



EKSPLORASI GEN FUNGSIONAL BAKTERI TANAH PADA KEBUN PERCOBAAN KELAPA SAWIT CIKABAYAN IPB DRAMAGA SECARA METAGENOMIK

ANNISA JULYANTINA MOUREEN



**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 Bakteri Tanah pada Kebun Percobaan Kelapa Sawit 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, Juni 2026

Annisa Julyantina Moureen
G8401221075

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.

ABSTRAK

ANNISA JULYANTINA MOUREEN. Eksplorasi Gen Fungsional Bakteri Tanah pada Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan IPB Dramaga secara Metagenomik. Dibimbing oleh RAHADIAN PRATAMA dan HUSNAWATI.

Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan adalah perkebunan monokultur tropis dengan kanopi terbuka, tanah asam, dan unsur hara esensial yang memengaruhi struktur dan fungsi komunitas bakteri tanah. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi keanekaragaman bakteri tanah dan gen fungsional melalui metagenomik. Metode: DNA tanah diekstraksi dengan *FastDNA SPIN Kit for Soil*, kualitas DNA dievaluasi melalui elektroforesis, fluorometri, dan spektrofotometri. Pustaka DNA disiapkan dengan *Rapid Sequencing Kit DNA V14*, disekuensing menggunakan PromethION 2 Solo (ONT), dan dianalisis dengan bioinformatika. Hasil menunjukkan data sekuensing berkualitas tinggi (Q19,3 dan Q16,5). Komunitas bakteri didominasi *Streptomyces* dan *Bradyrhizobium*. Tiga MAGs berkualitas sedang berpotensi sebagai spesies baru dengan gen fungsional terkait metabolisme asam amino, sistem transpor ABC, *two-component system*, resistensi beta-laktam, dan sintesis metabolit sekunder (terpen dan lantipeptida). Simpulan menunjukkan keragaman komunitas bakteri tanah dengan kapasitas metabolisme, adaptasi lingkungan dan aktivitas antropogenik, serta potensi biosintesis senyawa bioaktif sebagai bioinput untuk perkebunan berkelanjutan.

Kata kunci: bakteri, gen fungsional, kebun kelapa sawit, MAGs, metagenomik

ABSTRACT

ANNISA JULYANTINA MOUREEN. Exploring Functional Genes of Soil Bacteria in the Experimental Oil Palm Plantation Cikabayan, IPB Dramaga, Using Metagenomics. Supervised by RAHADIAN PRATAMA and HUSNAWATI.

The Experimental Oil Palm Plantation Cikabayan is a tropical monoculture plantation characterized by an open canopy, acidic soils, and essential nutrients that influence the structure and function of soil bacterial communities. This study aimed to explore soil bacterial diversity and functional genes using metagenomics. Methods: Soil DNA was extracted using the *FastDNA SPIN Kit for Soil*, DNA quality was evaluated through electrophoresis, fluorometry, and spectrophotometry. DNA libraries were prepared using the *Rapid Sequencing Kit DNA V14*, sequenced on the PromethION 2 Solo (ONT), and analyzed using bioinformatics. The results showed high-quality sequencing data (Q19.3 and Q16.5). The bacterial community was dominated by *Streptomyces* and *Bradyrhizobium*. Three medium-quality MAGs were identified as potential novel species harboring functional genes associated with amino acid metabolism, ABC transport systems, two-component system, beta-lactam resistance, and secondary metabolite biosynthesis (terpenes and lantipeptides). In conclusion, soil bacterial communities exhibit diversity with metabolic capacities, adaptability to environmental and anthropogenic activities, and biosynthetic potential for bioactive compounds as bioinputs for sustainable plantation systems.

Keywords: bacteria, functional genes, MAGs, metagenomics, oil palm plantation



@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 apa pun tanpa izin IPB.

EKSPLORASI GEN FUNGSIONAL BAKTERI TANAH PADA KEBUN PERCOBAAN KELAPA SAWIT CIKABAYAN IPB DRAMAGA SECARA METAGENOMIK

ANNISA JULYANTINA MOUREEN

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 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. **Dr. Dimas Andrianto, S.Si., M.Si.**

2. **Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si.**



Judul Skripsi : Eksplorasi Gen Fungsional Bakteri Tanah pada Kebun Percobaan
Kelapa Sawit Cikabayan IPB Dramaga secara Metagenomik
Nama : Annisa Julyantina Moureen
NIM : G8401221075

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si., M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. dr. Husnawati, S.Ked., M.Si.



Diketahui oleh

DA Ketua Departemen Biokimia:
Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M.Si.
NIP. 197709152005012002



Tanggal Ujian:
7 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 Subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2025 sampai bulan Februari 2026 ini ialah metagenomik, dengan judul “Eksplorasi Gen Fungsional Bakteri Tanah pada Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan IPB Dramaga secara Metagenomik”.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan karya ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si., M.Si., selaku pembimbing pertama, atas bimbingan, arahan, pemberi inspirasi, dan penyumbang gagasan penelitian, serta Dr. dr. Husnawati, S.Ked., M.Si., selaku pembimbing kedua, atas arahan dan saran sehingga penelitian dan karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Tim Peneliti Dosen Muda, yaitu Prof. Dr. Ir. Iskandar Z. Siregar, M.For.Sc.; Prof. Dr. Dra. R. Iis Arifiantini, M.Si.; Dr. Puji Rianti, S.Si., M.Si; dan Fifi Gus Dwiyanti, S.Hut., M.Agr., Ph.D. atas kontribusinya dalam penelitian. Penelitian ini didukung oleh Dana Hibah Program Penelitian Dosen Muda Tahun Anggaran 2025 untuk Dr. Rahadian Pratama, dengan nomor 11599/IT3.D10/PT.01.03/P/B/2025.
3. Pembimbing akademik, penguji seminar, dan penguji sidang komprehensif atas masukan dalam penyempurnaan karya ilmiah ini, serta staf Laboratorium Biokimia atas bimbingan teknis dan dukungan fasilitas laboratorium yang diberikan.
4. Panin Bank dan Yayasan Satriabudi Dharma Setia (YSDS) atas dukungan fasilitas serta pemanfaatan instrumen laboratorium yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.
5. Ayah (Mursidi Baute), Mama (Almh. Endang Hartati), dan Adik (Ichan), atas segala doa, perhatian, dukungan, dan kasih sayang tulus yang selalu menjadi kekuatan penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.
6. Teman-teman terdekat penulis, teman seperjuangan biokimia (Nabilah, Aulia, Sekar, Maryam, Ayu) atas dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan, sahabat lama (Kak Firda, Afi, Lia, Elang, dan Rayhan) yang telah menemani dan mendukung penulis selama 10 tahun terakhir, teman-teman bimbingan Bapak Rahadian, dan Cheril Naulian sebagai rekan kerja di laboratorium yang telah mendukung dan membantu penulis selama proses penelitian dan penulisan karya ilmiah ini.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan, dan kemajuan ilmu pengetahuan, terutama bidang ilmu biokimia.

Bogor, Juni 2026

Annisa Julyantina Moureen



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
1.6 Hipotesis	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Karakteristik Lahan dan Tanah Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan IPB	3
2.2 Biodiversitas Mikrobioma Tanah Perkebunan Kelapa Sawit	4
2.3 Gen Fungsional dan <i>Biosynthetic Gene Cluster</i>	7
2.4 <i>Whole Metagenome Sequencing</i>	8
2.5 Oxford Nanopore Technologies PromethION 2 Solo	9
2.6 Analisis Bioinformatika	10
III METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Kerja	13
3.4 Analisis Bioinformatika	17
IV HASIL	21
4.1 Kualitas DNA Metagenom untuk Sekuensing	21
4.2 Kualitas Tinggi <i>Output</i> Sekuensing Metagenom ONT	21
4.3 Klasifikasi dan Struktur Komunitas Bakteri	22
4.4 Karakteristik dan Klasifikasi Taksonomi MAGs	25
4.5 Anotasi Gen Fungsional MAGs	28
4.6 Prediksi <i>Biosynthetic Gene Cluster</i> MAGs	32
V PEMBAHASAN	35
5.1 Kualitas DNA Metagenom untuk Sekuensing	35
5.2 Kualitas Tinggi <i>Output</i> Sekuensing Metagenom ONT	36
5.3 Klasifikasi dan Struktur Komunitas Bakteri	37
5.4 Karakteristik dan Klasifikasi Taksonomi MAGs	39
5.5 Anotasi Gen Fungsional MAGs	40
5.6 Prediksi <i>Biosynthetic Gene Cluster</i> MAGs	43
VI SIMPULAN DAN SARAN	45
6.1 Simpulan	45
6.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46

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.

DAFTAR TABEL

1	Lokasi pengambilan sampel	14
2	Parameter <i>basecalling</i>	17
3	Kemurnian dan konsentrasi DNA hasil pemurnian dan pemekatan	21
4	Hasil evaluasi kualitas sekuensing ONT	22
5	Persentase klasifikasi <i>reads</i> sampel tanah Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan menggunakan <i>Kraken2</i>	23
6	Hasil evaluasi kelengkapan MAGs menggunakan <i>CheckM2</i>	25
7	Hasil evaluasi kualitas <i>assembly</i> MAGs dengan <i>Quast</i>	26
8	Hasil identifikasi taksonomi dan perbandingan genomik <i>strain query</i> MAGs	26
9	Hasil anotasi MAGs menggunakan <i>Bakta</i>	28
10	Prediksi kluster gen biosintetik pada genom Bin_4	32
11	Prediksi kluster gen biosintetik pada genom Bin_8	33
12	Prediksi kluster gen biosintetik pada genom Bin_36	34

DAFTAR GAMBAR

1	Lokasi Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan IPB	3
2	Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan IPB	4
3	Komposisi komunitas bakteri di perkebunan kelapa sawit di Jambi pada berbagai tingkat taksonomi	6
4	Kelimpahan gen fungsional bakteri tanah perkebunan kelapa sawit di Jambi	7
5	<i>Workflow</i> analisis metagenomik	9
6	Prinsip <i>nanopore</i> sekuensing	10
7	PromethION 2 Solo	10
8	<i>Workflow</i> analisis dan rekonstruksi MAGs	12
9	Elektroferogram hasil ekstraksi DNA	21
10	Grafik kualitas sekuens hasil sekuensing ONT	22
11	Kurva <i>rarefaction</i> dari sampel tanah Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan	23
12	Komposisi komunitas bakteri pada tanah Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan	24
13	<i>Heatmap</i> kelimpahan komunitas mikroba tanah Kebun Percobaan Kelapa Sawit Cikabayan pada tingkat filum dan famili	25
14	Pohon filogenetik MAGs berbasis <i>whole genome</i> menggunakan metode GBDP	27
15	Distribusi kategori fungsional COG pada tiga MAGs	29
16	Profil kelimpahan 10 KEGG <i>Ortholog</i> (KO) teratas pada tiga MAGs	30
17	Profil kelimpahan 10 KEGG <i>pathways</i> teratas pada tiga MAGs	31
18	<i>Heatmap</i> distribusi gen resistensi antimikroba (ARG)	32

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 mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir penelitian	58
2	Hasil pengambilan dan preparasi sampel tanah	59
3	<i>Heatmap</i> komunitas mikroba pada tingkat filum dan genus	60
4	Evaluasi kualitas <i>assembly metagenome</i> dengan <i>Quast</i>	61

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.