



@*Hak cipta milik IPB University*

PROFIL METAGENOM BAKTERI TANAH PADA EKOSISTEM SABANA TAMAN NASIONAL RAWA AOPA WATUMOHAI, SULAWESI TENGGARA

CATELLIA AULIANY ACHYAR



**DEPARTEMEN BIOKIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

IPB University



©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 mengulik 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 “Profil Metagenom Bakteri Tanah Pada Ekosistem Sabana Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara” 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 2025

Catellia Auliany Achyar
G8401211088

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 mengulik 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

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 mengulik kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

CATELLIA AULIANY ACHYAR. Profil Metagenom Bakteri Dalam Tanah Pada Ekosistem Sabana Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara. Dibimbing oleh WARAS NURCHOLIS dan RAHADIAN PRATAMA.

Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai (TNRAW) di Sulawesi Tenggara merupakan kawasan konservasi dengan keanekaragaman hayati unik, termasuk mikroba tanah yang beradaptasi dengan ekosistem sabana bercurah hujan rendah dan suhu tinggi. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi profil metagenom komunitas bakteri tanah di ekosistem sabana TNRAW serta gen fungsional yang dimiliki. Metode yang digunakan meliputi pengambilan sampel tanah dari lima titik, ekstraksi DNA, serta evaluasi kualitas hasil ekstraksi DNA. Sekuensing dilakukan dengan Oxford *Nanopore Technologies PromethION 2 Solo*, sedangkan analisis data menggunakan platform *UseGalaxy* dan *R*. Sekuensing seluruh sampel menghasilkan 262.582 sekuen dengan 69.330.718 bacaan. Keragaman bakteri pada seluruh sampel tanah sabana sangat tinggi dengan genus dominan antara lain *Photobacterium*, *Vibrio*, *Escherichia*, dan *Streptomyces*, serta dominasi famili *Vibrionaceae* dan *Enterobacteriaceae*. Analisis NMDS dan *heatmap* mengungkap perbedaan signifikan komposisi komunitas bakteri antar lokasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem sabana TNRAW menyimpan potensi mikrobioma tanah yang tinggi dan dapat dimanfaatkan dalam riset dan industri bioteknologi.

Kata kunci: bakteri tanah, biodiversitas mikroba, metagenomik, sabana, TNRAW

ABSTRACT

CATELLIA AULIANY ACHYAR. Metagenome Profile of Soil Bacteria in the Savanna Ecosystem of Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi. Supervised by WARAS NURCHOLIS and RAHADIAN PRATAMA.

Rawa Aopa Watumohai National Park (TNRAW) in Southeast Sulawesi is a protected area containing unique biodiversity, including soil microbes adapted to its low-rainfall, high-temperature savanna ecosystem. This study examines the metagenomic profile of soil bacterial communities in TNRAW's savanna ecosystem and their functional genes. Methods included soil sampling from five locations, DNA extraction, and DNA quality evaluation. Sequencing was conducted using Oxford Nanopore Technologies PromethION 2 Solo, while data analysis utilized UseGalaxy and R platforms. From whole-sample sequencing, we obtained 262,582 sequences containing 69,330,718 reads. Bacterial diversity across all savanna soil samples was remarkably high, with dominant genera including *Photobacterium*, *Vibrio*, *Escherichia*, and *Streptomyces*, and predominant families *Vibrionaceae* and *Enterobacteriaceae*. NMDS and heatmap analyses revealed significant differences in bacterial community composition between locations. This research demonstrates that TNRAW's savanna ecosystem harbors high soil microbiome potential with applications in research and biotechnology industries.

Keywords: metagenomics, microbial biodiversity, savanna, soil bacteria, TNRAW



©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 mengurangi 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 2025
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.



PROFIL METAGENOM BAKTERI TANAH PADA EKOSISTEM SABANA TAMAN NASIONAL RAWA AOPA WATUMOHAI, SULAWESI TENGGARA

@Hak cipta milik IPB University

CATELLIA AULIANY ACHYAR

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

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 mengulik kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University

**DEPARTEMEN BIOKIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



Judul Skripsi : Profil Metagenom Bakteri Tanah Pada Ekosistem Sabana Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara
Nama : Catellia Auliany Achyar
NIM : G8401211088

Disetujui oleh




Pembimbing 1:

Prof. Dr. Waras Nurcholis, S.Si., M.Si
NIP 198001022009121002

Pembimbing 2:

Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si
NPI 202208198902051001

Diketahui oleh




Ketua Departemen Biokimia:

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

Tanggal Ujian:
13 Juni 2025

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 mengulik kepentingan yang wajar 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 Agustus 2024 sampai bulan Februari 2025 ini ialah biomolekul, dengan judul “Profil Metagenom Bakteri Tanah Pada Ekosistem Sabana Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara”.

Keberhasilan penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah ini tidak lepas dari bantuan bimbingan dan dukungan semua pihak terkait. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Waras Nurcholis, S.Si, M.Si. dan Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si, M.Si. selaku pembimbing yang telah membimbing dan memberikan ilmu terkait penelitian yang akan dijalankan, serta berbagai saran yang diberikan selama penyusunan karya ilmiah ini.
2. Tim Peneliti SPUN yaitu Dr. Valeria Verone dari National University of Singapore (NUS), Dr. Nur Edy dari Universitas Tadulako, Khalid Hafazallah, Agusti Randi, Ronald Putra Pribadi Ahmad, serta Tim Ranger yang telah melakukan pengambilan sampel tanah sabana secara langsung.
3. Yayasan Satriabudi Dharma Setia yang telah memberikan dukungan fasilitas dan pengadaan instrumentasi laboratorium selama penelitian berlangsung.
4. Pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji sidang komprehensif. Di samping itu, terima kasih kepada staf Laboratorium Biokimia yang telah membantu dalam penyediaan fasilitas serta memberikan bimbingan teknis selama pelaksanaan penelitian ini.
5. dr. Yulia Naroth, mama penulis tersayang yang menjadi sumber kekuatan dan kasih tanpa syarat. Terima kasih atas setiap doa yang mama panjatkan, setiap pelukan yang menenangkan, serta keikhlasan mama dalam mendampingi setiap langkah penulis, baik dalam suka maupun duka. Ketulusan mama adalah alasan mengapa penulis terus bertahan dan percaya bahwa segala jerih payah ini akan membawa kebaikan.
6. dr. Tedy Achyar, ayah penulis tercinta. Terima kasih atas doa-doa yang tiada henti, nasihat yang meneduhkan, serta semangat yang ayah tanamkan sejak awal pendidikan hingga penulis mencapai jenjang ini. Keberhasilan ini tidak lepas dari perjuangan dan pengorbanan ayah yang luar biasa.
7. Adik-adik penulis, Jasmine Qitara Achyar dan Marsha Azalea Achyar. Terima kasih atas canda tawa, semangat, dan perhatian yang tulus. Kalian menjadi pengingat bahwa perjuangan ini bukan hanya untuk diri sendiri, tetapi juga untuk keluarga yang selalu mendukung penulis.
8. Atha Hadad Atsilah, terima kasih atas pengertian, kesabaran, dan dukungan yang tidak pernah surut di tengah kesibukan dan tekanan selama proses penyusunan skripsi ini. Kehadiranmu menjadi penguat dalam menghadapi tantangan, dan setiap semangat yang kamu berikan adalah alasan untuk terus maju dan tidak menyerah.
9. Sepupu-sepupu penulis, Rasya Aqila Syafyra Naroth, Azzahra Chiara Shuwan, Naura Salwa Rismawan, dan lainnya yang selalu memberikan semangat dan menjadi bagian dari sistem pendukung yang begitu penulis



syukuri. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan moral, serta motivasi yang terus kalian berikan selama penulis menempuh pendidikan ini. Kalian tidak hanya keluarga, tapi juga sahabat yang selalu bisa diandalkan.

10. Teman-teman terdekat penulis (Nanana), Frida Yuliasari Monoarfa, Muhammad Kukuh Kurniawan, Monita Litania Koswandy, dan Irfan Fajrialdy Rachman yang telah menemani penulis selama menjalankan proses perkuliahan. Penulis begitu bersyukur dikelilingi oleh orang-orang baik yang ingin menerima dan membantu penulis di setiap kondisi.
11. Teman-teman bimbingan Pak Rahadian (Gita, Yana, Ellen, dan Rava), teman-teman Perwira (Shania, Liana, Laila, Nahlea), serta teman-teman KKN Pasirmulya (Cindy, Anis, Hanum, Evelyn, Nail, dan Ari) yang telah membantu dan mendukung penulis selama proses penelitian dan penulisan karya ilmiah. Kemudian terima kasih untuk teman-teman angkatan 58 yang telah menjalani proses semester akhir bersama.

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

Bogor, Juli 2025

Catellia Auliany Achyar

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 mengulik 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 GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Hipotesis	2
1.6 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Ekosistem Sabana TNRAW	3
2.2 Biodiversitas Mikrobioma	5
2.3 Ekstraksi DNA	6
2.4 Spektrometri dan Fluorometri	7
2.5 Elektroforesis DNA	9
2.6 Teknik <i>Metagenome Sequencing</i>	10
2.7 Analisis Bioinformatika dengan <i>UseGalaxy</i>	12
2.8 Analisis Bioinformatika dengan R	14
III METODE	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Prosedur Kerja	16
3.4 Analisis Bioinformatika	20
IV HASIL	23
4.1 Kemurnian dan Konsentrasi DNA	23
4.2 Integritas DNA	24
4.3 Evaluasi Kualitas Data Sekuensing	24
4.4 Klasifikasi Taksonomi Spesies Bakteri Tanah Sabana TNRAW	27
4.5 Analisis Struktur Komunitas Bakteri Tanah Sabana TNRAW	29
4.6 Anotasi Gen Fungsional pada Ekosistem Sabana	32
V PEMBAHASAN	34
5.1 Kemurnian DNA	34
5.2 Konsentrasi DNA	34
5.3 Integritas DNA	35
5.4 Evaluasi Kualitas Data Sekuensing	36
5.5 Keragaman Spesies Bakteri Tanah Sabana TNRAW	37
5.6 Analisis Struktur Komunitas Bakteri Tanah Sabana TNRAW	41
5.7 Anotasi Gen Fungsional pada Ekosistem Sabana	43
VI SIMPULAN DAN SARAN	51
6.1 Simpulan	51
6.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52

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 mengulang kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



LAMPIRAN
RIWAYAT HIDUP

57
70

@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 mengulik 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 :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Titik koordinat pengambilan sampel	16
2	Parameter <i>basecalling</i>	20
3	Kemurnian dan konsentrasi hasil ekstraksi DNA	24
4	Metriks evaluasi kualitas hasil sekruensing	25
5	Persentase organisme terklasifikasi pada sampel tanah sabana TNRAW	27
6	Hasil anotasi gen fungsional tanah sabana	32

DAFTAR GAMBAR

1	Peta wisata TNRAW (Balai Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai	3
2	Ekosistem sabana Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai	5
3	Pohon filogenik dari domain bakteria, arkaea, dan eukarya	5
4	Prosedur beberapa teknik ekstraksi DNA	7
5	Prinsip spektrofotometri UV-Vis	8
6	Protokol Qubit fluorometri	8
7	Prinsip elektroforesis DNA dengan gel agarosa	9
8	Perbedaan produk <i>sequencer</i> dari ONT	11
9	Alur kerja <i>UseGalaxy</i> untuk metagenom	14
10	Hasil elektroforesis pasca ekstraksi DNA.	23
11	Grafik hubungan antara panjang bacaan dan nilai kualitas bacaan rata-rata pada sampel S1 - S5	26
12	Komposisi komunitas bakteri pada taksa (A) famili dan (B) genus	28
13	Kurva rarefaksi dari sampel S1 – S5	29
14	Visualisasi perbedaan komposisi komunitas mikroba	30
15	<i>Heatmap</i> berbagai kelompok takson pada level famili	31
16	Mekanisme modulasi aktivitas transkripsi	44
17	Model struktural kompleks QRICH2/α-tubulin	45
18	Struktur eIF3A	45
19	Skema fungsi eIF3a pada metabolisme	46
20	Reaksi enzimatis <i>lytic transglycosylases</i>	47
21	Efek protein PE/PPE pada berbagai sinyalisisasi inang	48
22	Diagram sarkomer pada otot dinding tubuh <i>C. elegans</i>	49
23	Mekanisme pemendekan 3'UTR RAC1 yang disebabkan oleh CSTF2	50

DAFTAR LAMPIRAN

1	Bagan Alir Penelitian	62
2	Hasil Nanoplot Sampel Tanah Sabana	63
3	Klasifikasi Sampel S1 dengan Krona Pie Chart dan Pavian	65
4	Klasifikasi Sampel S2 dengan Krona Pie Chart dan Pavian	66
5	Klasifikasi Sampel S3 dengan Krona Pie Chart dan Pavian	67
6	Klasifikasi Sampel S4 dengan Krona Pie Chart dan Pavian	68
7	Klasifikasi Sampel S5 dengan Krona Pie Chart dan Pavian	69