi pada akar tanaman mampu membantu tanaman dalam menyerap unsur hara yang dibutuhkan, sehingga kebutuhan unsur hara dapat tercukupi dan tanaman tumbuh secara optimal. Kolonisasi akar dengan tinggi tanaman dan jumlah daun berkorelasi positif yang sangat kuat. Nilai r berturut-turut sebesar 0,84 dan 0,87. Hal ini menunjukkan hubungan yang mengikuti persamaan regresi linear positif (Gambar 5). Berdasarkan uji regresi linear, diketahui bahwa kolonisasi akar dan tinggi tanaman menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,697, kenaikan kolonisasi akar sebesar 1%, maka tinggi tanaman akan bertambah 0,61 cm (Gambar

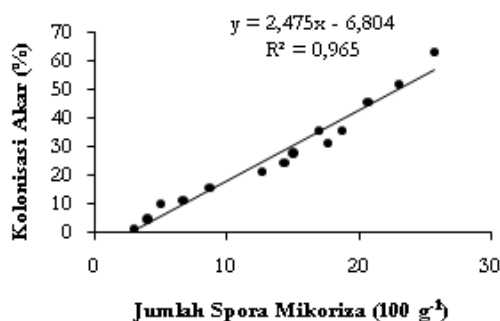
5a). Kolonisasi akar dan jumlah daun menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,750, kenaikan kolonisasi akar sebesar 1%, maka jumlah daun akan bertambah 0,12 daun (Gambar 5b). Inokulasi spora mikoriza mampu mempengaruhi kolonisasi akar yang terjadi, semakin tinggi spora mikoriza yang diinokulasikan, semakin tinggi pula tingkat asosiasi akar dengan mikoriza. Menurut Malini dan Jais (2010) bahwa mikoriza mampu membantu dalam peningkatan unsur hara bagi tanaman dengan cara menginfeksi akar tanaman dan membuat jaringan-jaringan hifa untuk mencapai unsur hara yang tidak terjangkau oleh tanaman, sehingga kebutuhan unsur hara akan tercukupi dengan bantuan mikoriza.



Gambar 5. Hubungan kolonisasi akar 42 HST dengan: tinggi tanaman (a), dan jumlah daun (b).

Hubungan jumlah spora dan persentase kolonisasi akar terhadap serapan P-tajuk tanaman 42 HST.

Penambahan spora mikoriza mampu mempengaruhi kolonisasi akar pada 42 HST, semakin banyak jumlah spora mikoriza yang diberikan maka persentase kolonisasi akar semakin tinggi. Hasil penelitian yang dilakukan memperoleh hasil bahwa penambahan 50 spora mikoriza dapat mengkolonisasi akar tanaman sebesar 63,33%. Hasil uji korelasi antara jumlah spora mikoriza dengan kolonisasi akar berkorelasi positif dengan tingkat korelasi sangat kuat, nilai r sebesar 0,98. Hal ini menunjukkan hubungan yang mengikuti persamaan garis regresi linear positif antara jumlah spora mikoriza dengan kolonisasi akar (Gambar 6).



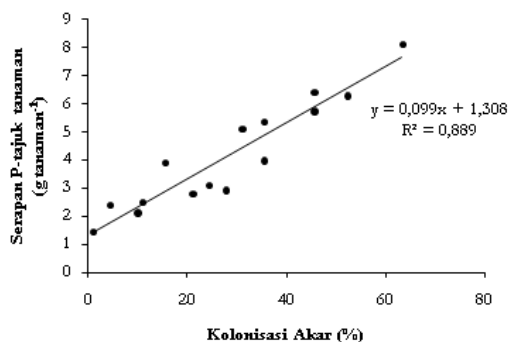
Gambar 6. Hubungan antara jumlah spora mikoriza dengan kolonisasi akar 42 HST

Berdasarkan uji regresi linear, diketahui bahwa jumlah spora mikoriza dan kolonisasi akar menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,965, yang berarti pengaruh jumlah

spora mikoriza terhadap kolonisasi akar sebesar 96,5, sedangkan 3,5% dipengaruhi oleh faktor lain. Apabila jumlah spora mikoriza meningkat 1, maka kolonisasi akar akan bertambah 2,47% (Gambar 6). Penambahan spora mikoriza mampu membantu penyerapan unsur hara bagi tanaman melalui kolonisasi dengan akar tanaman. Menurut Supeni *et al.* (2011) bahwa kolonisasi akar meningkat apabila spora yang diberikan dalam jumlah tinggi dan mampu beradaptasi dengan media tanam yang digunakan. Chairuman (2008) menambahkan bahwa semakin banyak spora mikoriza yang diinokulasikan pada akar tanaman bunga matahari semakin tinggi pula tingkat infeksi (kolonisasi) yang terjadi. Adanya infeksi pada perlakuan tanpa penambahan spora mikoriza yang terjadi menunjukkan bahwa secara alami di dalam tanah terdapat indigenus yang dapat berasosiasi dengan akar tanaman bunga matahari.

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada penelitian bahwa penambahan spora mikoriza mampu meningkatkan kolonisasi akar dan membantu dalam penyerapan unsur hara yang dibutuhkan salah satunya unsur P. Kolonisasi akar mampu meningkatkan serapan P-tajuk tanaman, hal tersebut ditunjukkan dengan uji korelasi antara kolonisasi akar dengan serapan P-tajuk tanaman, yang berkorelasi positif dengan tingkat korelasi kuat, nilai r sebesar 0,62. Oleh karena itu, hubungan kolonisasi akar dengan serapan P-tajuk tanaman menunjukkan persamaan garis regresi linear positif (Gambar 7). kolonisasi akar dan serapan P-tajuk tanaman menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,889, dapat diartikan bahwa pengaruh

kolonisasi akar terhadap serapan P-tajuk tanaman sebesar 88,9%, sedangkan 11,1% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Kenaikan kolonisasi akar sebesar 1%, maka nilai serapan P-tajuk tanaman akan bertambah 0,09 g tan⁻¹ (Gambar 7). Peran utama mikoriza adalah kemampuannya dalam meningkatkan serapan P (Sagala *et al.*, 2013).



Gambar 7. Hubungan antara kolonisasi akar dengan serapan P-tajuk pada 42 HST

Berdasarkan uji regresi linear, diketahui bahwa Kolonisasi antara akar tanaman dengan mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman karena dapat meningkatkan penyerapan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Menurut Hanafiah *et al.* (2009) mikoriza berfungsi menginfeksi sistem perakaran tanaman dan membuat hifa secara intensif. Hifa mikoriza yang berada didalam tanah mengabsorpsi P dan mengangkutnya ke akar tanaman yang dikolonisasi. Unsur hara P diserap akar tanaman yang terinfeksi mikoriza ke tanaman inang, sehingga serapan P-tanaman akan meningkat.

Kesimpulan

Perlakuan komposisi media tanam terbaik yaitu pada media tanam M5 (25% *tailing* : 75% kompos) dan perlakuan inokulasi jumlah spora mikoriza terbaik yaitu pada S2 (50 spora *Glomus* sp.). Kedua perlakuan tersebut meningkatkan pertumbuhan tanaman bunga matahari lebih baik dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman pada perlakuan lainnya. Kombinasi perlakuan M5S2 (25% *tailing* : 75% kompos + 50 spora *Glomus* sp.) mampu meningkatkan

tinggi tanaman sampai 45,67 cm (42,87%) dan jumlah daun sebanyak 9,34 daun (72,97%). Inokulasi spora mikoriza berpengaruh terhadap serapan P-tajuk tanaman. Perlakuan S2 (50 spora *Glomus* sp.) menghasilkan peningkatan sebesar 45,79% atau 2,9 g.tan⁻¹.

Daftar Pustaka

- Chairuman N. 2008. Efektivitas Cendawan Mikoriza arbuskula pada beberapa tingkat pemberian kompos jerami terhadap kesediaan fosfat serta pertumbuhan dan produksi padi Goho di Tanah Ultisol. [Tesis]. Sekolah Pasca Sarjana USU. Medan.
- Fauziah, A.B. 2009. Pengaruh asam humat dan kompos aktif untuk memperbaiki sifat tailing dengan indikator pertumbuhan tinggi semai *Enterolobium cyclocarpum* Griseb dan *Alingla excelsa* Noronhae. Skripsi, Departemen Silviculture. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hanafiah A.S., Sabrina T. dan Guchi H. 2009. Biologi dan Ekologi Tanah. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Khairuna, Syarifuddin, dan Marlina. 2015. Pengaruh fungsi mikoriza arbuskular dan kompos pada tanaman kedelai terhadap sifat kimia tanah. Jurnal Floratek 10: 1-9.
- Malini, H. dan Jais, M. 2010. Aplikasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan kompos untuk meningkatkan pertumbuhan semai jati (*Tectona grandis* Linn. F.) pada media tanah bekas tambang kapur. Universitas Suralaya.
- Sagala, Y., Hanafiah A.S. dan Razali. 2013. Peranan mikoriza terhadap pertumbuhan, serapan p dan cd tanaman Sawi (*brassica juncea* L.) Serta kadar p dan cd andisol yang diberi pupuk fosfat alam. Jurnal Agroekoteknologi 2(1) : 487-500.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D. dan Hartatik, W. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Supeni, S., Suharno, dan Bone, I.H. 2011. Endomikoriza yang berasosiasi dengan tanaman pertanian non-legum di lahan pertanian daerah transmigrasi Koya Barat, Kota Jayapura. Jurnal Biologi Papua. 3 (1): 1-8.
- Suwarniati. 2014. Pengaruh FMA dan pupuk organik terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) pada lahan kritis. Jurnal Biotik. 2 (1): 1-76.