

**ANALISIS MOLEKULER JENIS FUNGI YANG BERASOSIASI
DENGAN AKAR ANGGREK *Dendrobium macrophyllum*, A.Rich.
1834 LIAR DAN BUDIDAYA**

untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana S1 Program Studi
Biologi



Alfan Amirur Rizal
20106040040

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2521/Un.02/DST/PP.00.9/12/2025

Tugas Akhir dengan judul : ANALISIS MOLEKULER JENIS FUNGI YANG BERASOSIASI
DENGAN AKAR ANGGREK *Dendrobium macrophyllum*, A.Rich. 1834 LIAR DAN
BUDIDAYA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ALFAN AMIRUR RIZAL
Nomor Induk Mahasiswa : 20106040040
Telah diujikan pada : Selasa, 16 Desember 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 69453cdee0884



Penguji I

Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 69453bdf4bcc7



Penguji II

Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., PhD.
SIGNED

Valid ID: 69451c6269267



Yogyakarta, 16 Desember 2025

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6948b9167f47e



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Alfian Amirur Rizal

NIM : 20106040040

Judul Skripsi : ANALISIS MOLEKULER JENIS FUNGI YANG BERSOSIASI DENGAN
ANGGREK *Dendrobium macrophyllum*, A.Rich. 1834 LIAR DAN BUDIDAYA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 8 Desember 2025

Pembimbing

Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.,

NIP: 19750515 200003 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Alfian Amirur Rizal

NIM : 20106040040

Program Studi : Biologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“ANALISIS MOLEKULER JENIS-JENIS FUNGI YANG BERASOSIASI DENGAN AKAR ANGGREK *Dendrobium macrophyllum*, A.Rich. 1834 LIAR DAN BUDIDAYA**” adalah asli karya pribadi atau penelitian sendiri yang tidak mengandung plagiarisme dan tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagai acuan dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 9 Desember 2025

Yang menyatakan,



Alfian Amirur Rizal
NIM. 20106040040

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

QS. Al-Insyirah: 5–6

*"Karena sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.
Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan."*

“Jalanmu kan sepanjang niatmu”
(Perunggu - 33x)

“Hanya butuh satu saja satu alasan, Untuk sudah menyerah atau terus berjalan
Lihat saja, takut saja, sudah sajalah
Lihat saja, jalan saja, sikat sajalah
Syarat pertama adalah percaya
Syarat kedua, lihat syarat pertama”
(FSTVLST - Syarat)

“Mungkin kita sampai
Mungkin saja tidak
Tugas kita hanyalah berjalan”
(The Jeblogs – Sambutlah)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya yang telah memberikan kekuatan, kesabaran, serta kemudahan sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ANALISIS MOLEKULER JENIS FUNGI YANG BERSOSIASI DENGAN AKAR ANGGREK *Dendrobium macrophyllum*, A.Rich. 1834 LIAR DAN BUDIDAYA” Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, teladan bagi seluruh umat manusia, yang telah menuntun kita menuju jalan kebenaran dan keselamatan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Proses penyusunan skripsi ini tidaklah mudah. Berbagai kendala, keterbatasan, dan rintangan telah Penulis lalui, namun dengan pertolongan Allah SWT serta dukungan dari berbagai pihak, Penulis dapat menyelesaikan penelitian ini hingga tuntas.

Dalam kesempatan ini, Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada berbagai pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan skripsi ini, terutama kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini.
2. Ibu Dr. Ika Nugrahaeni Ari Martiwi, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan dosen penguji, terimakasih atas segala dukungan, arahan, dan perhatian yang diberikan kepada penulis selama studi.
3. Ibu Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing utama yang dengan penuh kesabaran dan ketulusan telah membimbing, memberikan saran, dan arahan ilmiah sejak tahap proposal hingga penyusunan akhir skripsi ini.

4. Ibu Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., PhD., selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan berharga, pandangan kritis, serta motivasi dalam memperdalam analisis penelitian ini.
5. Bapak Imam Wahyudi, S.Ag., M.Pd., ayah yang selalu menjadi sosok inspiratif, memberikan semangat dan doa yang tiada henti dalam mendukung langkah Penulis hingga tahap akhir penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Suger Wiji Astatik, S.Pd., ibu yang dengan kesabaran, pengorbanan, senantiasa memotivasi Penulis, serta doa-doa terbaiknya selalu mendampingi setiap langkah Penulis.
7. Rekan-rekan mahasiswa Biologi angkatan 2020, khususnya teman satu bimbingan dan sahabat seperjuangan di laboratorium Genetika dan Mikrobiologi, atas bantuan, kebersamaan, dan canda tawa yang menjadi penyemangat di tengah kesibukan penelitian.
8. Seluruh dosen dan staf Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, atas ilmu, dukungan, serta pelayanan yang membantu kelancaran studi Penulis.
9. Keluarga besar Kos Apem, Furi, Adit, Muhlis, Rifki, Krisna, Axel, Lutfi, Thoyib, dan Jamil.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan karya ilmiah ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang biologi molekuler dan mikologi, serta menjadi referensi dalam penelitian mengenai hubungan mikoriza dan anggrek di Indonesia.

Yogyakarta, 9 Desember 2025

Penulis

ANALISIS MOLEKULER JENIS FUNGI YANG BERASOSIASI DENGAN AKAR ANGGREK *Dendrobium macrophyllum*, A.Rich. 1834 LIAR DAN BUDIDAYA

Alfan Amirur Rizal
20106040040

ABSTRAK

Hubungan antara anggrek dan mikoriza merupakan faktor penting bagi pertumbuhan, namun jenis jamur yang berasosiasi dengan akar *Dendrobium macrophyllum* belum banyak dilaporkan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jamur yang terdapat pada akar individu liar dan budidaya serta menganalisis karakter molekulernya melalui pendekatan penanda ITS. Sampel jamur diisolasi melalui kultur, diekstraksi DNA-nya menggunakan metode CTAB, dan diamplifikasi menggunakan primer ITS1–ITS4 sebelum dianalisis melalui sekuensing dan pencocokan dengan basis data. Hasil menunjukkan bahwa isolat yang diperoleh bukan merupakan mikoriza anggrek sejati, tetapi termasuk kelompok jamur non-mikoriza yang berkerabat dekat dengan *Lasioidiplodia pseudotheobromae*. Isolat dari anggrek liar memiliki tingkat kemiripan 92,75%, sedangkan isolat dari anggrek budidaya memiliki kemiripan 90,64%, menunjukkan variasi genetik antar isolat serta kemungkinan pengaruh perbedaan kondisi lingkungan. Analisis filogenetik memperkuat kedekatan kedua isolat dengan famili Botryosphaeriaceae, yang umumnya bersifat endofitik atau saprofitik. Temuan ini menunjukkan bahwa jamur yang berasosiasi dengan akar *D. macrophyllum* pada kedua sumber tidak berperan sebagai mikoriza dan cenderung merupakan jamur oportunistik yang tumbuh cepat pada media kultur. Hasil penelitian memberikan dasar bagi studi lanjutan mengenai identifikasi mikoriza sejati dan strategi optimasi inokulasi mikoriza untuk mendukung konservasi dan budidaya anggrek.

Kata kunci: akar; anggrek; fungi; molekuler; endofit; ITS

**MOLECULAR ANALYSIS OF FUNGAL SPECIES ASSOCIATED WITH
THE ROOTS OF WILD AND CULTIVATED *DENDROBIUM*
MACROPHYLLUM A.RICH., 1834**

Alfan Amirur Rizal
20106040040

ABSTRACT

*The association between orchids and mycorrhizal fungi plays a crucial role in plant development, yet the fungal species linked to the roots of *Dendrobium macrophyllum* remain insufficiently documented. This study aimed to identify fungal isolates associated with wild and cultivated individuals and to analyze their molecular characteristics using the ITS marker region. Fungal samples were isolated through culture, subjected to DNA extraction using the CTAB method, and amplified with ITS1–ITS4 primers prior to sequencing and comparison with reference databases. The results showed that the isolates obtained were not true orchid mycorrhizal fungi but instead belonged to non-mycorrhizal fungal groups closely related to *Lasiodiplodia pseudotheobromae*. The isolate from wild orchids showed 92.75% similarity, whereas the cultivated isolate displayed 90.64% similarity, indicating genetic variation influenced by differing environmental conditions. Phylogenetic analysis further supported the close relationship between both isolates and the Botryosphaeriaceae family, which is generally characterized by endophytic or saprophytic lifestyles. These findings indicate that the fungi associated with the roots of *D. macrophyllum* in both sources do not act as mycorrhizal partners but are opportunistic fungi that grow rapidly in culture media. This study provides an important foundation for further research aimed at identifying true orchid mycorrhizal fungi and optimizing mycorrhizal inoculation strategies to support orchid conservation and cultivation.*

Keywords: root; orchid; fungus; molecular; endophyte; ITS

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Karakteristik Anggrek <i>Dendrobium macrophyllum</i>	6
B. Fungi yang Berasosiasi dengan Akar Anggrek	8
C. Fungi Asosiasi Akar Anggrek pada Habitat Liar dan Budidaya	10
D. Analisis Molekuler dalam Identifikasi Fungi.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	14
B. Alat dan Bahan.....	14
C. Analisis Molekuler Fungi pada <i>Dendrobium macrophyllum</i> Liar dan Budidaya	14
D. Identifikasi Molekuler berdasarkan Urutan ITS	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
A. Hasil Penelitian	22
B. Pembahasan.....	30

BAB V PENUTUP.....	41
A. Kesimpulan	41
B. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Anggrek <i>Dendrobium macrophyllum</i>	7
Gambar 2. Isolat fungi dari akar anggrek liar dan budidaya, tampak atas (A) dan sebalik media (B). Pengamatan di lakukan setelah 7 hari inkubasi pada media PDA (suhu ruang).	23
Gambar 3. Hasil Visualisasi DNA Genom isolasi sampel fungi dari akar <i>Dendrobium macrophyllum</i> secara Elektroforesis pada Gel Agarose	24
Gambar 4. Hasil Visualisasi PCR Gen ITS rRNA secara Elektroforesis pada Gel Agarose.....	25
Gambar 5. Hasil Analisis Filogenetik dari Isolat X2	28
Gambar 6. Hasil Analisis Filogenetik dari Isolat X4	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil isolasi fungi pada akar anggrek <i>Dendrobium macrophyllum</i> liar dan budidaya.....	22
Tabel 2. Hasil penghitungan konsentrasi dan tingkat kemurnian DNA genom	24
Tabel 3. Hasil penghitungan konsentrasi dan tingkat kemurnian DNA ampikon	25
Tabel 4. Hasil analisis BLAST sekuens DNA isolat fungi dari akar anggrek <i>Dendrobium macrophyllum</i> liar dan budidaya.....	26



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil analisa sekuensing sampel X2.....	51
Lampiran 2. Hasil analisa sekuensing sampel X4.....	51



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara dengan keragaman hayati terbesar di dunia dan termasuk dalam 17 negara "*Megadiversity*" global yang bersama-sama menyumbang 70% dari keanekaragaman hayati dunia (USAID, 2019). Keanekaragaman hayatinya mencakup 21 jenis ekosistem dan 75 jenis vegetasi yang berbeda (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023).

Salah satu tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia adalah Anggrek. Bunga anggrek memiliki beragam warna yang indah, bentuk, serta pola yang bervariasi dan mampu bertahan hidup dalam waktu yang cukup lama, sehingga tanaman ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Persebaran tanaman ini meliputi sebagian besar wilayah seperti 986 spesies dapat ditemukan di Pulau Jawa, sementara 971 spesies lainnya dapat ditemukan di Pulau Sumatra, dan sisanya tersebar di Maluku, Sulawesi, Irian Jaya, dan Kalimantan (Portal Informasi Indonesia, 2019). Dari banyaknya spesies yang ada terdapat beberapa spesies anggrek endemik di daerah tertentu, diantaranya adalah *Dendrobium macrophyllum*, *Paphiopedilum glaucophyllum* dari Pulau Jawa, dan *Vanda foetida* dari Sumatera (Purba & Chasani, 2021).

Dendrobium macrophyllum adalah salah satu anggrek yang sangat diminati karena mudah beradaptasi di dataran rendah, tidak memerlukan perawatan khusus, mudah berbunga, memiliki beragam variasi bunga, dan beberapa jenis hibridanya tetap harum (Latif *et al.*, 2020). Spesies anggrek ini dikenal pula dengan sebutan anggrek jamrud, merupakan spesies anggrek yang tumbuh secara optimal pada kisaran ketinggian 0 hingga 1700 meter di atas permukaan laut. Penyebarannya meliputi wilayah Pulau Jawa hingga Papua Nugini, serta ditemukan pula di sejumlah kawasan Pasifik seperti Kepulauan Solomon, Vanuatu, Kaledonia Baru, Fiji, dan Samoa (Suhono, 2010). Jenis ini sangat disukai konsumen karena bunganya tahan lama, tidak mudah rontok, memiliki variasi bentuk dan warna yang beragam, serta mudah dikemas untuk

bunga potong (Tuhuteru *et al.*, 2012). Anggrek ini termasuk jenis epifit yang tumbuh dengan menempel pada batang, dahan, atau ranting pohon mati (Sutiyoso dan Sarwono, 2005 *dalam* Andalasari *et al.*, 2017). Biji tanaman ini hanya terdiri dari embrio yang dibungkus oleh lapisan testa tanpa endosperma, sehingga sulit atau bahkan tidak mampu untuk berkecambah. Dalam proses perkecambahan, perkembangan, dan pertumbuhannya, tanaman ini dapat dibantu oleh infeksi hifa jamur mikoriza (Hastuti *et al.*, 2016).

Mikoriza pada anggrek umumnya menjalin hubungan simbiosis dengan tanaman anggrek melalui sistem akarnya. Mikoriza mengambil zat organik dari humus, mengubahnya, kemudian menyediakannya untuk tanaman anggrek. Sebaliknya, anggrek memberikan hasil asimilasinya kepada mikoriza tersebut. Interaksi saling menguntungkan antara kedua organisme tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman, serta membantu tanaman dalam mengatasi kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan seperti kekeringan atau tanah yang kurang subur. Meskipun jamur ini hidup berdampingan dan tidak bersifat patogen, namun pada tanaman lain, mungkin jamur ini bersifat parasit (Sugiyarto *et al.*, 2016).

Meskipun mikoriza memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan anggrek, tidak semua fungi yang ditemukan berasosiasi dengan akar anggrek merupakan mikoriza sejati. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa akar anggrek juga dapat dihuni oleh fungi endofit, saprofit, maupun patogen oportunistik yang hidup berdampingan dengan jaringan akar tanpa selalu membentuk hubungan simbiosis mikoriza. Keberadaan fungi non-mikoriza tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, substrat tumbuh, serta status fisiologis tanaman inang, sehingga komunitas fungi pada akar anggrek bersifat beragam dan dinamis.

Oleh karena itu, keberadaan fungi pada akar anggrek tidak dapat langsung diinterpretasikan sebagai mikoriza tanpa adanya pembuktian lebih lanjut, baik secara anatomi maupun molekuler. Pendekatan analisis molekuler diperlukan untuk mengidentifikasi jenis fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek secara

lebih akurat serta untuk memahami kedudukan filogenetik dan potensi peran ekologisnya.

Salah satu wilayah yang memiliki keanekaragaman flora yang tinggi, termasuk anggrek, adalah Kampung Pitu Nglanggeran. Berdasarkan pendataan yang dilakukan oleh Aan Sugito pada tahun 2024, Kepala Dusun Kampung Pitu, kawasan ini memiliki berbagai jenis anggrek yang tumbuh secara alami di lingkungan Gunung Api Purba Nglanggeran. Anggrek-anggrek tersebut mudah ditemukan di area ini karena kondisi lingkungan Kampung Pitu yang memiliki iklim sejuk dan lembap, sangat mendukung pertumbuhan tanaman anggrek dan mikoriza. Faktor-faktor lingkungan, seperti suhu, kelembapan, dan kondisi tanah yang relatif alami, memungkinkan berlangsungnya simbiosis mikoriza dengan anggrek secara optimal yang sesuai dengan pernyataan Shamsudin *et al.*, (2024). Keberadaan populasi anggrek *Dendrobium macrophyllum* liar di lokasi ini memberikan kesempatan untuk melakukan perbandingan terhadap jenis-jenis mikoriza yang berasosiasi dengan kelompok anggrek budidaya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kekosongan informasi mengenai jenis-jenis fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek di Kampung Pitu Nglanggeran, karena hingga saat ini belum terdapat kajian atau publikasi ilmiah yang membahas secara spesifik keberadaan dan karakteristik fungi akar anggrek di wilayah tersebut. Meskipun mikoriza diketahui memiliki peran penting dalam pertumbuhan anggrek, keberadaan fungi lain seperti endofit, saprofit, maupun patogen oportunistik juga berpotensi memengaruhi kondisi ekologi akar anggrek. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya konservasi anggrek liar serta menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan budidaya anggrek dengan mempertimbangkan peran mikroorganisme akar secara lebih menyeluruh. Dengan demikian, Kampung Pitu Nglanggeran merupakan lokasi yang strategis dan relevan untuk mendukung penelitian mengenai fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek *Dendrobium macrophyllum*.

Penelitian mengenai keragaman fungi yang berasosiasi dengan akar *Dendrobium macrophyllum* penting dilakukan untuk mengidentifikasi jenis-

jenis fungi yang hadir serta memahami posisi filogenetik dan potensi peran ekologisnya. Subjek yang digunakan dalam penelitian ini mencakup individu anggrek liar dan budidaya, karena keduanya mengalami perbedaan kondisi lingkungan dan sistem pengelolaan. Anggrek yang tumbuh secara alami bergantung sepenuhnya pada ketersediaan nutrisi dan interaksi mikroorganisme di habitatnya, sedangkan pada sistem budidaya, tanaman memperoleh unsur hara tambahan melalui perlakuan manusia, yang berpotensi memengaruhi komposisi fungi yang berasosiasi dengan akar.

Metode yang dapat digunakan adalah identifikasi molekuler (Tedersoo *et al.*, 2014). Metode identifikasi molekuler dilakukan secara berdampingan dengan identifikasi morfologi. Identifikasi morfologi mencakup pengamatan terhadap karakteristik fisik seperti bentuk, warna, dan ukuran. Sementara itu, identifikasi molekuler memanfaatkan analisis DNA (Harjoko *et al.*, 2010). Kedua metode identifikasi tersebut saling melengkapi satu sama lain. Identifikasi morfologi memberikan informasi terkait karakteristik fisik yang dapat diamati secara langsung, sedangkan identifikasi molekuler memberikan data yang lebih mendalam mengenai informasi genetik. Kombinasi kedua metode ini memungkinkan proses identifikasi spesies dilakukan dengan lebih akurat dan komprehensif (Putri dan Madduppa, 2020). Identifikasi morfologi telah dilakukan pada penelitian pendahuluan, pada penelitian ini dilanjutkan dengan identifikasi secara molekuler.

Penelitian ini akan berfokus pada identifikasi molekuler jenis-jenis jamur mikoriza yang bersimbiosis dengan anggrek *Dendrobium macrophyllum* liar dan budidaya di Kampung Pitu, Nglanggeran sebagai langkah awal dalam pemahaman ekologi anggrek hutan dan budidaya pada ekosistem Kawasan Gunung Api Purba Nglanggeran. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memberikan informasi penting mengenai jenis mikoriza yang paling umum dan efektif dalam mendukung pertumbuhan anggrek. Informasi tersebut dapat dijadikan acuan dalam pemilihan mikoriza yang optimal untuk digunakan sebagai pupuk atau sumber nutrisi dalam pengembangan budidaya anggrek yang

lebih efisien dan produktif serta untuk meningkatkan pengetahuan mengenai keragaman dan ekologi jamur.

B. Rumusan Masalah

1. Apa saja jenis fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek *Dendrobium macrophyllum* liar dan budidaya berdasarkan analisis molekuler?
2. Bagaimana posisi filogenetik fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek *Dendrobium macrophyllum* A.Rich., 1834 liar dan budidaya terhadap fungi lain yang terdapat dalam basis data GenBank?
3. Bagaimana potensi peran ekologis fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek *Dendrobium macrophyllum* A.Rich., 1834 liar dan budidaya berdasarkan hasil identifikasi dan posisi filogenetiknya?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi jenis fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek *Dendrobium macrophyllum* A.Rich., 1834 liar dan budidaya berdasarkan analisis molekuler.
2. Menentukan posisi filogenetik fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek *Dendrobium macrophyllum* A.Rich., 1834 liar dan budidaya berdasarkan analisis molekuler.
3. Menganalisis potensi peran ekologis fungi yang berasosiasi dengan akar anggrek *Dendrobium macrophyllum* A.Rich., 1834 liar dan budidaya berdasarkan hasil identifikasi dan posisi filogenetiknya.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan informasi mengenai jenis, posisi filogenetik, dan potensi peran ekologis fungi yang berasosiasi dengan akar *Dendrobium macrophyllum* A.Rich., 1834 liar dan budidaya, serta menjadi dasar bagi pengembangan penelitian lanjutan dan pengelolaan anggrek secara berkelanjutan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis molekuler menunjukkan bahwa fungi yang berasosiasi dengan akar *Dendrobium macrophyllum* A.Rich., 1834 baik pada kondisi liar maupun budidaya bukan merupakan mikoriza anggrek sejati seperti *Tulasnella* atau *Ceratobasidium*. Fungi yang teridentifikasi merupakan fungi non-mikoriza yang secara molekuler berkerabat dengan genus *Lasiodiplodia* (famili Botryosphaeriaceae).
2. Posisi filogenetik fungi yang berasosiasi dengan akar *Dendrobium macrophyllum* menunjukkan bahwa isolat X2 (liar) dan X4 (budidaya) berada dalam klad yang berkerabat dengan genus *Lasiodiplodia*. Perbedaan tingkat kemiripan sekuens ITS, yaitu sebesar 92,75% pada isolat X2 dan 90,64% pada isolat X4, mengindikasikan adanya variasi genetik antar isolat yang diduga dipengaruhi oleh perbedaan kondisi habitat alami dan sistem budidaya.
3. Berdasarkan hasil identifikasi molekuler dan posisi filogenetiknya, fungi yang berasosiasi dengan akar *Dendrobium macrophyllum* memiliki potensi peran ekologis sebagai fungi non-mikoriza, seperti endofit, saprofit, atau patogen oportunistik, tergantung pada kondisi lingkungan dan fisiologis tanaman inang. Keberadaan fungi tersebut mencerminkan bahwa komunitas fungi akar anggrek bersifat beragam dan tidak terbatas pada mikoriza sejati.

B. Saran

1. Penelitian lanjutan sebaiknya dilakukan dengan menambah jumlah sampel akar dari berbagai lokasi dan waktu pengambilan yang berbeda agar memperoleh gambaran keragaman jamur yang lebih representatif dan mendalam.
2. Proses isolasi jamur hendaknya menggunakan metode isolasi peloton langsung dari jaringan akar untuk memperoleh jamur mikoriza sejati

(*Orchid Mycorrhizal Fungi*) dan menghindari dominasi isolat non-mikoriza yang tumbuh cepat.

3. Penggunaan media selektif seperti *Oatmeal Agar* (OMA) atau *Modified Melin Norkrans* (MMN) disarankan agar lebih sesuai untuk pertumbuhan jamur mikoriza anggrek dibandingkan media umum seperti PDA.
4. Analisis ITS memberikan informasi awal yang penting, tetapi memiliki keterbatasan untuk penentuan spesies. Diperlukan analisis multilokus dan *metabarcoding* tanpa kultur agar identifikasi jamur mikoriza pada *D. macrophyllum* lebih akurat.
5. Identifikasi molekuler lanjutan disarankan menggunakan pendekatan multilokus, misalnya kombinasi gen ITS, *TEF1- α* , dan β -tubulin, serta didukung oleh analisis filogenetik yang lebih komprehensif untuk memperoleh ketepatan identifikasi taksonomi yang lebih tinggi.



DAFTAR PUSTAKA

- Abarenkov, K., Nilsson, R. H., Larsson, K. H., Taylor, A. F. S., May, T. W., Frøslev, T. G., Pawlowska, J., Lindahl, B., Põldmaa, K., Truong, C., Vu, D., Hosoya, T., Niskanen, T., Piirmann, T., Ivanov, F., Zirk, A., Peterson, M., Cheeke, T. E., Ishigami, Y., Kõljalg, U. (2024). The UNITE database for molecular identification and taxonomic communication of fungi and other eukaryotes: sequences, taxa and classifications reconsidered. *Nucleic Acids Research*, 52(D1), D791–D797. <https://doi.org/10.1093/nar/gkad1039>
- Aguilera-Arreola, M. G., Portillo-Muñoz, M. I., Rodríguez-Martínez, C., & Castro-Escarpulli, G. (2012). Usefulness of Chromogenic CromoCen® AGN agar medium for the identification of the genus *Aeromonas*: Assessment of faecal samples. *Journal of Microbiological Methods*, 90(2), 100–104. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2012.04.013>
- Andalasari, T. D., Yafisham, Y., & Nuraini, N. (2017). Respon Pertumbuhan Anggrek *Dendrobium* Terhadap Jenis Media Tanam dan Pupuk Daun. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 14(3), 76–82. <https://doi.org/10.25181/jppt.v14i3.156>
- Arnold, A. E. (2007). Understanding the diversity of foliar endophytic fungi : progress , challenges , and frontiers. *Fungal Biology Reviews*, 21, 51–66. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.05.003>
- Aryal, S. (2022). *PDA- Composition, Principle, Preparation, Results, Uses*. <https://microbenotes.com/potato-dextrose-agar-pda/>
- Bhardwaj, M., Kailoo, S., Khan, R. T., Khan, S. S., & Rasool, S. (2023). Harnessing fungal endophytes for natural management: a biocontrol perspective. *Frontiers in Microbiology*, 14(December). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1280258>
- Boesenberg-Smith, K. A., Pessarakli, M. M., & Wolk, D. M. (2012). Assessment of DNA yield and purity: An overlooked detail of PCR troubleshooting. *Clinical Microbiology Newsletter*, 34(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.clinmicnews.2011.12.002>
- Bragard, C., Baptista, P., Chatzivassiliou, E., Di Serio, F., Gonthier, P., Jaques Miret, J. A., Justesen, A. F., MacLeod, A., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-Cortes, J. A., Parnell, S., Potting, R., Stefani, E., Thulke, H. H., Van der Werf, W., Civera, A. V., Yuen, J., Zappalà, L., ... Reignault, P. L. (2023). Pest categorisation of *Lasiodiplodia pseudotheobromae*. *EFSA Journal*, 21(1), 1–60. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7737>
- Bridge, P., & Spooner, B. (2001). Soil fungi : diversity and detection. *Plant and Soil*, 147–154.
- Bryla, D. R., & Koide, R. T. (1990). Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. *Oecologia*, 84(1), 82–92. <https://doi.org/10.1007/bf00665599>
- Chamara, R. M. S. R., Rammitsu, K., Minobe, M., Kinoshita, A., Kotaka, N., Yukawa, T., & Ogura-Tsujita, Y. (2024). Mycorrhizal Fungi of *Phalaenopsis japonica* (Orchidaceae) and Their Role in Seed Germination and Seedling Development. *Diversity*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/d16040218>
- Chan, C.-C., Shen, D., & Tuo, J. (2005). Polymerase chain reaction in the diagnosis of uveitis. *International Ophthalmology Clinics*, 45(2), 41–55. <https://doi.org/10.1097/01.iio.0000155936.98330.3d>
- Chen, Y., Lan, X., He, R., Wang, M., Zhang, Y., & Yang, Y. (2024). Biological Characteristics, Pathogenicity, and Sensitivity to Fungicides of Four Species of *Lasiodiplodia* on Avocado Fruits. *Horticulturae*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/horticulturae10111190>
- de Mello, J. F., de Queiroz Brito, A. C., dos Santos Oliveira da Silva, E., de Souza-Motta,

- C. M., & Machado, A. R. (2022). First report of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* causing cladode rot in *Hylocereus* sp. in Brazil. *Journal of Plant Pathology*, 104(2), 899. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01118-x>
- de Silva, N. I., Phillips, A. J. L., Liu, J. K., Lumyong, S., & Hyde, K. D. (2019). Phylogeny and morphology of *Lasiodiplodia* species associated with *Magnolia* forest plants. *Scientific Reports*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50804-x>
- Demena, M., Raunsay, E. K., & Agustini, V. (2020). Karakter Habitat Jenis-Jenis Anggrek Epifit Dan Terestrial Di Hutan Kampung Kantomilena Distrik Yokari Kabupaten Jayapura. *Jurnal Kehutanan Papuasiasia*, 6(1), 62–70. <https://doi.org/10.46703/jurnalpapuasiasia.vol6.iss1.198>
- Diana, E. (2022). *KARAKTERISASI ANGGREK Dendrobium sp. HASIL SELEKSI IN VITRO DENGAN ASAM FUSARAT*. Universitas Lampung.
- Dixon, K., Brundrett, M. C., & Sivasithamparam, K. (2004). Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity. In *Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity* (Issue May). <https://doi.org/10.1007/0-306-48099-9>
- Donnell, R. P. O., Linde, C. C., & May, T. W. (2025). Rise up , Rhizoctonia : moving to one fungus , one name in the Ceratobasidiaceae (Agaricomycetes , Cantharellales). *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 285–325.
- Ezeonuegbu, B. A., Abdullahi, M. D., Whong, C. M. Z., Sohunago, J. W., Kassem, H. S., Yaro, C. A., Hetta, H. F., Hedeab, G. M., Zouganelis, G. D., El, G., & Batiha, S. (2022). Characterization and phylogeny of fungi isolated from industrial wastewater using multiple genes. *Scientific Reports*, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05820-9>
- Faradilla, Yuanita, & Silvi Dwi Mentari, F. (2021). STIMULASI PERTUMBUHAN PLANLET ANGGREK (*Dendrobium* Sp) DENGAN PEMBERIAN ZPT ATONIK DAN ROOT MOST PADA MASA AKLIMATISASI. *Jurnal Hutan Tropika*, XVII(148), 186–195.
- Firmansyah, & Mukhlisa, N. (2019). ISOLASI DAN UJI AKTIVITAS FUNGI ENDOFIT BATANG BELUNTAS (*Pluchea indica* L) TERHADAP PERTUMBUHAN *Staphylococcus aureus* DAN *Candida albicans*. *Jurnal Kesehatan*, 3.
- Fitri Yelli, M. V. R. dan I. D. (2022). Optimasi Volume Buffer Ekstraksi Dalam Mengisolasi Identifikasi Secara Molekuler Optimization of Extraction Buffer Volume in Isolating Arbuscular Mycorrhizal Dna for. *Pertanian, Fakultas Lampung, Universitas Author, Corresponding*, 10(3), 381–387.
- Garcia, J. G. N., & Ma, S.-F. (2005). Polymerase chain reaction: a landmark in the history of gene technology. *Critical Care Medicine*, 33(12 Suppl), S429–32. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000186782.93865.00>
- Hadidi, A., Levy, L., & Podleckis, E. V. (2017). *Polymerase Chain Reaction Technology in Plant Pathology* (pp. 167–187). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203746523-13>
- Haq, Z., Iqbal, M. S., Ahmad, A., Khan, M. S., & Prakash, J. (2020). Molecular Characterization of *Trichoderma* spp. Isolates by Internal Transcribed Spacer (ITS) Region Sequencing Technique and its Use as a Biocontrol Agent. *The Open Biotechnology Journal*, 14(1), 70–77. <https://doi.org/10.2174/1874070702014010070>
- Harjoko, D., Sakya T, A., & Rahayu, M. (2010). *Identifikasi morfologi dan molekuler sebagai dasar pengembangan tanaman porang*. 3, 12–13. <https://lppm.uns.id/2011/01/05/identifikasi-morfologi-dan-molekuler-sebagai-dasar-pengembangan-tanaman-porang/>
- Hartati, S., Samanhudi, & Cahyono, O. (2022). Short Communication: Morphological

- characterization of five species of *Dendrobium* native to Indonesia for parent selection. *Biodiversitas*, 23(5), 2648–2654. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230548>
- Hastuti, R. D. D., Sugiyarto, L., & Rahmawati, A. (2016). Isolasi Dan Identifikasi Mikoriza Yang Berasosiasi Dengan Akar *Acropsis Javanica*, *Bulbophyllum Angustifolium*, Dan *Dendrobium Flafensen* Di Kebun Raya Baturraden. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259681402>
- He, C., Wu, H., Hu, Y., Li, R., Lin, J., Lu, Y., Gu, Z., Tan, S., & Liang, Y. (2024). Detection and Characterization of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* Associated with Stem Wilt on *Ficus hirta* (Vahl) and Its Fungicidal Sensitivity. *Horticulturae*, 10(10), 160–162. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101069>
- Herrera, H., Soto, J., de Bashan, L. E., Sampedro, I., & Arriagada, C. (2019). Root-associated fungal communities in two populations of the fully mycoheterotrophic plant *arachnitis uniflora* phil. (corsiaceae) in southern Chile. *Microorganisms*, 7(12). <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120586>
- Hikmah, F. N. (2018). *Uji Potensi Antagonis Bakteri Endofit Bacillus cereus dan Bacillus megaterium Terhadap Jamur Patogen Fusarium Oxysporum Penyebab Penyakit Layu Daun Cabai Rawit (Capsicum frutescens L.)* (Vol. 3, Issue 2). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- iNaturalist. (2020). *Pastor's Orchid (Dendrobium macrophyllum)* · iNaturalist Luxembourg. <https://inaturalist.lu/taxa/348530-Dendrobium-macrophyllum>
- Jiang, S., Shi, G., Mao, L., Pan, J., An, L., Liu, Y., & Feng, H. (2015). Comparison of different PCR primers on detecting arbuscular mycorrhizal communities inside plant roots. *Wei Sheng Wu Xue Bao = Acta Microbiologica Sinica*, 55(7), 916–925.
- Kashdan, M. A., Moen, P. T., Rao, V. B., & Rao, B. S. (2021). DNA Sequencing. In *Recombinant DNA Principles and Methodologies* (pp. 661–698). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003067658-18>
- Kashdan, M. A., & Trainor, G. L. (1988). DNA Sequencing Technology. In *Biotechnology and the Human Genome* (pp. 111–118). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-5547-2_11
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023, December 28). *Keanekaragaman Hayati dan Potensi Pengembangan Bioprospeksi di Indonesia*. <https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/7567/keanekaragaman-hayati-dan-potensi-pengembangan-bioprospeksi-di-indonesia>
- Koentjoro, M. P., Sri Wilujeng, H., Dilla, A., & Prasetyo, E. N. (2021). Modifikasi Metode Isolasi Dna Cetyl Trimethylammonium Bromide (Ctab) Untuk Sampel Epitel Pipi Manusia. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (JoIMedLabS)*, 2(2), 115–127. <https://doi.org/10.53699/joimedlabs.v2i2.54>
- Koetsier, G., Cantor, E., & Biolabs, E. (2021). A Practical Guide to Analyzing Nucleic Acid Concentration and Purity with Microvolume Spectrophotometers. *NEW ENGLAND BioLabs Inc*, 1–2. https://www.neb.com/en/-/media/nebus/files/application-notes/technote_mv5_analysis_of_nucleic_acid_concentration_and_purity.pdf?rev=c24cea043416420d84fb6bf7b554dbbb&hash=09004EB6A516A960025243A057F9B7FB&srsId=AfmBOoqES1ntt2dUVk-HhWdBtv6OrsrLwCsMFWbwb-ZE
- Köljal, U., Larsson, K. H., Abarenkov, K., Nilsson, R. H., Alexander, I. J., Eberhardt, U., Erland, S., Høiland, K., Kjoller, R., Larsson, E., Pennanen, T., Sen, R., Taylor, A. F. S., Tedersoo, L., Vrålstad, T., & Ursing, B. M. (2005). UNITE: A database providing web-based methods for the molecular identification of ectomycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 166(3), 1063–1068. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01376.x>
- Latif, R. A., Hasibuan, S., & Mardiana, S. (2020). STIMULASI PERTUMBUHAN DAN

- PERKEMBANGAN PLANLET ANGGREK (*Dendrobium* sp) PADA TAHAP AKLIMATISASI DENGAN PEMBERIAN VITAMIN B1 DAN ATONIK. *Jurnal Ilmiah Pertanian* (*JIPERTA*), 2(2), 127–134. <https://doi.org/10.31289/jiperta.v2i2.330>
- Lee, P. Y., Costumbrado, J., Hsu, C. Y., & Kim, Y. H. (2012). Agarose gel electrophoresis for the separation of DNA fragments. *Journal of Visualized Experiments*, 62, 1–5. <https://doi.org/10.3791/3923>
- Liu, D. (2024). *Handbook of Molecular Biotechnology*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003055211>
- Mahfut, Daryono, B. S., Indrianto, A., & Somowiyarjo, S. (2019). Effectiveness Test of Orchid Mycorrhizal Isolate (*Ceratophora* and *Trichoderma*) Indonesia and Its Role as a Biofertilizer. *Annual Research & Review in Biology*, 33(June 2017), 1–7. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v33i430127>
- Marmioli, N., & Maestri, E. (2007). Polymerase Chain Reaction (PCR). *Food Toxicants Analysis: Techniques, Strategies and Developments*, 147–187. <https://doi.org/10.1016/B978-044452843-8/50007-9>
- Martin, K., & Zuk, P. (2025). *Biotechnology*. LibreTexts. https://bio.libretexts.org/Courses/West_Los_Angeles_College/Biotechnology/13:_Biotechnology_Lab_Protocols/13.08:_Lab_Technique_-_Quantitation_of_DNA
- Matlock, B. (2015). Assessment of Nucleic Acid Purity. Technical Note 52646. *Technical Bulletin NanoDrop Spectrophotometers*, 1–2. <https://assets.fishersci.com/TFS-Assets/CAD/Product-Bulletins/TN52646-E-0215M-NucleicAcid.pdf>
- Maulida, D. (2023). *Pelestarian Ex Situ Anggrek Alam Melalui Identifikasi, Reintroduksi Dan Kultur in Vitro Serta Studi Hibridisasi Anggrek Komersial* [Universitas Lampung]. http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/72813%0Ahttp://digilib.unila.ac.id/72813/3/DISERTASI_TANPA_PEMBAHASAN.pdf
- Mennicken, S., Paula, C. C. P. de, Vogt-Schilb, H., & Jersáková, J. (2024). Diversity of Mycorrhizal Fungi in Temperate Orchid Species: Comparison of Culture-Dependent and Culture-Independent Methods. *Journal of Fungi*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/jof10020092>
- Nandariyah, S., Muliawati, N. S., Sukaya, E. S., Yuniastuti, S., & Manurung, E. R. (2022). Karakterisasi Morfologi Tetua dan Hybrid Anggrek *Dendrobium bigibbum* dan *Dendrobium lineale* Morphological Characterization of Parental and Hybrids of *Dendrobium bigibbum* and *Dendrobium lineale* Orchids. *Jurnal Penelitian Agronomi*, 24(2), 124–129. <https://jurnal.uns.ac.id/agrosains/article/view/65525DOI:http://dx.doi.org/10.20961/agsjpa.v24i2.65255>
- Nasi'ah. (2021). *KEANEKARAGAMAN JENIS ANGGREK BUDIDAYA DI KOTA BANDAR LAMPUNG* (Vol. 4, Issue 1). Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- No, A. M. C. A. (2013). PCR - the polymerase chain reaction. *Analytical Methods : Advancing Methods and Applications*, 6(2), 333–336. <https://doi.org/10.1039/c3ay90101g>
- Özkaya, S., Soylu, S., Kara, M., Gümüş, Y., Soylu, E. M., Teke, İ., Özcan, O. B., Sevilmiş, D., Ölmez, Y. A., Bilaloğlu, İ., & Lavkor, I. (2024). Disease prevalence, incidence, morphological and molecular characterisation of *Lasioidiplodia pseudotheobromae* causing collar rot disease on peanut plants in Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(5), 1639–1651. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-00933-x>
- Phillips, A. J. L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M. J., Groenewald,

- J. Z., & Crous, P. W. (2013). The Botryosphaeriaceae: Genera and species known from culture. *Studies in Mycology*, 76, 51–167. <https://doi.org/10.3114/sim0021>
- Porrás-alfaro, A., & Bayman, P. (2011). Hidden Fungi , Emergent Properties : Endophytes and Microbiomes. *Annual Review of Phytopathology*. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081831>
- Portal Informasi Indonesia. (2019). *Anggrek Indonesia*. <https://indonesia.go.id/kategori/seni/864/anggrek-indonesia?lang=1>
- Purba, T. H. P., & Chasani, A. R. (2021). Phenetic analysis and habitat preferences of wild orchids in gunung gajah, purworejo, indonesia. *Biodiversitas*, 22(3), 1371–1377. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220338>
- Purwanti, D. A., & Wiyanto, T. H. (2020). EKSTRAKSI DNA RUMPUT LAUT *Kappaphycus alvarezii* DENGAN METODE CETYL TRIMETYL AMMONIUM BROMIDE (CTAB). *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 18(1), 13–17.
- Purwanti, Manurung, T. F., & Kartikawati, S. M. (2021). Identifikasi Jenis Anggrek Epifit (Orchidaceae) di Kawasan Arboretum Sylva Universitas Tanjungpura Pontianak. *Jurnal Hutan Lestari*, 9(1), 67–82.
- Putri, A., & Madduppa, H. (2020). Perbandingan Hasil Metode Identifikasi Spesies : Morfologi Dan Molekuler Pada Ikan Julung-Julung Di Tpi (Tempat Pelelangan Ikan) Muara Angke, Dki Jakarta. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 13(3), 168–175. <https://doi.org/10.21107/jk.v13i3.7303>
- Putri, R. E., Vrouwenvelder, J. S., & Farhat, N. (2024). Enhancing the DNA yield intended for microbial sequencing from a low-biomass chlorinated drinking water. *Frontiers in Microbiology*, 15(May 2024), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1339844>
- Qamar, W., Khan, M. R., & Arafah, A. (2017). Optimization of conditions to extract high quality DNA for PCR analysis from whole blood using SDS-proteinase K method. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(7), 1465–1469. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.09.016>
- Raja, H. A., Miller, A. N., Pearce, C. J., & Oberlies, N. H. (2017). Fungal Identification Using Molecular Tools: A Primer for the Natural Products Research Community. *Journal of Natural Products*, 80(3), 756–770. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b01085>
- Rajeevan, P., Aneesa, A., Prasad, G., Nair, A., & Sugathan, S. (2024). The role of endophytic fungi on orchid sustainability. *J.Mycopathol.Res*, 63(1), 2583–6315.
- Rasmussen, H. N. (2002). Recent developments in the study of orchid mycorrhiza. *Plant and Soil*, 149–163.
- Rathnayaka, A., Chethana, K., Manwasinghe, I., Wijesinghe, S., de Silva, N., Tennakoon, D., Phillips, A., Liu, J., Jones, E., Wang, Y., & Hyde, K. (2023). Lasiodiplodia : Generic revision by providing molecular markers , geographical distribution and haplotype diversity. *Mycosphere*, 14(September), 1254–1339. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/14/1/14>
- Řezáčová, V., Gryndler, M., Bukovská, P., Šmilauer, P., & Jansa, J. (2016). Molecular community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi—Contributions of PCR primer and host plant selectivity to the detected community profiles. *Pedobiologia*, 59(4), 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2016.04.002>
- Rikardus, Prayogo, H., & Ardian, H. (2017). Analisis Keanekaragaman Jenis Anggrek Alam (Orchidaceae) Pada Hutan Lindung Gunung Semahung Desa Saham Kecamatan Sengah Temila Kabupaten Landak. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(2), 292–299.
- Saikkonen, K., Faeth, S. H., Helander, M., & Sullivan, T. . (2013). FUNGAL ENDOPHYTES : A Continuum of Interactions with Host Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1998), 319–343.

- Sakakibara, S. M., Jones, M. D., Gillespie, M., Hagerman, S. M., Forrest, M. E., Simard, S. W., & Durall, D. M. (2002). *A comparison of ectomycorrhiza identification based on. 106*(August), 868–878.
- Salgotra, R., & Chauhan, B. S. (2021). The first report of target-site resistance to glyphosate in sweet summer grass (*Moorochloa eruciformis*). *Plants*, 10(9), 1–9. <https://doi.org/10.3390/plants10091885>
- Salvatore, M. M., Andolfi, A., & Nicoletti, R. (2020). The thin line between pathogenicity and endophytism: The case of *Lasiodiplodia theobromae*. *Agriculture (Switzerland)*, 10(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100488>
- Santos, J. C., Finlay, R. D., & Tehler, A. (2006). Molecular analysis of arbuscular mycorrhizal fungi colonising a semi-natural grassland along a fertilisation gradient. *New Phytologist*, 172(1), 159–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01799.x>
- Sathiyadash, K., Muthukumar, T., Karthikeyan, V., & Rajendran, K. (2020). Orchid Mycorrhizal Fungi: Structure, Function, and Diversity. In *Orchid Biology: Recent Trends and Challenges*. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9456-1_13
- Segaran, G., & Sathivelu, M. (2023). Fungicidal and plant growth-promoting traits of *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, an endophyte from *Andrographis paniculata*. *Frontiers in Plant Science*, 14(June), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1125630>
- Selosse, M. A., Alaux, P. L., Deloche, L., Delannoy, E., Minasiewicz, J., Tsiftsis, S., Figura, T., & Martos, F. (2025). Mixotrophy in orchids: facts, questions, and perspectives. *New Phytologist*, 246(5), 1912–1921. <https://doi.org/10.1111/nph.70106>
- Shamsudin, N. A., Gansau, J. A., & Rusdi, N. A. (2024). *A review: Molecular identification of orchid mycorrhiza*. 38(November 2023), 97–116. <https://doi.org/10.36253/ahsc>
- Shidiqy, H. A., Wahidah, B. F., & Hayati, N. (2019). Karakterisasi Morfologi Anggrek (Orchidaceae) di Hutan Kecamatan Ngaliyan Semarang. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 1(2), 94. <https://doi.org/10.21580/ah.v1i2.3761>
- Slippers, B., & Wingfield, M. J. (2007). Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal Biology Reviews*, 21(2–3), 90–106. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.06.002>
- Smith, S. E., & Read, D. (2008). 2 - Colonization of roots and anatomy of arbuscular mycorrhizas. In S. E. Smith & D. Read (Eds.), *Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)* (Third Edit, pp. 42–90). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012370526-6.50004-0>
- Stefanova, P., Brazkova, M., & Angelova, G. (2022). *Comparative study of DNA extraction methods for identification of medicinal mushrooms*. 02007, 1–5.
- Sugiyarto, L., Umniyat, S., & Henuhili, V. (2016). Keanekaragaman Anggrek Alam Dan Keberadaan Mikoriza Anggrek Di Dusun Turgo Pakem, Sleman Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar*, 5(2), 71. <https://doi.org/10.21831/jsd.v5i2.13715>
- Suhono, B. (2010). *Ensiklopedia Flora*. Kharisma Ilmu. <https://books.google.co.id/books?id=j-HKjwEACAAJ>
- Sutiyoso, Y., & Sarwono, B. (2005). *Merawat Anggrek* (5th ed.). Jakarta Penebar Swadaya.
- Sykorova, Z. (2007). Molecular ecological analyses of specific interactions between symbionts in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Tese Doutorado*, July, 139.
- Taylor, G. O., & Dunn, I. S. (1994). Automated cycle sequencing of PCR templates: relationships between fragment size, concentration and strand renaturation rates on sequencing efficiency. *DNA Sequence: The Journal of DNA Sequencing and Mapping*, 5(1), 9–15. <https://doi.org/10.3109/10425179409039699>

- Tedersoo, L., Bahram, M., Ryberg, M., Otsing, E., Kõljalg, U., & Abarenkov, K. (2014). Global biogeography of the ectomycorrhizal /sebacina lineage (Fungi, Sebaciniales) as revealed from comparative phylogenetic analyses. *Molecular Ecology*, 23(16), 4168–4183. <https://doi.org/10.1111/mec.12849>
- Tedersoo, L., Bahram, M., Zinger, L., Nilsson, R. H., Kennedy, P. G., Yang, T., Anslan, S., & Mikryukov, V. (2022). Best practices in metabarcoding of fungi: From experimental design to results. *Molecular Ecology*, 31(10), 2769–2795. <https://doi.org/10.1111/mec.16460>
- Tianwen, H., Hui, J., Hongxia, L., Dejun, A., & Yibo, L. (2010). The variations of mycorrhizal fungi diversity among different growing periods of the dominant orchids from two habitats in the Huanglong valley, Sichuan. *Acta Ecologica Sinica*, 30(13), 3424–3432. <https://doi.org/https://doi.org/10.0000/j.1000-0933.2010301334243432>
- Tiwari, P., Sharma, A., Bose, S. K., & Park, K. Il. (2024). Advances in Orchid Biology: Biotechnological Achievements, Translational Success, and Commercial Outcomes. *Horticulturae*, 10(2), 1–28. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10020152>
- Trainor, G. L. (1990). DNA sequencing, automation, and the human genome. *Analytical Chemistry*, 62(5), 418–426. <https://doi.org/10.1021/ac00204a001>
- Tuhuteru, S., Hehanussa, M. L., & Raharjo, S. H. T. (2012). Pertumbuhan dan Perkembangan Anggrek Dendrobium anosmum pada Media Kultur. *In Vitro*, 1(1), 1–12.
- Tyburska, J., Frymark-Szymkowiak, A., Kulczyk-Skrzeszewska, M., & Kieliszewska-Rokicka, B. (2013). Mycorrhizal status of forest trees grown in urban and rural environments in Poland. *Ecological Questions*, 18, 49–57. <https://doi.org/10.2478/ecoq-2013-0005>
- Ulfa, M., Faridah, E., Lee, S. S., Mansor, P., & Galiana, A. (2019). Identifikasi Molekuler Jenis-Jenis Jamur Mikoriza Ekto Yang Berasosiasi Dengan Dipterokarpa Di Hutan Hujan Tropika Sekunder. *Jurnal Wana Tropika*, 9(April), 1–14.
- USAID. (2019). *Indonesia Tropical Forest and Biodiversity Analysis (Faa 118 &119). October 2019, 2020–2025.*
- W. Touchman, J., & D. Mastrian, S. (2008). DNA Sequencing: An Outsourcing Guide. *Current Protocols Essential Laboratory Techniques*, 00(1). <https://doi.org/10.1002/9780470089941.et1004s00>
- Wheeler, W. C., Bang, R., & Schuh, R. T. (1993). Cladistic relationships among higher groups of Heteroptera: congruence between morphological and molecular data sets. *Insect Systematics & Evolution*, 24(2), 121–137. <https://doi.org/10.1163/187631293X00235>
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal Rna Genes for Phylogenetics. *PCR Protocols, December 2015*, 315–322. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-372180-8.50042-1>
- Widayati, A. W. (2018). *Dendrobium macrophyllum*. INaturalist. <https://inaturalist.lu/photos/67051580>
- Widiastoety, D., Solvia, N., & Soedarjo, M. (2010). Potensi Anggrek Dendrobium dalam Meningkatkan Variasi dan Kualitas Anggrek Bunga Potong. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan. Jurnal Litbang Pertanian*, 29 (3): 10(Tabel 2), 101–106.
- Xi, G., Shi, J., Li, J., & Han, Z. (2020). Isolation and identification of beneficial orchid mycorrhizal fungi in Bletilla striata (Thunb.) Rehb.f.(Orchidaceae). *Plant Signaling and Behavior*, 15(12). <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1816644>
- Xu, X., Chen, C., Zhang, Z., Sun, Z., Chen, Y., Jiang, J., & Shen, Z. (2017). The influence of environmental factors on communities of arbuscular mycorrhizal fungi associated with Chenopodium ambrosioides revealed by MiSeq sequencing investigation.

- Scientific Reports*, 7(December 2016), 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep45134>
- Zhang, L., Rammitsu, K., Tetsuka, K., Yukawa, T., & Ogura-Tsujita, Y. (2022). Dominant *Dendrobium officinale* mycorrhizal partners vary among habitats and strongly induce seed germination in vitro. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10(October), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.994641>
- Zhao, D., Selosse, M., Wu, L., Luo, Y., & Shao, S. (2021). Orchid Reintroduction Based on Seed Germination-Promoting Mycorrhizal Fungi Derived From Protocorms or Seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 12(June), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.701152>
- Zhu, G. S., Yu, Z. N., Gui, Y., & Liu, Z. Y. (2008). A novel technique for isolating orchid mycorrhizal fungi. *Fungal Diversity*, 33, 123–137.

