Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol 8 No 2: 341-347, 2021
e-ISSN:2549-9793, doi: 10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.5

EKSPLORASI MIKORIZA ARBUSKULA PADA BEBERAPA KEDALAMAN TANAH DI PERAKARAN RUMPUT BANTENG PADA LAHAN PASCATAMBANG

Exploration of Arbuscular Mycorrhiza on Various Soil Depths in Bull Grass Rooting Zone on Post-Mining Land

Yhudo Tomo*, Budi Prasetya
Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran 1 Malang, 65145
* Penulis korespondensi: yhudo.tm@gmail.com

Abstract

The presence of mycorrhizae can reduce the level of poisoning caused by heavy metals in post-mining land and support plant growth. Post-mining land is generally only a few types of mycorrhizae that can adapt, especially post-mining land. This research was conducted to determine the presence, types and distribution of mycorrhizae as well as the relationship between soil depth and mycorrhizal distribution and soil chemical properties at various depths in the rhizosphere of bull grass as the dominant vegetation in post-coal mining land. The results showed that there were arbuscular mycorrhizae at each soil depth with different population density levels, namely 273 spores 100 g^{-1} soil at a depth of 0 - 10 cm (K10); 239 spores 100 g^{-1} soil at a depth of 10 – 20 cm (K20) and 155 spores 100 g^{-1} soil at a depth of 20 – 30 cm (K30). The arbuscular mycorrhizae found at all soil depths are of the same type, which is included in the genus Glomus. Soil depth with the number of arbuscular mycorrhizal distribution (r count -0.7754> r table -0.4973) has a very strong relationship and with soil pH (r count -0.6309> r table -0.4973) has a strong relationship. The number of distribution of arbuscular mycorrhizae with soil pH (r count 0.5943> r table 0.4973) has a strong relationship.

***Keywords** : arbuscular mycorrhizae, bull grass, post-mining land, soil depth*

Pendahuluan

Kegiatan penambangan batu bara di daerah Samboja marak dilakukan pada tahun 2005 hingga 2013 dan saat ini banyak yang sudah tidak beroperasi menyebabkan rusaknya kondisi lahan di lokasi pascapenambangan (Siburian, 2015). Lahan sisa hasil kegiatan pertambangan atau biasa disebut lahan pascatambang memiliki kondisi yang terdegradasi akibat kegiatan penambangan batu bara yang dilakukan sehingga menyebabkan hilangnya ekosistem alami dan berubahnya lahan menjadi lahan suboptimal.

Rendahnya unsur hara di lahan pascatambang dan pH tanah yang sangat masam diakibatkan oleh penimbunan serta pencampuran tanah dengan sisa hasil penambangan (Adman *et al*., 2017), sehingga terbatasnya jenis tumbuhan yang dapat hidup di kondisi tersebut. Tumbuhan toleran yang terdapat pada lokasi penelitian lahan pascatambang batu bara terdiri dari rumput banteng (*Paspalum conjugatum*), karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) dan kirinyuh (*Chromolaena odorata*) dengan tumbuhan rumput banteng sebagai vegetasi dominan.

Mikoriza pada lahan pascatambang atau lahan kritis lainnya memiliki peranan yang sangat penting sebagai pelindung pada akar tanaman. Keberadaan mikoriza mampu menurunkan tingkat keracunan yang diakibatkan oleh logam berat pada lahan pascatambang serta mendukung pertumbuhan tanaman.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan, jenis dan sebaran mikoriza serta

hubungan kedalaman tanah dengan sebaran mikoriza dan sifat kimia tanah pada berbagai kedalaman di rizosfer tumbuhan rumput banteng sebagai vegetasi dominan pada lahan pascatambang batu bara.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga September 2020. Pengambilan sampel dilakukan di lahan pascatambang batu bara di Desa Margomulyo, Kecamatan Samboja, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang dibagi dalam 3 kedalaman tanah. Pengambilan sampel tanah sebanyak 500 g pada kedalaman tanah 0 – 10 cm (K10), 10 – 20 cm (K20) dan 20 – 30 cm (K30) menggunakan metode deskriptif eksploratif dengan cara *purposive sampling* menggunakan 6 lokasi (sebagai ulangan) dalam 4 plot (20 m x 20 m) untuk pengambilan sampel dengan ciri kesamaan komposisi vegetasi (terdapat tumbuhan rumput banteng, kirinyuh dan karamunting) pada masing-masing plot yang akan dilakukan sampling serta pada rizosfer tumbuhan rumput banteng (*Paspalum conjugatum*) sebagai tumbuhan dominan. Pengamatan mikoriza yang dilakukan di laboratorium antara lain ekstraksi, isolasi, dan identifikasi spora. Sampel yang digunakan adalah sampel tanah yang diambil dari beberapa kedalaman di rizosfer perakaran rumput banteng. Ekstraksi dan isolasi dilakukan menggunakan metode *wet sieving and decanting* (Brundrett *et al*., 1996). Sampel tanah yang didapatkan dilakukan analisis kimia pada 4 parameter yaitu pH (H_20) menggunakan metode pH meter, C-Organik menggunakan metode *Walkley and Black*, P-total menggunakan metode pengekstrak HCl 25% dan P-tersedia menggunakan metode Bray 1.

Data yang sudah terkumpul ditabulasikan dalam program Microsoft Excel dan kemudian dianalisis keragamannya (ANOVA). Analisis keragaman apabila menunjukkan pengaruh nyata ($p>0,05$) akan dilanjutkan dengan uji lanjutan menggunakan Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf 5%. Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan kedalaman tanah terhadap jumlah spora mikoriza dan sifat kimia tanah.

Hasil dan Pembahasan

Jenis mikoriza arbuskula yang ditemukan

Identifikasi mikoriza dilakukan dengan membedakan warna, bentuk, ukuran dan struktur dinding sel. Hasil pengamatan di laboratorium didapatkan spora dengan karakteristik berwarna cokelat hingga cokelat terang, berbentuk bulat, berukuran antara 99,32 – 109,64 µm dengan struktur 2 lapisan dinding dengan ketebalan 3,90 – 7,74 µm yang diamati pada perbesaran 400x. Berdasarkan karakteristik tersebut, mikoriza yang diidentifikasi termasuk kedalam genus Glomus. Spora Glomus ditemukan mendominasi di lahan pascatambang batu bara. Hal tersebut terjadi karena Glomus memiliki ketahanan serta tingkat adaptasi yang lebih baik dibandingkan jenis mikoriza arbuskula lainnya (Kartika *et al*., 2012).

Glomus sp-1

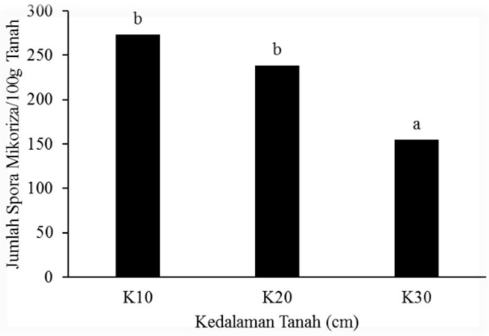
Glomus sp-2

Gambar 1. Foto bentuk spora mikoriza arbuskula jenis *Glomus sp.*

Glomus merupakan salah satu genus mikoriza dari famili Glomeraceae yang memiliki beberapa bentuk spora yaitu bulat, oval dan elips dengan dinding spora terdiri lebih dari satu lapis. Spora glomus secara umum yang ditemukan berukuran 20 – 400 µm dan memiliki warna bening, hialin (transparan), putih, dan coklat (Yovita, 2008; Miska *et al*., 2016). Glomus berasal dari perkembangan hifa atau disebut juga klamidospora (Asmarahman *et al*., 2018). Glomus memiliki ciri khas spora yang terbentuk secara tunggal atau berpasangan pada dua ujung (terminal) hifa *nongametamium* (tidak terbentuk gamet) yang tidak berdiferensiasi dalam *sporocarp* (organ penyimpanan spora). Glomus merupakan genus dengan keberagaman jenis tertinggi dari jenis yang lainnya (Miska *et al*., 2016).

Jumlah mikoriza arbuskula yang ditemukan

Hasil pengamatan sampel tanah pascatambang di lokasi pengambilan sampel menunjukkan bahwa pada tiap kedalaman hanya ditemukan satu jenis mikoriza yaitu Glomus yang berada di rizosfer tumbuhan rumput banteng. Glomus yang ditemukan memiliki perbedaan jumlah spora disetiap kedalamannya (Gambar 2). Analisis ragam menunjukkan bahwa kedalaman tanah berpengaruh nyata (p>0,05) terhadap jumlah spora mikoriza.



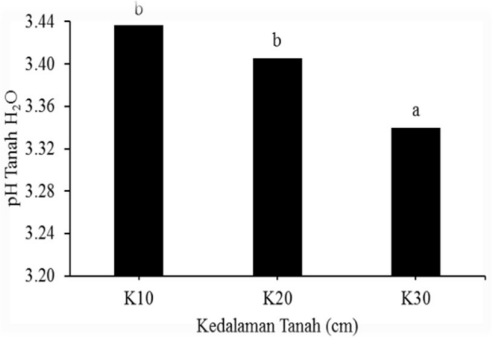
Gambar 2. Jumlah spora mikoriza di beberapa kedalaman tanah**.** Keterangan: K10 = Kedalaman Tanah 0-10 cm; K20 = Kedalaman Tanah 10-20 cm; K30 = Kedalaman Tanah 20-30 cm.

Jumlah spora yang terdapat di setiap kedalaman tanah yaitu 273 spora 100 g^{-1} tanah pada kedalaman 0 – 10 cm (K10); 239 spora 100^{-1} tanah pada kedalaman 10 – 20 cm (K20) dan 155 spora 100 g^{-1} tanah pada kedalaman 20 – 30 cm (K30). Tingginya jumlah spora mikoriza arbuskula pada kedalaman tanah K10 dapat disebabkan karena jumlah perakaran yang masih banyak. Hal ini selaras dengan kedalaman tanah K30 yang memiliki jumlah spora terendah karena jumlah perakaran yang semakin sedikit.

Sifat kimia tanah di lahan pascatambang batu bara

pH tanah

Pengamatan pH dilakukan pada sampel tanah pascatambang dimasing-masing kedalaman tanah. Hasil analisis menunjukkan di kedalaman K10 memiliki pH tanah tertinggi yaitu sebesar 3,44; diikuti K20 dengan pH tanah sebesar 3,41 dan K30 dengan pH tanah terendah sebesar 3,34 (Gambar 3). Berdasarkan hasil tersebut, tanah yang terdapat di lokasi penelitian tergolong tanah dengan pH sangat masam yaitu bernilai < 4,5 (Balittanah, 2009).



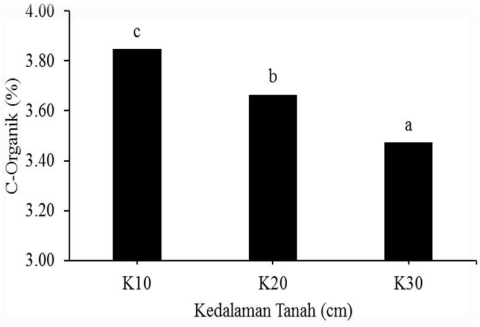
Gambar 3. pH tanah (H_2O) di beberapa kedalaman tanah**.** Keterangan: K10 = Kedalaman Tanah 0-10 cm; K20 = Kedalaman Tanah 10-20 cm; K30 = Kedalaman Tanah 20-30 cm.

Analisis ragam menunjukkan bahwa kedalaman tanah berpengaruh nyata (p>0,05) terhadap pH tanah. pH tanah yang sangat masam diakibatkan oleh penimbunan serta pencampuran tanah dengan sisa hasil penambangan (Adman *et al*., 2017). Sisa kegiatan penambangan selalu mengakibatkan bertambahnya unsur Fe atau senyawa sejenis yang berasal dari rusaknya tanah akibat hujan yang menghasilkan asam sulfat (Pattimahu, 2004).Penambangan batu bara

dapat mengasamkan areal pascatambang karena adanya mineral FeS_2 (pyrite) yang teroksidasi yang mencemari areal tersebut akibat terekspos pada saat dilakukannya kegiatan penambangan dan tercampur oleh air hujan (Said, 2014). pH pada kedalaman 20 – 40 cm lebih tinggi dibandingkan pada kedalaman 0 – 20 cm dengan selisih perbedaan 0,1 – 0,8. Meningkatnya pH seiringan dengan peningkatan kedalaman tanah disebabkan salah satunya oleh basa-basa yang tercuci ke lapisan yang lebih dalam (Wijanarko *et al*., 2007).

C-organik

Hasil analisis kadar C-organik pada sampel tanah pascatambang di lokasi pengambilan sampel menunjukkan pada kedalaman K10 memiliki nilai c-organik tertinggi yaitu sebesar 3,85%; diikuti K20 dengan nilai C-organik sebesar 3,67% dan K30 dengan nilai C-organik terendah sebesar 3,47% (Gambar 4). Berdasarkan hasil tersebut, tanah yang terdapat di lokasi penelitian tergolong memiliki nilai C-organik tinggi yaitu bernilai 3-5% (Balittanah, 2009).

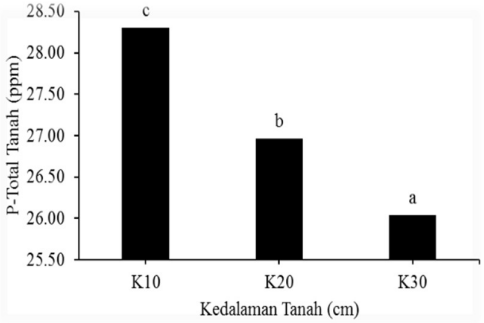


Gambar 4. Persentase C-organik tanah di beberapa kedalaman tanah. Keterangan: K10 = Kedalaman Tanah 0-10 cm; K20 = Kedalaman Tanah 10-20 cm; K30 = Kedalaman Tanah 20-30 cm

Analisis ragam menunjukkan bahwa kedalaman tanah berpengaruh nyata (p>0,05) terhadap nilai C-organik. Lahan pascatambang telah kehilangan vegetasi serta pembalikan lapisan permukaan tanah menyebabkan rendahnya kandungan C-organik dan pH tanah (Ardhiansyah *et al*., 2015), tetapi kandungan C-organik yang tergolong tinggi di lokasi penelitian karena dilakukannya pengambilan sampel pada area bervegetasi yang menjadi penyumbang bagi bahan organik tanah. Walaupun demikian, minimnya vegetasi yang dapat tumbuh di lokasi tersebut mengakibatkan minimnya seresah atau masukan lain yang dapat berpengaruh terhadap kadar C-organik dalam tanah (Hamid *et al*., 2017).

P-total

Hasil analisis unsur P-total pada sampel tanah pascatambang di lokasi pengambilan sampel menunjukkan pada kedalaman K10 memiliki nilai P-total tertinggi yaitu sebesar 28,31 ppm, diikuti K20 dengan nilai P-total sebesar 26,96 ppm dan K30 dengan nilai P-total terendah sebesar 26,04 ppm (Gambar 5). Berdasarkan hasil tersebut, tanah yang terdapat di lokasi penelitian tergolong memiliki nilai P-total sedang yaitu berkisar antara 21-40 ppm (Balittanah, 2009).



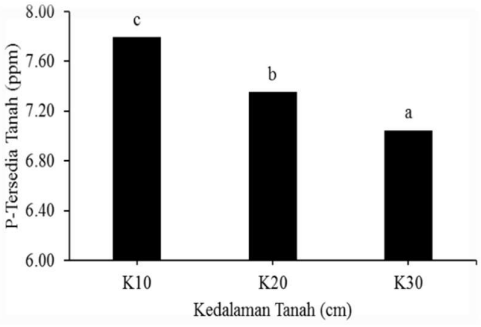
Gambar 5. Kandungan unsur P-total di beberapa kedalaman tanah. Keterangan: K10 = Kedalaman Tanah 0-10 cm; K20 = Kedalaman Tanah 10-20 cm; K30 = Kedalaman Tanah 20-30 cm

Analisis ragam menunjukkan bahwa kedalaman tanah berpengaruh nyata (p>0,05) terhadap nilai P-total. Unsur P adalah salah satu unsur hara esensial yang diperlukan dalam jumlah relatif banyak oleh tumbuhan namun terbatas ketersediaannya terutama pada lahan masam dan lahan kering. Lokasi penelitian memiliki pH yang sangat masam dengan kandungan Al dan Fe yang tinggi di dalam tanah sehingga unsur P larut bereaksi dengan Al dan Fe serta oksida hidrus lainnya membentuk senyawa Al-P dan Fe-P yang menjadikan senyawa tersebut kurang larut sehingga menyebabkan P-tersedia menjadi

terikat dan tidak dapat diserap oleh tumbuhan (Ramadhana *et al*., 2019; Nursanti, 2018).

P-tersedia

Hasil analisis unsur P tersedia pada sampel tanah pascatambang di lokasi pengambilan sampel menunjukkan pada kedalaman K10 memiliki nilai P-tersedia tertinggi yaitu sebesar 7,80 ppm, diikuti K20 dengan nilai P-tersedia sebesar 7,35 ppm dan K30 dengan nilai P-tersedia terendah sebesar 7,05 ppm (Gambar 6). Berdasarkan hasil tersebut, tanah yang terdapat di lokasi penelitian tergolong memiliki nilai P-tersedia rendah berkisar antara 5-7 ppm (Balittanah, 2009).



Gambar 6. Kandungan unsur P-tersedia di beberapa kedalaman tanah. Keterangan: K10 = Kedalaman Tanah 0-10 cm; K20 = Kedalaman Tanah 10-20 cm; K30 = Kedalaman Tanah 20-30 cm.

Analisis ragam menunjukkan bahwa kedalaman tanah berpengaruh nyata (p>0,05) terhadap nilai P-tersedia. Jumlah P tersedia bagi tumbuhan dipengaruhi oleh tingkat kemasaman tanah pada nilai optimal pH berkisar antara 5,5 – 7. Ion P tersedia bagi tumbuhan dalam bentuk H2PO4-, HPO42-, dan PO43- (Ortho fosfat primer) melalui proses difusi (Sudaryono, 2009). Kandungan pH pada tanah di lokasi penelitian menunjukkan nilai yang sangat masam menyebabkan terikatnya ion fosfat oleh Al dan Fe sebagai senyawa yang tidak larut dalam air dan menjadi tidak tersedia bagi tumbuhan (Ramadhana *et al*., 2019).

Hubungan antara kedalaman tanah dengan jumlah sebaran mikoriza arbuskula dan sifat kimia tanah

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kedalaman tanah dengan sebaran mikoriza arbuskula dan sifat kimia tanah. Aspek kimia yang diamati hubungannya dengan kedalaman tanah serta sebaran mikoriza arbuskula adalah pH, C-organik, P-total dan P-tersedia. Berdasarkan hasil analisis korelasi antara kedalaman tanah dengan jumlah sebaran mikoriza arbuskula, nilai r hitung sebesar -0,7754 > r tabel -0,4973. Analisis korelasi antara kedalaman tanah dengan sifat kimia menunjukkan hanya pH tanah yang memiliki hubungan, dengan nilai r hitung sebesar -0,6309 > r tabel -0,4973. Sedangkan kedalaman tanah tidak berkorelasi terhadap C-organik (r hitung -0,2029 < r tabel -0,4973), P-total (r hitung -0,1571 < r tabel -0,4973) dan P-tersedia (r hitung -0,1524 < r tabel -0,4973). Selain itu, hubungan antara jumlah sebaran mikoriza dengan sifat kimia tanah hanya memiliki korelasi dengan pH tanah (r hitung 0,5943 > r tabel 0,4973). Sedangkan jumlah mikoriza tidak berkorelasi dengan C-organik (r hitung 0,0782 < r tabel -0,4973), P-total (r hitung 0,1722 < r tabel -0,4973) dan P-tersedia (r hitung 0,1671 < r tabel -0,4973).

Nilai r hitung > r tabel pada hubungan kedalaman tanah dengan jumlah sebaran mikoriza arbuskula menunjukkan bahwa nilai korelasi sangat kuat dan dengan pH memiliki hubungan korelasi kuat, tetapi memiliki arah hubungan negatif antara kedalaman tanah dengan jumlah sebaran mikoriza arbuskula dan pH tanah. Arah hubungan yang negatif menunjukkan bahwa semakin dalam tanah akan diikuti dengan penurunan jumlah sebaran mikoriza arbuskula dan pH tanah. Hubungan jumlah sebaran mikoriza arbuskula dengan pH tanah menunjukkan bahwa nilai korelasi memiliki hubungan kuat. Semakin rendah pH tanah akan diikuti dengan penurunan jumlah sebaran mikoriza arbuskula.

Penurunan jumlah mikoriza arbuskula disebabkan oleh meningkatnya kedalaman tanah karena pengaruh dari rizosfer tumbuhan rumput banteng. Kedalaman rizosfer tumbuhan rumput banteng hanya mencapai ± 20 cm (Nasution, 1986), sehingga menyebabkan penurunan jumlah mikoriza arbuskula sejalan dengan peningkatan kedalaman tanah. Hal tersebut dikarenakan mikoriza bersimbiosis dengan perakaran tumbuhan sebagai inang. Mikoriza arbuskula mendapatkan fotosintat dari inangnya sedangkan tumbuhan sebagai inang

mendapatkan mineral dan hara dengan bantuan serapan hifa ke tempat yang tidak dapat dijangkau oleh perakaran tumbuhan (Sihombing *et al*., 2016).

Sebaran mikoriza dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau edafik. Kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan menyebabkan tiap jenis mikoriza memiliki tingkat toleransi yang berbeda (Asmarahman *et al*., 2018). Keberadaan mikoroorganisme tanah dalam hal ini mikoriza juga dipengaruhi oleh pH tanah. Keberadaan spora Glomus pada lahan pascatambang disebabkan oleh kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan yang miskin hara maupun tercemar limbah berbahaya serta kondisi pH yang masam maupun netral (Aggangan *et al*., 1998; Sukmawaty *et al*., 2016). Lahan pascatambang memiliki pH tanah berkisar antara 2,75 - 4,84 yang mengindikasikan bahwa tanah tersebut termasuk kedalam tanah masam hingga sangat masam (Subowo, 2011; Margarettha, 2011; Lubis *et al*., 2018; Samal *et al*., 2020).

Kesimpulan

Mikoriza arbuskula yang ditemukan pada seluruh kedalaman tanah memiliki jenis yang sama yaitu termasuk dalam genus Glomus. Populasi mikoriza arbuskula pada tiap kedalaman tanah memiliki tingkat kepadatan yang berbeda yaitu 273 spora 100 g^{-1} tanah pada kedalaman 0 – 10 cm (K10); 239 spora 100 g^{-1} tanah pada kedalaman 10 – 20 cm (K20) dan 155 spora 100 g^{-1} tanah pada kedalaman 20 – 30 cm (K30). Kedalaman tanah dengan jumlah sebaran mikoriza arbuskula (r hitung -0,7754 > r tabel -0,4973) memiliki hubungan yang sangat kuat dan dengan pH tanah (r hitung -0,6309 > r tabel -0,4973) memiliki hubungan yang kuat. Jumlah sebaran mikoriza arbuskula dengan pH tanah (r hitung 0,5943 > r tabel 0,4973) memiliki hubungan yang kuat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemilik lahan pascatambang batu bara di Desa Margomulyo, Kecamatan Samboja, Kabupaten Kutai Kartanegara, dan teknisi laboratorium dilakukan di Laboratorium Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, atas bantuan dan dukungannya selama pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Adman, B., Mediawati, I. dan Yassir, I. 2017. Potensi Laban (*Vitex pinnata* L.) untuk Revegetasi Lahan Pascatambang Batu Bara. Balikpapan. Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumberdaya Alam.

Aggangan N., Dell, B. and Malajczuk, N. 1998. Effects of chromium and nickel on growth of ectomycorrhizal fungus Pisolithus and formation of ectomycorrhizas on *Eucalyptus urophylla*. St. Blake. Geoderma 84: 15 - 27.

Ardhiansyah, N., Sumarsono dan Purbajanti, E.D. 2015. Pendugaan Kadar C-organik Optimum untuk Pengembangan Hijauan Pakan Ternak pada Lahan Bekas Penambangan Batubara. Berau. Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian. Prosiding Seminar Teknologi Peternakan dan Veteriner: 650 - 655.

Asmarahman, C., Budi, S.W., Wahyudi, I. dan Santoso, E. 2018. Identifikasi mikroba potensial fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada lahan pascatambang PT. Holcim Indonesia Tbk. Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 8(3): 279 - 285.

Balittanah. 2009. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Bogor. Balai Penelitian Tanah.

Brundrett, M., Bougher, N., Bougher, B., Bougher, T. dan Malajczuk, N. 1996. Working with Mycorrizha in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra. Pirie Printers.

Hamid, I., Priatna, S.J. dan Hermawan, A. 2017. Karakteristik beberapa sifat fisika dan kimia tanah pada lahan bekas tambang timah. Jurnal Penelitian Sains 19(1): 23 - 30.

Kartika, E., Lizawati dan Hamzah. 2012. Isolasi, identifikasi dan pemurnian cendawan mikoriza arbuskular (CMA) dari tanah bekas tambang batu bara. Bioplantae 1(4): 21-28.

Lubis, A.P., Hamzah dan Tamin, R.P. 2018. Eksplorasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Indigenous pada Tanah Bekas Tambang Batu Bara. Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Jambi 212 – 216.

Margarettha. 2011. Eksplorasi dan identifikasi mikoriza indigen asal tanah bekas tambang batubara. Berita Biologi 10(5): 641 – 647.

Miska, M.E.E., Junaedi, A., Wachjar, A. dan Mansur, I. 2016. Karakterisasi fungi mikoriza arbuskula pada rhizosfer aren (*Arenga pinnata* (Wurmb)

Merr.) dari Jawa Barat dan Banten. Silvikultur Tropika 7(1): 20 - 22.

Nasution, U. 1986. Gulma dan Pengendaliannya di Perkebunan Karet Sumatera Utara dan Aceh. Tanjung Morawa. Pusat Penelitian & Pengembangan Perkebunan Tanjung Morawa (P4TM).

Nursanti, I. 2018. Karakteristik tanah area pasca penambangan di Desa Tanjung Pauh. Jurnal Media Pertanian 3(2): 54 - 59.

Pattimahu, D.V. 2004. Restorasi Lahan Kritis Pascatambang Sesuai Kaidah Ekologi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

Ramadhana, D.W., Donantho, D. dan Rachel, R. 2019. Penilaian status kesuburan tanah pada lahan pascatambang di areal PT. Trubaindo Coal Mining Kabupaten Kutai Barat. Samarinda. Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab 2(1): 24 - 26.

Said, N.I. 2014. Teknologi pengolahan air asam tambang. Jurnal Air Indonesia 7(2): 119 - 121.

Samal, I., Mansur, I., Junaedi, A. dan Kirmi, H. 2020. Evaluasi pertumbuhan aren (*Arenga pinnata* (Wurmb)) di lahan pascatambang PT. Berau Coal Kalimantan Timur. Media Komunikasi 25(2): 103 - 106.

Siburian, R. 2015. Emas Hitam : Degradasi lingkungan dan pemarginan sosial. Jakarta. Jurnal PKS 14(1): 1 - 6.

Sihombing, S.A., Delvian dan Elfiati, D. 2016. Eksplorasi mikoriza pada lahan pascatambang emas masyarakat di Mandailing Natal. Medan. Ilmu Kehutanan Peronema 5(3): 17 - 25.

Subowo, G. 2011. Penambangan sistem terbuka ramah lingkungan dan upaya reklamasi pascatambang untuk memperbaiki kualitas sumberdaya lahan dan hayati tanah. Jurnal Sumberdaya Lahan, 5(2): 83-94.

Sudaryono. 2009. Tingkat kesuburan tanah Ultisol pada lahan pertambangan batubara Sangatta, Kalimantan Timur. Jurnal Teknik Lingkungan 10(3): 337 - 340.

Sukmawaty, E., Hafsan, dan Asriani. 2016. Identifikasi cendawan mikoriza arbuskula dari perakaran tanaman pertanian. Biogenesis 4(1): 16-20.

Wijanarko, A., Sudaryono dan Sutarno. 2007. Karakteristik sifat kimia dan fisika tanah Alfisol di Jawa Timur dan Jawa Tengah. Iptek Tanaman Pangan 2(2): 214 - 218.

Yovita, A.L. 2008. Isolasi dan Identifikasi Cendawan Mikoriza Arbuskula Asal Tanah Pertanian dan Perkebunan Jawa Barat. Bogor. Departemen Biologi Institut Pertanian Bogor.