



Research Article

DOI : 10.36728/afp.v22i2.6228

TINJAUAN ARTIKEL : JAMUR ENDOFIT DARI AKAR ANGGREK (ORCHIDACEAE)

R. Soelistijono^{1*)}

¹ Staf Pengajar Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Yogyakarta

* Email: soelistijono@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Orchids, renowned for their beauty and diverse medicinal properties, are increasingly threatened by habitat destruction and illegal trade, driving many species to extinction. To better understand and conserve these fascinating plants, research into their symbiotic relationships with endophytic fungi (OEF) has become a major focus. This review paper examines the multifaceted roles of endophytic fungi in orchids, including seed germination, stress tolerance, secondary metabolite production, nutrient acquisition, and in vitro propagation. Orchid endophytic fungi play a crucial role in orchid growth and can enhance plant resistance to environmental stresses and pathogens. Endophytic fungi play a crucial role in facilitating orchid seed germination and growth by providing essential nutrients and enhancing stress tolerance. Furthermore, these fungi produce bioactive compounds with significant pharmaceutical potential, underscoring their importance in drug discovery. Furthermore, endophytic fungi enhance nutrient uptake and support micropropagation efforts, thus contributing to orchid conservation. Understanding the complex interactions between orchids and endophytic fungi is crucial for promoting sustainable floriculture, conserving biodiversity, and improving human well-being.

KEYWORD

Orchid Endophytic Fungi (OEF), Growth Hormones, Binucleates

INFORMATION

Received : 25 November 2025

Revised : 24 Desember 2025

Accepted : 20 Januari 2026

Volume : 26

Number : 1

Year : 2026

Copyright © 2026



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

1. PENDAHULUAN

Anggrek (Orchidaceae) adalah salah satu tanaman hias paling populer dan disukai banyak orang karena memiliki pesona yang indah. Nilai penting tanaman anggrek terletak pada keindahan bunganya, dan keindahan anggrek akan didapatkan jika proses budidaya dilakukan dengan benar sejak anggrek masih muda (Husodo dkk., 2023). Genus tanaman anggrek yang paling umum dibudidayakan sebagai tanaman hias adalah genus *Cattleya*, *Dendrobium*, *Oncidium*, *Phalaenopsis* dan *Vanda* (Syahputra & Wibowo, 2020). Genus *Phalaenopsis*, *Cattleya*, dan *Vanda* membutuhkan intensitas cahaya matahari yang relatif rendah, karena jenis anggrek ini lebih cocok tumbuh pada lingkungan yang teduh, lembap, dan memiliki sirkulasi udara yang baik. Sedangkan genus *Dendrobium* dan *Oncidium* membutuhkan penyinaran matahari. Oleh sebab itu, memahami perbedaan karakteristik antar-genus

anggrek menjadi hal yang sangat penting. Dengan mengenali kebutuhan spesifik dari setiap genus, para pembudidaya dapat memberikan perawatan yang lebih tepat sehingga pertumbuhan anggrek dapat berlangsung secara optimal sesuai dengan karakter masing-masing tanaman (Syahputra & Wibowo, 2020).

Budidaya anggrek sering menghadapi berbagai kendala seperti factor cuaca. Salah satu kendala utama factor cuaca yang dihadapi dalam budidaya tanaman anggrek di Indonesia adalah cekaman kekeringan. Hasil pengamatan jangka panjang Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menunjukkan bahwa akibat adanya fenomena anomali cuaca yang tidak dapat diprediksi setiap saat maka akan menyebabkan terjadinya musim kemarau panjang atau cekaman kekeringan/curah hujan yang rendah. Dari berbagai pengaruh anomali, cekaman kekeringan paling banyak berpengaruh pada pertumbuhan anggrek. Cekaman kekeringan ini bersifat tidak tetap yang dipengaruhi oleh perubahan iklim yang tidak menentu. Cekaman kekeringan akan mempengaruhi ketersediaan air dan merupakan faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan anggrek karena berpengaruh pada tingkat metabolisme tanaman yang sangat membutuhkan air didalam penyerapan ataupun distribusi unsur hara ke seluruh jaringan sehingga menjadi kunci penting dalam menentukan kualitas pertumbuhan tanaman anggrek (Sabatini dkk., 2022).

Anggrek memiliki biji mikroskopis hampir tanpa endosperm sehingga pada fase awal kelangsungan hidupnya bergantung secara absolut kepada simbiosis dengan jamur mikoriza atau jamur endofit anggrek (Attri L.K., 2023). Secara fisik melalui benangbenang hifanya, cendawan membantu menyediakan suplai air dan ion mineral, sementara secara fisiologis cendawan memiliki kemampuan menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman seperti asam giberelat (GA3), auksin (IAA), asam absisat (ABA), zeatin, dan zeatin ribosida (Gao dkk. 2022). Fase perkecambahan bagi anggrek adalah fase kritis yang sangat menentukan berlanjut tidaknya mencapai fase dewasa hingga menyelesaikan siklus hidupnya. Jamur endofit pada anggrek meliputi beberapa genus diantaranya Rhizoctonia sp., Fusarium sp., Lasiodiplodi sp., Nigrospora sp., Curvularias sp., Trichoderma sp., dan Daldinias sp. (Rajeevan dkk., 2024).

Cekaman kekeringan atau kurangnya ketersediaan air pada tanaman biasanya menimbulkan respons fisiologis, biokimia, dan molekuler pada tanaman agar dapat bertahan hidup (Tyagi dkk., 2022). Perubahan secara anatomi dan kimiawi ini berperan penting dalam memberikan kebutuhan nutrisi dari lingkungan bagi tanaman. Salah satu respons tersebut adalah aktivasi pembentukan senyawa metabolit sekunder (kimiawi) seperti prolin (Cheur dkk., 2014) (Chun dkk., 2018). Prolin adalah salah satu asam amino yang dihasilkan tanaman sebagai indikator ketahanan tanaman terhadap cekaman air. Keberadaan prolin sangat dipengaruhi pada tanaman yang mampu berasosiasi dengan mikoriza. Prolin disintesis melalui jalur glutamate dan jalur ornitin oleh enzim pirolin-5-karboksilat sintase yang penting dalam metabolisme tanaman. Keberadaan prolin sangat dibutuhkan pada tanaman yang kekurangan karbohidrat sebagai efek dari penghambatan laju fotosintesis didalam daun (Wang dkk., 2022). Prolin dihasilkan sel segera setelah sel tersebut mengalami cekaman dan akan berfungsi melindungi membran plasma serta protein sel.

Cekaman kekeringan juga dapat mempengaruhi perubahan struktur (anatomi) seperti klorofil (Harieni dkk., 2021; Bashir dkk., 2021). Klorofil merupakan pigmen hijau yang penting dalam proses fotosintesis, yang memungkinkan tanaman untuk mengubah energi matahari menjadi energi kimia yang dapat digunakan. Saat tanaman mengalami kekeringan, mereka dapat mengalami perubahan dalam struktur klorofil mereka sebagai bagian dari adaptasi untuk bertahan hidup dalam kondisi yang kurang air. Misalnya, tanaman dapat mengubah rasio antara klorofil a dan klorofil b, atau bahkan dapat menghasilkan varian klorofil dengan struktur yang sedikit berbeda untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air mereka. Penelitian oleh Guidi dkk., (2016) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah

klorofil pada plantlet *Grammatophyllum scriptum* yang dikulturkan di laboratorium dengan perlakuan unsur hara yang berbeda pada saat diberlakukan perlakuan cekaman kekeringan. Selain perubahan struktur klorofil juga terjadi pembentukan senyawa prolin sebagai sumber karbohidrat yang dapat diinduksi oleh mikroba yang mampu berinteraksi dengan tanaman. Mekanisme inilah yang dikenal dengan Induksi ketahanan pada tanaman (Soelistijono dkk., 2023).

2. METODE

Metode yang digunakan untuk pengambilan isolat jamur endofit anggrek dilakukan pada bagian akar anggrek. Sampel akar dicuci di bawah air keran yang mengalir untuk menghilangkan partikel debu dan debridemen dari permukaan akar dan dipotong menjadi irisan melintang tipis di berbagai bagian akar dan diamati di bawah mikroskop dengan pewarnaan menggunakan laktofenol kapas biru untuk memastikan keberadaan peloton jamur. Akar yang menunjukkan keberadaan peloton jamur digunakan untuk isolasi endofit jamur. Keberadaan endofit jamur dan pembentukan peloton di sel korteks akar dapat dihitung dengan rumus (Hossain, 2022).

Akar yang menunjukkan adanya peloton jamur dicuci dengan air suling dan diberi perlakuan dengan 0,1% HgCl₂ selama 6 hingga 10 menit untuk sterilisasi permukaan. Setelah itu, akar dicuci dengan air suling steril sebanyak 3 kali untuk menghilangkan larutan merkuri klorida. Disinfeksi akhir akar diselesaikan dengan merendamnya dalam etanol 70% selama 30 detik hingga 1 menit dan dicuci bersih sebanyak 3 kali dengan air suling steril ganda. Akar mikoriza yang telah disterilkan kemudian dipotong secara aseptik menjadi penampang melintang dengan ketebalan sekitar 1–2 mm dan dikultur dalam cawan Petri yang berisi media agar dekstroza kentang (PDA). Cawan kultur diinkubasi pada suhu 27 ± 2 °C dalam inkubator hingga jamur tumbuh secara kasat mata dari potongan akar ke permukaan PDA. Jamur yang hanya tumbuh dari bagian dalam potongan akar yang dikultur dianggap sebagai kemungkinan jamur endofit pada anggrek. Karakteristik koloni, hifa, dan spora dianalisis sesuai metode Barnett dan Hunter (1972). Karakteristik warna permukaan koloni ditentukan berdasarkan buku panduan warna HSV (Colour Plates for Mycology) (Malloch, 2017).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jamur endofit pada anggrek (OEF) merupakan hubungan simbiosis yang terbentuk antara akar tanaman Orchidaceae dan jamur tanah. Jamur OEF dapat membentuk hubungan simbiosis dengan tanaman Orchidaceae dan menghasilkan peloton yaitu jamur intraseluler yang termasuk dalam jamur endofit akar (Soelistijono dkk., 2011). Perhatian yang cukup besar telah diberikan pada OEF dan penerapan pendekatan biologi molekuler, seperti aplikasi sekuensing berkecepatan tinggi untuk identifikasi mikobiont, yang telah menunjukkan bahwa jamur saprofit yang termasuk dalam famili Tulasnellaceae, Serendipitaceae dan Ceratobasidiaceae adalah yang paling umum di antara jamur OEF dan bersifat mikoriza pada anggrek (Smith & Read, 2010). Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa banyak anggrek mikotrof heterotrof berasosiasi dengan jamur ektomikoriza (Jacquemyn dkk., 2015) atau endofit akar (Selosse dkk., 2022). Keragaman dan komposisi jamur OEF berkaitan dengan spesies tumbuhan, distribusi geografis, jenis nutrisi, ekotipe, dan bahkan tahap perkembangan (Jacquemyn dkk., 2015; Xing dkk., 2015). Asosiasi OEF dimulai dari pengenalan tumbuhan dan jamur. Kemudian, hifa jamur menginvasi embrio dari suspensor atau rambut akar, mengkolonisasi sel kortikal anggrek dan membentuk struktur melingkar yang rumit yang dikenal sebagai peloton, yang merupakan struktur simbolis pembentukan interaksi simbiosis dan tempat pertukaran nutrisi.

Jamur endofit anggrek memiliki dampak signifikan pada adaptasi tanaman terhadap berbagai lingkungan. Genus jamur endofit seperti *Colletotrichum*, *Piriformospora*, *Trichoderma*, *Epulorhiza*, dan *Botrytis* dapat menahan tekanan abiotik dan mendorong aklimatisasi inang. Enzim yang terkait dengan stres seperti peroksidase dan superoksida dismutase, yang diproduksi oleh jamur endofit, memungkinkan anggrek untuk bertahan hidup dalam kondisi yang keras, sementara enzim lainnya meningkatkan akses nutrisi dan air (Albores dkk., 2005). Laporan menunjukkan bahwa OEF menginduksi enzim terkait stres yang meningkatkan peluang kelangsungan hidup tanaman di lingkungan yang menantang (Verma dkk., 2021).

Jamur endofit juga memainkan peran penting dalam mengatasi stres biotik, khususnya infeksi oleh patogen pada anggrek. OEF meningkatkan pertahanan tanaman terhadap patogen dengan memproduksi senyawa seperti enzim dan siderofor (Shubha & Srinivas, 2017). Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa endofit jamur spesifik yang diisolasi dari anggrek *Dendrobium devonianum* dan *Dendrobium thyrsiflorum* menunjukkan aktivitas antipatogenik terhadap bakteri dan jamur patogen (Xing dkk., 2011). Lebih lanjut, jamur endofit yang ditemukan di *Cymbidium aloifolium* menghasilkan siderofor dengan sifat antibakteri yang efektif terhadap patogen utama. Endofit bioaktif ini, bila diformulasikan dengan tepat, dapat membantu tanaman budidaya melawan fitopatogen lain (Chowdappa dkk., 2020).

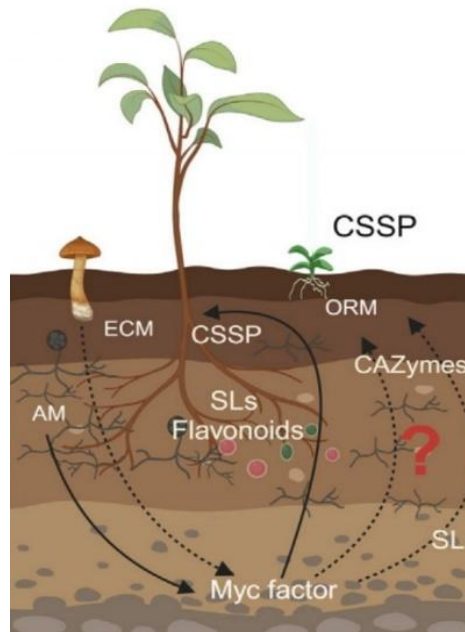
Selain sebagai induksi ketahanan pada mikrobia patogen, jamur endofitik pada anggrek juga menghasilkan metabolit sekunder sebagai bahan baku untuk senyawa-senyawa farmasi (sebagai bahan pengobatan). Khususnya, asosiasi jamur endofit dengan anggrek epifit *Cymbidium aloifolium* telah dimanfaatkan untuk tujuan pengobatan berdasarkan pengetahuan tradisional (Wary dkk., 2022). Senyawa aktif seperti gibepyrone A, pyrrolo [1, 2-a] pyrazine-1, 4-dione, hexahydro-3-(2-methylpropyl), dan asam indol asetat, semuanya dengan berbagai aktivitas biologis, diperoleh dari ekstrak asetat jamur endofit yang diisolasi dari bagian bunga *Dendrobium lindleyi* (Bungtongdee dkk., 2019). Spesies jamur seperti *Chaetomium globosum* dan *Colletotrichum gloeosporioides*, yang berasosiasi dengan anggrek seperti *Anoectochilus* dan *Ludisia*, telah dibuktikan dapat meningkatkan biomassa *Anoectochilus roxburghii*, yang merupakan anggrek terestrial dan menginduksi biosintesis dan akumulasi bahan aktif, termasuk flavonoid, kinsenosida, dan polisakarida (Ye dkk., 2020). Secara keseluruhan beberapa jamur endofit yang sudah diisolasi dari akar anggrek dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Beberapa Jamur Endofit Yang Sudah Diisolasi Dari Akar Anggrek

Anggrek	Jamur Endofit	Pustaka
Sprianthes spiralis	Rhizoctonia sp.	Sazak dan Ozdener, 2006
Dactylorhiza osmanica		
Habenaria macroceratitis	Epulorhiza sp	Stewart dan Kane, 2006
Dendrobium nobile	Xylaria sp.	Yuan dkk., 2009
Vanda coerulea	Rhizoctonia zeae	Aggarwal dkk., 2012
Cymibidium manni	Epulorhiza sp	Zi dkk., 2014
Geodorum densiflorum	Aspergillus sp.	Rahayu dkk., 2021
Phalaenopsis japonica	Ceratobasidia sp.	Chamara dkk., 2024
Dendrobium moschatum	Fusarium sp.	Shah dkk., 2025

Sumber : Rajeevan dkk., 2025

Anggrek bergantung pada hubungan wajib dengan jamur endofit untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Jamur ini menghuni jaringan anggrek dan memfasilitasi dekomposisi bahan organik, mengisi kembali nutrisi penting. Proses ini memperkaya tanah, menciptakan kondisi optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan anggrek (Rana dkk., 2019). Simbiosis jamur endofit pada anggrek juga mengubah kadar hormon endogen tanaman, seperti GA3, ABA, dan JA. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.

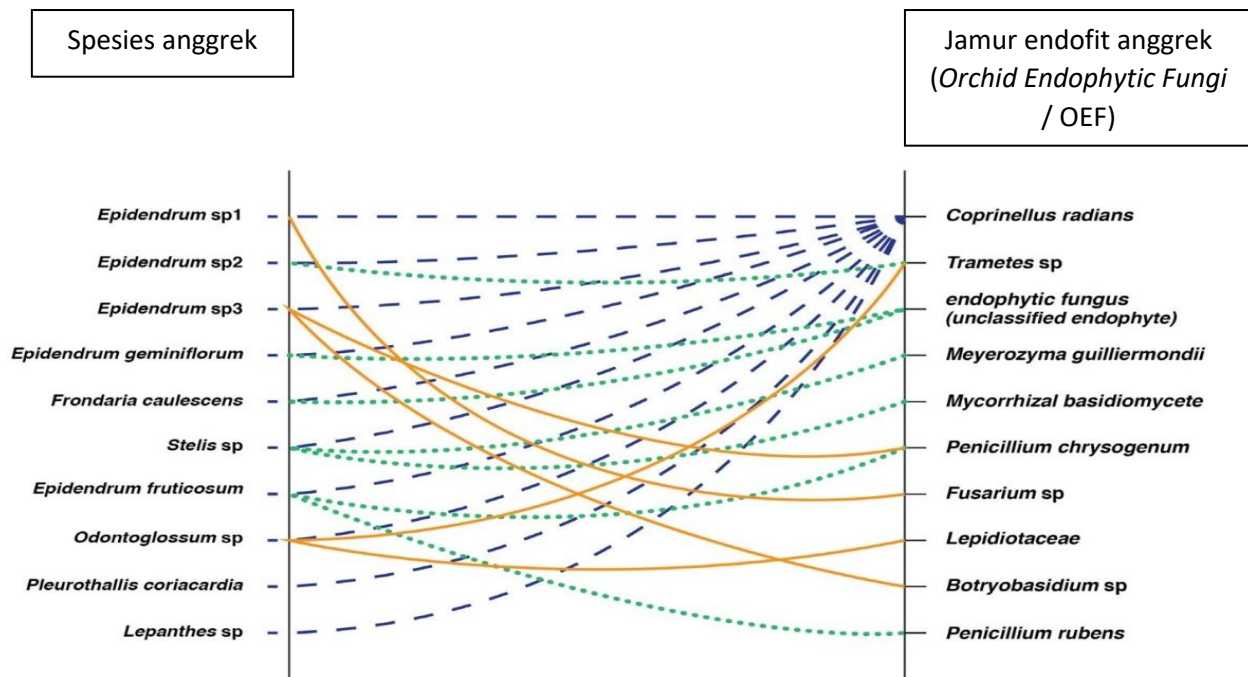


Gambar 1. Simbiosis Jamur Endofit Dengan Anggrek.

Keterangan : CSSP: Common Symbiotic Signaling Pathway; ORM: Orchid Rhizoctonia Mycorrhiza; SLs: such as strigolactone; Myc factor: Mycorrhizal factor.

Sumber : [Leng dkk.\(2024\)](#)

[Miura dkk. \(2023\)](#) mempelajari efek GA pada simbiosis mikoriza dan perkecambahan biji pada *Bletilla striata* melalui analisis transkriptom, menemukan bahwa biji yang berkecambah secara simbiosis memiliki beberapa gen umum (misalnya gen yang terkait dengan metabolisme dan pensinyalan GA dan gen homolog dengan penanda spesifik AM) dan mengusulkan hipotesis bahwa jalur simbiosis mikoriza secara otomatis diaktifkan oleh inaktivasi GA ([Miura dkk., 2023](#)). Analisis transkriptomik dari interaksi simbiosis antara *C. appendiculata* dan jamur mikoriza *Coprinellus disseminatus* (Pers.:Fr.) Kuhner. juga menunjukkan bahwa zeaxanthoxygenase (ZEP), 9-cy-epoxide carotenoid dioxygenase NCED3 dan beta-carotene hydroxylase yang terlibat dalam biosintesis ABA mengalami penurunan regulasi yang signifikan setelah invasi jamur mikoriza ([Gao dkk., 2022](#)). Dalam interaksi simbiosis antara *Dendrobium officinale* dan *Tulasnella calosépura* (salah satu kelompok Deuteromycetes) ekspresi diferensial gen yang terkait dengan JA dan biosintesis ABA juga meningkat secara signifikan relatif terhadap jamur mikoriza yang tidak diinokulasi ([Wang dkk., 2018](#)). Secara keseluruhan setiap jamur endofit pada akar anggrek memiliki ketergantungan dengan berbagai inangnya, yang dapat dilihat pada Gambar 2.

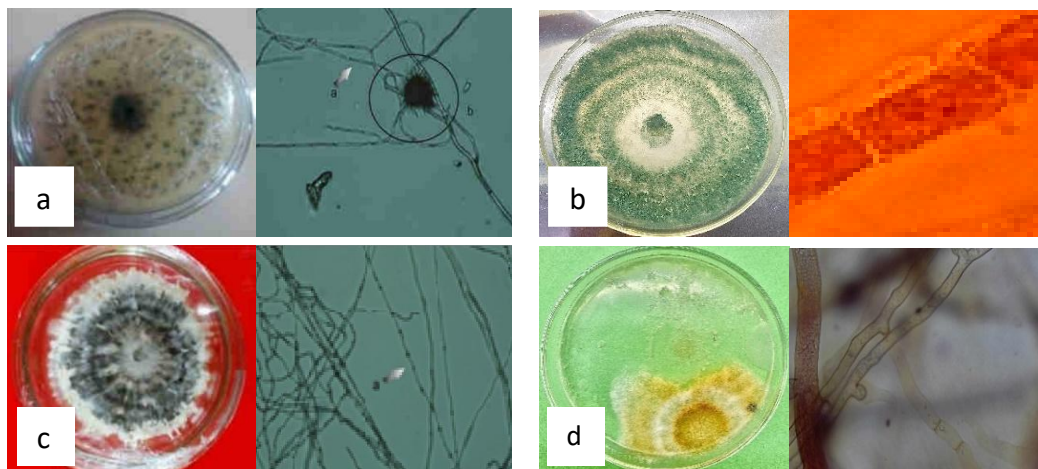


Gambar 2. Keanekaragaman Jamur Endofit Yang Berasosiasi Dengan Akar Anggrek Epifit.
 Sumber : [Zalazar dkk., \(2020\)](#)

Dari Gambar 2 diatas terlihat bahwa enam dari 10 jamur endofit pada anggrek termasuk dalam genus Deuteromycetes dan sebagian besar merupakan kelompok Rhizoctonia mikoriza. Sebagian besar penelitian tentang hubungan antara anggrek dan jamur endofit telah berfokus pada potensi peran jamur endofit dalam pertahanan terhadap patogen ([Soelistijono dkk., 2024](#)), peningkatan perolehan nutrisi ([Rajeevan dkk., 2025](#)), dengan peran ekologis potensial lainnya yang sebagian besar masih belum dieksplorasi. Meskipun jarang dipelajari, efek peningkatan perkecambahan oleh jamur endofit dan saprofit, seperti *Fusarium* spp. atau *Mycena* spp., juga telah dilaporkan. Dalam penelitian [Meng dkk. \(2019\)](#), sebagian besar endofit yang diisolasi dikaitkan dengan sejumlah spesies anggrek yang terbatas, menunjukkan potensi interaksi spesifik antara endofit ini dan inangnya. Namun, isolasi *Coprinellus radians* dari akar anggrek yang diambil sampelnya merupakan pengecualian yang mencolok dan menunjukkan hubungan generalis yang luas antara jamur endofit ini dan anggrek (Gambar 2).

Interaksi jamur endofit pada akar anggrek dengan bibit anggrek menyebabkan pembentukan struktur peloton di korteks akar. Kehadiran hifa yang menembus dinding sel akar menunjukkan adanya infeksi polipofag ([Soelistijono dkk., 2020](#)). Kehadiran struktur peloton di korteks akar membuktikan bahwa terdapat asosiasi jamur endofit dengan akar anggrek. Keberadaan peloton ini sangat penting karena akan menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh bibit anggrek pada saat kekurangan air. Jika kondisi lingkungan mencukupi untuk unsur-unsur nutrisi, setelah itu peloton akan mengalami lisis. Seluruh proses pembentukan peloton melibatkan reaksi fisiologis dan biokimia yang kompleks dan diatur oleh sejumlah gen dan protein. Jamur endofit pada anggrek berperan dalam penyerapan dan transfer nutrisi serta berkontribusi dalam ketersediaan unsur hara bagi tanaman inang melalui aktivitas dekomposisi bahan organik ([Santos & Silva 2023](#)). Peloton yang aktif dicirikan dengan bentuk gumpalan yang longgar, sedangkan peloton yang sudah tidak aktif berbentuk gumpalan padat ([Fritsche dkk. 2021](#)).

Hasil isolasi jamur endofit pada akar anggrek akan menghasilkan beberapa bentuk yang berbeda. Beberapa diantaranya diklasifikasikan sebagai *Chaetonium* sp., *Glomus* sp., dan *Rhizoctonia* mikoriza. Bentuk koloni dan hifa dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Beberapa Bentuk Koloni dan Hifa Jamur Endofit Pada Anggrek

Keterangan : a. *Bulbophyllum flavescens* b. *Phalaenopsis gigantea*
c. *Eria retusa* d. *Phalaenopsis venosa*

Sumber : [Sugiyarto dkk. \(2016\)](#); [Annisa \(2026\)](#)

Dari pengamatan pada Gambar 3 terlihat bahwa isolat dari akar anggrek *Bulbophyllum flavescens* merupakan jamur endofit dengan ciri-ciri warna permukaan koloni putih bercak hitam, datar, tekstur kapas, tidak mempunyai zonasi, sklerotia, dan mempunyai zona pertumbuhan serta diperkirakan dari genus *Chaetonium*. Hal yang berbeda, isolat jamur endofit dari akar *Eria retusa* diperkirakan merupakan mikoriza dengan ciri-ciri makroskopis: warna permukaan koloni putih dan tengah abu-abu, permukaan menggulung di tengah, tekstur karpet, mempunyai zonasi, tidak mempunyai tetes eksudat dan diperkirakan termasuk dalam genus *Glomus*. Sedangkan isolat jamur endofit pada anggrek *Phalaenopsis* sp. semuanya didominasi oleh kelompok *Rhizoctonia* mikoriza ([Annisa, 2026](#)) yang menunjukkan keberadaan kelompok *Rhizoctonia* mikoriza mendominasi pada anggrek epifit. Selain berbagai bentuk koloni baik warna, permukaan, maupun bentuk hifa, beberapa penelitian menunjukkan bahwa tidak semua jamur endofit pada anggrek bersifat binukleat (2 inti). Penelitian terbaru oleh [Moliszewska dkk., \(2023\)](#) menunjukkan genus *Rhizoctonia* binukleat yang merupakan mikoriza pada anggrek memiliki tiga inti di setiap sel. Hal ini menunjukkan adanya perubahan mutasi yang disebabkan oleh lingkungannya. Pengujian isolat ini berdasarkan sekuens ITS1-5,8S-ITS2 rDNA dan isolat tersebut diklasifikasikan ke dalam kelompok anastomosis (Anastomosis Grup/AG) terbaru yaitu AG-E.

4. KESIMPULAN

Jamur endofit pada anggrek memiliki berbagai kompleksitas yang sangat beragam meliputi genus, bentuk koloni, hifa, dan jumlah inti. Keberagaman tersebut akan berpengaruh pada simbiosisnya dengan anggrek sehingga akan berpengaruh dalam pertumbuhan dan konservasi di alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, S., Nirmala, C., Beri, S., Rastogi, S. , Adholeya, A. 2012. In vitro symbiotic seed germination and molecular characterization of associated endophytic fungi in a commercially important and endangered Indian orchid *Vanda coerulea* Griff. Ex Lindl. Eur. Journal Environmental Science. Volume 2, p:33-42.
- Albores, V., Adriano, L., Salvador, M. 2005. Isolation of endophytic fungi and their mycorrhizal potential for the tropical epiphytic orchids *Cattleya skinneri*, *C. aurantiaca* and *Brassavola nodosa*. Asian Journal Plant Science. Volume 4, p:309-315
- Annisia T., M. 2026. Identifikasi Morfologi Dan Anatomi Isolat *Rhizoctonia* ikoriza Dari Empat Spesies Anggrek *Phalaenopsis* Sp. Skripsi tidak untuk dipublikasikan.
- Attri, L. K. 2023. Studies on Mycorrhizal Associations in an Orchid. Asian Journal of Biological and Life Sciences, 12(1), 179–186. <https://doi.org/10.5530/ajbls.2023.12.24>
- Barnett HL, Hunter BB. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Volume ke-64. Minneapolis (US): Burgess Publishing Company. <https://doi.org/10.2307/3757954>
- Bashir, S. S., Hussain, A., Hussain, S. J., Wani, O. A., Zahid Nabi, S., Dar, N. A., ... & Mansoor, S. 2021. Plant drought stress tolerance: Understanding its physiological, biochemical and molecular mechanisms. Biotechnology & Biotechnological Equipment. Volume 35(1), p: 1912-1925.
- Betancourth-García, C. A., Castro-Caicedo, B. L., Quiroz-Ojeda, C., Sañudo-Sotelo, B., Florez-Casanova, C., & Salazar-Gonzalez, C. 2021. Morphology and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* Kühn associated with potato black scurf in Nariño (Colombia). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 15(1), 0–3.
- Bungtongdee, N., Sopalun, K., Laosripaiboon, W., Iamtham, S. 2019. The chemical composition, antifungal, antioxidant and antimutagenicity properties of bioactive compounds from fungal endophytes associated with Thai orchids. Journal Phytopathology. Volume 167. p:56-64.
- Chamara, R.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. Volume:16, p:218
- Chen, X., Zhou, X., Zhao, J., Tang, X., Pasquali, M., Migheli, Q., Berg, G., & Cernava, T. 2021. Occurrence of green mold disease on *Dictyophora rubrovolvata* caused by *Trichoderma koningiopsis*. Journal of Plant Pathology, 103(3), 981–984. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00861-x>
- Chowdappa, S., Jagannath, S., Konappa, N., Udayashankar, A.C. and Jogaiah, S. 2020. Detection and characterization of antibacterial siderophores secreted by endophytic fungi from *Cymbidium aloifolium*. Biomolecules Volume 10. p: 1412.
- Chéour, F., Kaddachi, I., Achouri, D., Bannour, S., & Zorgui, L. 2014. Effects of water stress on relative water, chlorophylls and proline contents in barley (*Hordeum vulgare* L.) leaves. IOSR Journal Agriculture Veterinary Science. IOSR-JAVS, 7: 13-16.

- Chun S.C., Paramasivan M., Chandrasekaran M. 2018. Proline Accumulation Influenced by Osmotic Stress in Arbuscular Mycorrhizal Symbiotic Plants. *Frontiers in Microbiology*. Volume 9.
- Fritsche Y, Lopes ME, Selosse MA, Stefenon VM, Guerra MP. 2021. *Serendipita restingae* sp. nov. (Sebacinales): an orchid mycorrhizal agaricomycete with wide host range. *Mycorrhiza*, Volume: 3, p:1-15
- Harieni, S., Supriyadi, T., Kurnia Dewi, T., Soelistijono, R. 2021. Pengaruh Aplikasi Jamur endofit anggrek Dan Interval Waktu Pemberian Air Pada Pertumbuhan Seedling Anggrek *Dendrobium stockelbuschii* Schettler. *Jurnal Ilmiah Agrineca*. Volume 21. h:69–77.
- Gao, Y., Ji, J., Zhang, Y., Yang, N., & Zhang, M. (2022). Biochemical and transcriptomic analyses of the symbiotic interaction between *Cremastra appendiculata* and the mycorrhizal fungus *Coprinellus disseminatus*. *BMC Plant Biology*, Volume 22(1), p:15.
- Guidi L., Piccolo E.L., Landi M. 2018. Chlorophyll Fluorescence, Photoinhibition and Abiotic Stress : Does it Make Any Difference the Fact to Be a C3 or C4 Species?. *Frontiers in Plant Science*, Volume 10, p:174
- Hossain, M. M. 2022. Orchid mycorrhiza: Isolation, culture, characterization and application. *South African Journal of Botany*, 151, 365–384.
- Husodo, K., Lubis, C., & Rusdi, Z. 2023. Klasifikasi Tanaman Anggrek Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur Vgg-19. *Simtek: Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer*, 8(2), 253–258. <https://doi.org/10.51876/simtek.v8i2.214>
- Jacquemyn, H., Waud, M., Merckx, V. S., Lievens, B., & Brys, R.. 2015. Mycorrhizal diversity, seed germination and long-term changes in population size across nine populations of the terrestrial orchid *Neottia ovata*. *Molecular Ecology*, 24 (13), 3269–3280
- Leng C., Hou M., Xing Y., Chen J. 2024. Perspective and challenges of mycorrhizal symbiosis in orchid medicinal plants. *Chinese Herbal Medicines*. Volume 16 (2024) p:172–179
- Malloch D. 2017. HSV Colour Plates for Mycology. Mushroom Colours. http://website.nbmmnb.ca/mycologywebpages/EssaysOnFungi/Collecting_mushrooms_for_scientific_study/Colours.html.
- Meng, Y.Y., Zhang, W.L., Selosse, M.A., Gao, J.Y. 2019. Are fungi from adult orchid roots the best symbionts at germination? A case study. *Mycorrhiza*, Volume 29, p: 541-547.
- Michael, M., Sukarno, N., Mursidawati, S., Sandra, E., & Rahayu, N. D. 2023. Isolasi dan Identifikasi Cendawan Endofit Akar Anggrek Epifit dan Hemiepifit. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 9(4), 152–163. <https://doi.org/10.29244/jsdh.9.4.152-163>
- Miura, C., Furui, Y., Yamamoto, T., Kanno, Y., Honjo, M., Yamaguchi, K., Suetsugu, K., Yagame, T., Seo, M., Shigenobu, S., Yamato, M., & Kaminaka, H. 2023. Autoactivation of mycorrhizal symbiosis signaling through gibberellin deactivation in orchid seed germination. *Plant Physiology*, Volume 194 (1), p: 546–563.

- Moliszewska, E., Maculewicz, D., & Stępniewska, H. 2023. Characterization of three-nucleate *Rhizoctonia* AG-E based on their morphology and phylogeny. *Scientific Reports*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44448-1>
- Rajeevan P, Aneesa A, Prasad G, Nair A, Sugathan A.S. 2025. Review : The role of endophytic fungi on orchid sustainability. *Journal Mycopathology. Res.* 63(1) : 31-38. Doi: 10.57023/JMycR.63.1.2025.031
- Rana, K.L., Kour, D., Sheikh, I., Yadav, N., Yadav, A.N., Kumar, V., Singh, B.P., Dhaliwal, H.S., Saxena, A.K. 2019. Biodiversity of endophytic fungi from diverse niches and their biotechnological applications. In: *Advances in Endophytic Fungal Research: Fungal Biology* (Ed.B.Singh) Springer, Cham , pp.105-144.
- Sabatini A.U., Nurcahyani E., Yulianty Y., Agustrina R. 2022. Response of *Cattleya* sp. Orchid Plantlet In Vitro Selection Results Against Drought Stress With Polyethyleneglycol (PEG) 6000. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*. Volume 6, Issue 2 page 61-67.
- Santos IS dos, Silva MJ da. 2023. Anatomy and histochemistry of the vegetative system of *Brachystele guayanensis* (Lindl.) Schltr. (Orchidaceae), a potential medicinal species. *Plants* Volume: 12, p:26-35.
- Sazak, A.,Ozdener, Y., 2006. Symbiotic and asymbiotic germination of endangered *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. and *Dactylorhiza osmanica* (Kl.) Soó var. *osmanica* (endemic). *Pakistan Jounal Biologic Science*. Volume: 9, p:2222-2228.
- Selosse, M. A., Petrolli, R., Mujica, M. I., Laurent, L., Perez-Lamarque, B., Figura, T., Martos, F. 2022. The waiting room hypothesis revisited by orchids: Were orchid mycorrhizal fungi recruited among root endophytes? *Annals of Botany*. Volume 129 (3).p: 259–270
- Shah, S., Paudel, M.R., Thapa, B.B., Sharma, H., Kashyap, A.K., Rekadwad, B.N., Sharma, R., Sharma, J., Pant, B., 2025. Extract from endophytic *Fusarium* isolates stimulates seed germination of the host and protocorm development of non-host orchids. *Communication Integrated Biology*. Volume:18, p:2439798.
- Shubha, J., Srinivas, C. 2017. Diversity and extracellular enzymes of endophytic fungi associated with *Cymbidium aloifolium* L. *African Journal Biotechnology*. Volume16. p: 2248-2258.
- Smith, S. E. & Read, D. J. 2010. *Mycorrhizal symbiosis*. Cambridge, U.K.: Academic Press
- Soelistijono, R. 2020. Short Communication: Characterization of *Rhizoctonia*-like Mycorrhizae Associated with Five *Dendrobium* Species in Java, Indonesia. *Biodiversitas*. Volume 21(3).
- Soelistijono, R., Daryanti, D., Mardhikasari, S., Sari, T. Y., & Rakhmawati, D. 2023. Application of *Rhizoctonia* mycorrhiza and without *Rhizoctonia* mycorrhiza in improving vegetative growth of *Dendrobium nindii* seedlings. *Jurnal Agro*, 10(2), 361–370. <https://doi.org/10.15575/30844>

- Soelistijono, R., Daryanti, Rakhmawati, D., Rianto, P. A., & Utomo, H. 2024. Utilization of *Rhizoctonia Mycorrhizae* for Orchid Late Blight Control in Sustainable Agricultural. *Biosaintifika*, 16(1), 1–9. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v15i1.3498>
- Soelistijono, S., Priyatmojo, A., Semiarti, E., & Sumardiyono, C. 2011. Karakterisasi isolat *Rhizoctonia* sp. patogenik dan Jamur endofit anggrek pada tanaman anggrek tanah *Spathoglottis plicata*. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 371–380.
- Stewart, S.L., Kane, M.E. 2006. Asymbiotic seed germination and in vitro seedling development of *Habenaria macroceratitis* (Orchidaceae), a rare Florida terrestrial orchid. *Plant Cell, Tissue Organic Culture*. Volume: 86, p:147-158.
- Sugiyarto L., Umniyatie S., dan Henuhili V. Keaneragaman Anggrek Alam Dan Keberadaan Mikoriza Anggrek Di Dusun Turgo Pakem, Sleman Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar*. Volume 5 (2), h: 71 - 80.
- Syahputra, M. I., & Wibowo, A. T. 2020. Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek berdasarkan Citra Kuntum Bunga Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *E-Proceeding of Engineering*, 7(2), 8015–8023. <https://www.programmersought.com/article/3724355693/>
- Tyagi P., Singh A., Gupta A., Prasad M., Ranjan R. 2022. Chapter 4 - Mechanism and function of salicylate in plant toward biotic stress tolerance. *Emerging Plant Growth Regulators in Agriculture*.
- Verma, R.K., Thakur, S., Singh, H., Kapur, D. 2021. The role of fungi in abiotic stress tolerance of plants. In: *Fungi Bioprospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nanotechnology* (Eds. V. K.Sharma, M. P. Shah, S.Parmar, A. Kumar), Academic Press, pp 117-154
- Wang, T., Song, Z., Wang, X., Xu, L., Sun, Q., & Li, L. (2018). Functional insights into the roles of hormones in the *Dendrobium officinale*-*Tulasnella* sp. germinated seed symbiotic association. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(11), 3484.
- Wang Z., Yang Y., Yadav V., Zhao W., He Y., Zhang X., Wei C. 2022. Drought-induced proline is mainly synthesized in leaves and transported to roots in watermelon under water deficit. *Horticultural Plant Journal*, Volume 8(5), p: 615-626.
- Wary, S., Sarma, A., Talukdar, R., Tayung, K. 2022. Leaf endophytic fungi of *Cymbidium aloifolium* L. Produce antimicrobials and indole-3-acetic acid. *South African Journal Botany*. Volume:149. p:381-388.
- Xing, Y.M., Chen, J., Cui, J.L., Chen, X.M., Guo, S.X., 2011. Antimicrobial activity and biodiversity of endophytic fungi in *Dendrobium devonianum* and *Dendrobium thyrsiflorum* from Vietman. *Current Microbiology*. Volume 62. p:1218-1224
- Xing, X., Gai, X., Liu, Q., Hart, M. M., & Guo, S. 2015. Mycorrhizal fungal diversity and community composition in a lithophytic and epiphytic orchid. *Mycorrhiza*. Volume 25(4), 289–296.

- Ye, B., Wu, Y., Zhai, X., Zhang, R., Wu, J., Zhang, C., Rahman, K., Qin, L., Han, T., Zheng, C. 2020. Beneficial effects of endophytic fungi from the *Anoectochilus* and *Ludisia* species on the growth and secondary metabolism of *Anoectochilus roxburghii*. *Acs Omega* 5:3487-3497.
- Yuan, Z.L., Chen, Y.C., Yang, Y. 2009. Diverse non-mycorrhizal fungal endophytes inhabiting an epiphytic, medicinal orchid (*Dendrobium nobile*): Estimation and characterization. *World Journal Microbiology Biotechnology*. 25, p:295–303