

APLIKASI MIKORIZA DAN LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SERTA PENGURANGAN DOSIS PUPUK NPK PADA KELAPA SAWIT

DWI DIAR ARIADI



**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- 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.



— Bogor Indonesia —

IPB University

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Aplikasi Mikoriza dan Limbah Padat Kelapa Sawit serta Pengurangan Dosis Pupuk NPK pada Kelapa Sawit adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. 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 dibagian akhir tesis ini.

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

Bogor, Juni 2026

Dwi Diar Ariadi
P0501222031

- 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.



RINGKASAN

DWI DIAR ARIADI. Aplikasi Mikoriza dan Limbah Padat Kelapa Sawit serta Pengurangan Dosis Pupuk NPK pada Kelapa Sawit. Dibimbing oleh RAHAYU WIDYASTUTI dan MARIA VIVA RINI.

Budidaya kelapa sawit dilakukan secara monokultur dan menggunakan bahan kimia pupuk maupun herbisida secara terus menerus yang berdampak pada kesehatan tanah. Salah satu upaya mengurangi pupuk kimia adalah penggunaan pupuk hayati seperti fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan pupuk organik yang berasal dari limbah padat kelapa sawit seperti tandan kosong, kompos maupun biochar.

Penelitian ini bertujuan mengetahui (i) pengaruh kombinasi dosis mikoriza, berbagai limbah padat kelapa sawit dan pengurangan dosis pupuk NPK terhadap perbaikan sifat biologi, kimia, fisika tanah, tinggi tanaman, kandungan hara daun dan klorofil daun kelapa sawit, (ii) pengaruh aplikasi Mikoriza dengan berbagai limbah padat kelapa sawit terhadap efisiensi pemupukan, (iii) jenis spora FMA tanah perlakuan, spora FMA lokal dan spora FMA komersil. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dengan 3 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah dosis mikoriza yaitu 0, 250 g, dan 350 g, faktor kedua yaitu bahan organik tandan kosong kelapa sawit, kompos, biochar, dan faktor ketiga adalah dosis pupuk NPK 12:12:17 100 % dosis dan 50 % dosis rekomendasi. Parameter pengamatan biologi tanah yaitu tingkat kolonisasi akar mikoriza, jumlah spora mikoriza, serta populasi bakteri dan fungi, sedangkan pengamatan sifat kimia tanah meliputi pH, C-organik, kadar N, P, K, dan KTK tanah. Parameter fisika tanah dilakukan terhadap stabilitas agregat tanah. Pengamatan pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman, analisis hara N, P, K pada jaringan daun, dan kandungan klorofil daun. Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis secara statistik menggunakan uji Analysis of Variance (ANOVA). Jika hasil uji F pada taraf $\alpha=5\%$ menunjukkan adanya pengaruh signifikan, maka analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh kombinasi faktor perlakuan terhadap kolonisasi akar, jumlah spora, total populasi mikrob, kandungan kimia tanah berupa N, P tersedia, K, C-organik, pH, KTK, tinggi tanaman, kandungan klorofil daun, kandungan hara daun, serta kemantapan agregat tanah. Pemberian dosis mikoriza 250 g berpengaruh nyata terhadap tingkat kolonisasi akar oleh FMA yaitu sebesar 16,55% dan terhadap kandungan klorofil daun sebesar 66,9 SPAD. Pemberian bahan organik kompos berpengaruh nyata terhadap jumlah spora FMA yaitu sebesar 614,16 spora/50 g tanah. Pemberian pupuk dosis 50% memberikan respon tinggi tanaman, kandungan klorofil daun, dan hara daun yang sama dengan dosis 100%. Identifikasi molekuler menunjukkan isolat FMA tanah perlakuan adalah *Acaulospora koreana/Acaulospora mellea*, isolat FMA lokal adalah *Scutelospora cerradensis/Dentiscutata colliculosa* dan *Acaulospora longula*, dan isolat FMA komersil adalah *Rhizophagus intraradices*.

Kata kunci: bahan organik, kimia tanah, pupuk hayati, pupuk NPK



SUMMARY

DWI DIAR ARIADI. Application of Mycorrhiza and Palm Oil Solid Waste to Reducing NPK Fertilizer Doses on Palm Oil. Supervised by RAHAYU WIDYASTUTI and MARIA VIVA RINI.

Oil palm cultivation is carried out in monoculture using chemicals fertilizer and herbicide which is carried out continuously and has an impact on soil health. One effort to reduce the chemical fertilizers is by using biological fertilizers such as arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) and organic fertilizers derived from solid palm oil waste such as empty fruit bunches, compost and biochar.

This research aims to determine (i) the effect of combination mycorrhizal dose with palm oil solid wastes and reducing the dose of NPK fertilizer on improving biological, chemical, and physical soil properties, plant height, leaf nutrient content and chlorophyll of oil palm leaves, (ii) the effect of mycorrhiza application with various palm oil solid waste on fertilization efficiency, (iii) find out the type of AMF spores in the treated soil, local AMF spores and commercial AMF spores. The study used a factorial randomized block design with 3 factors and 3 replications. The first factor is the mycorrhizal dose, namely 0, 250 g and 350 g, the second factor is the organic material of empty palm fruit bunches, compost and biochar and the third factor is the NPK 12 fertilizer dose, namely 100% of the recommended dose and 50% of the recommended dose. The soil biological observation parameters were the level of mycorrhizal root colonization, the number of mycorrhizal spores, bacteria and fungi populations, while observations of the soil chemical properties include pH, organic carbon, N, P, K content, and soil CEC. The soil physical parameters were carried out on the stability of soil aggregates. Observation of plant growth includes plant height, N, P, K nutrient analysis in leaf tissue, and leaf chlorophyll content. The data obtained from the study were analyzed statistically using the Analysis of Variance (ANOVA) test. If the results of the F test at the $\alpha = 5\%$ level indicated a significant effect, then the analysis was continued with the Honestly Significant Difference (HSD) test at the 5% level.

The results of the study showed that there was no significant effect of the combination of treatment factors on root colonization, spore count, total microbial population, soil chemical properties of N, available P, K, organic C, pH, CEC, plant height, leaf chlorophyll content, leaf nutrient content (N, P, K), and soil aggregate stability. The application of 250 g mycorrhizal had a significant effect on the level of AMF root infection, which reached 16,55 % and on leaf chlorophyll content which was 66,9 SPAD. Compost organic matter had a significant effect on the number of AMF spores, which was 614,16 spores/50 g of soil. 50% dose of fertilizer gives the same response in plant height, leaf chlorophyll content, and leaf nutrients as a 100% dose. Molecular identification revealed *Acaulospora koreana/Acaulospora mellea* in treated soil, *Scutellospora cerradensis/Dentiscutata colliculosa*, and *Acaulospora longula* in local inoculum, and *Rhizophagus intraradices* in commercial inoculum.

Keywords: biological fertilizer, NPK fertilizer, organic matter, soil chemical



@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, tahun 2026
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 apapun 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.

APLIKASI MIKORIZA DAN LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SERTA PENGURANGAN DOSIS PUPUK NPK PADA KELAPA SAWIT

DWI DIAR ARIADI

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

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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 : Aplikasi Mikoriza dan Limbah Padat Kelapa Sawit serta
Pengurangan Dosis Pupuk NPK pada Kelapa Sawit
Nama : Dwi Diar Ariadi
NIM : P0501222031

Disetujui oleh

Pembimbing 1 :
Dr. Dra. Rahayu Widyastuti, M.Sc.Agr.

Pembimbing 2 :
Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Bioteknologi :
Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.
NIP. 196204191989031001

Dekan Sekolah Pascasarjana :
Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.
NIP. 196607281991031002

Tanggal Ujian: 27 April 2026

Tanggal Lulus: 18 JUN 2026



@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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah pengaruh mikoriza dan bahan organik, dengan judul tesis “ Aplikasi mikoriza dan Limbah Padat Kelapa Sawit serta Pengurangan Pupuk NPK pada Kelapa Sawit” yang dilaksanakan pada bulan Januari–Agustus 2024.

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing, Dr. Dra. Rahayu Widyastuti, M.Sc.Agr. dan Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D. yang telah banyak membimbing dan memberikan saran terkait penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada berbagai pihak terutama PT. Bumitama Gunajaya Agro yang telah memberikan tempat dan biaya selama penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan untuk kedua orang tua, istri, anak, pimpinan serta rekan-rekan yang telah memberikan dukungan, doa serta motivasi.

Penulis mengetahui masih banyak terdapat kekurangan dalam tesis ini, sehingga kritik dan saran diharapkan oleh penulis agar dapat menjadi koreksi untuk menjadi lebih baik lagi. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Dwi Diar Ariadi



@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 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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dengan Berbagai Jenis Bahan Organik	5
2.1.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit	6
2.1.2 Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit	7
2.1.3 <i>Biochar</i>	7
2.2 Keragaman dan Populasi FMA pada Kelapa Sawit	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.3.1 Rancangan Percobaan	9
3.3.2 Diagram Alir Penelitian	9
3.3.3 Persiapan Bahan Penelitian	11
3.3.4 Pelaksanaan Penelitian	11
3.3.5 Parameter Pengamatan	12
3.4 Analisis Data	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Hasil Analisis Sidik Ragam	17
4.2 Hasil Analisis Tanah Awal	17
4.3 Hasil Analisis Hara Daun	18
4.4 Pengaruh Dosis Mikoriza, Jenis Bahan Organik, dan Dosis Pupuk terhadap Parameter Biologi	19
4.4.1 Pengaruh Dosis Mikoriza Terhadap Kolonisasi Akar, Jumlah Spora dan Populasi Mikrob	19
4.4.2 Pengaruh Jenis Bahan Organik Terhadap Kolonisasi Akar, Jumlah Spora dan Populasi Mikrob	21
4.4.3 Pengaruh Dosis Pupuk Terhadap Kolonisasi Akar, Jumlah Spora dan Populasi Mikrob	23
4.5 Pengaruh Dosis Mikoriza, Jenis Bahan Organik, dan Dosis Pupuk terhadap Sifat Kimia Tanah	24
4.5.1 Pengaruh Dosis Mikoriza Terhadap Sifat Kimia Tanah N, P tersedia, K, KTK, C Organik, dan pH Tanah	24
4.5.2 Pengaruh Jenis Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah N, P tersedia, K, KTK, C Organik, dan pH Tanah	25

4.5.3 Pengaruh Dosis Pupuk Terhadap Sifat Kimia Tanah N, P tersedia, K, KTK, C Organik, dan pH Tanah	27
4.6 Pengaruh Dosis Mikoriza, Jenis Bahan Organik, dan Dosis Pupuk terhadap Tinggi Tanaman, Kandungan Hara Daun dan Klorofil Daun	28
4.6.1 Pengaruh Dosis Mikoriza Terhadap Tinggi Tanaman, Kandungan Hara Daun dan Klorofil Daun	28
4.6.2 Pengaruh Jenis Bahan Organik Terhadap Tinggi Tanaman, Kandungan Hara Daun dan Klorofil Daun	29
4.6.3 Pengaruh Dosis Pupuk Terhadap Tinggi Tanaman, Kandungan Hara Daun dan Klorofil Daun	30
4.7 Pengaruh Dosis Mikoriza, Jenis Bahan Organik, dan Dosis Pupuk terhadap Indeks Kemantapan Agregat Tanah	31
4.8 Identifikasi Morfologi	33
4.9 Identifikasi Molekuler	37
4.10 Pembahasan Umum	39
V SIMPULAN DAN SARAN	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	53
RIWAYAT HIDUP	65

DAFTAR TABEL

1	Kombinasi perlakuan percobaan	10
2	Parameter dan metode analisis	15
3	Hasil analisis sidik ragam perlakuan	17
4	Hasil analisis awal biologi, kimia, dan fisika tanah	18
5	Hasil analisis hara daun sebelum dan sesudah perlakuan	18
6	Pengaruh dosis mikoriza terhadap kolonisasi akar, jumlah spora FMA dan populasi mikrob	19
7	Pengaruh jenis bahan organik terhadap kolonisasi akar, jumlah spora FMA dan populasi mikrob	22
8	Pengaruh dosis pupuk terhadap kolonisasi akar, jumlah spora dan populasi mikrob	23
9	Pengaruh dosis mikoriza terhadap sifat kimia tanah	24
10	Pengaruh jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah	25
11	Pengaruh dosis pupuk terhadap sifat kimia tanah	27
12	Pengaruh dosis mikoriza terhadap tinggi tanaman, kandungan hara daun dan klorofil daun	28
13	Pengaruh jenis bahan organik terhadap tinggi tanaman, kandungan hara daun dan klorofil daun	29
14	Pengaruh dosis pupuk terhadap tinggi tanaman, kandungan hara daun dan klorofil daun	31
15	Pengaruh dosis mikoriza, jenis bahan organik dan dosis pupuk terhadap indeks kemantapan agregat tanah	32
16	Karakteristik morfologi isolat FMA SP2 tanah	33
17	Karakteristik morfologi isolat FMA lokal SP6 dan SP8	34
18	Karakteristik morfologi isolat komersil FMA SP10	36
19	Akurasi identifikasi menggunakan BLAST	37

DAFTAR GAMBAR

1	Bagan alir penelitian	10
2	Denah aplikasi bahan organik dan mikoriza	12
3	Kolonisasi FMA pada akar sawit penelitian	20
4	Morfologi spora FMA SP2	34
5	Morfologi spora FMA SP6	35
6	Morfologi spora FMA SP8	35
7	Morfologi spora FMA SP10	36
8	Pohon filogenetik	48



DAFTAR LAMPIRAN

1	Denah percobaan	54
2	Hasil analisis statistik faktor tunggal	55
3	Sequence DNA spesies FMA	61
4	Aplikasi Perlakuan	64