

EKSPLORASI GEN FUNGSIONAL FUNGI PADA EKOSISTEM TANAH KEBUN PERCOBAAN KARET CIKABAYAN IPB DRAMAGA SECARA METAGENOMIK

FIRLI NUR ZAHRAH



**DEPARTEMEN BIOKIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Eksplorasi Gen Fungsional Fungi pada Ekosistem Tanah Kebun Percobaan Karet Cikabayan IPB Dramaga Secara Metagenomik” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juli 2026

Firli Nur Zahrah
G8401221080

- 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.



ABSTRAK

FIRLI NUR ZAHRAH. Eksplorasi Gen Fungsional Fungi pada Ekosistem Tanah Kebun Percobaan Karet Cikabayan IPB Dramaga Secara Metagenomik. Dibimbing oleh I MADE ARTIKA dan RAHADIAN PRATAMA.

Tanah merupakan ekosistem kompleks yang dihuni oleh beragam mikroorganisme, termasuk fungi yang berperan penting dalam siklus nutrisi dan dekomposisi bahan organik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi struktur komunitas dan potensi gen fungsional fungi pada tanah Kebun Percobaan Karet Cikabayan IPB menggunakan pendekatan metagenomik berbasis sekuensing *Oxford Nanopore* dan analisis bioinformatika. Hasil menunjukkan bahwa komunitas fungi didominasi oleh Ascomycota dengan variasi komposisi antar sampel. KRT2 memiliki keanekaragaman dan jumlah gen yang lebih tinggi dibandingkan KRT1, meskipun kedalaman sekuensing belum sepenuhnya jenuh. Analisis fungsional mengungkap dominasi gen yang terlibat dalam metabolisme dan transpor, serta mengidentifikasi gen *ACLY* yang terkait dengan biosintesis metabolit sekunder dan enzim CAZyme famili GH5 dan GH9 yang berperan dalam degradasi biomassa lignoselulosa. Selain itu, terdeteksi pula gen yang berasosiasi dengan respons stres dan adaptasi lingkungan.

Kata kunci : anotasi gen fungsional, degradasi biomassa, gen fungsional, metagenomik tanah, komunitas fungi

ABSTRACT

FIRLI NUR ZAHRAH. Exploration of Fungal Functional Genes in Soil Ecosystems of the Cikabayan IPB Rubber Experimental Field, Dramaga Using a Metagenomic Approach. Supervised by I MADE ARTIKA and RAHADIAN PRATAMA.

Soil is a complex ecosystem inhabited by diverse microorganisms, including fungi that play essential roles in nutrient cycling and organic matter decomposition. This study aimed to identify the fungal community structure and functional gene potential in soil from the Cikabayan Rubber Experimental Field, IPB University, using a metagenomic approach based on *Oxford Nanopore* sequencing and bioinformatics analysis. The results showed that the fungal community was dominated by Ascomycota, with variations in taxonomic composition among samples. Sample KRT2 exhibited higher diversity and a greater number of annotated genes than KRT1, although sequencing depth had not yet reached complete saturation. Functional annotation revealed the predominance of genes involved in metabolism and transport processes, as well as the presence of the *ACLY* gene associated with secondary metabolite biosynthesis and CAZyme enzymes belonging to the GH5 and GH9 families involved in lignocellulosic biomass degradation. In addition, genes related to stress response and environmental adaptation were detected.

Keywords : biomass degradation, functional genes, functional gene annotation, fungal community, soil metagenomics.



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 apa pun tanpa izin IPB.

EKPLORASI GEN FUNGSIONAL FUNGI PADA EKOSISTEM TANAH KEBUN PERCOBAAN KARET CIKABAYAN IPB DRAMAGA SECARA METAGENOMIK

FIRLI NUR ZAHRAH

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Biokimia

**DEPARTEMEN BIOKIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M.Si.
- 2 Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si.



Judul Skripsi : Eksplorasi Gen Fungsional Fungi pada Ekosistem Tanah Kebun
Percobaan Karet Cikabayan IPB Dramaga secara Metagenomik

Nama : Firli Nur Zahrah
NIM : G8401221080

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M. App. Sc
NIP. 196301171989031001

Pembimbing 2:

Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si., M.Si
NIP. 202208198902051001

Diketahui oleh

Ketua Departemen Biokimia:

Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M.Si.
NIP. 197709152005012002

Tanggal Ujian:
8 Mei 2026

Tanggal Lulus:

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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2025 hingga Januari 2026, dengan judul “Eksplorasi Gen Fungsional Fungi pada Ekosistem Tanah Kebun Percobaan Karet Cikabayan IPB Dramaga Secara Metagenomik”. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University. Penelitian ini terlaksana atas dukungan Dana Hibah Program Penelitian Dosen Muda Tahun Anggaran 2025 untuk Dr. Rahadian Pratama, dengan nomor 11599/IT3.D10/PT.01.03/P/B/2025, sehingga penulis dapat melaksanakan seluruh rangkaian penelitian hingga tahap penyusunan tugas akhir.

Proses penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan penghargaan, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M.App.Sc., selaku dosen pembimbing utama dan Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si, M.Si., selaku dosen pembimbing anggota atas segala bimbingan, arahan, kesabaran, motivasi, serta ilmu yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M.Si., dan Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si., selaku dosen penguji atas kritik, saran, dan masukan yang membangun demi penyempurnaan tugas akhir ini.
3. Terima kasih PaninBank dan Yayasan Satriabudi Dharma Setia (YSDS) atas dukungan fasilitas serta pemanfaatan instrumen laboratorium yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Kedua orang tua penulis, Suharno dan Nurma, atas kasih sayang, doa yang tiada henti, pengorbanan, kepercayaan, serta dukungan moral maupun material yang senantiasa menguatkan penulis dalam menyelesaikan pendidikan.
5. Kedua kakak penulis, Raffi Noersyah dan Siti Triani Rakhmirianti, serta adik penulis, Putri Al Zahira, atas doa, perhatian, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
6. Rekan-rekan satu tim penelitian dan bimbingan, Syahida Zulfa, Dyaning Sri, Ilham Zakaria, Nadya Shafina, Tillah Putri, Maryam, Annisa Moureen, Cheril Naulin, Sydney Pramadina, Farel Immanuel W. Purba, dan Salsabila Maharani Putri atas kebersamaan, diskusi, kerja sama, serta bantuan selama proses penelitian dan penyusunan tugas akhir.
7. Sahabat-sahabat terdekat penulis, Alya Ashanty Pandiangan, Sofia Balqis Khoirunnisa, Anggita Aziz Pratiwi, Aulia Rahma Fauzia, Nurul Rahma Khaerunisa, Siti Sulistiyani, Lulu Nabilah, Naura Fianti dan Devi Tulak Astuti, yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, semangat, serta menjadi tempat berbagi cerita selama perjalanan perkuliahan.



8. Sahabat-sahabat penulis sejak masa sekolah menengah pertama, Nasta Ainun Apriliani, Citra Septiyani, dan Mega Fadhillah, yang telah menjaga persahabatan selama bertahun-tahun serta memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan studi ini.

Hak cipta milik IPB University

9. Keluarga besar Rubisco, Program Studi Biokimia angkatan 2022 yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis melalui kebersamaan, kerja sama, dan pengalaman yang berharga selama masa perkuliahan.

10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan doa sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Firli Nur Zahrah

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Hipotesis	3
1.6 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Ekosistem Tanah Perkebunan Karet dan Mikrobiomanya	4
2.2 <i>Arbuscular Mycorrhizal Fungi</i> (AMF)	5
2.3 Pendekatan <i>Whole Metagenomic Sequencing</i>	6
2.4 Teknologi Sekuensing <i>Oxford Nanopore Technologies</i> (ONT) PromethION 2 Solo	7
2.5 Analisis Bioinformatika	9
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Kerja	11
3.4 Analisis Bioinformatika	15
IV HASIL	18
4.1 Kemurnian dan Konsentrasi DNA Tanah Kebun Karet Cikabayan	18
4.2 Integritas DNA	19
4.3 Evaluasi Kualitas Data Sekuensing	20
4.4 Analisis Struktur Komunitas Fungi Tanah Kebun Karet Cikabayan	22
4.5 Klasifikasi Taksonomi Spesies Fungi Tanah Kebun Karet Cikabayan	25
4.6 Anotasi Gen Fungsional pada Ekosistem Tanah Kebun Karet Cikabayan	26
V PEMBAHASAN	31
5.1 Analisis Kualitas DNA Tanah Kebun Karet Cikabayan	31
5.2 Evaluasi Kualitas Data Sekuensing	33
5.3 Analisis Struktur Komunitas Fungi Tanah Kebun Karet Cikabayan	34
5.4 Keragaman Spesies Fungi pada Tanah Kebun Karet Cikabayan	36
5.5 Anotasi Gen Fungsional pada Ekosistem Tanah Kebun Karet Cikabayan	36
VI SIMPULAN DAN SARAN	42
6.1 Simpulan	42
6.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	50
RIWAYAT HIDUP	51



DAFTAR TABEL

1	Titik pengambilan sampel	11
2	Parameter yang digunakan saat <i>Basecalling</i>	15
3	Kemurnian dan konsentrasi hasil ekstraksi DNA	19
4	Evaluasi Kualitas Data Sekuensing	21

DAFTAR GAMBAR

1	Kebun percobaan karet Cikabayan IPB Dramaga	4
2	<i>Arbuscular Mycorrhizal Fungi</i> (AMF)	6
3	Instrumen <i>sequencing</i> PromethION P2 Solo	7
4	Ilustrasi sekuensing <i>nanopore</i>	8
5	Titik lokasi rencana pengambilan sampel tanah	12
6	Hasil elektroforesis pasca ekstraksi DNA. K1: Sampel tanah kebun karet 1; K2: Sampel tanah kebun karet 2; K3: Sampel tanah kebun karet 3.	19
7	Plot hubungan rata-rata kualitas dan panjang reads	21
8	Kurva rarefaksi dari sampel KRT1 dan KRT2	22
9	Boxplot kelimpahan relatif fungi pada sampel tanah karet (KRT1 dan KRT2) pada tingkat filum	23
10	<i>Heatmap</i> berbagai kelompok takson pada level famili dari sampel KRT1 dan KRT2.	24
11	Komposisi komunitas fungi pada sampel KRT1 dan KRT2	
12	Profil kategori fungsional COG pada komunitas mikroba tanah kebun karet Cikabayan.	26
13	Profil 15 KEGG <i>pathways</i> teratas pada komunitas mikroba tanah Kebun karet Cikabayan	27
14	Profil KEGG Orthology (KO) dominan pada sampel tanah kebun karet Cikabayan	28
15	Distribusi CAZyme pada komunitas fungi sampel tanah KRT1 dan KRT2	29
16	Perbandingan distribusi gen pada jalur degradasi senyawa xenobiotik pada sampel tanah KRT1 dan KRT 2	30