

KERAGAMAN CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULA PADA EKOSISTEM LAHAN PASCATAMBANG KAOLIN DAN HUTAN KERANGAS DI KABUPATEN BELITUNG

MUHAMMAD HILMAN AULIA



**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Keragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula pada Ekosistem Lahan Pascatambang Kaolin dan Hutan Kerangas di Kabupaten Belitung” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2025

Muhammad Hilman Aulia
G3501222014



RINGKASAN

MUHAMMAD HILMAN AULIA. Keragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula pada Ekosistem Lahan Pascatambang Kaolin dan Hutan Kerangas di Kabupaten Belitung. Dibimbing oleh NAMPIAH SUKARNO, RIKA INDRI ASTUTI, dan ADI YULANDI.

Mikoriza Arbuskula (MA) ialah simbiosis mutualisme antara cendawan Glomeromycota dan akar tumbuhan yang bermanfaat dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan karakteristik tanah. Cendawan ini berasosiasi dengan hampir seluruh spesies tumbuhan pada berbagai ekosistem. Namun, aktivitas pertambangan seperti kaolin di Belitung menyebabkan gangguan tanah yang menurunkan keragaman CMA (Cendawan Mikoriza Arbuskula) dan vegetasi di atasnya. Restorasi ekologis lahan pascatambang memerlukan pemahaman status dan keragaman CMA baik secara morfologi dari spora di rizosfer maupun molekuler dari miselia pada akar yang terkolonisasi. Penelitian ini mengkaji keragaman komunitas MA secara morfologi dan molekuler pada lahan pascatambang kaolin dan hutan alami di sekitarnya sebagai pembandingan.

Sampel rizosfer dari 16 tumbuhan yang tersebar di tiga ekosistem dibuat kultur pot penangkaran menggunakan tanaman inang *Pueraria javanica*. Analisis kolonisasi akar *P. javanica* dilakukan dengan pewarnaan akar menggunakan larutan biru tripan. Spora CMA diisolasi dengan teknik penyaringan basah dan diinokulasikan pada akar *P. javanica* yang ditumbuhkan dalam cawan petri plastik berisi zeolit steril untuk memperoleh kultur spora tunggal. Morfologi spora diidentifikasi berdasarkan karakteristik bentuk, warna, ukuran, lapisan dinding sel, ornamentasi, serta hifa yang melekat pada dinding spora. Analisis molekuler dilakukan menggunakan sekuensing SSU rRNA dari akar (metagenomik-NGS) dan kultur spora tunggal (Sanger sequencing) untuk mengevaluasi profil keragaman CMA.

Kolonisasi akar *P. javanica* oleh CMA menunjukkan peningkatan dari ekosistem lahan pascatambang ke hutan kerangas. Analisis metagenomik berbasis NGS pada sampel akar berhasil mengidentifikasi 33 ASV Glomeromycota yang terdiri atas lima genus yaitu *Acaulospora*, *Ambispora*, *Glomus*, *Paraglomus*, dan *Rhizophagus*. Hasil identifikasi morfologi spora menemukan sembilan spesies yang terdiri atas *A. foveata*, *A. mellea*, *A. longula*, *C. claroideum*, *G. ambisporum*, *G. albida*, *G. decipiens*, *G. margarita*, dan *R. gregaria*. Dua pendekatan analisis menghasilkan pola komposisi dan keragaman komunitas CMA yang berbeda. Ekosistem hutan kerangas dan ekoton menunjukkan kekayaan dan keragaman CMA yang lebih tinggi dibandingkan lahan pascatambang kaolin. Isolasi kultur spora tunggal menghasilkan tingkat sporulasi cendawan yang rendah, namun bermanfaat untuk konfirmasi identitas spesies melalui analisis molekuler dan filogenetik. Keseluruhan hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa komunitas CMA peka terhadap gangguan penggunaan lahan. Studi ini menegaskan pentingnya integrasi pendekatan morfologi dan molekuler untuk memahami keragaman CMA serta mendukung pemanfaatannya sebagai bioinokulan dalam restorasi lahan terdegradasi.

Kata kunci: analisis metagenomik, lahan pascatambang, morfologi, spora CMA, SSU rRNA

SUMMARY

MUHAMMAD HILMAN AULIA. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Kaolin Post-Mining Land and Heath Forest Ecosystems in Belitung Regency. Supervised by NAMPIAH SUKARNO, RIKA INDRI ASTUTI, and ADI YULANDI.

Arbuscular Mycorrhiza (AM) is a mutualistic symbiosis between Glomeromycota fungi and plant roots that enhances plant growth and soil characteristics. The fungi associate with nearly all plant species across various ecosystems. However, mining activities such as kaolin extraction in Belitung cause soil disturbance that reduces the AMF (Arbuscular Mycorrhizal Fungi) and vegetation diversity grown in the ecosystem. Ecological restoration of post-mining land requires understanding of the AMF status and diversity, both through spore morphology characteristics in the rhizosphere and molecular analysis of colonized roots. This study examines the morphological and molecular diversity of AMF community profiles in kaolin post-mining areas and to compare them with the ecotone and adjacent natural forests.

Rhizosphere samples from 16 plant species across three ecosystems were used to establish pot trap cultures using *Pueraria javanica*. Root colonization analysis of *P. javanica* was conducted by staining the roots with trypan blue. To obtain single-spore cultures, AMF spores were isolated using a wet sieving technique and inoculated onto *P. javanica* roots grown in sterile zeolite-filled plastic petri dishes. Spore morphology was identified based on shape, colour, size, wall layer structure, ornamentation, and hyphae attached to the spore wall. Molecular analysis was conducted using SSU rRNA sequencing from both root samples (metagenomics-NGS) and single-spore cultures (Sanger sequencing) to assess AMF diversity profile.

Root colonization of *P. javanica* by AMF showed an increasing trend from post-mining land to heath forest ecosystems. NGS-based metagenomic analysis of root samples identified 33 ASVs of Glomeromycota comprising five genera namely *Acaulospora*, *Ambispora*, *Glomus*, *Paraglomus*, and *Rhizophagus*. Spore morphological identification revealed nine species of AMF such as *A. foveata*, *A. mellea*, *A. longula*, *C. claroideum*, *G. ambisporum*, *G. albida*, *G. decipiens*, *G. margarita*, and *R. gregaria*. The two approaches resulted in different patterns of AMF community composition and diversity, with heath forest and ecotone areas showing higher AMF richness and diversity compared to post-mining land. Single-spore cultures obtained showed low sporulation rates, however, the cultures helped to confirm species identity through molecular and phylogenetic analyses. Overall, the results indicate that the AMF communities are sensitive to land-use disturbances. This study highlights the importance of integrating morphological and molecular approaches to understand the AMF diversity better and support their utilization as bioinoculants in degraded land restoration efforts.

Keywords: AMF spore, metagenomic analysis, morphology, post-mining land, SSU rRNA



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

KERAGAMAN CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULA PADA EKOSISTEM LAHAN PASCATAMBANG KAOLIN DAN HUTAN KERANGAS DI KABUPATEN BELITUNG

MUHAMMAD HILMAN AULIA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Mikrobiologi

**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Keragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula pada Ekosistem
Lahan Pascatambang Kaolin dan Hutan Kerangas di Kabupaten
Belitung
Nama : Muhammad Hilman Aulia
NIM : G3501222014

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Nampiah Sukarno



Pembimbing 2:
Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si.



Pembimbing 3:
Dr. Adi Yulandi, S.Si., M.T.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S.
NIP 19620327 198703 2 001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 19780723 200701 1 001



Tanggal Ujian:
25 Juli 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Alhamdulillah, puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2023 sampai bulan November 2024 ini ialah Mikoriza Arbuskula, dengan judul Keragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula pada Ekosistem Lahan Pascatambang Kaolin dan Hutan Kerangas di Kabupaten Belitung.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada yang terhormat: Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Nampiah Sukarno selaku pembimbing I, Ibu Dr. Rika Indri Astuti, S.Si, M.Si. selaku pembimbing II, dan Bapak Dr. Adi Yulandi, S.Si., M.T. selaku pembimbing III dalam mencurahkan ilmu pengetahuan kepada penulis, saran, koreksi dan motivasi sehingga karya tulis ini dapat terselesaikan

Terima kasih kepada Rektor dan Dekan SPs IPB yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan program Magister di Sekolah Pascasarjana IPB. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Belitung dan Bapak Meggi Rhomadona atas izin dan bantuan dalam pengambilan sampel. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas beasiswa Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), dan juga kepada Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S., Dr. Kartini Kramadibrata, dan jajaran Dosen Program Studi Mikrobiologi atas saran dan kritik yang membangun baik secara langsung dan tidak langsung terhadap studi penulis dan penyusunan tesis. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta adik-adik penulis serta seluruh keluarga besar atas segala doa, materi, dan kasih sayang. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada teman-teman mikologi dan mikrobiologi 2022 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu namanya atas bantuan dan doanya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Muhammad Hilman Aulia

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Cendawan Mikoriza Arbuskula	4
2.2 Hutan Kerangas dan Lahan Pascatambang Kaolin	5
2.3 Analisis Metagenomik berbasis <i>Marker Gene</i>	5
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2 Kerangka Penelitian	8
3.3 Alat dan Bahan	8
3.4 Prosedur Kerja	9
3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah, Biji, dan Data Lingkungan	9
3.4.2 Pembuatan Pot Penangkaran Spora	10
3.4.3 Analisis Kolonisasi Akar	10
3.4.4 Analisis Metagenomik	10
3.4.5 Penyaringan Spora	11
3.4.6 Identifikasi Morfologi Spora	11
3.4.7 Analisis Keragaman Spora	11
3.4.8 Pembuatan Kultur Spora Tunggal	12
3.4.9 Identifikasi Molekuler Spora	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Hasil	14
4.1.1 Inventarisasi Tumbuhan dan Data Lingkungan	14
4.1.2 Analisis Kolonisasi Akar	15
4.1.3 Analisis Metagenomik	16
4.1.4 Identifikasi Morfologi Spora	20
4.1.5 Analisis Keragaman Spora	29
4.1.6 Pembuatan Kultur Spora Tunggal	30
4.1.7 Identifikasi Molekuler Spora	33
4.2 Pembahasan	34
V SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.