

PENGARUH INOKULASI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN PUPUK KANDANG SAPI TERHADAP PERTUMBUHAN SEMAI KAYU PUTIH (*Melaleuca cajuputi*) DI TANAH PASCA TAMBANG BATU KAPUR

*Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation and Cow Manure on the Growth of Eucalyptus Seedlings (*Melaleuca cajuputi*) in Postmining Lime Soil*

Sri Wilarso Budi^{1*} dan Meli Nurdiani¹

(Diterima 06 Desember 2021 / Disetujui 15 Agustus 2022)

ABSTRACT

Post-mining soil has low fertility so that the revegetation process will be hampered. The addition of soil ameliorants and proper plant selection are necessary for successful revegetation. The use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and cow manure is expected to help plant growth on post-limestone mining soil. The aims of this study were (1) to analyze the interaction effect of AMF and cow manure on the growth of eucalyptus plants in post-lime mining soil, (2) to analyze the optimal dose of manure in increasing eucalyptus growth. This study used a completely randomized design (CRD) with two treatment factors (mycorrhizae and cow manure). The results showed that there was no effect of the interaction between AMF inoculation with cow manure. Giving AMF alone also did not significantly affect the growth of eucalyptus seedlings. While the single factor of cow manure had a significant effect on seedling growth, the best dose of cow manure was 15% which could increase growth in height and diameter by 28,04% and 38,41%, respectively, compared to control plants.

Keywords: cow manure, eucalyptus, mycorrhiza, post-mining lime soil

ABSTRAK

Tanah pasca tambang kapur memiliki kesuburan yang rendah sehingga proses revegetasi akan terhambat. Penambahan amelioran tanah dan pemilihan tanaman yang tepat diperlukan agar revegetasi berhasil dengan baik. Penggunaan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dan pupuk kandang sapi diharapkan dapat membantu pertumbuhan tanaman pada tanah pasca tambang batu kapur. Tujuan penelitian ini adalah (1) menganalisis pengaruh interaksi FMA dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan tanaman kayu putih di tanah pasca tambang kapur, (2) menganalisis dosis pupuk kandang yang optimal dalam meningkatkan pertumbuhan kayu putih. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan (mikoriza dan pupuk kandang sapi). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh dari interaksi antara inokulasi FMA dengan pupuk kandang sapi. Pemberian FMA secara tunggal juga tidak berpengaruh secara nyata terhadap pertumbuhan semai kayu putih. Sementara faktor tunggal pupuk kandang sapi berpengaruh nyata pada pertumbuhan semai, dosis terbaik pupuk kandang sapi yaitu 15% yang dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter masing-masing sebesar 28,04% dan 38,41% dibanding tanaman kontrol.

Kata kunci: kayu putih, mikoriza, pupuk kandang sapi, tanah pasca tambang kapur

¹ Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University
Jl. Ulin Kampus IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

* Penulis korespondensi:

e-mail: wilarso62@yahoo.com

PENDAHULUAN

Tanah kapur merupakan tanah marginal yang terdapat di beberapa wilayah di Indonesia (Astria 2020). Tanah kapur memiliki sifat alkalin yaitu pH diatas 7 dan bersifat basa. Kadar mineral yang paling tinggi yaitu kalsium karbonat (CaCO_3) yang menyebabkan terjadinya pengendapan fosfat sehingga unsur fosfat lebih banyak dalam bentuk tidak tersedia. Selain itu, pH yang tinggi menyebabkan beberapa bentuk unsur hara esensial menjadi bentuk tidak tersedia (Yuliani dan Rahayu 2016). Tanah kapur di Indonesia banyak dimanfaatkan sebagai bahan tambang. Kegiatan penambangan batu kapur dilakukan untuk memenuhi kebutuhan semen, namun kegiatan ini berdampak pada hilangnya vegetasi serta kerusakan tanah yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini menjadikan tanah pasca tambang kapur memiliki kesuburan tanah yang rendah sehingga menghambat pertumbuhan tanaman (Ghaida *et al.* 2020).

Penggunaan agen hayati perlu dilakukan untuk membantu pertumbuhan tanaman dalam upaya revegetasi serta perbaikan tanah pasca tambang (Febriyantiningrum *et al.* 2021). FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula) merupakan salah satu agen hayati yang dapat membantu pertumbuhan tanaman. FMA membantu tanaman dalam siklus unsur hara, struktur hifa yang halus dan panjang membantu tanaman dalam menyerap air maupun unsur hara terutama unsur fosfat yang ketersediaannya rendah pada tanah kapur (Prayudyaningsih dan Sari 2016).

Penggunaan FMA dapat dikombinasikan dengan amelioran tanah. Amelioran atau pembenah tanah yaitu suatu bahan yang digunakan untuk mempercepat pemulihan/perbaikan kualitas tanah (Haryati *et al.* 2019). Pupuk kandang sapi merupakan salah satu contoh amelioran tanah yang dapat digunakan untuk memperbaiki tanah. Pupuk kandang sapi dapat memperbaiki struktur tanah, menambah dan membantu penyerapan unsur hara, serta meningkatkan porositas tanah (Tetelay 2018). Penggunaan mikoriza dan pupuk kandang sapi diharapkan dapat membantu pertumbuhan tanaman di tanah pasca tambang kapur.

Kesuksesan revegetasi juga ditentukan oleh pemilihan tanaman yang sesuai dengan tanah yang akan direvegetasi. Tanah kapur merupakan tanah yang marginal, sehingga tidak semua tanaman dapat tumbuh dengan baik di tanah tersebut. Kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) merupakan salah satu tanaman yang tumbuh baik di tanah pasca tambang (Subagio 2018). Tanaman ini mampu tumbuh di tanah marginal dan merupakan jenis yang potensial sebagai tanaman reklamasi lahan pasca tambang baik dari segi ekologis maupun dari segi ekonomi (Kartikawati dan Rimbawanto 2010). Kayu putih mampu tumbuh di tanah tandus, tanah panas dan bertunas kembali setelah terjadi kebakaran (Malau dan Utomo 2017). Tanaman ini juga mempunyai daur yang panjang, cepat tumbuh serta dapat dimanfaatkan sebagai tanaman penghijauan pada lahan dengan kemiringan kurang dari 15% (Sadono *et al.* 2019). Selain itu kayu putih sangat adaptif untuk dibudidayakan melalui sistem agroforestri sehingga meningkatkan peluang untuk mendukung program kehutanan pangan (Suryanto *et al.* 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis interaksi FMA dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan

tanaman kayu putih pada media tanah pasca tambang kapur dan menganalisis dosis pupuk kandang sapi yang optimal dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kayu putih pada media tanah pasca tambang kapur. Manfaat penelitian ini yaitu untuk memberikan informasi terkait manfaat pemberian mikoriza dan pupuk kandang sapi serta dosisnya dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kayu putih di tanah pasca tambang kapur.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan September 2020 hingga Februari 2021. Penelitian dilakukan di rumah kaca bagian Silviculture Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, dan Laboratorium Teknologi Mikoriza dan Peningkatan Kualitas Bibit, Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu autoklaf, oven, preparat, *glass set*, mikro pipet, saringan mikron (500 μm , 125 μm , 63 μm), kertas saring, cawan petri, botol kaca, gelas ukur, timbangan digital (ketelitian 0.01 g), plastik anti panas, *polybag* (15 cm x 20 cm), plastik *ziplock*, penggaris, kaliper digital, label, spidol, mikroskop stereo, dan mikroskop binokuler.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanah pasca tambang kapur, inokulum FMA (*Glomus* sp.) yang dikembangkan di rumah kaca bagian Silviculture Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, akuades, KOH 20%, HCl 0.1 M, *trypan blue*, asam laktat, benih kayu putih, dan pupuk kandang sapi.

Prosedur Penelitian

Persiapan Bibit

Bibit yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bibit kayu putih (*Melaleuca cajuputi*). Benih kayu putih disemaikan dengan cara dicampur dengan pasir halus yang sudah disterilkan kemudian ditaburkan pada bak tabur dengan media tanah. Bibit kayu putih kemudian disapih ke dalam media saphi dalam *polybag* 80 hari setelah penaburan benih.

Persiapan Media Tanam

Media yang digunakan adalah tanah pasca tambang kapur. Sebelum dimasukkan ke dalam *polybag*, tanah terlebih dahulu disterilkan menggunakan autoklaf selama 1 jam pada suhu 121°C. Tanah pasca tambang kapur diberi pupuk kandang sapi sesuai dosis perlakuan. Setelah dicampur dimasukkan ke dalam *polybag* sejumlah 120 *polybag*.

Perhitungan dan Inokulasi Spora Mikoriza

Untuk mendapatkan spora mikoriza dilakukan isolasi dari perbanyakan inokulum *Glomus* sp. Melalui teknik penyaringan bertingkat. Spora yang tersaring

dimasukkan ke dalam cawan petri, kemudian dilihat di bawah mikroskop stereo dan di hitung jumlahnya. Inokulasi mikoriza dilakukan dengan memasukkan 50 spora *Glomus* sp. pada lubang tanam hingga mengenai akar semai, kemudian lubang ditutup dengan media saph.

Pemeliharaan

Penyiraman tanaman menggunakan air biasa sebanyak dua kali sehari (pagi dan sore) tergantung kondisi media. Jika kondisi media lembab, penyiraman cukup dilakukan satu kali sehari. Pengendalian hama dilakukan dengan manual yaitu mematikan hama secara langsung.

Pengamatan Parameter dan Pengumpulan Data

Parameter yang diamati adalah data-data yang digunakan untuk melihat pertumbuhan semai kayu putih berdasarkan perlakuan-perlakuan yang diberikan. Data yang diambil dari pertumbuhan semai selama 12 minggu tersebut yaitu:

Tinggi dan Diameter Bibit. Tinggi semai diukur menggunakan penggaris, mulai dari pangkal batang sampai titik tumbuh tunas yang paling muda/titik tertinggi (meristem apikal) pada batang. Pengukuran diameter dilakukan menggunakan kaliper digital yang diukur pada ketinggian 1 cm di atas pangkal batang semai.

Biomassa Tanaman. Berat kering tanaman diukur setelah bagian akar dan pucuk tanaman dipisah dan di oven pada suhu 80°C selama 72 jam (Bekti 2019). Setelah di oven, masing-masing bagian akar dan pucuk tanaman ditimbang menggunakan timbangan analitik. Berat kering total diperoleh dengan menjumlahkan biomassa akar dan pucuk.

Nilai Pucuk Akar (NPA). NPA dihitung berdasarkan perbandingan nilai berat kering total akar dan nilai berat kering total pucuk.

Kolonisasi Mikoriza. Perhitungan persentase kolonisasi mikoriza dilakukan di akhir penelitian. Perhitungan kolonisasi mikoriza diawali dengan pewarnaan akar yang mengacu pada metode Clapp *et al.* (1996). Persentase kolonisasi akar diukur dengan rumus yang dikembangkan oleh Brundrett *et al.* (1996):

$$\text{Kolonisasi (\%)} = \frac{\sum \text{bidang pandang yang terkolonisasi}}{\sum \text{bidang pandang}} \times 100\%$$

Persentase kolonisasi FMA diklasifikasikan berdasarkan standar kolonisasi O'Connor *et al.* (2001), yaitu:

Tidak terkoloni	: Nilai kolonisasi 0%
Rendah	: Nilai kolonisasi <10%
Sedang	: Nilai kolonisasi 10 – 30%
Tinggi	: Nilai kolonisasi >30%

Ketergantungan Terhadap Mikoriza. Ketergantungan terhadap mikoriza atau *Mycorrhiza Dependency* (MD) bibit kayu putih dapat diukur menggunakan rumus Plenchette *et al.* (1983) sebagai berikut:

$$MD = \frac{BKm - BKtm}{BKm} \times 100\%$$

Keterangan:

MD = ketergantungan tanaman terhadap mikoriza
 BKm = rerata berat kering oven tanaman bermikoriza
 BKtm = rerata berat kering oven tanaman tidak bermikoriza.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu inokulasi FMA *Glomus* sp. (M) yang terdiri dari 2 taraf (0 g dan 5 g). Faktor kedua yaitu pupuk kandang sapi (P) yang terdiri dari 4 taraf (0%, 5%, 10%, dan 15%). Masing-masing perlakuan terdiri dari 5 ulangan dan 3 unit, sehingga dibutuhkan 120 *polybag* bibit *M. cajuputi*.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan sidik ragam. Model linear yang digunakan sebagai berikut:

$$Yijkl = \mu + Ai + Bj + ABij + \epsilonijkl$$

Keterangan:

Yijk : Nilai pengamatan pada faktor pemberian mikoriza ke-i dan faktor pupuk kandang sapi ke-j pada ulangan ke-k
 M : Nilai rata-rata umum
 Ai : Nilai pengaruh faktor pemberian mikoriza ke-i
 Bj : Nilai pengaruh faktor pupuk kandang sapi ke-j
 \epsilonijkl : Nilai galat dari unit percobaan faktor pemberian mikoriza ke-i dan faktor pupuk kandang sapi ke-j pada ulangan ke-k

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan *software SAS University Edition* dan *Microsoft Excel*. Pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diamati dilakukan dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) pada selang kepercayaan 95%. Kriteria pengambilan keputusan dari data jika:

- Nilai *P-value* > α (0.05), maka perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi, diameter, biomassa, NPA, dan persentase kolonisasi mikoriza.
- Nilai *P-value* < α (0.05), maka perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi, diameter, biomassa, NPA, dan persentase kolonisasi mikoriza, kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Media

Hasil analisis sifat kimia tanah pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tanah memiliki kandungan Ca yang sangat tinggi. Kandungan Ca yang tinggi akan memfiksasi unsur P sehingga ketersediaannya rendah. Unsur P akan difiksasi membentuk kalsium fosfat. Kalsium karbonat menyebabkan terjadinya pengendapan fosfat sehingga unsur fosfat lebih banyak dalam bentuk tidak tersedia (Suharto *et al.* 2018). Selain itu, rendahnya kandungan Na, dan K yang merupakan unsur hara makro juga dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Namun begitu kapasitas tukar kation yang tinggi serta pH yang netral akan memudahkan penyerapan unsur hara.

Analisis Ragam

Hasil rekapitulasi analisis ragam pertumbuhan tanaman kayu putih tersaji pada Tabel 2 menunjukkan bahwa interaksi perlakuan mikoriza dan pupuk kandang sapi tidak berpengaruh nyata pada seluruh parameter. Perlakuan tunggal mikoriza berpengaruh sangat nyata pada parameter persentase kolonisasi mikoriza, berpengaruh nyata pada parameter tinggi, dan berpengaruh tidak nyata pada parameter diameter, biomassa dan NPA. Perlakuan tunggal pupuk kandang sapi berpengaruh sangat nyata pada parameter diameter, berpengaruh nyata pada parameter tinggi dan NPA, serta berpengaruh tidak nyata pada parameter biomassa.

Pertumbuhan Tinggi dan Diameter Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan mikoriza dan pupuk kandang sapi secara tunggal berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi semai tanaman kayu putih, perlakuan pupuk kandang sapi berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan diameter semai tanaman kayu putih (Tabel 2).

Tabel 1 Hasil analisis sifat kimia tanah pasca tambang kapur Ciampea Bogor

Variabel	Hasil	Kriteria
Tekstur (%)		
Pasir	47	Lempung liat berpasir
Debu	28	(<i>Sandy-clay loam</i>)
Liat	25	
C-Organik (%)	0,54	Sangat rendah
N-Total (%)	0,06	Sangat rendah
C/N Ratio	9	Rendah
P2O5 Tersedia (ppm)	7,81	Rendah
P2O5 Potensial (mg/100g)	66,23	Sangat tinggi
K2O (mg/100g)	11,21	Rendah
Susunan Kation (mg/100g)		
K+	0,17	Rendah
Na+	0,03	Sangat rendah
Ca++	66,39	Sangat tinggi
Mg++	1,60	Sedang
Al-dd (me/100g)	0,00	-
H-dd (me/100g)	0,38	-
Kapasitas Tukar Kation (me/100g)	36,05	Tinggi
Kejenuhan Basa (100)	100	Sangat tinggi
pH H2O	7,34	Netral

*Eviati dan Sulaeman (2009)

Tinggi dan diameter tanaman merupakan salah satu parameter pertumbuhan yang dipengaruhi oleh ketersediaan hara pada fase vegetatif hingga generatif. Unsur hara salah satunya dibutuhkan tanaman dalam proses pembelahan sel serta metabolisme tubuh tanaman. Ketersediaan unsur hara memegang peranan penting dalam pembentukan sel dan organ tanaman dimana pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman sebagian besar terjadi pada masa vegetatif (Syahidah dan Hermiyanto 2019). Kandungan hara pupuk kandang sapi yaitu: N (0,97%), P (0,69%), dan K (1,66%) (Agromedia 2010), sehingga dapat meningkatkan ketersediaan hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Eviati dan Sulaeman (2009) menyatakan bahwa kandungan N-total dan P tersedia dalam tanah pasca tambang kapur Ciampea yang digunakan sangat rendah sehingga penambahan pupuk kandang sapi dapat menambah ketersediaan hara.

Berdasarkan hasil uji DMRT, perlakuan P2 dan P3 memiliki pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter semai kayu putih. Perlakuan P2 meningkatkan rata-rata tinggi semai kayu putih sebesar 23,12% dari kontrol. Sementara perlakuan P3 meningkatkan rata-rata diameter semai kayu putih

Tabel 2 Rekapitulasi hasil analisis ragam pertumbuhan *M. cajuputi* umur 12 minggu setelah tanam

No	Parameter	M	P	MP
1	Tinggi (cm)	*	*	tn
2	Diameter (cm)	tn	**	tn
3	Biomassa (g)	tn	tn	tn
4	Nisbah Pucuk Akar (NPA)	tn	*	tn
5	Persentase kolonisasi mikoriza	**	tn	tn

M = Mikoriza, P= Pupuk, ** = Berpengaruh sangat nyata pada ($P \leq 0,0001$), * = berpengaruh nyata pada ($0,0001 < P \leq 0,05$), dan tn = berpengaruh tidak nyata pada ($P > 0,05$).

Tabel 3 Hasil uji DMRT perlakuan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter semai kayu putih

Perlakuan	Rata-rata tinggi	Rata-rata diameter
P3	40,27 a	1,91 a
P2	40,91 a	1,83 a
P1	35,77 b	1,75 a
P0	31,45 c	1,38 b

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf α 5%. (M0: Tanpa Mikoriza; M1: Mikoriza; P0: Tanpa pupuk kandang sapi; P1: Pupuk kandang sapi 5%; P2: Pupuk kandang sapi 10%; Pupuk kandang sapi 15%)

Tabel 4 Hasil uji DMRT perlakuan mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi semai kayu putih

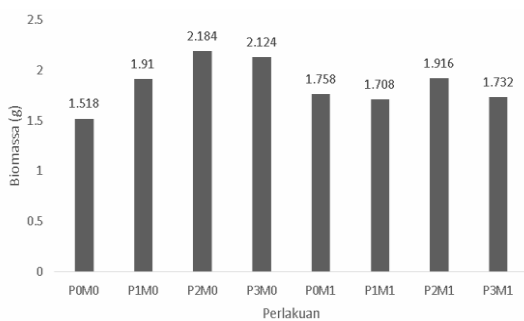
Perlakuan	Rata-rata tinggi
M0	39,17 a
M1	35,02 b

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf α 5%. (M0: Tanpa Mikoriza; M1: Mikoriza)

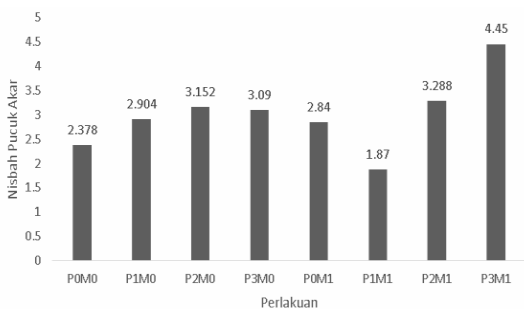
sebesar 27,75% dari kontrol. Tetelay (2018) menyatakan bahwa dosis pupuk kandang sapi untuk tanaman kehutanan berbeda pada setiap tanaman, namun berdasarkan penelitian dosis umum yang dapat menstimulus semai tanaman kehutanan berkisar antara 10% sampai 30%.

Perlakuan mikoriza berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi semai kayu putih. Hasil uji DMRT perlakuan mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi semai kayu putih dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil uji DMRT, tanaman dengan perlakuan M0 yaitu perlakuan tanpa mikoriza memiliki rata-rata tinggi lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang diberikan perlakuan mikoriza (M1). Hal ini berbeda dengan penelitian Prayudyaningsih dan Sari (2016) yang menunjukkan bahwa inokulasi FMA dan pemberian kompos meningkatkan pertumbuhan semai jati pada tanah bekas tambang kapur. Hal ini karena tanah pasca tambang kapur yang digunakan dalam penelitian ini memiliki KTK tinggi dan pH tanah yang netral. KTK yang tinggi akan membuat unsur hara lebih tersedia bagi tanaman, sementara PH tanah netral akan membuat unsur hara lebih mudah diserap oleh tanaman (Hardjowigeno 2003; Arisandy *et al.* 2013). Sementara Delvian (2008) menyatakan bahwa FMA akan berkembang baik pada tanah yang memiliki kesuburan rendah. Pemberian pupuk kandang juga menambah unsur hara di dalam tanah.



Gambar 1 Grafik biomassa total semai kayu putih (M0: Tanpa mikoriza; M1: Mikoriza; P0: Tanpa pupuk kandang sapi; P1: Pupuk kandang sapi 5%; P2: Pupuk kandang sapi 10%; P3: Pupuk kandang sapi 15%)



Gambar 2 Grafik Nisbah Pucuk Akar semai kayu putih umur 12 minggu setelah tanam. (M0: Tanpa mikoriza; M1: Mikoriza; P0: Tanpa pupuk kandang sapi; P1: Pupuk kandang sapi 5%; P2: Pupuk kandang sapi 10%; P3: Pupuk kandang sapi 15%)

Biomassa Tanaman

Biomassa merupakan berat kering tanaman yang menggambarkan hasil metabolisme tanaman dalam keadaan tanpa air. Berdasarkan analisis ragam, perlakuan tunggal mikoriza dan pupuk kandang sapi, maupun interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata terhadap biomassa semai kayu putih. Namun hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk kandang sapi dan mikoriza memiliki rata-rata biomassa total yang lebih tinggi daripada tanaman yang tidak diberi perlakuan pupuk kandang sapi maupun mikoriza (Gambar 1). Aulia *et al.* (2016) menyatakan bahwa FMA mampu menguraikan unsur P yang terikat dalam tanah agar dapat diserap oleh akar tanaman. Unsur P dan unsur hara lainnya juga bertambah karena dilakukan penambahan pupuk kandang sapi sehingga proses fotosintesis berjalan lebih lancar dibandingkan dengan tanaman kontrol (M0P0).

Nisbah Pucuk Akar (NPA)

Nisbah Pucuk Akar (NPA) merupakan perbandingan antara nilai biomassa pucuk dan biomassa akar tanaman. Berdasarkan analisis ragam, perlakuan tunggal pupuk kandang sapi berpengaruh nyata terhadap nilai NPA semai kayu putih, sementara perlakuan tunggal mikoriza dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata. Nilai NPA semai kayu putih berkisar antara 1,87 hingga 4,45 (Gambar 2).

Pertumbuhan tanaman yang baik dan normal ditunjukkan dengan nilai rasio pucuk-akar yang seimbang. Hal ini mengindikasikan bahwa bagian pucuk

Tabel 5 Hasil uji DMRT pengaruh pupuk kandang sapi terhadap nisbah pucuk akar semai kayu putih

Perlakuan	Nisbah Pucuk Akar
P3	3,77 a
P2	3,22 ab
P0	3,62 bc
P1	2,39 bc

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf α 5%. (M0: Tanpa Mikoriza; M1: Mikoriza; P0: Tanpa pupuk kandang sapi; P1: Pupuk kandang sapi 5%; P2: Pupuk kandang sapi 10%; P3: Pupuk kandang sapi 15%)

Tabel 6 Hasil uji DMRT Persentase kolonisasi mikoriza pada semai kayu putih

Perlakuan	Rata-rata persen kolonisasi	Kriteria
M1P2	70%	Tinggi
M1P1	54%	Tinggi
M1P3	54%	Tinggi
M1P0	48%	Tinggi
M0P3	8%	Rendah
M0P0	4%	Rendah
M0P2	0%	Tidak terkolonisasi
M0P1	0%	Tidak terkolonisasi

M0: Tanpa Mikoriza; M1: Mikoriza; P0: Tanpa pupuk kandang sapi; P1: Pupuk kandang sapi 5%; P2: Pupuk kandang sapi 10%; P3: Pupuk kandang sapi 15%

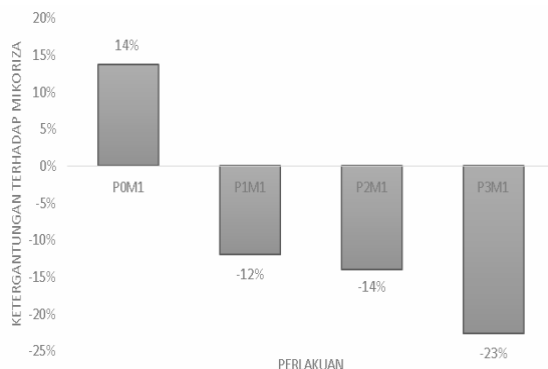
dan akar tanaman akan kokoh dan tidak mudah roboh karena sistem perakaran tanaman mampu menopang pertumbuhan pucuknya (Permatasari dan Kusmana 2011). Menurut Duryea dan Brown (1984) bibit dikatakan baik jika interval nisbah pucuk akar antara 1-3. Hasil uji DMRT pengaruh tunggal perlakuan pupuk kandang sapi terhadap nisbah pucuk akar semai kayu putih dapat dilihat pada Tabel 5.

Perlakuan P3M1 dan P2M1 memiliki nilai NPA tinggi yaitu lebih dari 3. Hal dapat disebabkan karena kandungan hara pada kedua perlakuan tersebut tergolong tinggi. Hasil uji DMRT perlakuan tunggal pupuk kandang sapi (tabel 5) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang sapi 15% (P3), berbeda nyata dengan perlakuan dosis pupuk lain. Hal ini menunjukkan pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 15% memberikan hara yang cukup tinggi bagi tanah.

Persentase Kolonisasi Mikoriza

Kolonisasi mikoriza dapat diketahui dari struktur-struktur yang dihasilkan oleh FMA yaitu hifa, miselia, vesikula, arbuskula, maupun spora. Berdasarkan analisis ragam, perlakuan tunggal FMA berpengaruh sangat nyata terhadap persentase kolonisasi mikoriza. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semua akar yang diberi perlakuan inokulasi mikoriza, memiliki akar yang terkolonisasi. Namun pada perlakuan tanpa mikoriza yaitu M0P3 dan M0P0 terkolonisasi sebesar 8% dan 4%. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya penyebaran mikoriza antar media yang berdekatan, diduga adanya aktivitas fisik seperti penyiraman dan pengukuran dapat memperluas penyebaran mikoriza. Hasil uji DMRT persentase kolonisasi mikoriza pada semai kayu putih dapat dilihat pada Tabel 6.

Secara umum, tingkat infeksi FMA tergolong baik, karena rata-rata persen kolonisasi mikoriza termasuk ke dalam kriteria tinggi. Tinggi tingkat kolonisasi mikoriza menunjukkan kecocokan antara FMA dengan tanaman inangnya (Smith dan David 1997) tetapi tingkat infeksi FMA tidak berhubungan dengan respons pertumbuhan tanaman. Tidak semua tanaman dapat memberikan respons positif terhadap kolonisasi FMA, meskipun tingkat infeksi FMA tinggi.



Gambar 3 Grafik persen ketergantungan tanaman terhadap mikoriza (M0: Tanpa Mikoriza; M1: Mikoriza; P0: Tanpa pupuk kandang sapi; P1: Pupuk kandang sapi 5%; P2: Pupuk kandang sapi 10%; Pupuk kandang sapi 15%)

Ketergantungan Tanaman Terhadap Mikoriza

Ketergantungan tanaman terhadap mikoriza dapat dijadikan sebagai strategi dalam pemilihan jenis tanaman yang akan diinokulasi dan digunakan beserta amelioran. Semai kayu putih yang tidak diberi perlakuan pupuk kandang sapi (P0M1) memiliki ketergantungan terhadap mikoriza sebesar 14%. Sementara semai yang diberi perlakuan pupuk kandang sapi bernilai minus yaitu dosis 5% sebesar -12%, dosis 10% sebesar -14%, dan dosis 15% sebesar -23% (Gambar 3).

Semakin meningkat dosis pemberian pupuk, semakin kecil nilai ketergantungan terhadap mikoriza. Hal ini disebabkan oleh kesuburan tanah yang semakin meningkat seiring dengan ditamahnya pupuk kandang sapi. Penambahan pupuk kandang sapi dapat meningkatkan bahan organik tanah serta ketersediaan unsur hara.

Respons positif tanaman terhadap inokulasi mikoriza sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Pada penelitian ini semai kayu putih ditumbuhkan pada tanah yang memiliki pH netral dan KTK tinggi sehingga penyerapan unsur hara lebih optimal. Hal ini berarti bahwa kayu putih dalam pertumbuhannya tidak tergantung pada mikoriza jika tanah relatif subur.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Pemberian FMA jenis *Glomus* sp. tidak berpengaruh secara nyata terhadap pertumbuhan semai kayu putih (*Melaleuca cajuputi*). Kondisi tanah kapur yang unsur hara sehingga FMA tidak dapat bekerja dengan baik. Penambahan pupuk kandang sapi juga menambah ketersediaan unsur hara sehingga sifat tanah membaik termasuk dalam hal penyediaan unsur hara. Peningkatan pertumbuhan semai kayu putih semakin meningkat seiring dengan penambahan dosis pupuk kandang sapi. Dosis pupuk kandang sapi terbaik yaitu penambahan pupuk kandang sapi sebanyak 15%.

Saran

Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan menggunakan tanah pasca tambang kapur dari tempat lain untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh pemberian FMA pada karakteristik tanah kapur yang berbeda. Selain itu, penelitian lebih lanjut juga perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang sapi terhadap semai kayu putih (*M. cajuputi*) yang ditanam di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agromedia. 2010. *Petunjuk Pemupukan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Arisandy KR, Herawati EY, Suprayitno E. 2012. Akumulasi logam berat timbal (Pb) dan gambaran histologi pada jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1(1):15-25.

- Astria N. 2020. Kajian indeks kesuburan kimia tanah pada daerah fisiografis karst di Kawasan Luar Ngalau Kamang Sumatera Barat [skripsi]. Padang: Universitas Andalas.
- Aulia F, Susanti H, Fikri EN. 2016. Pengaruh pemberian pupuk hayati dan mikoriza terhadap intensitas serangan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*), pertumbuhan, dan hasil tanaman tomat. *Jurnal Ziraah*. 41(2):250–260.
- Bekti HS. 2019. Peran mycosilvi dan amelioran tanah dalam meningkatkan pertumbuhan sengon *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & JW Grimes) pada media pasca tambang pasir silika [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU): Australian Centre for International Agricultural Research.
- Clapp JP, Filter AH, Merryweather JW. 1996. *Arbuscular mycorrhizas*. In: Hill GS, Lassere P, Hawksworth DL, editor. *Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments*. Wallingford, Oxon (UK): CAB International.
- Delvian. 2008. Pengaruh spesies inang dan sumber nutrisi terhadap produksi spora fungi mikoriza arbuskula. *Jurnal Natur Indonesia*. 10(2):70–72.
- Duryea ML, Brown N. 1984. *Seedling Physiology and Reforestation Success*. Boston (US): DR.W Juck Publisher.
- Eviati, Sulaeman. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Febriyantiningrum K, Oktafitria D, Nurfitria N, Jadid N, Dewi. 2020. Potensi mikoriza vesicular arbuskular (MVA) sebagai biofertilizer pada tanaman jagung (*Zea mays*). *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 6(1):25 – 31. doi: 10.24002/biota.v6i1.4131.
- Ghaida SH, Wasis B, Budi SW. 2020. Application of arbuscular mycorrhizal fungi and soil ameliorant on the growth of *Leucaena leucocephala* in limestone post-mining media. *JMHT*. 26(3):282 – 290. doi:10.7226/jtfm.26.3.282.
- Hardjowigeno S. 2003. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademia Akapressindo.
- Haryati U, Sutono S, Subiksa IGM. 2019. Pengaruh ameliorant terhadap perbaikan sifat tanah dan produksi cabai rawit (*Capsicum frutescens*) pada lahan bekas tambang timah. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 2(43):127–138. doi: http://dx.doi.org/x10.21082/jti.v43n2.2019.127-138.
- Kartikawati NK, Rimbawanto A. 2010. *Potensi Pengembangan Industri Minyak Kayu Putih*. Bogor: Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Malau RS, Utomo WH. 2017. Kajian sifat fisik tanah pada berbagai umur tanaman kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) di lahan bekas tambang batubara PT Bukit Asam (Persero). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 2(4):525–531.
- O'Connor PJ, Smith SE, Smith FA. 2001. Arbuscular mycorrhizal associations in the Southern Simpson Desert. *Aust J Bot*. 49:493–499.
- Permatasari I, Kusmana C. 2011. Respon pertumbuhan semai tancang (*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lamk.) terhadap tingkat penggenangan di Kawasan Mangrove Jalan Tol Sedyatomo Jakarta Utara. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 3(2):181–186.
- Plenchette C, Fortin JA, Furlan V. 1983. Growth response of several plant species to mycorrhiza in a soil of moderate P fertility. 1. Mycorrhizal dependency under field condition. *Plant Soil*. 70:191–209.
- Prayudyaningsih R, Sari R. 2016. Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan kompos untuk meningkatkan pertumbuhan semai jati (*Tectona Grandis* linn.f.) pada media tanah bekas tambang kapur. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 5(1):37–46.
- Sadono R, Soeprijadi D, Wirabuana PYAP. 2019. Kesesuaian lahan untuk pengembangan tanaman kayu putih dan implikasinya terhadap minyak kayu putih. *JPSL*. 1(10):43–51. doi: http://dx.doi.org/10.29244.jppl.10.1.43-51.
- Smith SE, David JR. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. London (UK): Academic Pr.
- Subagio AA. 2018. Pertumbuhan tanaman kayu putih di lahan pasca tambang batubara dan produksi minyak atsirinya [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Suharto TRO, Setiawati TC, Winarso S. 2018. Peningkatan ketersediaan dan serapan P pada tanaman jagung di lahan tercemar limbah padat kapur (*lime mud*) melalui penambahan bahan organik. *Jurnal Agroteknologi*. 2(2):18 – 26.
- Suryanto P, Tohari, Putra E, Alam T. 2017. Minimum soil quality determinant for rice and kayu putih yield under hilly areas. *Journal of Agronomy*. 1(11):115–123.
- Syahidah AM, Hermiyanto B. 2019. Pengaruh penambahan pupuk kandang sapi dan pupuk SP-36 terhadap perbaikan sifat kimia tanah, pertumbuhan dan produksi tanaman sorghum (*Sorghum bicolor* L.) pada tanah tercemar limbah padat pabrik kertas (Lime Mud). *Berkala Ilmiah Pertanian*. 4(2):132–140. doi: https://doi.org/10.19184/bip.v2i4.16306.
- Tetelay FF. 2018. Penggunaan pupuk kandang (kotoran sapi) pada semai tanaman kehutanan. *Jurnal Makila*. 1(2):68–73.
- Yuliani, Rahayu YS. 2016. Pemberian serasah daun jati dalam meningkatkan kadar hara dan sifat fisika tanah pada tanah kapur. Di dalam: Ducha N, editor. *Inovasi Pembelajaran dan Penelitian Biologi dalam Mewujudkan Sumberdaya Manusia Berkualitas Menuju Abad 21*. Prosiding Seminar Nasional Biologi; 2016 Feb 20; Surabaya, Indonesia. Surabaya: Fakultas MIPA Universitas Negeri Surabaya. hlm 213-217.