

Keanekaragaman dan Peran Fungsional Jamur Rhizosfer Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) Berdasarkan Pendekatan Metagenomik di Banjarnegara, Jawa Tengah

Danar Wicaksono^{1*}, Mofit Eko Poerwanto¹, Azizah Ridha Ulilalbab¹, Miftahul Ajri¹, Siwi Hardiastuti Endang Kawuryan¹

¹ Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, UPN —Veteranl Yogyakarta

*danarwicaksono@upnyk.c.id

Abstrak

Tanaman lada (*Piper nigrum* L.) merupakan komoditas rempah bernilai ekonomi tinggi yang produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh kesehatan tanaman dan kondisi mikrobioma di zona rhizosfer. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaraktisasi komunitas jamur pada rhizosfer tanaman lada sehat di lahan yang memiliki riwayat serangan OPT, menggunakan pendekatan metagenomik berbasis sekuensing ITS1 melalui platform Illumina. Sampel tanah rhizosfer diambil dari tanaman lada sehat di kebun yang memiliki riwayat serangan hama dan penyakit pada musim tanam sebelumnya di Desa Tribuana, Banjarnegara, Jawa Tengah. Analisis dilakukan terhadap komposisi taksonomi, kelimpahan relatif, dan indeks keanekaragaman (Shannon, Simpson, Richness). Hasil menunjukkan bahwa komunitas jamur didominasi oleh kelompok dekomposer bahan organik (57,29%), diikuti Plant Growth-Promoting Fungi (PGPF) sebesar 19,82%. Kedua kelompok ini tidak hanya mendominasi secara kuantitatif, tetapi juga memiliki nilai keanekaragaman dan distribusi yang tinggi, yang mengindikasikan stabilitas ekologis dalam sistem perakaran lada sehat. Jamur dekomposer berkontribusi terhadap peningkatan ketersediaan nutrisi melalui dekomposisi bahan organik, sedangkan PGPF mendukung pertumbuhan tanaman melalui peningkatan penyerapan hara dan perlindungan terhadap stres biotik dan abiotik. Temuan ini menekankan pentingnya praktik budidaya yang mendukung keberlangsungan komunitas mikroba fungsional, seperti penambahan bahan organik dan penggunaan biofertilizer. Kesimpulannya, dominasi dan keragaman tinggi jamur dekomposer dan PGPF pada rhizosfer lada sehat menunjukkan peran kunci keduanya dalam menunjang kesehatan tanaman dan memberikan dasar ilmiah bagi strategi manajemen tanah yang berkelanjutan. Komunitas jamur patogen memiliki kelimpahan 12,76% dengan keanekaragaman tingkat sedang dan keseragaman cenderung tinggi.

Kata kunci: Jamur, Kesehatan tanaman, Lada, Metagenomik, Rhizosfer

Abstract

Black pepper (Piper nigrum L.) is a high-value spice crop whose productivity is strongly influenced by plant health and the microbial conditions in the rhizosphere. This study aimed to characterize the fungal communities in the rhizosphere of healthy black pepper plants grown in fields

with a history of pest and disease outbreaks, using a metagenomic approach based on ITS1 sequencing via the Illumina platform. Rhizosphere soil samples were collected from healthy black pepper plants in a plantation located in Tribuana Village, Banjarnegara, Central Java, which had experienced pest and disease incidences in the previous growing season. Taxonomic composition, relative abundance, and diversity indices (Shannon, Simpson, and Richness) were analyzed. The results revealed that the fungal community was dominated by organic matter-decomposing fungi (57.29%), followed by plant growth-promoting fungi (PGPF) at 19.82%. These two groups not only exhibited quantitative dominance but also showed high diversity and evenness values, indicating ecological stability within the root system of healthy pepper plants. These findings highlight the importance of cultivation practices that support the persistence of functional microbial communities, such as organic matter amendments and the application of biofertilizers. In conclusion, the high dominance and diversity of decomposer fungi and PGPF in the rhizosphere of healthy black pepper plants underscore their critical role in maintaining plant health and provide a scientific basis for sustainable soil management strategies. Pathogenic fungal communities accounted for 12.76% of the total abundance, exhibiting moderate diversity and relatively high evenness.

Keyword: Black pepper, Fungi, Metagenomic, Plant Health, Rhizosphere

Pendahuluan

Tanaman lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu komoditas rempah bernilai ekonomi tinggi yang banyak dibudidayakan di berbagai wilayah tropis, termasuk Indonesia (Saleh, 2017; Anjarsari, 2024). Produktivitas lada sangat dipengaruhi oleh kondisi kesehatan tanaman, yang berkaitan erat dengan lingkungan akar atau rhizosfer. Rhizosfer adalah zona sempit di sekitar akar tanaman yang menjadi tempat interaksi intensif antara akar, mikroorganisme, dan tanah. Di dalam ekosistem ini, komunitas mikroba terutama jamur memainkan peran penting dalam mendukung kesehatan dan pertumbuhan tanaman (Purwati et al., 2022; Inderiati & Aurelia, 2022).

Jamur di rhizosfer tidak hanya berperan sebagai agen patogen penyebab penyakit akar dan layu, tetapi

juga dapat berfungsi sebagai dekomposer yang meningkatkan ketersediaan nutrisi serta sebagai *Plant Growth-Promoting Fungi* (PGPF) yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman (El-Maraghy, 2021; Adedayo & Babalola, 2023). Oleh karena itu, pemahaman mengenai keanekaragaman dan fungsi jamur dalam ekosistem rhizosfer sangat penting untuk mendukung strategi pengelolaan tanaman yang berkelanjutan dan berbasis mikroba lokal (Benaissa, 2024).

Selama ini, studi komunitas mikroba di rhizosfer banyak dilakukan dengan metode isolasi konvensional, yang memiliki keterbatasan dalam mengungkap organisme yang sulit dikultur (Youseif *et al.*, 2021). Pendekatan metagenomik, khususnya melalui sekuensing amplicon DNA target seperti ITS (Internal Transcribed Spacer), memungkinkan analisis menyeluruh terhadap komunitas jamur tanpa perlu proses kultivasi. Dengan pendekatan ini, struktur komunitas serta potensi fungsi ekologis jamur di rhizosfer tanaman dapat diungkap secara lebih komprehensif (Boparai & Sharma, 2021; Omotayo, 2021).

Penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi keanekaragaman dan peran fungsional jamur yang terdapat pada tanah rhizosfer lada sehat. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan gambaran penting mengenai kompleksitas ekosistem mikroba di sekitar akar tanaman lada dan potensi pemanfaatannya dalam sistem pertanian berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Pengambilan sampel

Sampel diambil dari kebun lada yang beralamat di Desa Tribuana, Kecamatan Punggelan, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia (7°22'57.0"S 109°33'46.7"E). Kebun yang digunakan merupakan kebun yang memiliki riwayat kerusakan akibat hama dan penyakit pada tahun sebelumnya. Sampel diambil pada akhir musim hujan. Sampel tanah rhizosfer sejumlah 150 g diambil dari lima perakaran tanaman lada sehat dan dikomposit. Tanaman sehat memiliki batang yang segar, daun hijau tanpa bercak, dan menghasilkan buah. Sampel disimpan dalam *cool box* selama dalam perjalanan menuju laboratorium.

Sekuensing Menggunakan Next-Generation Sequencing

Sampel tanah rhizosfer kemudian disekuensing menggunakan *Next-Generation Sequencing* (NGS) melalui PT Genetika Science Indonesia. Sampel gDNA diamplifikasi dengan primer spesifik target ITS1. Persiapan pustaka dilakukan menggunakan

produk PCR akhir. Pustaka akhir diurutkan pada platform Illumina MiSeq untuk menghasilkan pembacaan mentah berpasangan.

Analisa data

Urutan adaptor dan primer PCR dari pembacaan *paired-end* disingkirkan menggunakan perangkat lunak Cutadapt. Proses koreksi kesalahan sekuensing, penyaringan terhadap sekuens berkualitas rendah, serta eliminasi chimera dilakukan dengan menggunakan DADA2. Data ASV yang diperoleh kemudian digunakan untuk analisis klasifikasi taksonomi berdasarkan basis data UNITE pada wilayah penanda ITS.

Data metagenomik dianalisa Komposisi Taksonomi (*Taxonomic Composition*), Kelimpahan, dan alfa-diversitas. Analisa komposisi takson dilakukan untuk melihat apa saja mikroba yang ada dan perannya. Data disajikan dalam tabel distribusi takson. Analisa kelimpahan dilakukan untuk melihat berapa jumlah masing-masing mikroba dan peran yang ditemukan. Data kelimpahan disajikan dalam bentuk *relative abundance*. *Relative abundance* dihitung menggunakan rumus di bawah. Analisa Alfa-Diversitas dilakukan untuk melihat keragaman komunitas mikroba dalam setiap peran. Data disajikan dalam bentuk data Richness, indeks Shannon, dan indeks Simpson. Richness diwakili oleh ASV (*Amplicon Sequence Variants*) dari setiap takson. Shannon index dan Simpson index dihitung menggunakan rumus di bawah.

Relative abundance

$$= \frac{\text{Jumlah read takson tertentu}}{\text{Total jumlah read semua takson}} \times 100\%$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i)$$

dengan:

(H') = Indeks Shannon

S = Richness = ASV (*Amplicon Sequence Variants*)

p_i = proporsi relatif jenis ke- i (jumlah read jenis i dibagi total read)

$$\text{Indek Simpson} = - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Hasil dan Pembahasan

Komposisi Taksonomi

Tabel 1 menunjukkan komunitas jamur pada rhizosfer lada sehat tersusun dari berbagai filum dan memiliki keragaman peran ekologis yang penting dalam menjaga keseimbangan mikrobioma tanah. Jamur-jamur ini dikelompokkan ke dalam empat kategori fungsional utama: dekomposer material organik, patogen tanaman, patogen hewan/manusia, dan fungi pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF).

Komunitas mikroba tanah perakaran lada di Banjarnegara aktif dalam mendaur ulang bahan organik. Hal ini ditunjukkan dari dominasi kategori Dekomposer Material Organik, yang menampilkan jumlah taksonomi tertinggi dibandingkan dengan kelompok fungsional lainnya. Keberagaman taksonomi jamur dekomposer yang teridentifikasi mencakup empat filum utama, yaitu Basidiomycota (ASV54, ASV220, ASV335), Ascomycota (ASV10, ASV251), Mucoromycota (ASV387), dan Chytridiomycota (ASV158). Kehadiran genus seperti *Phanerochaete* dan *Gliocladiopsis*, yang diketahui memiliki kemampuan ligninolitik, memperkuat indikasi bahwa proses dekomposisi lignoselulosa berlangsung aktif di lingkungan akar lada. Kompleksitas ini mengindikasikan adanya aktivitas biologis yang intensif dalam mendaur ulang senyawa organik di zona akar. Temuan ini sejalan dengan pendapat Nurrahma & Melati (2013), yang menyatakan bahwa kelimpahan jamur dekomposer mengindikasikan sistem mikroba tanah yang aktif dalam daur ulang nutrisi organik.

Patogen yang ditemukan pada perakaran lada di Banjarnegara tidak merupakan patogen virulen. Patogen yang ditemukan dikenal sebagai patogen fakultatif yang dapat menyerang tanaman dalam kondisi stres atau saat keseimbangan mikrobioma terganggu. *Aspergillus* dan *Penicillium* (ASV257 dan ASV133), keduanya termasuk dalam kelas Eurotiomycetes. Kehadiran taksa ini pada perakaran lada sehat diduga berada dalam status dorman atau dikendalikan secara alami oleh komunitas mikroba kompetitor atau antagonis. Pupuk kandang yang digunakan dalam budidaya dimungkinkan terkontaminasi *Malassezia restricta* dan *Malassezia globosa*. Keberadaan jamur ini lebih umum dikaitkan dengan kulit mamalia dan kurang umum ditemukan di tanah.

Kesehatan tanaman lada di Banjarnegara juga didukung oleh keberadaan jamur mikoriza arbuskular. Perakaran lada sehat di Banjarnegara menunjukkan keberadaan jamur mikoriza arbuskular yang berperan penting dalam meningkatkan penyerapan nutrisi (terutama fosfat) dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres biotik dan abiotik. Empat ASV termasuk ke dalam genus dan famili yang belum dapat ditentukan secara pasti (*Incertae sedis*),

namun berada dalam ordo Glomerales (Prasetyo & Hermiyanto, 2022).

Keseimbangan komunitas jamur di rhizosfer berkontribusi besar terhadap status kesehatan tanaman lada. Komunitas jamur pada rhizosfer lada sehat menunjukkan dominasi fungsi dekomposisi dan pemacu pertumbuhan tanaman, sedangkan keberadaan patogen terbatas. Pemahaman lebih lanjut terhadap interaksi antar kelompok fungi dapat menjadi dasar pengembangan strategi manajemen biologis tanah yang berkelanjutan.

Kelimpahan

Perakaran lada sehat didominasi oleh jamur yang berperan sebagai perombak bahan organik. Dominasi ini terlihat dari Relative abundance pada Gambar 1. ASV54 (Famili Hydnodontaceae) memiliki Relative abundance 30,18%, menjadikannya varian yang paling melimpah. Disusul oleh ASV10 (*Gliocladiopsis curvata*) (10,36%) dan beberapa varian lain seperti ASV158 (Famili Rhizophydiaceae) (5,92%), ASV220 (Genos *Deconica*) (4,33%), dan ASV251 (*Oxydothis Garethjonesii*) (3,42%). Tingginya proporsi jamur dekomposer menunjukkan bahwa aktivitas penguraian bahan organik di dalam tanah sangat aktif, berpotensi meningkatkan ketersediaan nutrisi serta mendukung struktur tanah yang sehat dan aerasi yang baik. Ini merupakan indikator penting dari kesuburan tanah alami tanpa gangguan besar.

Tidak hanya kelompok jamur dekomposer bahan organik, perakaran lada sehat juga didominasi oleh kelompok Jamur Mikoriza Arbuskular (JMA) dari ordo Glomerales. Tingginya proporsi PGPF menandakan potensi simbiosis yang aktif antara tanaman lada dengan jamur mikoriza. Kehadiran JMA sangat penting untuk meningkatkan penyerapan hara, khususnya fosfor, serta memperkuat ketahanan tanaman terhadap stres abiotik dan serangan patogen (Harza, 2021; Lubis, 2021). ASV153 (7,29%) dan ASV154 (7,18%) mendominasi kelompok ini, diikuti oleh ASV253 (3,30%) dan ASV323 (2,05%). Keberadaan patogen dalam perakaran lada sehat memerlukan perhatian karena dapat berpotensi berkembang di bawah kondisi lingkungan yang mendukung. ASV133 (*Penicillium citrinum*) mendominasi dalam kelompok ini dengan proporsi 9,57%, diikuti ASV257 (*Aspergillus penicillioides*) sebesar 3,19%.

Meskipun terdapat patogen dalam perakaran namun tanaman tampak sehat. Sistem mikrobioma pada perakaran lada sehat tergolong stabil dan menguntungkan bagi kesehatan tanah dan tanaman lada. Secara keseluruhan, struktur komunitas jamur dalam rhizosfer lada sehat didominasi oleh kelompok dekomposer dan PGPF (total 71,11%), sedangkan patogen tanaman dan patogen hewan-manusia hanya

menyumbang sebagian kecil dari total komunitas (22,9%). Data ini memperkuat hipotesis bahwa kesehatan tanaman erat kaitannya dengan komposisi dan fungsi mikrobiota rizosfer yang mendukung, serta menjadi dasar bagi pengembangan pendekatan berbasis mikrobioma dalam pertanian berkelanjutan.

Alfa-diversitas

Tabel 2 menunjukkan *richness*, shannon index, dan simpson index jamur rhizosfer tanaman lada sehat. Nilai *richness* merepresentasikan jumlah spesies atau unit taksonomi yang terdeteksi dalam suatu komunitas mikroba. Berdasarkan Tabel 2, nilai *richness* menunjukkan angka yang relatif tinggi, yang mengindikasikan keberagaman taksonomi jamur dalam rizosfer lada sehat. *Richness* yang tinggi mencerminkan ekosistem mikroba tanah yang kompleks dan beragam, yang penting dalam menunjang fungsi ekologis seperti dekomposisi, siklus nutrisi, serta interaksi simbiosis dengan tanaman inang.

Indeks Shannon mengukur keanekaragaman dengan memperhitungkan baik jumlah spesies (*richness*) maupun keseragaman distribusinya (*evenness*). Indeks Shannon yang tinggi mengindikasikan bahwa tidak hanya banyaknya spesies yang tinggi, tetapi juga distribusinya relatif merata. Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa indeks shannon pada kelompok jamur Dekomposisi material organik dan PGPF dalam kategori sedang. Hal ini berarti distribusi spesies di dalam nya cukup merata. Sedangkan pada kelompok jamur Patogen tumbuhan dan Patogen hewan dan manusia indeks shannon berkategori rendah. Hal ini berarti distribusi spesies di dalam nya tidak merata.

Indeks Simpson mengukur probabilitas bahwa dua individu yang diambil secara acak dari komunitas akan berasal dari spesies yang sama. Nilai yang lebih mendekati 1 menunjukkan dominasi beberapa spesies, sedangkan nilai yang lebih rendah (mendekati 0) menunjukkan keanekaragaman tinggi dan dominasi rendah. Tabel 2 menunjukkan keanekaragaman pada kelompok Dekomposisi material organik dan PGPF lebih tinggi dari pada kelompok Patogen tumbuhan dan Patogen hewan dan manusia.

Hasil analisis menunjukkan bahwa komunitas jamur pada rizosfer tanaman lada sehat yang tumbuh di petak dengan histori serangan hama dan penyakit didominasi oleh kelompok jamur dekomposer bahan organik, diikuti oleh jamur yang berpotensi sebagai PGPF. Kedua kelompok ini tidak hanya merupakan fraksi paling dominan dalam komunitas, tetapi juga menunjukkan tingkat keanekaragaman yang tinggi dan distribusi yang merata.

Keberadaan jamur dekomposer dan PGPF memiliki peran krusial dalam menunjang kesehatan dan produktivitas tanaman. Jamur dekomposer

berperan dalam mempercepat dekomposisi bahan organik, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi tanah, sementara PGPF berkontribusi terhadap peningkatan penyerapan hara, ketahanan terhadap patogen, serta toleransi terhadap stres abiotik (Septian & Sihite, 2021; Maulana *et al.*, 2022). Dominasi kedua kelompok ini diharapkan dapat berkontribusi secara berkelanjutan terhadap stabilitas ekosistem mikroba rizosfer dan mendukung pertumbuhan tanaman lada dalam jangka panjang. Tingginya nilai keanekaragaman dan keseragaman distribusi jamur-jamur fungsional ini mengindikasikan bahwa dominasi keduanya berpotensi bertahan dalam kondisi lingkungan yang mendukung. Namun demikian, tekanan seleksi alam dari komunitas lokal termasuk komunitas bakteri, sistem budidaya yang tidak adaptif dapat mengubah komposisi komunitas ini secara signifikan. Faktor-faktor abiotik seperti intensitas cahaya, pH tanah, suhu, dan kelembaban diketahui memiliki pengaruh terhadap struktur komunitas dan distribusi jamur di tanah (Pertiwi & Afandhi, 2022).

Salah satu praktik budidaya yang berpotensi menurunkan populasi jamur dekomposer adalah menurunnya kandungan bahan organik di dalam tanah. Oleh karena itu, penerapan manajemen bahan organik yang tepat, seperti penambahan pupuk kandang, kompos, atau biochar, merupakan strategi penting untuk mempertahankan keberlangsungan komunitas mikroba yang mendukung kesehatan tanaman (Kusumastuti *et al.*, 2022; Vidyawati & Masnilah, 2022). Pemberian bahan organik secara konsisten pada zona perakaran tanaman lada dapat secara tidak langsung meningkatkan ketahanan tanaman terhadap tekanan biotik maupun abiotik.

Meskipun komunitas bakteri tidak tampak dalam penelitian ini namun memiliki peran dalam menjaga kesehatan tanaman dan saling berinteraksi dengan komunitas jamur. Jamur mikoriza arbuskular mempengaruhi komunitas bakteri rizosfer dengan merangsang eksudasi akar zat allelopatik seperti asam arakidonat (Xu *et al.*, 2023). Bakteri antagonis dan patogen *rhizoctonia solani* berinteraksi dalam rizosfer, mempengaruhi fungsi mikroba dan pemanfaatan karbon untuk menekan penyakit busuk akar (Solanki *et al.*, 2023). Interaksi bakteri-jamur dalam mikorizosfer memainkan peran penting dalam asosiasi tanaman-mikrob, siklus nutrisi, dan fungsi ekosistem (Williams *et al.*, 2024). Jamur mikoriza dan bakteri yang mempromosikan pertumbuhan tanaman berinteraksi di rhizosphere untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan kesehatan dalam kondisi normal dan stres (Santoyo *et al.*, 2021).

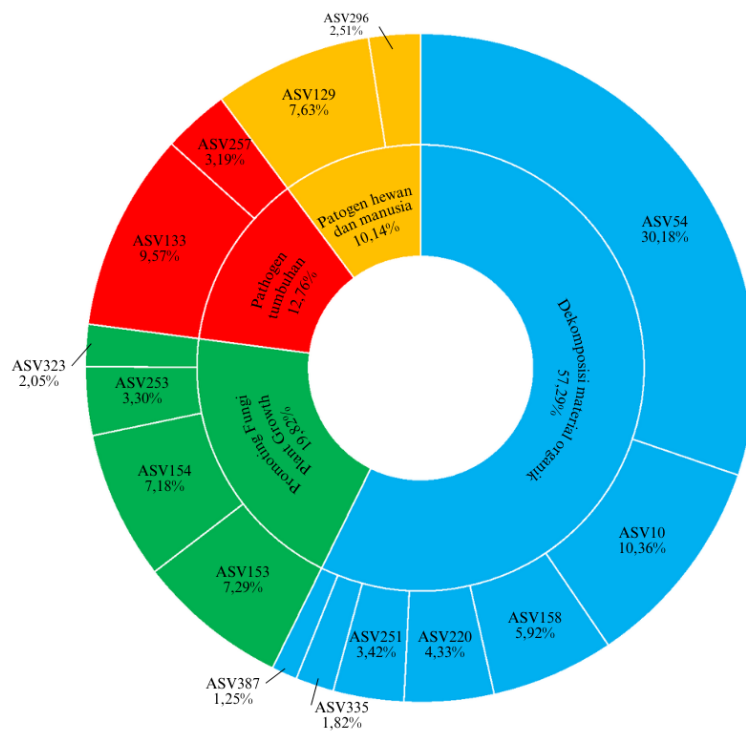
Berdasarkan temuan di atas direkomendasi beberapa hal untuk mempertahankan dan meningkatkan kesehatan tanaman lada. Praktik budidaya harus secara konsisten menambah bahan

organik ke dalam tanah melalui aplikasi pupuk kandang, kompos, atau biochar. Bahan organik merupakan substrat utama bagi jamur dekomposer, dan keberadaannya mendukung siklus hara serta meningkatkan kapasitas retensi air dan struktur tanah. Aplikasi biofertilizer berbasis PGPF dapat memperkaya komunitas jamur menguntungkan.

Kegiatan yang dapat memengaruhi komunitas jamur rhizosfer perlu dipertimbangkan seperti penggunaan fungisida yang berspektrum luas dapat mengganggu keseimbangan komunitas mikroba tanah dan mengatur pH sekitar 5,5–6,5 mengingat bahwa pH tanah mempengaruhi kelimpahan dan komposisi komunitas jamur.

Tabel 1. Komposisi taksonomi jamur rhizosfer tanaman lada sehat.

ASV	Kingdom	Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species	Read count
Dekomposisi material organik								
ASV54	Fungi	Basidiomycota	Agaricomycetes	Trechisporales	Hydnodontaceae			265
ASV220	Fungi	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Strophariaceae	Deconica		38
ASV387	Fungi	Mucoromycota	Endogonomycetes	Endogonales	Endogonales_fam_Incertae_sedis	Endogonales_gen_Incertae_sedis		11
ASV10	Fungi	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	Nectriaceae	Gliocladiopsis	<i>Gliocladiopsis curvata</i>	91
ASV251	Fungi	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Oxydothidaceae	Oxydothis	<i>Oxydothis garthjonesii</i>	30
ASV335	Fungi	Basidiomycota	Agaricomycetes	Polyporales	Phanerochaetaceae	Phanerochaete	<i>Phanerochaete bambusicola</i>	16
ASV158	Fungi	Chytridiomycota	Rhizophydiomycetes	Rhizophydiales	Rhizophydiaceae	Rhizophydiaceae_gen_Incertae_sedis		52
Patogen tumbuhan								
ASV257	Fungi	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	Aspergillaceae	Aspergillus	<i>Aspergillus penicillioides</i>	28
ASV133	Fungi	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	Aspergillaceae	Penicillium	<i>Penicillium citrinum</i>	84
Patogen hewan dan manusia								
ASV129	Fungi	Basidiomycota	Malasseziomycetes	Malasseziales	Malasseziaceae	Malassezia	<i>Malassezia restricta</i>	67
ASV296	Fungi	Basidiomycota	Malasseziomycetes	Malasseziales	Malasseziaceae	Malassezia	<i>Malassezia globosa</i>	22
PGPF								
ASV153	Fungi	Glomeromycota	Glomeromycetes	Glomerales	Glomerales_fam_Incertae_sedis	Glomerales_gen_Incertae_sedis		64
ASV154	Fungi	Glomeromycota	Glomeromycetes	Glomerales	Glomerales_fam_Incertae_sedis	Glomerales_gen_Incertae_sedis		63
ASV253	Fungi	Glomeromycota	Glomeromycetes	Glomerales	Incertae_sedis	Glomerales_gen_Incertae_sedis		29
ASV323	Fungi	Glomeromycota	Glomeromycetes	Glomerales	Glomerales_fam_Incertae_sedis	Glomerales_gen_Incertae_sedis		18



Gambar 1. Relative abundance jamur rhizosfer tanaman lada sehat.

Tabel 2. *Richness*, Shannon index, dan Simpson index jamur rhizosfer tanaman lada sehat.

Peran	<i>Richness</i>	Indeks Shannon (H')		Indeks Simpson (D)	
Dekomposisi material organik	7	1.44	Sedang	0.33	Keanekaragaman tinggi
Patogen tumbuhan	2	0.56	Rendah	0.63	Keanekaragaman cenderung rendah
Patogen hewan dan manusia	2	0.56	Rendah	0.63	Keanekaragaman cenderung rendah
PGPF	4	1.27	Sedang	0.30	Keanekaragaman tinggi

Kesimpulan

Komunitas jamur pada rizosfer tanaman lada sehat yang tumbuh di petak dengan histori serangan hama dan penyakit didominasi oleh kelompok jamur dekomposer bahan organik (57,29%), diikuti oleh jamur yang berpotensi sebagai PGPF (19,82%) dengan nilai keanekaragaman yang tinggi dan keseragaman distribusi. Komunitas jamur patogen memiliki kelimpahan 12,76% dengan keanekaragaman tingkat sedang dan keseragaman cenderung tinggi..

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Pembangunan Nasional —Veteranl Yogyakarta atas dukungan pendanaan melalui skema Hibah Penelitian Dasar yang memungkinkan terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Laboratorium Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional —Veteranl Yogyakarta atas akses terhadap fasilitas penelitian yang mendukung penelitian ini. Penulis turut menghaturkan apresiasi kepada PT. Java Agritech atas informasi kesehatan tanaman lada yang sangat membantu dalam pemilihan lokasi pengambilan sampel. Penulis menyampaikan penghargaan kepada para petani lada di Desa Tribuana, Kecamatan Punggelan, Kabupaten Banjarnegara atas kerja sama dan izin akses terhadap lahan budidaya lada yang mereka kelola.

Daftar Pustaka

- Adedayo, A. A., & Babalola, O. O. (2023). Fungi that promote plant growth in the rhizosphere boost crop growth. *Journal of Fungi*, 9(2), 239. <https://doi.org/10.3390/jof9020239>
- Anjarsari, I. R. D. (2024). Pemberdayaan Masyarakat di Desa Pamekarsari Kecamatan Surian Kabupaten Sumedang Melalui Budidaya Lada:

Menuju Kemandirian Dan Kesejahteraan. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, 13(2), 182-188. <https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v13i2.50811>

Benaissa, A. (2024). Rhizosphere: Role of bacteria to manage plant diseases and sustainable agriculture—A review. *Journal of Basic Microbiology*, 64(3), 2300361. <https://doi.org/10.1002/jobm.202300361>

Boparai, J. K., & Sharma, P. K. (2021). Metagenomics and metatranscriptomics approaches in understanding and discovering novel molecules in rhizosphere environment. *Omics science for rhizosphere biology*, 41-52. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0889-6_3

El-Maraghy, S. S., Tohamy, A. T., & Hussein, K. A. (2021). Plant protection properties of the plant growth-promoting fungi (PGPF): Mechanisms and potentiality. *Curr. Res. Environ. Appl. Mycol.(J. Fungal Biol.)*, 11, 391-415. <https://doi.org/10.5943/cream/11/1/29>

Hazra, F., Syahiddin, D., & Widyastuti, R. (2021). Peran Kompos dan Mikoriza pada Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*) di Tanah Berpasir. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab* ISSN, 2622, 3570. <http://dx.doi.org/10.35941/jat1.4.2.2022.7003.113-122>

Inderiati, S., & Aurelia, P. (2022). Aplikasi Mikroorganisme Sebagai Agensi Promosi Pertumbuhan Tanaman Lada (*Piper nigrum* Linn). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1), 45-53. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v6i1.437>

Kusumastuti, A., Indrawati, W., & Kurniawan, A. (2022). Keanekaragaman Mesofauna Tanah dan Aktivitas Mikroorganisme Tanah pada Vegetasi Nilam di Berbagai Dosis Biochar dan Pupuk

- Majemuk NPK. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(2), [145-162](https://doi.org/10.25047/agriprima.v6i2.488).
[10.25047/agriprima.v6i2.488](https://doi.org/10.25047/agriprima.v6i2.488)
- Lubis, J. A., Fikrinda, F., & Hifnalisa, H. (2021). Pengaruh fungi mikoriza arbuskula dan pupuk kandang terhadap serapan hara kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) pada Ultisol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(2), 118-124.
<https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i2.16989>
- Maulana, M., Ritaqwin, Z., & Mawaddah, F. (2022). Pertumbuhan dan kolonisasi fungi mikoriza terhadap cekaman tanah salin pada tanaman cabai. *Viabel: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 16(1), 1-12.
<https://doi.org/10.35457/viabel.v16i1.1725>
- Nurrahma, A. H. I., & Melati, M. (2013). Pengaruh jenis pupuk dan dekomposer terhadap pertumbuhan dan produksi padi organik. *Buletin Agroherti*, 1(1), 149-155.
<https://doi.org/10.29244/agrob.1.1.149-155>
- Omotayo, O. P., Igiehon, O. N., & Babalola, O. O. (2021). Metagenomic study of the community structure and functional potentials in maize rhizosphere microbiome: elucidation of mechanisms behind the improvement in plants under normal and stress conditions. *Sustainability*, 13(14), 8079.
<https://doi.org/10.3390/SU13148079>
- Pertiwi, K. M., & Afandhi, A. (2022). Keanekaragaman jenis jamur patogen serangga asal tanah pada sistem agroforestri pinus-kopi di Hutan Pendidikan Universitas Brawijaya. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 10(1), 1-11.
<https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.1.1>
- Prasetyo, M. R. B., & Hermiyanto, B. (2022). Pengaruh Pemberian Jamur Mikoriza Arbuskular dan Batuan Fosfat terhadap Infeksi Akar, Kadar P, Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Berkala Ilmiah Pertanian*, 5(4), 207-214.
<https://doi.org/10.19184/bip.v5i4.34751>
- Purwati, P., Nugrahini, T., & Noor, R. B. (2022). Identifikasi Mikroba Agens Hayati pada Lahan Kelapa Sawit (*Elaeis Jackuenensis* Jack.) Belum Menghasilkan di Kecamatan Marang Kayu-Kutai Kartanegara. *Agrifor*, 21(1), 141-146.
<https://doi.org/10.31293/af.v19i2.4640>
- Saleh, L. (2017). Efisiensi Pemasaran Komoditas Lada di Kabupaten Konawe Ditinjau dari Perspektif Ekonomi Islam. *Li Falah: Jurnal Studi Ekonomi Dan Bisnis Islam*, 2(1), 46-66.
<https://doi.org/10.31332/lifalah.v2i1.603>
- Santoyo, G., Gamalero, E., & Glick, B. R. (2021). Mycorrhizal-bacterial amelioration of plant abiotic and biotic stress. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 672881.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.672881>
- Septian, M. H., & Sihite, M. (2021). Potensi pemanfaatan mikoriza arbuskula (AM) pada lahan hijauan pakan. *Journal of Livestock Science and Production*, 5(2), 362-370.
<https://doi.org/10.31002/jalspro.v5i2.5312>
- Solanki, M. K., Solanki, A. C., Rai, S., Srivastava, S., Kashyap, B. K., Divvela, P. K., Kumar, S.K., Yandigeri, M. S., Kashyap, P. L., Shrivastava, A. K., Ali, B., Khan, S., Jaremkko, M., & Qureshi, K. A. (2022). Functional interplay between antagonistic bacteria and *Rhizoctonia solani* in the tomato plant rhizosphere. *Frontiers in Microbiology*, 13, 990850.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.990850>
- Vidyawati, S. V., & Masnilah, R. (2022). Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Terhadap Populasi *Bacillus* Sp. untuk Menekan Perkembangan Penyakit Karat Daun pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.). *Berkala Ilmiah Pertanian*, 5(1), 39-44.
<https://doi.org/10.19184/bip.v5i1.29666>
- Williams, A., Sinanaj, B., & Hoysted, G. A. (2024). Plant-microbe interactions through a lens: tales from the mycorrhizosphere. *Annals of Botany*, 133(3), 399-412.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcad191>
- Xu, Y., Chen, Z., Li, X., Tan, J., Liu, F., & Wu, J. (2023). Mycorrhizal fungi alter root exudation to cultivate a beneficial microbiome for plant growth. *Functional Ecology*, 37(3), 664-675.
<https://doi.org/10.1111/1365-2435.14249>
- Youseif, S. H., Abd El-Megeed, F. H., Humm, E. A., Maymon, M., Mohamed, A. H., Saleh, S. A., & Hirsch, A. M. (2021). Comparative analysis of the cultured and total bacterial community in the wheat rhizosphere microbiome using culture-dependent and culture-independent approaches. *Microbiology spectrum*, 9(2), e00678-21.
<https://doi.org/10.1128/Spectrum.00678-21>