



## EVALUASI KEBERADAAN FMA DI LAHAN PASCA TAMBANG PETI UNTUK MENINGKATKAN REHABILITASI DENGAN POTENSI FITOREMEDIASI

Hamzah<sup>1</sup>, Jenny Rumondang<sup>2</sup>, Suci Ratna Puri<sup>3</sup>, Rajjitha Handayani<sup>4</sup>, Rizky Ayu Hardiyanti<sup>5</sup>, Ria Rif'atunidaudina<sup>6</sup>

<sup>123456</sup>Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

Email penulis korespondensi: [hamzah@unja.ac.id](mailto:hamzah@unja.ac.id)

### Abstrak

*Illegal gold mining (PETI) activities have caused significant land degradation, particularly affecting the physical and chemical properties of the soil. This study aims to identify the presence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) in former illegal gold mining sites (PETI) and evaluate their potential to support land rehabilitation through a phytoremediation approach. Soil samples were purposively collected from PETI sites based on the year the mining began (2019, 2020, 2021), as well as from control sites, under the canopy of phytoremediating plants such as *Melastoma malabathricum*, *Chromolaena odorata*, and *Cyperus odoratus*. Laboratory analysis revealed that the soil texture was dominated by clay fractions (>40%), which negatively affected soil porosity and nutrient availability. AMF identification showed the highest spore count in 2020 (73 spores/50 g soil), particularly in soils associated with the roots of *Melastoma malabathricum*. These findings indicate that AMF play a crucial role in supporting the adaptation of hyperaccumulator plants and enhancing nutrient uptake in degraded soils. The symbiosis between AMF and phytoremediating plants presents an effective and ecologically sustainable strategy for rehabilitating post-mining land.*

*Keyword: AMF, *Melastoma malabathricum*, PETI, phytoremediation*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, termasuk dari sektor pertambangan yang menghasilkan berbagai mineral seperti batu bara, emas, koalin, pasir, batu mulia, bentonit, dan batu gamping. Namun, pemanfaatan sumber daya tersebut sering kali dilakukan tanpa mematuhi peraturan yang berlaku atau bahkan secara ilegal. Menurut KKI- Warsi (2022) bahwa luas area yang mengalami kerusakan akibat pertambangan emas ilegal di Provinsi Jambi mencapai sekitar 45.896 hektar, dengan tingkat kerusakan terbesar kedua terjadi di Kabupaten Merangin. Berdasarkan hasil sinkronisasi data investaris PETI, tercatat terdapat 18 lokasi PETI berada dalam wilayah kontrak karya (KK) dan izin usaha pertambangan (IUP), sementara aktivitas PETI di luar wilayah izin usaha pertambangan (WIUP) tersebar pada 13 provinsi, termasuk Provinsi Jambi (Kementerian ESDM, 2020). Ridwansyah *et al.*, (2020) melaporkan bahwa sekitar 47% kegiatan pertambangan emas di Kabupaten Merangin merupakan aktivitas ilegal, dan 32% diantaranya telah menyebabkan kerusakan lingkungan, termasuk di Desa Teluk Sikumbang, Kecamatan Muara Siau. Setelah kegiatan penambangan, tercatat tiga area bekas tambang dengan luasan masing-masing 1,5 ha (2019), 1,8 ha (2020), dan 6 ha (2021). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya upaya revegetasi dan rehabilitasi lahan untuk memulihkan fungsi ekologis wilayah pasca tambang.

Kegiatan pertambangan emas tanpa izin (PETI) menyebabkan degradasi lahan yang serius, ditandai dengan kondisi fisik tanah yang menjadi kompak terganggunya aerasi dan tata air tanah serta menurunnya produktivitas lahan dan pertumbuhan vegetasi (Tuheteru *et al.*, 2021). Selain itu, tanah pasca tambang menunjukkan kandungan merkuri (Hg) rata-rata 2,4-4,17 ppm, pH tanah yang masam, dan kekurangan unsur hara dan vegetasi (Aryanti & Hera, 2019)). Menurut Hindersah *et al.* (2018) bahwa tanah pasca tambang emas juga memiliki kapasitas tukar kation (KTK), fosfor, kalium, kejenuhan basa, dan C-organik yang rendah, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Salah satu pendekatan yang potensial dalam mempercepat pemulihan lahan terdegradasi adalah melalui fitoremediasi, yaitu

pemanfaatan tanaman untuk menurunkan, menstabilkan, atau menyerap logam berat dari tanah tercemar. Penggunaan tanaman hiperakumulator dianggap mampu mengembalikan fungsi tanah yang tercemar logam berat menjadi lebih baik (Widyasari, 2021). Efektivitas fitoremediasi meningkat dengan adanya simbiosis tanaman hiperakumulator dengan fungi mikoriza arbuskula (FMA). FMA berperan berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara, terutama fosfor (P), memperluas permukaan serapan akar serta membantu detoksifikasi logam berat di rizosfer melalui pengikatan ion logam dan pembentukan senyawa kompleks. Selain itu, FMA juga berkontribusi dalam memperbaiki struktur tanah pasca tambang, meningkatkan agregasi tanah, dan mempercepat kolonisasi akar tanaman pionir (christofer *et al.*, 2022). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan FMA di lahan pasca PETI serta hubungannya dengan keberadaan tanaman fitoremediator dalam mendukung kegiatan rehabilitasi melalui fitoremediasi.

## METODE

### *Waktu dan Tempat Penelitian*

Penelitian dilakukan pada bulan Juli sampai September 2025. Lokasi penelitian dilaksanakan pada areal pasca penambangan emas (PETI) di Desa Teluk Kabupaten Merangin, laboratorium Pendidikan WBS Padang, dan Laboratorium Silvikultur UNJA.

### *Alat dan Bahan Penelitian*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tanah *top soil*, larutan Melzer's, larutan PVLG, aquades, medium Pepton, Reagen Nessler, *Chromolaena odorata*, *Cyperus odoratus*, *Melastoma malabathricum* L, sampel serasah, sampel tumbuhan bawah. Alat yang digunakan meliputi bor tanah, sekop, thermohyrometer, pH meter, parang, plastik kedap udara, tali, *cooler box*, *erlenmeyer*, pipit tetes, mikropipet, porcelain *plate*, *ring* tanah, saringan bertingkat 250  $\mu\text{m}$ , 53  $\mu\text{m}$ , dan 38  $\mu\text{m}$ , *beaker glass*, tabung *sentrifuge*, cawan petri, kaca *preparate*, kaca penutup, mikroskop stereo binokuler, dan botol sampel tanah.

### *Prosedur Penelitian*

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* untuk menentukan titik sampel, di mana pengambilan sampel tanah dilakukan pada lahan pasca penambangan emas tanpa izin (PETI) berdasarkan tahun dibukanya penambangan dan di bawah tegakan tanaman fitoremediasi. Penelitian ini dilaksanakan dalam 3 tahap, yaitu tahap pertama dilakukan pengambilan sampel tanah di lahan PETI tahun 2019, 2020, 2021, dan kontrol, masing-masing di bawah tegakan *Melastoma malabathricum*, *Cyperus odoratus*, dan *Chromolaena odorata* sehingga diperoleh total sampel 12 sampel. Tahap kedua adalah analisis sifat fisik tanah, di mana sampel tanah yang diambil di lapangan kemudian dianalisis di laboratorium meliputi parameter tekstur tanah. Tahapan terakhir adalah uji laboratorium untuk menghitung kepadatan dan kekayaan spora FMA.

### *Teknik analisis data*

Data hasil penelitian dianalisis dan disajikan secara deskriptif bertujuan untuk menggambarkan dan mendeskripsikan yang terjadi pada saat penelitian dilakukan. Penyajian hasil analisis data disajikan dalam bentuk tabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi tanah pasca tambang yang marginal mengakibatkan tidak semua vegetasi dapat tumbuh dan adaptif pada kondisi tersebut. Keberadaan mikroorganisme dalam tanah dan jenis vegetasi di atasnya memengaruhi perkembangan tanah. Tanah sendiri terdiri dari campuran mineral dan bahan organik yang memiliki kapasitas untuk menerima bahan atau material tambahan dari luar. Tekstur tanah adalah perbandingan relatif tiga golongan besar fraksi tanah, yaitu pasir, debu, dan liat dalam satu masa tanah. Hasil analisis tekstur tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Tekstur Tanah di lahan PETI

Tahun PETI	Tekstur tanah (%)			Kelas Tekstur Tanah (USDA)
	Pasir	Debu	Liat	
2019	35.83	21.76	42.41	Clay (tanah liat)
2020	24.97	31.08	43.95	Clay (tanah liat)
2021	25.38	29.50	45.12	Clay (tanah liat)
Kontrol	31.33	20.11	48.56	Clay (tanah liat)

Hasil analisis menunjukkan bahwa tekstur tanah pada seluruh tahun dibukanya penambangan dan kontrol memiliki nilai persentase liat yang tinggi terlihat pada tiga fraksi tekstur tanah, sehingga rata-rata kelas tekstur tanah setiap tahun termasuk dalam kategori liat. Nilai rata-rata persentase liat pada tahun 2019, 2020, dan 2021 berturut-turut adalah 42.41%, 43.95 % dan 45.12 % dan tertinggi ada pada kontrol sebesar 48.56%. Tanah yang terlalu liat mengakibatkan prositas rendah, aerasi terbatas, dan pasitas retensi air tinggi sehingga mempengaruhi ketersediaan air dan unsur hara dalam tanah serta mobilitas logam berat di lahan pasca PETI (Osman, 2013). Tekstur tanah yang liat juga menyebabkan kepadatan pori tanah menjadi lebih kecil, yang menghalangi pertumbuhan akar sehingga menyebabkan kurangnya nutrisi, yang mengurangi jumlah bahan organik dan menurunkan nilai bulk density.

Kandungan liat yang tinggi cenderung meningkatkan akumulasi logam berat seperti Fe, Al, dan Pb akibat kemampuan koloid liat mengadsorpsi ion logam sehingga berpotensi toksik bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini menjadikan tanah liat berpotensi sebagai penyimpan kontaminan. Namun, kemampuan tanaman fitoremediasi seperti *Melastoma malabathricum*, *Chromolaena odorata*, dan *Cyperus odoratus* dapat beradaptasi karena bersifat hiperakumulator yang dapat membantu menurunkan kadar logam beracun dalam tanah. Selain itu keberadaan fungi mikoriza arbuskula (FMA) berperan meningkatkan adaptasi tanaman. FMA merupakan kelompok jamur dari Glomeromycota (Smith & Read, 2008) dan keberadaannya dipengaruhi oleh berbagai sifat kimia tanah, terutama nilai pH (Bainard *et al.*, 2015; Tuheteru *et al.*, 2023) dan jenis inangnya. Menurut (Shi *et al.*, 2023) dan (Hasheem ) menyatakan bahwa kolonisasi FMA pada akar tanaman dapat meningkatkan penyerapan hara dalam tanah. Hasil analisis jumlah spora FMA pada lahan PETI di bawah tegakan tanaman fitoremediasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis jumlah spora FMA di lahan PETI di bawah tegakan tanaman fitoremediasi

Tahun PETI	Tanaman Fitoremediasi	Jumlah spora mikoriza (per 50 gr tanah)
2019	<i>Melastoma malabathricum</i>	37
	<i>Chromolaena odorata</i>	8
	<b>Total</b>	<b>45</b>
2020	<i>Melastoma malabathricum</i>	30
	<i>Chromolaena odorata</i>	11
	<i>Cyperus odoratus</i>	32
<b>Total</b>	<b>73</b>	
2021	<i>Melastoma malabathricum</i>	29
	<i>Chromolaena odorata</i>	12
	<i>Cyperus odoratus</i>	21
<b>Total</b>	<b>62</b>	

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat variasi jumlah spora FMA pada tahun pembukaan PETI dan jenis tanaman fitoremediasi. Jumlah spora FMA tertinggi ditemukan pada tahun 2020 (73 spora), diikuti tahun 2021 (62 spora), dan tahun 2019 (45 spora). Peningkatan jumlah spora pada tahun 2020 diduga terkait dengan meningkatnya keragaman jenis tanaman fitoremediasi, terutama dengan kehadiran *C. odoratus* yang mampu berasosiasi baik dengan FMA pada kondisi tanah liat. Secara umum, *M. malabathricum* menunjukkan jumlah spora tertinggi di antara jenis lainnya pada setiap tahun pembukaan PETI dengan jumlah sebesar 37 spora (tahun 2019), 30 spora (tahun 2020), dan 29 spora

(tahun 2021). Hal ini menunjukkan bahwa spesies *M. malabathricum* memiliki tingkat kolonisasi mikoriza tertinggi, sesuai kemampuannya sebagai tanaman hiperakumulator yang toleran terhadap kondisi tanah terdegradasi dengan kandungan logam berat yang tinggi. Menurut (Khairil & Burslem, 2018) menyatakan bahwa *M. malabathricum* memiliki kemampuan adaptif tinggi terhadap logam berat. Tanaman ini mampu mendepositkan logam Pb pada dinding sel setelah diserap oleh akar sehingga logam tersebut terlokalisasi dan tidak menyebabkan toksisitas pada jaringan tanaman. Selain itu, meskipun logam Al bersifat toksik dan menghambat pertumbuhan tanaman, akan tetapi pada *M. malabathricum*, unsur ini justru merangsang efisiensi pertumbuhan dan penyerapan unsur hara.

Kombinasi kemampuan adaptasi *M. malabathricum* terhadap tanah terdegradasi dengan aktivitas simbiosis FMA menjadikan sistem yang efektif untuk fitoremediasi lahan pasca PETI. FMA membantu meningkatkan penyerapan hara dan menurunkan ketersediaan logam berat yang toksik, sementara tanaman hiperakumulator seperti *M. malabathricum*, *C. odorata*, dan *C. odoratus* berperan dalam menstabilkan logam di tanah dan memperbaiki struktur tanah melalui aktivitas biologis di zona perakaran. Interaksi sinergis tersebut membentuk sistem rehabilitasi alami yang mendukung pemulihan fungsi ekologis tanah pasca tambang.

### KESIMPULAN

Tanah pasca tambang emas (PETI) memiliki tekstur liat. Jumlah spora tertinggi ditemukan pada tahun 2020, terutama di bawah tegakan *M. malabathricum* dan *C. odoratus* dengan total 73 spora per 50 g tanah. *M. malabathricum* menunjukkan kemampuan adaptasi tinggi terhadap kondisi tanah terdegradasi, terutama pada lingkungan yang terpapar logam berat. Interaksi sinergis antara FMA dan tanaman hiperakumulator berperan penting dalam memulihkan kualitas biologis tanah, sehingga pemanfaatan tumbuhan fitoremediasi bersimbiosis FMA menjadi strategis yang efektif dan berkelanjutan untuk mendukung rehabilitasi lahan pasca tambang emas tanpa izin.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih atas pendanaan untuk penelitian ini yang didukung oleh Dana PNBP Fakultas Universitas Pertanian Jambi Tahun 2025 pada skema Penelitian Dasar dengan nomor kontrak: 626/UN21.11/PT.01.05/SPK/2025 berdasarkan SK Rektor Universitas Jambi Nomor: 1717/UN21/PT/2025

### REFERENSI

- Aryanti, E., & Hera, N. (2019). Sifat Kimia Tanah Area Pasca Tambang Emas: (Studi Kasus Pertambangan Emas Tanpa Izin di Kenegerian Kari Kecamatan Kuantan Tengah, Kabupaten Kuantan Singingi). *Jurnal Agroteknologi*, 9(2), 21. <https://doi.org/10.24014/ja.v9i2.5681>
- Bainard, L. D., Dai, M., Gomez, E. F., Torres-Arias, Y., Bainard, J. D., Sheng, M., Eilers, W., & Hamel, C. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungal communities are influenced by agricultural land use and not soil type among the Chernozem great groups of the Canadian Prairies. *Plant and Soil*, 387(1–2), 351–362. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2288-1>
- Christofer, F., Sari, S. P., Sapulette, K., Anggayni, M., Hutagalung, E., Irawati, W. (2022). Mikorizoremediasi: Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Meningkatkan Kemampuan Penyerapan Logam pada Tanaman Hiperakumulator di Lahan Pertambangan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 23(1): 118-125.
- Hashem, A., Abd\_Allah, E. F., Alqarawi, A. A., & Egamberdieva, D. (2016). Bioremediation of adverse impact of cadmium toxicity on *Cassia italica* Mill by arbuscular mycorrhizal fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(1), 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.007>
- Hindersah, R., Risamasu, R., Kalay, A. M., Dewi, T., & Makatita, I. (2018). Mercury contamination in soil, tailing and plants on agricultural fields near closed gold mine in Buru Island, Maluku. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 5(2), 1027–1034. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2018.052.1027>

- Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. (2020). *PerMen ESDM Nomor 2 Tahun 2020*. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Khairil, M., & Burslem, D. F. R. P. (2018). Controls on foliar aluminium accumulation among populations of the tropical shrub *Melastoma malabathricum* L. (Melastomataceae). *Tree Physiology*. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpy082>
- [KKI-Warsi] Komunitas Konservasi Indonesia Waarsi. (2022). *Kian Meluas, Areal PETI di Provinsi Jambi Capai 45.896 Hektar*. IMCNews.
- Osman, K. T. (2013). *Forest Soils*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02541-4>
- Ridwansyah, M., Hidayat, S., Heriberta, & Anwar, N. (2020). Water Pollution, Income Loss and Health Impact as Externalities from Illegal Gold Mining: A Case Study from Two Districts in Jambi Province, Indonesia. *International Journal of Innovation, Creativity and Chang*, 12(3), 211–224.
- Shi, J., Wang, X., & Wang, E. (2023). Mycorrhizal Symbiosis in Plant Growth and Stress Adaptation: From Genes to Ecosystems. *Annual Review of Plant Biology*, 74(1), 569–607. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-061722-090342>
- Smith, S. E., & Read, D. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6>
- Tuheteru, E. J., Tuheteru, F. D., Hartami, P. N., Burhannudinnur, M., Prakoso, S., Husna, H., Albasri, A., & Asraria, D. (2023). Soil properties change, and arbuscular mycorrhizal fungi associated with plants growing on the post-gold mining land of Bombana, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 11(1), 4863. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2023.111.4863>
- Tuheteru, F. D., Husna, Basrudin, Arif, A., Albasri, & Mustafa, I. (2021). Vegetation composition in gold post-mining land of PT. Sultra Utama Nickel, Bombana District. *IOP Conference Series: Earth and Environmental*
- Widyasari, N. L. (2021). Kajian Tanaman Hiperakumulator pada Teknik Remediasi Lahan Tercemar Logam Berat. *Ecocentrism*, 1(1), 17–24.