

STRUKTUR DAN KOMPOSISI KOMUNITAS BAKTERI DI RIZOSFER TANAMAN PISANG YANG SEHAT DAN TERINFEKSI *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc)

WIDYA KURNIAWATI



PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

- 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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Struktur dan Komposisi Komunitas Bakteri di Rizosfer Tanaman Pisang yang Sehat dan Terinfeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc)” adalah karya saya dengan arahan dari komisi 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 tesis ini.

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

Bogor, September 2024

Widya Kurniawati
P0501222016

- 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

— Bogor Indonesia —

RINGKASAN

WIDYA KURNIAWATI. Struktur dan Komposisi Komunitas Bakteri di Rizosfer Tanaman Pisang yang Sehat dan Terinfeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc). Dibimbing oleh DWI ANDREAS SANTOSA dan ZAHRA NOVIANA.

Pisang merupakan salah satu komoditas buah yang penting dan memainkan peran dalam ketahanan pangan. Produksi dan ekspor pisang global menunjukkan penurunan pada tahun 2022 jika dibandingkan dengan tahun 2021. Penyakit layu *Fusarium* yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* *Tropical Race 4* (Foc TR4) telah menyebabkan kerusakan pada tanaman pisang Cavendish dan diperkirakan pada tahun 2039 pisang di Indonesia mengalami gagal panen sekitar 43% akibat dari Foc TR4. Mekanisme penekanannya dapat dilakukan dengan menerapkan sistem rotasi tanam. Rotasi tanam dapat berfungsi sebagai model ideal untuk memahami taksonomi, struktur mikrobiom maupun karakteristik berbasis fungsional yang dimiliki inang dan lingkungan yang berhubungan dengan penekanan penyakit layu *Fusarium* pisang.

Analisis metagenomik dengan menerapkan teknologi *Next Generation Sequencing* (NGS) diterapkan untuk mendalami terkait struktur mikrobiom tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi struktur dan komposisi komunitas bakteri di rizosfer tanaman sehat dan terinfeksi *Fusarium* yang terekayasa secara alami melalui praktik monokultur nanas dan pisang serta rotasi tanam nanas-pisang; merumuskan kandidat bakteri potensial yang penting untuk induksi ketahanan tanaman pisang terhadap patogen Foc TR4. Penelitian terdiri dari beberapa tahapan yaitu pengambilan sampel dari PT. Great Giant Pineapple, Lampung, Indonesia. Ekstraksi DNA, sifat fisikokimia tanah, amplifikasi gen 16S rRNA, *library preparation*, sekuensing, analisis bioinformatika dan visualisasi data.

Taksa bakteri yang dominan pada tingkat filum di rizosfer tanaman sehat meliputi Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidota, Plantomycetota dan Verrucomicrobiota, sedangkan pada rizosfer tanaman yang sakit taksa dominan meliputi Proteobacteria, Chloroflexi dan Actinobacteriota. Pada tingkat genus *Bacillus*, *Streptomyces*, *Nitrospira* dan *Acidibacter* lebih dominan di rizosfer tanaman yang sehat, sedangkan *Sphingomonas*, *Bradyrhizobium*, *Acidothermus* dan *Bryobacter* mendominasi rizosfer tanaman yang sakit. Beberapa genus yang ditemukan di rizosfer tanaman yang sehat dan sakit diklasifikasikan sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), yang berpotensi meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik. Keberadaan PGPR pada tanaman sehat dan sakit menunjukkan bahwa PGPR spesifik dan kompleksitas struktur komunitas dapat berkontribusi pada peningkatan ketahanan, sementara genus yang lain mungkin tidak cukup untuk menekan penyakit layu *Fusarium*. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat menjadi dasar bagi upaya masa depan untuk memanipulasi mikrobioma rizosfer guna meningkatkan kesehatan tanaman dan pendekatan untuk mengintensifkan praktik pertanian regeneratif guna memulihkan kesehatan tanah.

Kata kunci : komunitas bakteri, layu *Fusarium*, NGS, pisang, rotasi tanam



SUMMARY

WIDYA KURNIAWATI. Structure and Composition of Bacterial Communities in the Rhizosphere of Healthy Banana Plants and Infected with *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc). Supervised by DWI ANDREAS SANTOSA and ZAHRA NOVIANA.

Bananas are essential fruit commodities and play a role in food security. Global banana production and exports showed a decline in 2022 compared to 2021. Fusarium wilt disease caused by the fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Tropical Race 4 (Foc TR4) has caused damage to Cavendish banana plants, and it is estimated that in 2039, bananas in Indonesia will experience crop failure of around 43% due to Foc TR4. The suppression mechanism can be carried out by implementing a crop rotation system. Crop rotation can be an ideal model for understanding the taxonomy, microbiome structure, and functional-based characteristics of the host and the environment related to suppressing banana Fusarium wilt disease.

Metagenomic analysis using Next Generation Sequencing (NGS) technology was applied to explore the structure of the soil microbiome. This study aims to investigate the structure and composition of bacterial communities in the rhizosphere of healthy and Fusarium-infected plants that are naturally engineered through pineapple and banana monoculture practices and pineapple-banana crop rotation; formulate potential bacterial candidates that are important for the induction of banana plant resistance to the Foc TR4 pathogen. The study consisted of several stages, samples were collected from PT. Great Giant Pineapple in Lampung, Indonesia and analyzed through steps including DNA extraction, physicochemical properties of soil, 16S rRNA gene amplification, library preparation, sequencing, bioinformatics analysis, and data visualization.

The dominant bacterial taxa at the phylum level in the rhizosphere of healthy plants include Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidota, Plantomycetota, and Verrucomicrobiota, while in the rhizosphere of diseased plants, the dominant taxa include Proteobacteria, Chloroflexi, and Actinobacteria. At the genus level, *Bacillus*, *Streptomyces*, *Nitrospira*, and *Acidibacter* are more dominant in the rhizosphere of healthy plants, while *Sphingomonas*, *Bradyrhizobium*, *Acidothermus*, and *Bryobacter* dominate the rhizosphere of diseased plants. Some genera found in both healthy and diseased plant rhizospheres are classified as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), which have the potential to enhance plant resistance against biotic and abiotic stresses. The presence of PGPR in both healthy and diseased plants suggests that specific PGPR and the complexity of the community structure may contribute to improved resistance, while others might not be sufficient to suppress the disease. The information obtained from this study could serve as a foundation for future efforts to manipulate rhizosphere microbiome to enhance plant health and provide an approach for intensifying regenerative agriculture practices to restore soil health.

Keywords: bacterial community, banana, crop rotation, Fusarium wilt, NGS



- 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 2024
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.



STRUKTUR DAN KOMPOSISI KOMUNITAS BAKTERI DI RIZOSFER TANAMAN PISANG YANG SEHAT DAN TERINFEKSI *Fusarium oxysporum* f.cp. *cubense* (Foc)

WIDYA KURNIAWATI

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

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis :
Dr. Dra. Rahayu Widyastuti, M.Sc.Agr.



Judul Tesis : Struktur dan Komposisi Komunitas Bakteri di Rizosfer Tanaman Pisang yang Sehat dan Terinfeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc)
Nama : Widya Kurniawati
NIM : P0501222016

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

Disetujui oleh

Pembimbing 1 :
Prof. Dr. Ir. Dwi Andreas Santosa, MS.

Pembimbing 2 :
Dr. rer. nat. Zahra Noviana, M.Si.

Diketahui oleh

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

Dekan Sekolah Pascasarjana :
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc. F.Trop.,IPU
NIP. 197003291996081001





@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 penulis dapat menyelesaikan naskah tesis yang berjudul Struktur dan Komposisi Komunitas Bakteri di Rizosfer Tanaman Pisang yang Sehat dan Terinfeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc).

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Dwi Andreas Santosa, MS. dan Dr. rer. nat. Zahra Noviana, M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada beasiswa LPDP yang membiayai penuh selama studi program magister di IPB University. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), khususnya Kelompok Riset Mikrobioma Nutrisi Tanaman Pusat Riset Mikrobiologi Terapan yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian di laboratorium, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. PT. Great Giant Pineapple (GGP) Lampung, yang telah memfasilitasi pengambilan sampel. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, dan adik-adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Terima kasih disampaikan kepada Meygy Alifudin, S.P., M.Si. dan Semua rekan serta keluarga besar program studi Bioteknologi, yang telah memberikan dukungan dan arahan dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari tesis ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penulisan dan kemajuan penelitian yang lebih baik lagi. Semoga hasil dari penelitian ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, September 2024

Widya Kurniawati



@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	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Pisang	5
2.2 <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i> (Foc)	5
2.3 Hubungan Rizosfer dengan Mikrobiom	7
2.4 Rotasi Tanam	9
2.5 Metagenomik	10
III METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Penelitian	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Sekuen Amplikon Komunitas Bakteri di Rizosfer	17
4.2 Kelimpahan Komunitas Bakteri Berdasarkan Keragaman Alfa	20
4.3 Kedekatan Antara Komunitas Bakteri Berdasarkan Keragaman Beta	23
4.4 Struktur dan Komposisi Bakteri pada Tingkat Filum	24
4.5 Struktur dan Komposisi Bakteri pada Tingkat Genus	26
4.6 Kandidat Bakteri Menguntungkan di Rizosfer Tanaman Pisang	30
4.7 Sifat Fisikokimia Tanah dan Dampaknya terhadap Komunitas Bakteri	30
V SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Simpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	49



DAFTAR TABEL

1	Data statistik hasil sekuensing masing-masing sampel	17
2	Total pembacaan dan cakupan sampel setelah <i>filtering</i>	18
3	Sifat fisikokimia tanah pada rizosfer tanaman pisang sehat dan sakit	31

DAFTAR GAMBAR

1	Negara-negara yang terkena serangan <i>Fusarium Tropical Race 4</i> (TR4)	6
2	a dan b : Tanaman pisang yang sehat ; c dan d : Tanaman pisang yang terinfeksi	7
3	Faktor-faktor yang mempengaruhi mikrobiom tanaman	8
4	Wilayah hipervariabel gen 16S rRNA	10
5	Gen 16S rRNA bakteri	10
6	Bagan alir penelitian	13
7	<i>16S library preparation workflow</i>	15
8	Kurva penghalusan dari masing-masing sampel	19
9	Cakupan sampel dari keseluruhan taksa yang diidentifikasi	19
10	Matriks keragaman alfa (kelimpahan bakteri, indeks Shannon dan indeks Simpson)	20
11	Kelimpahan bakteri berdasarkan kondisi tanaman	21
12	Indeks Shannon berdasarkan kondisi tanaman	21
13	Indeks Simpson berdasarkan kondisi tanaman	22
14	Keragaman beta berdasarkan : (a) <i>Nonmetric Multidimensional Scaling</i> (NMDS), (b) <i>Principal Coordinates Analysis</i> (PCoA)	23
15	Struktur dan komposisi bakteri pada tingkat filum	24
16	Kelimpahan relatif komposisi bakteri yang dominan pada tingkat filum	25
17	Struktur dan komposisi bakteri pada tingkat genus	27
18	Kelimpahan relatif komposisi bakteri yang dominan pada tingkat genus	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Daftar sampel yang digunakan dalam penelitian	42
2	Boxplot kelimpahan relatif komposisi bakteri yang dominan pada tingkat filum	43
3	Boxplot kelimpahan relatif komposisi bakteri yang dominan pada tingkat genus	46