

Aplikasi Ektomikoriza (*Scleroderma sp.*) pada Semai Mangium (*Acacia mangium* Willd.) Menggunakan Media Tailing Pertambangan Emas Skala Kecil

Application of Ectomycorrhiza (Scleroderma sp.) in Mangium (Acacia Mangium Willd.) using Artisanal Small-scale Gold Mining(ASGM) Tailings

Oleh:

Ulfa Luthfiana^{1*}, Melya Riniarti^{1**}, dan Afif Bintoro¹

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Jl. Sumantri Brojonegoro 1, Bandar Lampung, 35145, Lampung, Indonesia
email: *luthfianaulfa11@gmail.com; **melya.riniarti@fp.unila.ac.id

ABSTRAK

Pengolahan tambang emas skala kecil oleh masyarakat masih menggunakan bahan beracun berbahaya seperti merkuri yang dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan. Fitoremediasi merupakan salah satu cara untuk mengatasi limbah tambang. Mangium (*Acacia mangium* Willd.) merupakan salah satu jenis tanaman yang sering digunakan untuk fitoremediasi. Namun, mangium sulit bertahan pada lahan ekstrem sehingga diperlukan input tambahan berupa fungi ektomikoriza jenis *Scleroderma sp.* Penelitian ini bertujuan menguji dayaadaptasi mangium pada media tailing tambang emas dan menganalisis fungsi mikoriza dalam pertumbuhan mangium. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rancangan acak lengkap dengan 6 perlakuan media tanam dan 5 ulangan. Media tanam yang digunakan yaitu: (1) *topsoil* dengan pemberian mikoriza, (2) *topsoil* tanpa pemberian mikoriza, (3) *topsoil* + tailing dengan pemberian mikoriza, (4) *topsoil* + tailing tanpa pemberian mikoriza (5) tailing dengan pemberian mikoriza, dan (6) tailing tanpa pemberian mikoriza. Data diolah menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adaptasi mangium untuk bertahan pada media tailing dengan mikoriza cukup tinggi dengan persentase hidup mencapai 60% walaupun pertumbuhannya kurang baik jika dibandingkan dengan media tanah dengan mikoriza yang mencapai 100%. Pertumbuhan terbaik dimiliki oleh mangium pada media tanah tanpa tailing dan mikoriza (kontrol). Pada penelitian ini, ektomikoriza belum mampu membantu pertumbuhan mangium pada tailing pertambangan emas.

Kata kunci: *Acacia mangium*, ektomikoriza, fitoremediasi, *Scleroderma sp.*, tailing emas

ABSTRACT

Artisanal small-scale gold mining tailings frequently used hazardous toxic materials that could contaminate land, rivers, and lakes which harmful to the environment and health. Phytoremediation is one way to overcome the mining waste. Mangium (Acacia mangium Willd.) is one of plant that often used for mining land phytoremediation. However, it was difficult for mangium to be able to survive on land with such extreme conditions, therefore additional input is needed. Using ectomycorrhiza fungi could be an alternative. This study aimed to measure the adaptation of mangium in gold mining tailings and analyze the function of ectomycorrhiza (Scleroderma sp.) in the growth of mangium. The experimental design used a completely

randomized design with six growth media as treatments with five replications. The growth media used were: (1) topsoil with mycorrhiza, (2) topsoil without mycorrhiza, (3) topsoil + tailings with mycorrhiza, (4) soil + tailings without mycorrhiza, (5) tailings with mycorrhiza, and (6) tailings without mycorrhiza. Data were analyzed statistically using analysis of variance followed with a Least Significant Difference test. The results showed that the survival rate of mangium life in tailing media with mycorrhizae was fairly high with a percentage of life reaching 60% even though the growth was less when compared to topsoil media with mycorrhiza that reached 100%. The highest growth rate was achieved by mangium in topsoil media without tailings and mycorrhiza (control). This research showed that ectomycorrhiza did not have any significant effects on mangium growth in gold tailing.

Keywords: *Acacia mangium, ectomycoriza, gold tailings, phytoremediation, Scleroderma sp.*

PENDAHULUAN

Industri pertambangan pada umumnya menimbulkan kerusakan lingkungan di sekitarnya (Mirdat et al. 2013). Sebagian besar penambangan oleh masyarakat belum menerapkan konsep ramah lingkungan sehingga lingkungan terkontaminasi oleh limbah penambangan (Mukhtar dan Heriyanto 2012). Proses penambangan dan ekstraksi mineral pada emas yang menggunakan bahan berbahaya dan beracun (B3) dapat merusak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan penambang dan juga makhluk hidup lainnya (Ainun et al. 2013).

Tailing merupakan limbah hasil dari proses amalgamasi serta sianidisasi selama proses pemisahan bijih emas (Nuriadi et al. 2013). Tailing tambang emas, baik pada pengolahan tambang emas skala kecil (*artisanal small-scale gold mining /ASGM*) ataupun pertambangan dengan izin mengandung unsur merkuri (Hg) dan sianida (CN) yang tergolong logam berat yang beracun (Lesmanawati 2012; Susintowati dan Hadisusanto 2014). Hal ini mengakibatkan tailing tidak dapat digunakan secara langsung untuk keperluan pertanian, perkebunan ataupun sejenisnya karena mengandung logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup (Prasetyo et al. 2010; Suharno dan Sancayaningsih 2013; Susintowati dan Hadisusanto 2014).

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi racun yang terdapat pada tailing yaitu dengan yaitu fitoremediasi. Teknik ini menggunakan tanaman untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi (Riswan et al. 2015; Rondonuwu 2014). Tingkat keberhasilan fitoremediasi salah satunya ditentukan dari pemilihan jenis tanaman yang tepat bergantung kondisi lahan (Widyati 2011). Salah satu tanaman yang potensial dalam merehabilitasi lahan kritis yaitumangium (*Acacia mangium* Willd). Mangium mampu tumbuh dan berkembang pada kondisi lahan yang kritis (Hidayati et al. 2015). Selain itu, jenis tanaman ini memiliki sifat invasif, yaitu termasuk jenis tanaman yang mengandung zat alelopati sehingga dapat menghalangi pertumbuhan tanaman disekitarnya. Namun, penelitian Sutedjo dan Warsudi (2017) menyatakan bahwa sifat invasif mangium tergolong rendah sehingga masih memungkinkan tanaman disekitarnya dapat tumbuh dan dapat direkomendasikan untuk reklamasi pada lahan kritis.

Mangium juga merupakan salah satu tanaman yang dapat berkolonisasi dengan ektomikoriza yang berpotensi untuk meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kehutanan (Alamsjah et al. 2015; Pujawati 2009). Riniarti (2005) menyatakan bahwa ektomikoriza mampu membantu menyerap unsur hara, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan serta dapat melindungi perakaran dari serangan patogen. Penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa mangium yang berkolonisasi dengan mikoriza dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tinggi dan rata-rata pertumbuhan biomasnya (Hidayati et al. 2015).

Salah satu upaya untuk memperbaiki lahan pasca tambang emas yang minim unsur hara yaitu dengan penambahan ektomikoriza. Ektomikoriza diharapkan dapat membantu pertumbuhan tanaman dengan membantu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan bagi tanaman. Namun hingga saat ini belum ada bukti konkret yang menyatakan mangium yang bersimbiosis dengan *Scleroderma sp.* mampu bertahan hidup pada tailing tambang emas, sehingga penelitian ini penting untuk dilakukan dalam upaya rehabilitasi lahan rusak akibat tambang emas. Penelitian ini juga untuk menganalisis peran mikoriza terhadap pertumbuhan semai mangium pada lahan kritis seperti tailing tambang emas.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah semai mangium (*Acacia mangium*), inokulum spora *Scleroderma sp.*, larutan tween 80, akuades, pasir, *topsoil*, tailing tambang emas, *polybag*, dan arang sekam. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah yaitu bak kecambah, timbangan digital, mikroskop stereo, tabung erlenmeyer, *shaker*, *haemocytometer*, *caliper digital*, *leaf area meter*, gelas ukur, petridish, pitameter, oven, nampan, dan *hand sprayer*.

Semai mangium yang digunakan berumur 1 bulan dan berasal dari benih yang telah disemaikan sebelumnya pada media pasir yang telah disterilisasi dengan cara dijemur. Media tanam yang digunakan yaitu *topsoil* dan tailing. *Topsoil* disterilisasi dengan cara dikukus pada suhu 100°C selama 2 jam. Tailing diambil dari pertambangan emas ilegal yang dilakukan masyarakat di daerah Bunut, Padang Cermin, Lampung. Tailing yang digunakan merupakan tailing tambang emas yang baru dan bukan tailing hasil endapan. Media tanam kemudian dimasukkan ke dalam *polybag* bening ukuran 15 cm x 15 cm dan dilapisi dengan *polybag* hitam.

Inokulum yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk suspensi spora yang berasal dari tubuh buah *Scleroderma sp.* yang diperoleh dari bawah tegakan mangium. Untuk mendapatkan sporanya, tubuh buah yang telah matang dibersihkan dan dikeringanginkan, kemudian dibelah dan diambil spora dari dalam tubuh buah tersebut.

Suspensi spora didapatkan dengan mencampurkan 5 g spora ke dalam 1000 ml akuades dan diberi 8 tetes larutan *tween 80*, lalu diaduk menggunakan *shaker* selama 2 jam. Setiap *polybag* diinokulasikan dengan 10 ml suspensi spora yang diberikan dekat perakaran mangium menggunakan gelas ukur.

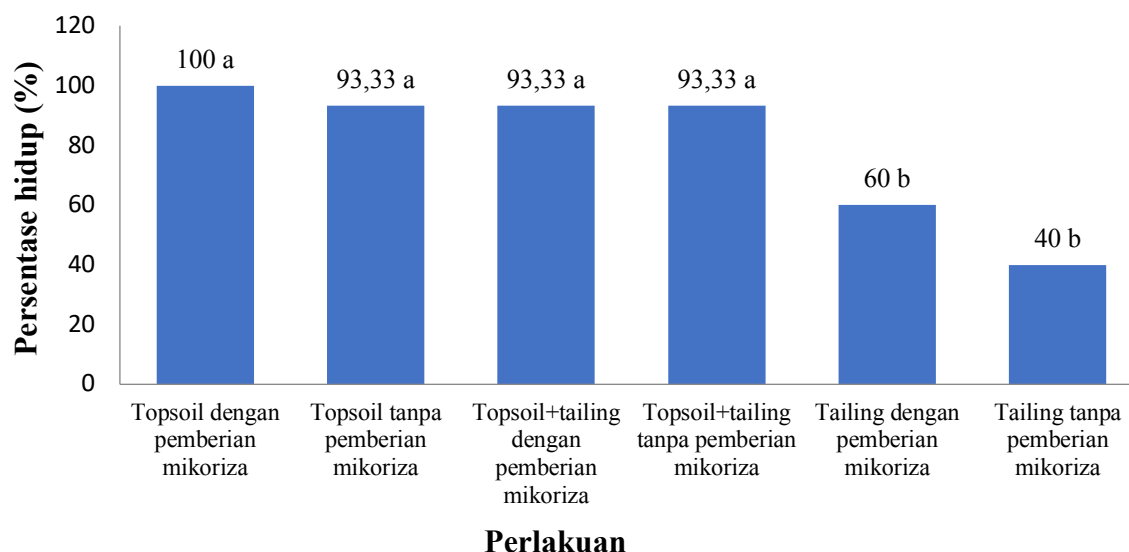
Pengamatan pertumbuhan mangium dan pengukuran dimensi tanaman dilaksanakan selama 3 bulan di rumah kaca. Pengukuran parameter akhir dilaksanakan di Laboratorium Lapangan Terpadu dan Laboratorium Silvikultur dan Perlindungan Hutan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Variabel yang diamati yaitu penambahan diameter, penambahan tinggi, jumlah daun, luas daun, panjang akar, berat kering akar dan tajuk, berat kering total dan persentase kolonisasi ektomikoriza yang dihitung menggunakan metode *Gridline Intersection Method* (Brundrett et al. 1994).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dimana masing-masing perlakuan 5 ulangan dan masing-masing ulangan 3 tanaman, sehingga jumlah total tanaman yang digunakan yaitu 90 tanaman. Perlakuan yang diberikan yaitu: (1) *topsoil* dengan pemberian mikoriza, (2) *topsoil* tanpa pemberian mikoriza, (3) *topsoil* + tailing dengan pemberian mikoriza, (4) *topsoil* + tailing tanpa pemberian mikoriza, (5) tailing dengan pemberian mikoriza, dan (6) tailing tanpa pemberian mikoriza. Total keseluruhan percobaan yang dilakukan adalah 90 satuan percobaan. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan Analisis Ragam (Anara) dan Uji-F sesuai rancangan pada taraf 1% dan 5% yang kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Hidup

Kemampuan hidup mangium pada media tailing tambang emas merupakan suatu indikator penting untuk melihat daya adaptasi mangium di lahan pasca pengolahan tambang emas. Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata pada parameter persentase hidup. Penggunaan tailing memiliki pengaruh buruk terhadap semai mangium. Penambahan *topsoil* pada media yang menggunakan tailing dapat meningkatkan persentase hidup mangium bahkan memiliki nilai yang sama dengan semai pada media tanah tanpa tailing. Pada media tailing tanpa *topsoil*, tidak terdapat perbedaan nyata antara media dengan penambahan mikoriza maupun tanpa penambahan mikoriza. Hal ini menunjukkan bahwa mikoriza belum berperan dalam membantu daya adaptasi tanaman terhadap limbah tailing emas.



Gambar 1. Persentase hidup mangium pada perlakuan media tailing tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*

Penelitian ini menunjukkan bahwa dalam waktu 3 bulan, mangium mampu hidup pada media pasca pengolahan tambang emas. Hal ini menunjukkan bahwa mangium berpotensi untuk digunakan pada revegetasi lahan pasca pengolahan tambang emas. Hidayati dkk. (2015) menyatakan bahwa mangium mampu tumbuh dan berkembang dalam kondisi lahan yang kritis. Hal ini dikarenakan sifat mangium yang memiliki pertumbuhan yang cepat dengan kualitas kayu yang baik dan kemampuan toleransinya terhadap berbagai jenis tanah dan lingkungan termasuk lahan marjinal (Krisnawati et al. 2011).

Penggunaan tanaman untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi disebut fitoremediasi (Rondonuwu 2014). Kriteria pemilihan jenis pohon untuk lahan bekas tambang dapat dilihat dari jenis lokal pionir, dimana tanaman pionir memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang terganggu sehingga dapat dijadikan acuan pemulihan lahan karena tanaman ini dapat tumbuh di lahan yang mengalami kerusakan seperti lahan bekas pengolahan tambang (Andriani et al. 2019). Kriteria lain yaitu tanaman yang cepat tumbuh tetapi tidak memerlukan biaya yang tinggi, mampu menghasilkan serasah yang banyak dan mudah terdekomposisi, memiliki sistem perakaran yang baik dan mampu bersimbiosis atau berhubungan timbal balik dengan mikroba tertentu, dapat merangsang datangnya vektor pembawa biji, serta mudah dan murah dalam perbanyakan, penanaman dan pemeliharaan. Tanaman yang sering dipilih pada revegetasi lahan pasca pengolahan tambang emas adalah akasia (*A. mangium* dan *A. auriculiformis*), gamal (*Gliricidia sepium*) dan sengon (*Paraserianthes falcataria*) (Setyowati et al. 2017).

Hasil Analisis Ragam terhadap Variabel Penelitian

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian perlakuan inokulasi ektomikoriza dengan berbagai media tanam berpengaruh sangat nyata terhadap pertambahan panjang akar, pertambahan tinggi, pertambahan diameter, jumlah daun, luas daun, berat kering total dan bintil akar pada taraf 1% (Tabel 1). Persentase kolonisasi berpengaruh nyata pada taraf 5%. Pada masing-masing perlakuan, untuk mengetahui perlakuan manakah yang memberikan nilai terbaik terhadap parameter tersebut dilakukan uji BNT.

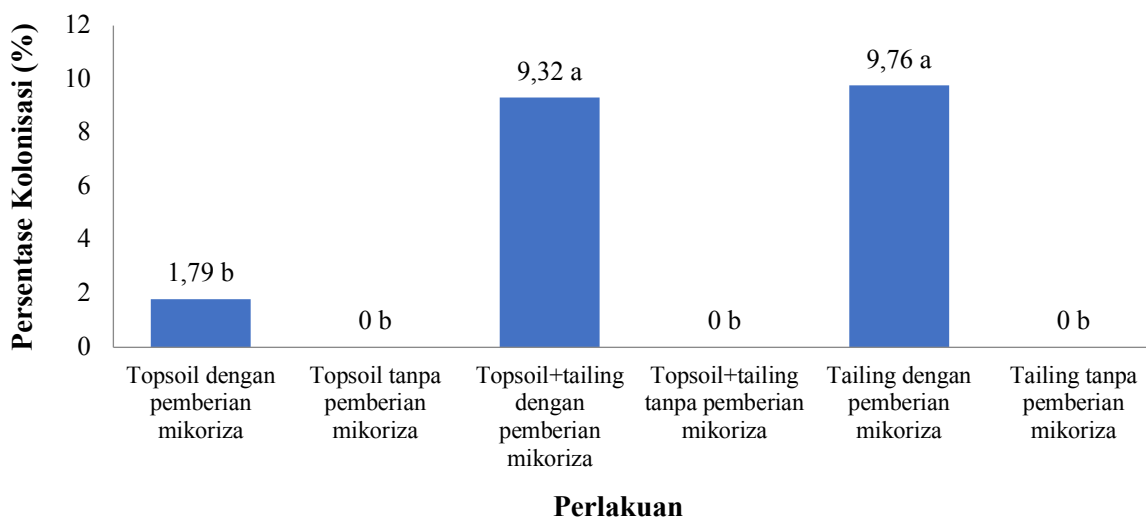
Tabel 1. Rekapitulasi hasil analisis ragam perlakuan terhadap pertumbuhan semai mangium.

Perlakuan	Parameter Penelitian							
	%K	$\sum Bi$	ΔPA	ΔT	ΔDi	$\sum Da$	LD	BKT
Inokulasi Ektomikoriza	*	**	**	**	**	**	**	**
F_{hitung}	6,33	13,65	20,8	9,63	7,28	27,66	25,32	8,86
F_{tabel}	3,89	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9

Keterangan: %K = persentase kolonisasi akar, ΔDi = pertambahan diameter batang, $\sum Bi$ = jumlah bintil akar, $\sum Da$ = jumlah daun, ΔPA = pertambahan panjang akar, LD = luas daun, ΔT = pertambahan tinggi tanaman, BKT = berat kering total, ** = berbeda sangat nyata pada $\alpha = 1\%$, * = berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$.

Persentase Kolonisasi dan Jumlah Bintil

Mikoriza merupakan bentuk hubungan simbiosis mutualistik antara fungi dengan akar tanaman tingkat tinggi dimana tanaman inang memperoleh hara nutrisi dari mikoriza dan fungi memperoleh senyawa karbon hasil fotosintesis dari tanaman inang. Fungi ektomikoriza dikatakan telah membentuk simbiosis dengan akar tanaman bila telah terbentuk tiga ciri utama, yaitu adanya *hartignet*; terbentuknya mantel, dan terbentuk hifa eksternal dan internal pada akar tanaman (Smith dan Read 2008). Hasil uji BNT terhadap parameter persen kolonisasi dapat dilihat pada Gambar 2 dan jumlah bintil pada Gambar 3.

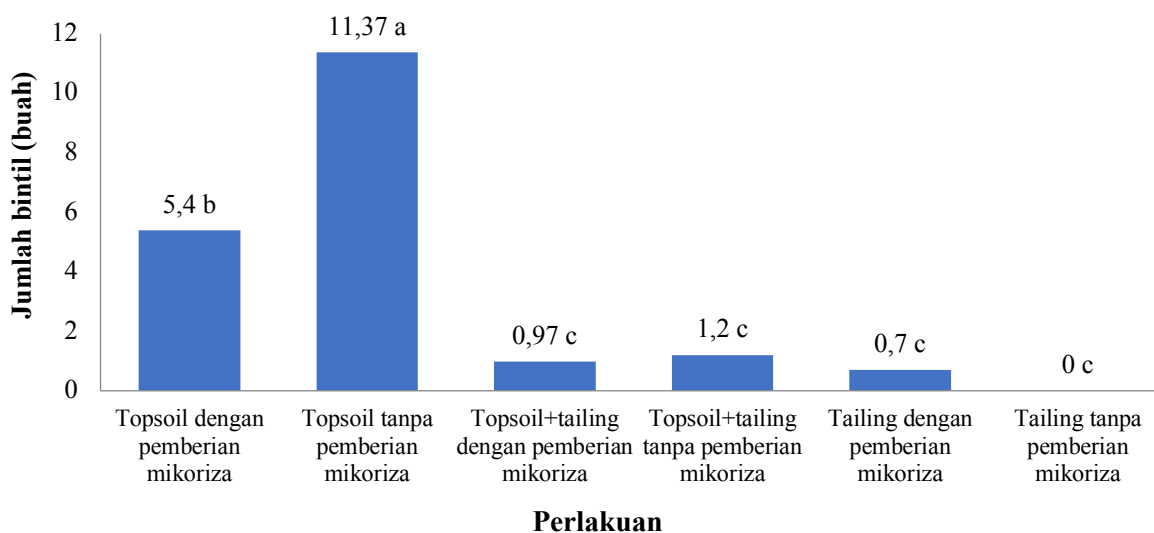


Gambar 2. Persentase kolonisasi ektomikoriza pada akar mangium pada perlakuan media tailing tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*

Febriani et al. (2017) menyatakan bahwa persen kolonisasi ektomikoriza dipengaruhi oleh media tumbuh tanaman. Gambar 2 menunjukkan persentase kolonisasi pada media tanam tailing 100% memiliki nilai lima kali lebih tinggi dibandingkan media *topsoil*. Hal ini dapat disebabkan karena ektomikoriza dapat tumbuh dan berkembang lebih cepat saat kondisi lingkungan dalam keadaan kritis baik tercemar oleh limbah ataupun dalam keadaan kekeringan

air dan minim unsur hara. Perkembangan ektomikoriza yang lebih cepat pada media tailing menunjukkan bentuk pertahanan diri tanaman terhadap lahan beracun yang dapat merusak semai mangium.

Rusli et al. (2016) mengatakan bahwa mikoriza mampu tumbuh dan berkembang dengan baik pada lingkungan yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan mikroba tanah lainnya. Penelitian Riniarti et al. (2017) menunjukkan bahwa kolonisasi ektomikoriza masih terbentuk hingga rentang pemanasan inokulum tanah 100°C selama 24 jam. Bahkan pada penelitian Mardji (2010), ektomikoriza masih ditemukan pada hutan sekunder bekas tambang batubara. Hal ini menunjukkan ektomikoriza masih dapat tumbuh meskipun dalam kondisi ekstrem. Meskipun ektomikoriza mampu tumbuh dan berkembang pada akar mangium, tingkat kolonisasinya masih tergolong rendah karena persentasenya kurang dari 10%. Pada penelitian ini, diduga ektomikoriza masih dalam tahap perkembangan pada akar mangium. Wulandari dan Jaenab (2016) juga menambahkan bahwa waktu kolonisasi fungi ektomikoriza pada tanaman dapat terjadi lebih cepat atau lambat akibat adanya perlakuan tertentu untuk merangsang perkembangan ektomikoriza pada akar.



Gambar 3. Jumlah bintil pada akar mangium pada perlakuan media tailing tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*

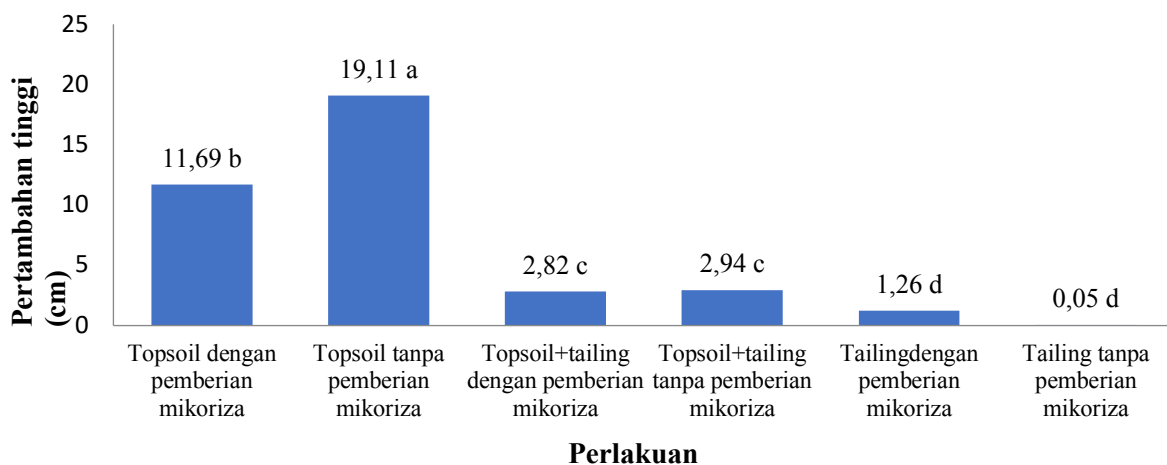
Pada Gambar 3 dapat dilihat jumlah bintil pada topsoil memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan media tailing. Hal ini diduga karena tanah yang digunakan masih terdapat bakteri *rhizobium* sehingga perkembangan bintil pada akar mangium lebih besar. Tailing menyebabkan penurunan jumlah bintil yang tumbuh pada akar mangium. Hal ini sesuai dengan pendapat Younesi et al. (2013) yang menyatakan bahwa pengikatan nitrogen seringkali mengalami keterbatasan terutama pada kondisi agak kering atau pada tanah yang kurang berkualitas karena buruknya perkembangan simbiosenya.

Widyati (2011) menyatakan bahwa *rhizobium* dapat ditemukan di lahan bekas tambang batubara. Namun, penelitian Permatasari (2011) menunjukkan pertumbuhan bintil akar pada lahan tambang sedikit sulit. Hal ini karena kurangnya unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk berfotosintesis. Hasil fotosintesis yang terhambat akan menyebabkan *rhizobium* kekurangan suplai energi sehingga jumlah bintil yang terbentuk akan sedikit. Adanya persaingan suplai energi juga terjadi dengan ektomikoriza sehingga jumlah bintil pada media tanah bermikoriza lebih sedikit dibandingkan media tanah tanpa mikoriza. Meskipun Hendrati dan Nurrohmah (2016) mengatakan penambahan *rhizobium* dan mikoriza pada tanaman berpotensi memberikan pertumbuhan optimal, namun hal ini tidak terjadi pada ektomikoriza. Sebagian besar *rhizobium* mampu bersimbiosis dengan baik dengan endomikoriza (Kurniaty

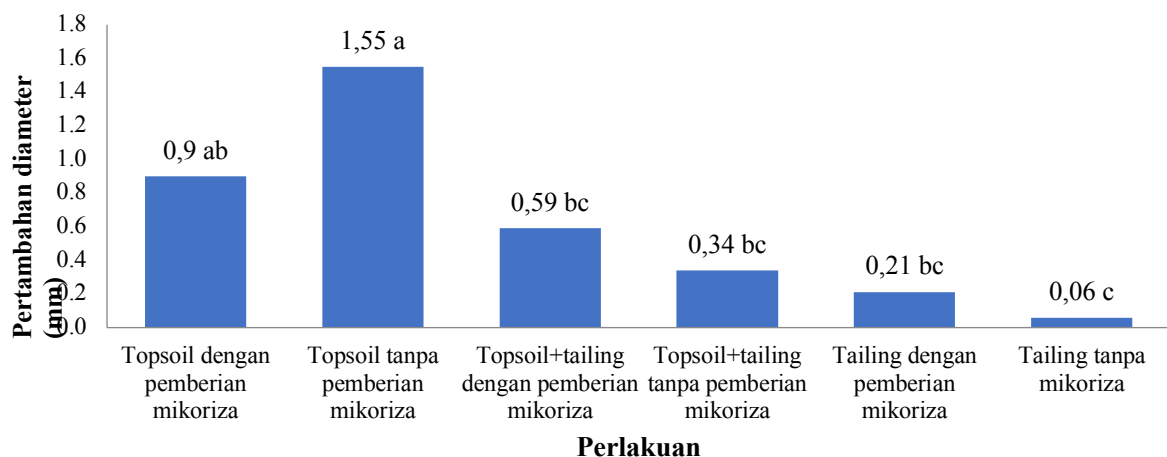
2017). Kusuma et al. (2018) juga menambahkan bahwa perkembangan mikroorganisme insitu yang telah berada di dalam media tumbuh dapat berkembang dengan lebih cepat karena mikroorganisme tersebut telah menyesuaikan diri terlebih dahulu dengan lingkungan media dibandingkan dengan fungi ektomikoriza yang merupakan organisme eksitu. Adanya persaingan antara mikroorganisme insitu dengan ektomikoriza yang diberikan ke dalam media tanam dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan tanaman.

Pertambahan Tinggi dan Diameter Batang

Perlakuan yang memberikan nilai tertinggi terhadap pertumbuhan semai mangium adalah pada media tanah tanpa pemberian mikoriza dan nilai terendah yaitu pada media tailing tanpa mikoriza (Gambar 4 dan Gambar 5). Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya tailing pada media tanam dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siahaan et al. (2014) bahwa pertumbuhan tanaman meningkat seiring dengan adanya penurunan kandungan merkuri pada tailing. Selain itu, Anggraeni et al. (2015) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman yang melambat merupakan bentuk adaptasi untuk bertahan hidup.



Gambar 4. Pertambahan tinggi pada akar mangium pada perlakuan media tailing tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*



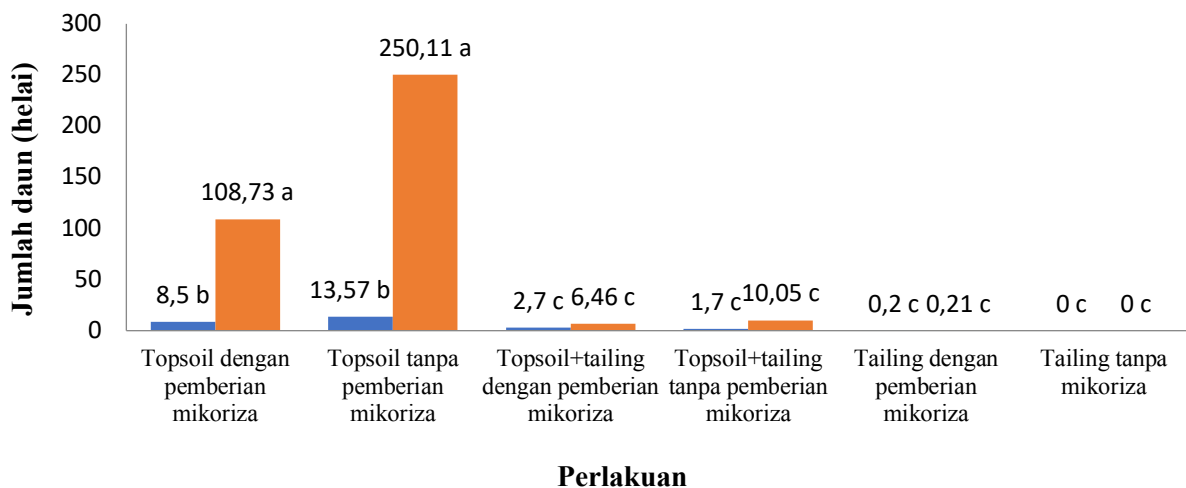
Gambar 5. Pertambahan diameter pada akar mangium pada perlakuan media tailing tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*

Pertumbuhan mangium pada media tanah tanpa ektomikoriza memiliki pertumbuhan lebih baik dibandingkan mangium dengan ektomikoriza. Hal ini sesuai dengan penelitian Handayani et al. (2018) yang menyatakan bahwa pertumbuhan diameter batang pada media tanpa pemberian *Scleroderma sp.* memberikan pertumbuhan terbaik. Hal ini dapat disebabkan

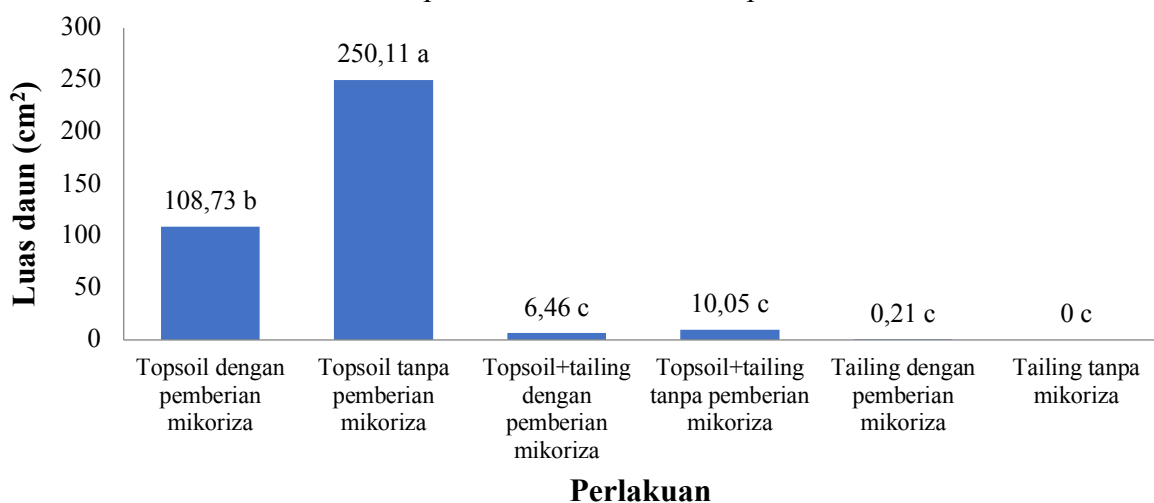
karena perkembangan mikoriza belum dapat membantu pertumbuhan tanaman secara signifikan. Pada awal pertumbuhannya, ektomikoriza bersifat sebagai parasit. Mikoriza membutuhkan hasil fotosintesis tanaman untuk dapat berkembang pada akar semai. Febrianingrum (2014) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa inokulasi fungi mikoriza belum memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit melinjo dalam waktu 6 bulan setelah perlakuan. Hal tersebut diduga karena keterbatasan nutrisi dalam *polybag* dan waktu pengamatan yang kurang lama. Fitriyasi (2011) juga menambahkan bahwa peningkatan tinggi dan diameter pada umumnya dijadikan indikator pertumbuhan tetapi tidak dapat dijadikan indikator keberhasilan dari kolonisasi fungi ektomikoriza. Peningkatan pertumbuhan tinggi dan diameter dapat diakibatkan karena faktor lingkungan yang mendukung.

Pertambahan Jumlah Daun dan Luas Daun

Media *topsoil* memiliki nilai yang lebih baik untuk jumlah daun dan luas daun pada semai mangium dibandingkan media *tailing* (Gambar 6 dan Gambar 7). Pertambahan tinggi tanaman yang rendah pada media tanam *tailing* 100% menyebabkan penambahan jumlah daun yang lebih rendah dengan luasan yang kecil. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sebagian besar daun masih berupa daun majemuk dan belum berubah menjadi daun semu sehingga proses fotosintesis pada media *tailing* baik media 100% *tailing* atau media campuran tanah dan *tailing* diduga belum berjalan sempurna.



Gambar 6. Jumlah daun pada mangium pada perlakuan media *tailing* tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*

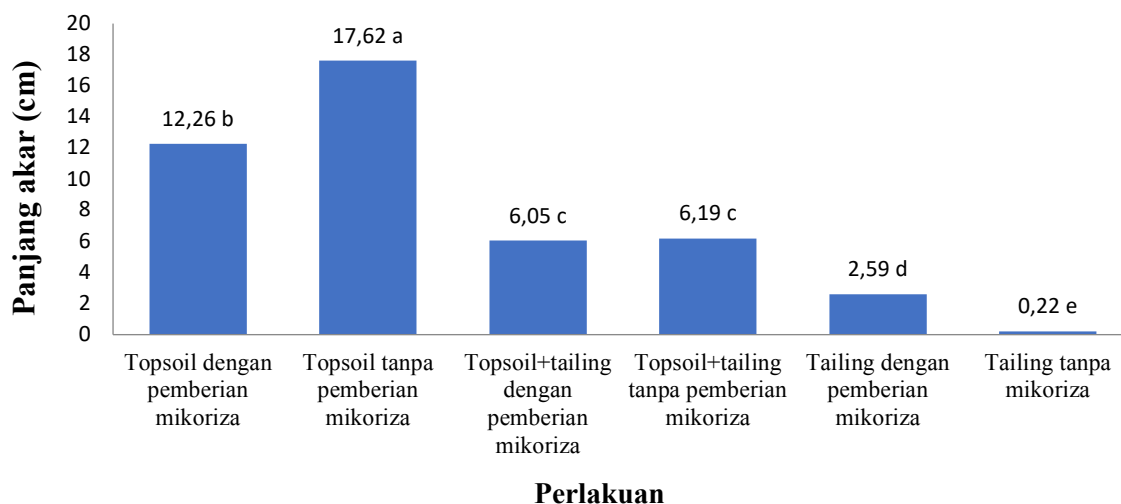


Gambar 7. Luas daun pada mangium pada perlakuan media *tailing* tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*

Pertumbuhan daun yang terhambat dapat disebabkan oleh tingginya kandungan merkuri pada tailing. Pertumbuhan daun yang lambat juga dapat dikatakan sebagai bentuk adaptasi terhadap media tailing sehingga mangium hanya berusaha untuk mempertahankan hidupnya karena nutrisi yang tidak terpenuhi (Triadriani et al. 2014).

Pertambahan Panjang Akar

Hasil yang didapat dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa tailing dengan pemberian mikoriza mampu meningkatkan pertambahan panjang akar (Gambar 8). Sebagian besar akar pada media tailing tanpa mikoriza mengalami kerusakan seperti patah dan busuk. Mikoriza membantu melindungi akar dari kerusakan seperti patah dan busuk tersebut karena adanya lapisan hifa pelindung fisik dan antibiotika yang dikeluarkan oleh mikoriza sehingga akar tidak mudah rusak (Riniarti 2010). Selain itu, tailing yang digunakan dalam penelitian mengandung logam berat yaitu merkuri yang bersifat racun. Logam berat dapat menyebabkan kerusakan pertumbuhan dan perkembangan jaringan pada akar sehingga tidak mampu menyerap air dan hara secara optimal (Siahaan et al. 2014; Triadriani et al. 2014).



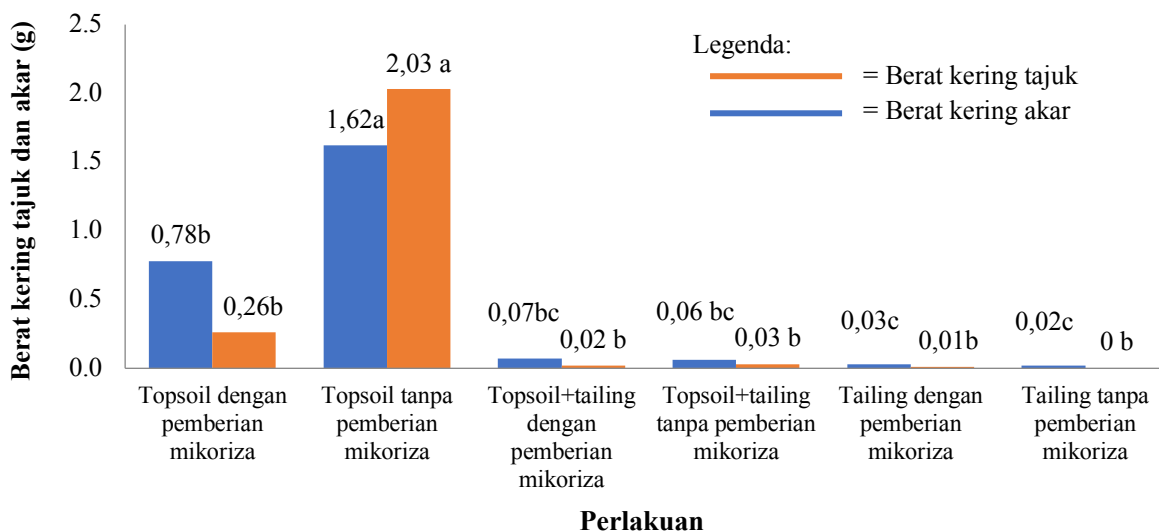
Gambar 8. Panjang akar pada mangium pada perlakuan media tailing tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikoriza mampu melindungi akar dari kerusakan. Hal ini dapat dilihat pada media tailing dengan pemberian mikoriza memiliki perbedaan yang nyata dibandingkan media tailing tanpa mikoriza. Riniarti (2005) mengemukakan bahwa ektomikoriza mampu membantu meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan bahkan dapat melindungi perakaran dari serangan patogen. Aprilia dan Purwani (2013) juga menambahkan bahwa mikoriza memegang peranan penting dalam melindungi akar tanaman dari unsur toksik, salah satunya yaitu logam berat. Pada media tanah, pertambahan panjang akar mangium memiliki nilai lebih kecil dibandingkan pada media tanpa pemberian mikoriza. Hal ini dapat disebabkan oleh pertumbuhan ektomikoriza pada akar yang menyerap hasil fotosintesis untuk pertumbuhan ektomikoriza sehingga pertumbuhan akar menjadi terhambat.

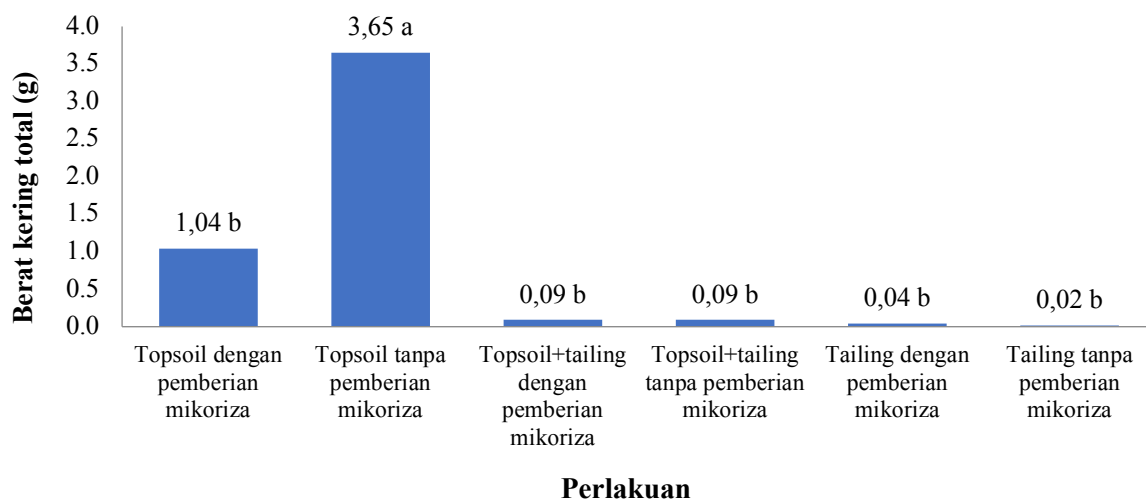
Berat Kering Semai

Nilai berat kering pada semai mangium tertinggi yaitu pada media tanah tanpa tailing tanpa pemberian mikoriza (Gambar 8 dan Gambar 9). Tingginya kandungan merkuri dapat menghambat pertumbuhan tanaman sehingga menurunkan kualitas tanaman yang mengakibatkan rendahnya berat kering yang dihasilkan. Hal ini membuktikan bahwa jaringan yang terbentuk pada semai mangium selama masa penelitian terhambat akibat adanya kandungan merkuri pada tailing. Pada media tanah dengan mikoriza, pertumbuhan semai

terhambat akibat transfer fotosintesis yang sebagian besar diserap oleh ektomikoriza sehingga memiliki nilai berat keringnya yang rendah.



Gambar 8. Berat kering pada mangium pada perlakuan media tailing tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*



Gambar 9. Berat kering total pada mangium pada perlakuan media tailing tambang emas dan pemberian *Scleroderma sp.*

Suryaningrum et al. (2016) mengatakan bahwa berat kering tanaman mencerminkan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman dari senyawa anorganik, terutama air dan karbondioksida. Unsur hara yang diserap akar memberikan kontribusi terhadap pertambahan berat kering tanaman. Triadriani et al. (2014) mengatakan bahwa semakin bertambahnya kandungan tailing maka dapat memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap pertumbuhan tanaman.

Pengolahan bijih emas yang dilakukan oleh masyarakat sebagian besar belum menerapkan konsep lingkungan. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 23 Tahun 2008 menyatakan bahwa untuk pencegahan pencemaran dan/atau kerusakan kegiatan penambangan dilakukan dengan cara menghindari penggunaan merkuri atau sianida. Akan tetapi, masih banyak proses pemurnian emas oleh rakyat masih menggunakan bahan beracun berbahaya (B3) seperti merkuri dan tidak ada pengolahan lebih lanjut untuk limbah sisa pengolahan (tailing) tersebut. Sebagian besar hanya ditampung di kolam-kolam penampungan

dekat areal pengolahan emas. Tailing yang digunakan dalam penelitian ini mengandung logam berat yang menghambat terbentuknya jaringan pada semai mangium.

SIMPULAN

Persentase hidup mangium untuk dapat bertahan pada media tailing tambang emas cukup tinggi. Persentase hidup pada media tailing dengan mikoriza mencapai 60%, walaupun dari berbagai parameter pertumbuhan menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan yang ditanam pada media tanah. Pada media tailing, akar mangium memiliki persentase kolonisasi tertinggi dengan ektomikoriza namun, pertumbuhan terbaik dimiliki oleh mangium pada media tanah tanpa pemberian mikoriza. Pada penelitian ini, pemberian ektomikoriza belum mampu meningkatkan pertumbuhan mangium pada lahan pasca tambang emas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainun, N., Aiyen, and Samudin, S. 2013. Pengaruh Bahan Organik pada Tailing Emas terhadap Pertumbuhan dan Translokasi Merkuri (Hg) pada Sawi (*Brassica parachinensis* L.) dan Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal Agrotekbis* 1(5): 435–442.
- Alamsjah, F., Husin, E. F., Santoso, E., Putra, D. P., and Syamsuardi. 2015. Effects of Indigenous Fagaceae-Inhabiting Ectomycorrhizal Fungi *Scleroderma* spp., on Growth of *Lithocarpus urceolaris* Seedling in Greenhouse Studies. *Journal of Biological Sciences* 18(3): 135–140.
- Andriani, R., Kurniahu, H., and Sriwulan. 2019. Inventarisasi Tumbuhan Pionir Lahan Bekas Tambang Kapur di Kecamatan Rengel Kabupaten Tuban Jawa Timur. *Biotropic* 3(1): 56–61.
- Anggraeni, N., Faridah, E., and Indrioko, S. 2015. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Perilaku Fisiologis dan Pertumbuhan Black Locust (*Robinia pseudoacacia*). *Jurnal Ilmu Kehutanan* 9(1): 40–56.
- Aprilia, D. Da, and Purwani, K. Il. 2013. Pengaruh Pemberian Mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap Akumulasi Logam Timbal (Pb) pada Tanaman *Euphorbia milii*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 2(1): 79–83.
- Brundrett, M., Melville, L., and Peterson, L. 1994. *Practical Methods in Mycorrhiza Research*. Mycologue Publications, Canada.
- Febriani, W., Riniarti, M., and Surnayanti. 2017. Penggunaan Berbagai Media Tanam dan Inokulasi Spora untuk Meningkatkan Kolonisasi Ektomikoriza dan Pertumbuhan *Shorea Javanica*. *Jurnal Sylva Lestari* 5(3): 87–94. DOI: 10.23960/jsl3587-94
- Febrianingrum, H. W. 2014. Pruning Akar untuk Meningkatkan Keberhasilan Infeksi Fungi Ektomikoriza pada Bibit Melinjo (*Gnetum gnemon*) Umur 7 Bulan. Institut Pertanian Bogor.
- Fitriasari, D. A. 2011. Evaluasi Hasil Studi Pengaruh Inokulasi Fungi Ektomikoriza Terhadap Respon Pertumbuhan Bibit *Shorea* spp. di Persemaian. Institut Pertanian Bogor.
- Handayani, I., Riniarti, M., and Bintoro, A. 2018. Pengaruh Dosis Inokulum Spora *Scleroderma Columnare* terhadap Kolonisasi Ektomikoriza dan Pertumbuhan Semai Damar Mata Kucing. *Jurnal Sylva Lestari* 6(1): 9–15. DOI: 10.23960/jsl169-16
- Hendrati, R. La, and Nurrohmah, S. H. 2016. Penggunaan Rhizobium dan Mikoriza untuk Pertumbuhan *Calliandra calothyrsus* Unggul. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* 10(2): 71–81.
- Hidayati, N., Faridah, E., and Sumardi. 2015. Peran Mikoriza pada Semai Beberapa Sumber

- Benih Mangium (*Acacia mangium* willd.) yang Tumbuh pada Tanah Kering. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* 9(1): 13–29.
- Krisnawati, H., Kallio, M., and Kanninen, M. 2011. *Acacia mangium Willd.: Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas. Buku*. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Kurniaty, R. 2017. Penggunaan Mikoriza dan Rhizobium dalam Pertumbuhan Bibit Saga (*Adenanthera pavonina*) Umur 3 Bulan. in: *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 6–9.
- Kusuma, A., Riniarti, M., and Surnayanti. 2018. Penambahan Bahan Pembenh Tanah untuk Mempercepat Kolonisasi Ektomikoriza dan Pertumbuhan Damar Mata Kucing. *Jurnal Sylva Lestari* 6(1): 16–23. DOI: 10.23960/jsl1617-24
- Lesmanawati, I. R. 2012. Respon Pertumbuhan Tanaman *Gmelina arborea* Roxb dan *Paraserianthes falcataria* L. Nielsen dengan Penggunaan *Thiobacillus thioparus* dan Kompos dalam Upaya Biodegradasi Sianida yang Terkandung dalam Tailing Emas. *Jurnal Scientiae Educatia* 1(1): 26–39.
- Mardji, D. 2010. Identifikasi Jenis Jamur Mikoriza di Hutan Alam dan Lahan Pasca Tambang Batu Bara PT Trubaindo Coal Mining Muara Lawa. *Jurnal Kehutanan Tropika Humida* 3 (1): 42–(1): 42–53.
- Mirdat, S., Pata'dungan, Y. S., and Isrun, B. 2013. Status Logam Berat Merkuri (hg) dalam Tanah pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas di Kelurahan Poboya, Kota Palu. *Agrotekbis* 1(2): 127–134.
- Mukhtar, A. S., and Heriyanto, N. M. 2012. Keadaan Suksesi Tumbuhan pada Kawasan Bekas Tambang Batubara Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 9(4): 341–350.
- Nuriadi, Napitupulu, M., and Rahman, N. 2013. Analisis Logam Tembaga (Cu) pada Buangan Limbah Tromol (Tailing) Pertambangan Poboya. *Jurnal Akademika Kimia* 2(2): 90–96.
- Permatasari, M. 2011. Uji Inokulum Rhizobia dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan *Acacia mangium* pada Tanah Masam Bekas Tambang. Institut Pertanian Bogor.
- Prasetyo, B., Krisnayanti, B. Da, Utomo, W. H., and Anderson, C. W. N. 2010. Rehabilitation of Artisanal Mining Gold Land in West Lombok, Indonesia 2: Arbuscular Mycorrhiza Status of Tailings and Surrounding Soils. *Jurnal Agricultural Science* 2(2): 202–209.
- Pujawati, E. De. 2009. Jenis-Jenis Fungi Tanah pada Areal Revegetasi *Acacia mangium* Willd. di Kecamatan Cempaka Banjarbaru. *Jurnal Hutan Tropis Borneo* 10(28): 305–312.
- Riniarti, M. 2005. Pemberian Asam Organik dan Inokulasi Ektomikoriza untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai *Shorea mectistopteryx*. in: *Prosiding Seminar Nasional dan Workshop Mikoriza* Universitas Jambi, Jambi 111–119.
- Riniarti, M. 2010. Dinamika Kolonisasi Tiga Fungi Ektomikoriza *Scleroderma* spp. dan Hubungannya dengan Pertumbuhan Tanaman Inang. Institut Pertanian Bogor.
- Riniarti, M., Wahyuni, A. E., and Surnayanti. 2017. Dampak Perlakuan Pemanasan Inokulum Tanah terhadap Kemampuan Ektomikoriza untuk Mengkolonisasi Akar *Shorea javanica*. *EnviroScientiae* 13(1): 54–61.
- Riswan, Harun, U., and Irsan, C. 2015. Keragaman Flora di Lahan Reklamasi Pasca Tambang Batubara PT. BA Sumatera Selatan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 22(2): 160–168.
- Rondonuwu, S. B. 2014. Fitoremediasi Limbah Merkuri Tanaman dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains* 14(1): 52–59.
- Rusli, Ferry, Y., Hafif, B., and Wardiana, E. 2016. Keefektifan Pembenh Tanah, Pupukan, dan Mikoriza untuk Pertumbuhan Tanaman Karet di Lahan Bekas Tambang Timah. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar* 3(3): 175–184.
- Setyowati, R. D. N., Amala, N. A., and Aini, N. N. U. 2017. Studi Pemilihan Tanaman Revegetasi untuk Keberhasilan Reklamasi Lahan Bekas Tambang. *Jurnal Teknik Lingkungan* 3(1): 14–20.

- Siahaan, B. C., Utami, S. R., and Handayanto, E. 2014. Fitoremediasi Tanah Tercemar Merkuri Menggunakan *Lindernia crustacea*, *Digitaria radicosaa*, dan *Cyperus rotundus* serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1(2): 35–51.
- Smith, S. E., and Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Elsevier, Amsterdam.
- Suharno, and Sancayaningsih, R. P. 2013. Fungi Mikoriza Arbuskula: Potensi Teknologi Mikorizoremediasi Logam Berat dalam Rehabilitasi Lahan Tambang. *Jurnal Bioteknologi* 10(1): 31–42.
- Suryaningrum, R., Purwanto, E., and Sumiyati. 2016. Analisis Pertumbuhan Beberapa Varietas Kedelai pada Perbedaan Intensitas Cekaman Kekeringan. *Agrosains* 18(2): 33–37.
- Susintowati, and Hadisusanto, S. 2014. Bioakumulasi Merkuri dan Struktur Hepatopankreas pada *Terebralia sulcata* dan *Nerita argus* (Moluska: Gastropoda) di Kawasan Bekas Penggelondongan Emas, Muara Sungai Lampon, Banyuwangi, Jawa Timur. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 21(1): 34–40.
- Sutedjo, and Warsudi. 2017. Menakar Sifat Invasif Spesies Akasia Mangium (*Acacia mangium* Willd.) di Hutan Penelitian dan Pendidikan Bukit Soeharto. *Jurnal Hutan Tropika* 1(1): 82–89.
- Triadriani, L. N., Handayant, E., and Utami, S. R. 2014. Penggunaan *Caladium bicolor*, *Paspalum conjugatum*, dan *Comelina nudiflora* untuk Remediasi Tanah Tercemar Merkuri Limbah Tambang Emas serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1(1): 69–78.
- Widyati, E. 2011. Optimasi Pertumbuhan *Acacia crassicarpacunn. ex Benth.* pada Tanah Bekas Tambang Batubara dengan Ameliorasi Tanah. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 8(1): 19–30.
- Wulandari, A. S., and Jaenab, S. 2016. Pengaruh Kombinasi Pemangkasan Akar dan Waktu Inokulasi Fungi Ektomikoriza terhadap Pertumbuhan Bibit Melinjo (*Gnetum gnemon*). *Jurnal Silvikultur Tropika* 7(3): 217–222.
- Younesi, O., Moradi, A., and Namdari, A. 2013. Influence of Arbuscular Mycorrhiza on Osmotic Adjustment Compounds and Antioxidant Enzyme Activity in Nodules of Salt-Stressed Soybean (*Glycine max*). *Acta Agriculturae Slovenica* 101(2): 219–230.