



EKSPLORASI DIVERSITAS MIKROBIOM BAKTERI TANAH HUTAN PRIMER TNRAW MENGGUNAKAN PROMETHION 2 BERBASISKAN METAGENOMICS SEQUENCING

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.

YANA NURANISA





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 Diversitas Mikrobiom Bakteri Tanah Hutan Primer TNRAW Menggunakan PromethION 2 Berbasiskan *Metagenomics Sequencing*” 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 2025

Yana Nuranisa
G8401211095

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 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.



YANA NURANISA. Eksplorasi Diversitas Mikrobiom Bakteri Tanah Hutan Primer TNRAW Menggunakan PromethION 2 Berbasiskan *Metagenomics Sequencing*. Dibimbing oleh RAHADIAN PRATAMA dan DIMAS ANDRIANTO.

Indonesia sebagai negara megabiodiversitas, masih sangat terbatas dalam studi mikrobiom tanah hutan primer, khususnya di kawasan *Wallacea* seperti Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi keanekaragaman dan potensi genetik mikrobiom bakteri tanah hutan primer TNRAW menggunakan sekvensing metagenomik PromethION 2. Lima sampel tanah (F1-F5) dianalisis melalui metode ekstraksi DNA, *quality control*, sekvensing, dan analisis bioinformatika. Konsentrasi DNA sampel berkisar 57–74 ng/ μ L. Hasil sekvensing menunjukkan sampel F3 memiliki hasil terbaik (total basa 32.488.214 dengan 81.092 reads; N50 88.482 bp). Komunitas bakteri didominasi oleh *Vibrionaceae* dan *Rhizobiaceae*. Analisis multivariat (NMDS, *heatmap*) mengindikasikan perbedaan struktur komunitas antar lokasi, dengan F5 paling unik. Anotasi gen fungsional mengidentifikasi gen kunci (*rne*, *infB_1*, *ftsH*) yang terlibat dalam metabolisme dan adaptasi mikroba tanah. Hasil penelitian ini menegaskan urgensi eksplorasi mikrobiom tanah dalam upaya pengelolaan dan konservasi ekosistem hutan primer.

Kata kunci: biodiversitas, mikrobiom, sekvensing, bioinformatika, hutan primer

ABSTRACT

YANA NURANISA. Exploration of Soil Bacterial Microbiome Diversity in TNRAW Primary Forest Using PromethION 2-Based Metagenomic Sequencing. Supervised by RAHADIAN PRATAMA and DIMAS ANDRIANTO.

Indonesia, as a megabiodiverse country, has limited studies on primary forest soil microbiomes, especially in the Wallacea region such as Rawa Aopa Watumohai National Park, South East Sulawesi. This study aimed to explore the diversity and genetic potential of soil bacterial microbiomes in TNRAW using PromethION 2-based metagenomic sequencing. Five soil samples (F1–F5) were analyzed through DNA extraction, quality control, sequencing, and bioinformatics analysis. DNA concentrations ranged from 57 to 74 ng/ μ L. Sequencing results showed that sample F3 yielded the best output (number of bases 32.488.214 with 81.092 reads; N50 of 88.482). The bacterial community was dominated by *Vibrionaceae* and *Rhizobiaceae*. Multivariate analyses (NMDS, heatmap) indicated differences in community structure among locations, with F5 being the most unique. Functional gene annotation identified key genes (*rne*, *infB_1*, *ftsH*) involved in soil microbial metabolism and adaptation. These findings highlight the urgency of soil microbiome exploration as a basis for the management and conservation of primary forest ecosystems.

Keywords: biodiversity, microbiome, sequencing, bioinformatics, primary forest



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 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.



EKSPLORASI DIVERSITAS MIKROBIOM TANAH HUTAN PRIMER TNRAW MENGGUNAKAN PROMETHION 2 BERBASISKAN METAGENOMICS SEQUENCING

YANA NURANISA

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
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.

IPB University

Tim Pengaji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. drh. Hasim, DEA
- 2 Ukhraidiya Magharaniq Safira P., S.Si, M.Si.



Judul Skripsi : Eksplorasi Diversitas Mikrobiom Bakteri Tanah Hutan Primer TNRAW Menggunakan PromethION 2 Berbasiskan *Metagenomics Sequencing*
Nama : Yana Nuranisa
NIM : G8401211095

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si, M.Si.
NPI. 202208198902051001

Pembimbing 2:
Dr. Dimas Andrianto, S.Si., M.Si.
NIP.198311192009121003

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M. Si.
NIP. 197709152005012002



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 mengujikan 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 Agustus 2024 sampai bulan Februari 2025 ini ialah biomolekul, dengan judul "Eksplorasi Diversitas Mikrobiom Tanah Hutan Primer TNRAW Menggunakan PromethION 2 Berbasiskan Metagenomics".

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. Dr. rer. nat. Rahadian Pratama, S.Si., M.Si. dan Dr. Dimas Andrianto, 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 hutan primer secara langsung.
3. Yayasan Satriabudi Dharma Setia yang telah memberikan dukungan fasilitas 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. Orang tua (Ibu Maisaroh dan Bapak Yubahar), Ayuk Aya, dan Ira yang memberikan dukungan fasilitas, emosional, serta doa tiada hentinya.
6. Teman-teman penulis yaitu Nadine, Melati, Reza, Kania, Jasmine, Maharani, Rifda, Faishal, Lava yang telah membantu dan mendukung penulis selama proses penelitian dan penulisan karya ilmiah. Kemudian teman-teman yang berada dibawah bimbingan Bapak Rahadian yaitu Monita, Kukuh, Gita, Catellia, Ellen, Frida, dan Rava yang telah menjalani dan saling mendukung dalam proses penelitian dan penulisan karya ilmiah. Terima kasih juga penulis sampaikan 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, Juni 2025

Yana Nuranisa

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	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
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
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai	3
2.2 Diversitas Mikrobiom Tanah	5
2.3 Ekstraksi DNA	7
2.4 Integritas DNA	8
2.5 Kualitas dan Konsentrasi DNA	10
2.6 <i>Metagenomic Sequencing</i> dengan ONT PromethION 2 Solo	12
2.7 Analisis Bioinformatika	14
III METODE	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Prosedur Kerja	17
3.4 Analisis Bioinformatika	19
IV HASIL	21
4.1 <i>Quality Control</i> DNA Tanah Hutan Primer TNRAW	21
4.2 Kontrol Kualitas Hasil Sekuensing	22
4.3 Analisis Klasifikasi Diversitas Bakteri	24
4.4 Anotasi Gen Fungsional Tanah Hutan Primer TNRAW	29
V PEMBAHASAN	31
5.1 Kontrol Kualitas DNA Tanah Hutan Primer TNRAW	31
5.2 Kontrol Kualitas Hasil Sekuensing	32
5.3 Dominasi <i>Vibrionaceae</i> pada Sampel Tanah Hutan Primer TNRAW	34
5.4 Anotasi Gen Fungsional Tanah Hutan Primer TNRAW	37
VI SIMPULAN DAN SARAN	42
6.1 Simpulan	42
6.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	55
RIWAYAT HIDUP	61

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



1	Lokasi pengambilan sampel tanah	18
2	Parameter sekuensing	19
3	Hasil pengukuran kualitas DNA dengan NanoDrop	21
4	Hasil pengukuran kualitas dan konsentrasi DNA	21
5	Kontrol kualitas hasil sekuensing sampel F1-F5	23
6	Hasil klasifikasi menggunakan Kraken2	25
7	Hasil anotasi gen fungsional tanah hutan primer TNRAW	30

DAFTAR GAMBAR

1	Peta Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai	4
2	<i>Order</i> tanah sebanyak 12 jenis	4
3	Diversitas mikrobiom tanah	6
4	Kelimpahan relatif (%) dari 10 genera bakteri tanah hutan Gunung Ungaran Jawa Tengah di Indonesia	7
5	Metode ekstraksi DNA menggunakan kolom	8
6	Prinsip elektroforesis gel agarose	9
7	Prinsip sederhana fluorometer	11
8	PromethION 2 solo	13
9	Prinsip nanopore sequencing	14
10	Sistem <i>clouds</i> pada <i>Usegalaxy</i>	15
11	Elektroforesis sampel hasil ekstraksi sampel F1- F5	22
12	Hasil bacaan NanoPlot dengan perbandingan panjang <i>reads</i> dan rata-rata kualitas <i>reads</i>	24
13	Kurva <i>rarefaction</i> dari sampel tanah hutan primer TNRAW	26
14	Kelimpahan relatif (%) bakteri tanah hutan primer TNRAW	27
15	<i>Non-metric multidimensional scaling</i> (NMDS) dari komunitas bakteri tanah hutan primer TNRAW	28
16	<i>Heatmap</i> komunitas bakteri pada sampel tanah hutan primer TNRAW	29

DAFTAR LAMPIRAN

1	Bagan alir penelitian	56
2	Hasil <i>quality control</i> Nanoplot	56
3	Visualisasi klasifikasi taksonomi dengan Sankey	58
4	Anotasi gen fungsional tanah hutan primer TNRAW	60