

MIKORIZA ARBUSKULA

sebagai Solusi Pertanian
Berkelanjutan



RACHMAWATI HASID
MANI YUSUF

Mikoriza Arbuskula sebagai Solusi Pertanian Berkelanjutan

Rachmawati Hasid

Mani Yusuf



2025

Mikoriza Arbuskula sebagai Solusi Pertanian Berkelanjutan

Penulis/Penyusun:
Rachmawati Hasid
Mani Yusuf

ISBN:
978-634-04-2074-6

Penyunting:
Prof. Dr. Halim, S.P., M.P., IPU.
Rawuh Yuda Yuwana, S. Hum., M. Li
Sri Ananda Pertiwi, S.Pd., M.Pd.

Penerbit:
PT. Akselerasi Karya Mandiri
Jalan Jati-Jati, Rimba Jaya, Kec. Merauke, Merauke,
Papua Selatan
Telp: 08-2242-6626-04
Surel: official.pt.akm@gmail.com
Anggota IKAPI, No. 001/PAPUASEL/2024

Cetakan I, 2025 - Edisi Indonesia

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-Undang

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan bentuk atau cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Copyright by PT. Akselerasi Karya Mandiri

**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG
HAK CIPTA**

Pasal 2

Undang-Undang ini berlaku terhadap:

- a. semua Ciptaan dan produk Hak Terkait warga negara, penduduk, dan badan hukum Indonesia;
- b. semua Ciptaan dan produk Hak Terkait bukan warga negara Indonesia, bukan penduduk Indonesia, dan bukan badan hukum Indonesia yang untuk pertama kali dilakukan Pengumuman di Indonesia;
- c. semua Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dan pengguna Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait bukan warga negara Indonesia, bukan penduduk Indonesia, dan bukan badan hukum Indonesia dengan ketentuan:
 1. negaranya mempunyai perjanjian bilateral dengan negara Republik Indonesia mengenai perlindungan Hak Cipta dan Hak Terkait; atau
 2. negaranya dan negara Republik Indonesia merupakan pihak atau peserta dalam perjanjian multilateral yang sama mengenai perlindungan Hak Cipta dan Hak Terkait.

**BAB XVII
KETENTUAN PIDANA**

Pasal 112

Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (3) dan/atau pasal 52 untuk Penggunaan Secara Komersial, dipidana dengan pidana penjara paling lama 2 (dua) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp300.000.000,00 (tiga ratus juta rupiah).

Pasal 113

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
 - (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
 - (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, taufik, dan karunia-Nya sehingga penulisan buku berjudul "*Mikoriza Arbuskula sebagai Solusi Pertanian*" ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini hadir sebagai bentuk kontribusi ilmiah dalam menjawab tantangan pertanian berkelanjutan di tengah degradasi lahan, penurunan kesuburan tanah, dan ketergantungan yang tinggi terhadap input kimia. Mikoriza arbuskula, sebagai salah satu agen hayati tanah yang bersimbiosis mutualistik dengan akar tanaman, telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi penyerapan hara, ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik, serta memperbaiki struktur dan kesehatan tanah. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan teknologi berbasis mikoriza arbuskula menjadi salah satu solusi ekologis yang menjanjikan bagi pertanian masa depan.

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman komprehensif kepada mahasiswa, peneliti, praktisi, maupun pemerhati lingkungan tentang peran penting mikoriza arbuskula dalam sistem pertanian berkelanjutan.

Penulis berharap buku ini dapat menjadi referensi yang berguna bagi para penerjemah, mahasiswa, peneliti, dan semua yang tertarik dengan bidang alih bahasa. Terima kasih atas perhatian dan semoga buku ini bermanfaat bagi Anda semua.

Salam hormat,

[Penulis]

Daftar Isi

Halaman Judul.....	i
Halaman Balik Judul.....	ii
UU Hak Cipta.....	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	v
1. MIKORIZA ARBUSKULA DAN PERTANIAN BERKELANJUTAN	1
2. PERAN MIKORIZA ARBUSKULA DALAM MENINGKATKAN KESUBURAN TANAH DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN	26
3. APLIKASI MIKORIZA ARBUSKULA DALAM PRAKTIK PERTANIAN BERKELANJUTAN.....	51
4. MIKORIZA ARBUSKULA SEBAGAI SOLUSI MENGHADAPI TANTANGAN PERTANIAN MODERN.....	65
5. MASA DEPAN MIKORIZA ARBUSKULA DALAM PERTANIAN BERKELANJUTAN.....	77
Daftar Pustaka.....	vi
Daftar Istilah (<i>Glosarium</i>)	x
Indeks.....	xiv
Biodata Penulis.....	xvi

1

MIKORIZA ARBUSKULA DAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

Bab ini membahas beberapa teori terkait mikoriza arbuskula dan pertanian berkelanjutan.

Seiring dengan pertumbuhan populasi dan perubahan iklim global, tantangan terhadap pertanian keberlanjutan semakin meningkat. Untuk menjawab tantangan ini, konsep pertanian berkelanjutan menjadi sangat penting karena menekankan pada penggunaan sumber daya alam secara efisien, menjaga keseimbangan ekosistem, dan meningkatkan produktivitas tanpa merusak lingkungan. Salah satu inovasi yang menjanjikan dalam mendukung pertanian berkelanjutan adalah peran mikoriza arbuskula. Mikoriza arbuskula merupakan simbiosis mutualistik antara jamur mikoriza dan akar tanaman yang mampu meningkatkan penyerapan nutrisi, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan (Moises A. Sosa-Hernández 2019). Bab ini akan mengulas tentang konsep dasar mikoriza arbuskula, mekanisme kerjanya, serta manfaatnya dalam konteks pertanian berkelanjutan.

Pembahasan akan dimulai dengan pengenalan tentang mikoriza arbuskula sebagai agen biofertilizer alami yang mampu mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Selanjutnya, akan dijelaskan tentang proses pembentukan mikoriza, jenis-jenisnya, serta faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilannya di lapangan. Dalam bab ini juga membahas beberapa studi kasus dan penelitian terbaru yang menunjukkan potensi mikoriza arbuskula dalam mengatasi berbagai masalah agronomi seperti kekurangan nutrisi, degradasi tanah, dan stres abiotik lainnya pada lahan marginal. Selain itu, dipaparkan pula tentang bagaimana penerapan mikoriza arbuskula dapat mendukung

praktik pertanian berkelanjutan melalui pengurangan penggunaan pupuk kimia, peningkatan kesuburan tanah secara alami, serta memperkuat ketahanan tanaman terhadap kondisi ekstrem seperti kekeringan.

Pemaparan melalui bab ini, diharapkan mampu membantu pihak yang berkepentingan dalam meningkatkan pemahaman pentingnya mikoriza arbuskula sebagai solusi inovatif dalam mencapai keberlanjutan pertanian, memberikan gambaran komprehensif mengenai bagaimana mikoriza dapat diintegrasikan ke dalam sistem pertanian modern untuk mendukung produksi pangan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dengan berbagai pemahaman yang disajikan dalam bab ini, diharapkan generasi muda pertanian dapat berkontribusi aktif dalam pengembangan teknologi hijau yang berorientasi pada keberlanjutan ekosistem dan ketahanan pangan jangka panjang, serta meningkatkan keberhasilan dalam upaya mencapai peningkatan produktivitas tanaman pada lahan-lahan marginal.

1. Pengertian Mikoriza Arbuskula

Mikoriza adalah simbiosis antara jamur dan akar tanaman yang berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Istilah "mikoriza" berasal dari bahasa Yunani, di mana "myco" berarti jamur dan "rhiza" berarti akar. Simbiosis ini dapat dibedakan menjadi dua tipe utama: mikoriza arbuskula (AM) dan mikoriza ekto. Dalam konteks ini, kita akan fokus pada mikoriza arbuskula, yang merupakan salah satu bentuk simbiosis yang paling

umum dan memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem pertanian dan kehutanan.

Mikoriza arbuskula adalah jenis fungi mikoriza yang membentuk hubungan simbiotik mutualistik dengan akar tanaman. Fungi ini menembus jaringan akar dan membentuk struktur khusus yang disebut arbuskula, yang berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara fungi dan tanaman. Mikoriza arbuskula membentuk struktur khas yang disebut arbuskula di dalam sel-sel akar tanaman, yang berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara jamur dan tanaman. Menurut Smith dan Read (2010), mikoriza arbuskula dapat meningkatkan penyerapan fosfor, nitrogen, dan unsur hara lainnya yang esensial bagi pertumbuhan tanaman (Gambar 1). Penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang terhubung dengan mikoriza arbuskula dapat menyerap fosfor hingga 80% lebih efisien dibandingkan dengan tanaman yang tidak memiliki hubungan mikoriza (Graham & Eissenstat, 2000).

Mikoriza arbuskula juga merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat, sehingga mendukung kesehatan tanah dan produktivitas tanaman. Selain itu, mikoriza arbuskula mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, salinitas, dan kekurangan unsur hara. Keunggulan utama dari mikoriza arbuskula adalah kemampuannya untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan. Penelitian oleh Wu et al. (2018) menunjukkan bahwa tanaman yang terasosiasi dengan mikoriza arbuskula lebih tahan terhadap kondisi kekeringan. Dalam studi tersebut, tanaman tomat yang terhubung dengan mikoriza arbuskula menunjukkan peningkatan kadar klorofil dan penurunan tingkat stres

oksidatif dibandingkan dengan tanaman yang tidak terasosiasi. Hal ini menunjukkan potensi mikoriza dalam mendukung pertanian berkelanjutan, terutama di daerah yang rawan kekeringan. Lebih lanjut, mikoriza arbuskula juga berkontribusi pada kesehatan tanah.

Mikoriza dapat meningkatkan struktur tanah dengan memperbaiki agregasi dan meningkatkan kapasitas retensi air (Rillig, 2004). Bender et al. (2016), ditemukan bahwa keberadaan mikoriza arbuskula dalam tanah dapat meningkatkan biomassa mikroba dan aktivitas enzim, yang berkontribusi pada peningkatan kesuburan tanah. Dengan demikian, mikoriza tidak hanya bermanfaat bagi tanaman secara individu, tetapi juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah. Salah satu aspek menarik dari mikoriza arbuskula adalah kemampuannya untuk berinteraksi dengan berbagai jenis tanaman. Sebuah studi oleh Kiers et al. (2011) menunjukkan bahwa lebih dari 80% spesies tanaman darat memiliki hubungan simbiotik dengan mikoriza arbuskula. Hal ini menunjukkan bahwa mikoriza arbuskula berperan penting dalam keberagaman ekosistem dan dapat mempengaruhi struktur komunitas tanaman. Interaksi ini tidak hanya menguntungkan tanaman tetapi juga berkontribusi pada kesehatan tanah dan keberlanjutan pertanian. Dengan demikian, mikoriza arbuskula merupakan salah satu biofertilizer alami yang sangat berperan dalam mendukung pertanian berkelanjutan dan meningkatkan produktivitas tanaman secara ekologis dan efisien.

1.1. Karakteristik Mikoriza Arbuskula

Mikoriza arbuskula adalah bentuk simbiosis mutualisme antara jamur mikoriza dari filum Glomeromycota dengan akar tanaman,

terutama tanaman darat. Mikoriza arbuskula memiliki karakteristik unik yang membedakannya dari jenis mikoriza lainnya, seperti mikoriza ectomikoriza. Salah satu karakteristik utama dari mikoriza arbuskula adalah kemampuannya untuk membentuk struktur yang disebut arbuskula di dalam sel akar tanaman. Arbuskula ini berfungsi sebagai titik pertukaran nutrisi antara jamur dan tanaman, memungkinkan tanaman untuk menyerap unsur hara yang lebih efisien, terutama fosfor (Smith & Read, 2010). Arbuskula berbentuk seperti pohon kecil dan berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara jamur dan tanaman.

Ciri-ciri mikoriza arbuskula:

- 1) Jamur dari ordo Glomerales (contoh: *Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae*),
- 2) Arbuskula: struktur bercabang-cabang di dalam sel akar untuk meningkatkan permukaan pertukaran nutrisi,
- 3) Vesikula: struktur penyimpanan lipid dan nutrisi di antara atau dalam sel-sel akar,
- 4) Tidak membentuk tubuh buah besar seperti jamur biasa,
- 5) Umumnya tidak dapat tumbuh secara bebas tanpa tanaman inang.

Manfaat mikoriza arbuskula bagi tanaman yaitu:

- 1) Peningkatan serapan hara: terutama fosfor (P), seng (Zn), dan tembaga (Cu),
- 2) Meningkatkan ketahanan terhadap cekaman: kekeringan, salinitas, logam berat,
- 3) Meningkatkan kesehatan tanah: memperbaiki struktur tanah dan aktivitas mikroba,
- 4) Mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia.

Manfaat fungi mikoriza arbuskula yang berasosiasi dengan tanaman yaitu fungi/jamur mendapatkan karbon dan senyawa organik dari tanaman, yang tidak dapat mereka hasilkan sendiri karena bersifat obligat biotrof (bergantung pada inang hidup).

Hubungan simbiotik mutualistic fungi mikoriza arbuskula dengan akar tanaman terjalin melalui hyfa fungi ini yang menembus jaringan akar dan membentuk struktur arbuskula sebagai tempat pertukaran nutrisi antara fungi dan tanaman. Mikoriza arbuskula juga merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat, mendukung kesehatan tanah dan produktivitas tanaman secara ekologis dan efisien (Moore 2019). Karakteristik utama dari mikoriza arbuskula meliputi kemampuannya membentuk struktur arbuskula di dalam akar, memperluas jaringan hifa di tanah yang meningkatkan penyerapan nutrisi dan air, serta menghasilkan zat-zat yang merangsang pertumbuhan tanaman. Selain itu, Mikoriza Arbuskula mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, salinitas, dan kekurangan unsur hara, sehingga mendukung keberlanjutan sistem pertanian (Redouane Ouhaddou 2025). Mikoriza arbuskula termasuk fungi obligat yang bergantung pada inang tanaman untuk hidup dan berkembang, serta memiliki peran penting dalam memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman secara ekologis (Schaefer 2021).

1.2. Jenis-Jenis Mikoriza Arbuskula

Mikoriza arbuskula merupakan fungi mikoriza yang membentuk hubungan simbiotik mutualistik dengan akar tanaman,

menembus jaringan akar dan membentuk struktur arbuskula sebagai tempat pertukaran nutrisi antara fungi dan tanaman. Struktur ini memungkinkan transfer unsur hara seperti fosfor secara efisien dari tanah ke tanaman, sekaligus meningkatkan penyerapan air dan nutrisi lainnya (Wikan Agung Nugroho 2023). Selain arbuskula, hifa mikoriza yang berkembang di tanah memperluas jaringan penyerapan nutrisi dan air, mendukung kesehatan tanah dan produktivitas tanaman secara ekologis (Schaefer 2021). Mikoriza arbuskula juga dikenal sebagai fungi obligat yang bergantung pada tanaman inang untuk hidup dan berkembang, serta memiliki kemampuan untuk memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan (Moore 2019).

Mikoriza arbuskula dibedakan berdasarkan morfologi struktur kolonisasinya (seperti arbuskula, vesikula, dan hifa), serta berdasarkan klasifikasi jamur simbiotiknya, yang semuanya termasuk dalam filum Glomeromycota. Meskipun secara spesifik istilah "jenis" dalam konteks ini merujuk pada spesies jamur mikoriza, dalam praktik ilmiah dan pertanian, klasifikasi mikoriza arbuskula biasanya dibahas pada level genera atau tipe morfologi.

Jenis-jenis mikoriza arbuskula berdasarkan genus jamur yang membentuknya, antara lain sebagai berikut:

- 1) Genus *Rhizophagus*

Genus *Rhizophagus* merupakan salah satu kelompok utama dalam mikoriza arbuskula yang memiliki karakteristik unik. Salah satu ciri khas dari *Rhizophagus* adalah kemampuannya untuk membentuk jaringan arbuskula yang kompleks di dalam akar tanaman. Redecker et al. (2013) mengungkapkan bahwa, struktur arbuskula ini

memungkinkan pertukaran nutrisi yang lebih efisien, sehingga meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman. Tanaman yang terasosiasi dengan *Rhizophagus* dapat meningkatkan penyerapan fosfor hingga 300% dibandingkan dengan tanaman yang tidak memiliki hubungan mikoriza.

Rhizophagus juga dikenal memiliki toleransi tinggi terhadap kondisi lingkungan yang beragam. Penelitian yang dilakukan oleh Buee et al. (2019) menunjukkan bahwa *Rhizophagus* spp. dapat bertahan dalam kondisi tanah yang kurang subur dan bahkan dapat membantu tanaman beradaptasi terhadap stres lingkungan, seperti kekeringan dan salinitas.

Dari segi morfologi, *Rhizophagus* memiliki struktur hifa yang lebih tebal dan lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem dibandingkan dengan genus mikoriza lainnya. Brundrett (2017) menunjukkan bahwa ketahanan ini memungkinkan *Rhizophagus* untuk menjelajahi area yang lebih luas dalam pencarian nutrisi, sehingga meningkatkan potensi pertumbuhan tanaman. Karakteristik ini menjadikan *Rhizophagus* salah satu kandidat utama untuk digunakan dalam praktik pertanian modern.

- Contoh: *Rhizophagus intraradices*, *Rhizophagus irregularis*
- Ciri: Sangat umum digunakan dalam inokulum komersial.
- Membentuk arbuskula dan vesikula yang jelas.
- Peran: Efektif meningkatkan penyerapan fosfor dan toleransi kekeringan.

2) Genus *Claroideoglomus*

Genus *Claroideoglomus* merupakan bagian dari kelompok jamur mikoriza arbuskula yang memiliki karakteristik unik. Berdasarkan klasifikasi terbaru, *Claroideoglomus* terdiri dari beberapa spesies yang dapat ditemukan di berbagai habitat, termasuk tanah pertanian, hutan, dan padang rumput (Wang et al., 2018). Penelitian oleh Öpik et al. (2016) menunjukkan bahwa spesies *Claroideoglomus* dapat berinteraksi dengan berbagai jenis tanaman, sehingga memperluas jangkauan fungsional mikoriza dalam ekosistem. Salah satu spesies terkenal dari genus ini adalah *Claroideoglomus etunicatum*, yang telah banyak diteliti karena kemampuannya dalam meningkatkan penyerapan nutrisi, terutama fosfor, oleh tanaman. *Claroideoglomus etunicatum* memiliki vesikula berbentuk lonjong, dinding tipis; toleran terhadap kondisi tanah asam. Cocok untuk pertanian di tanah marginal atau tropis.

Penelitian oleh Khaosaad et al. (2018) menunjukkan bahwa inokulasi dengan *Claroideoglomus etunicatum* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung dan kedelai di tanah yang miskin nutrisi. Hal ini menunjukkan potensi besar genus ini dalam meningkatkan produktivitas pertanian, terutama di daerah dengan kesuburan tanah yang rendah. Selain itu, *Claroideoglomus* juga memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrem. Menurut penelitian oleh Parniske (2018), jamur ini dapat bertahan dalam kondisi tanah yang kering dan salin, menjadikannya kandidat ideal untuk digunakan dalam rehabilitasi lahan terdegradasi. *Claroideoglomus* dapat

mengurangi penggunaan pupuk fosfat hingga 50% tanpa mengurangi hasil panen. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya produksi bagi petani, tetapi juga membantu melindungi lingkungan dari pencemaran yang disebabkan oleh pupuk kimia. Dengan demikian, *Claroideoglomus* dapat dianggap sebagai solusi yang menjanjikan untuk tantangan pertanian modern. Selain itu, hubungan simbiotik antara *Claroideoglomus* dan tanaman juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Penelitian oleh Douds et al. (2017) menunjukkan bahwa tanaman yang diinokulasi dengan *Claroideoglomus* memiliki resistensi yang lebih baik terhadap patogen tanah, yang dapat mengurangi kerugian hasil panen akibat serangan penyakit. Ini menunjukkan bahwa penggunaan mikoriza dapat menjadi bagian penting dari strategi pengelolaan penyakit dalam pertanian.

4. Genus *Acaulospora*

Genus *Acaulospora* merupakan salah satu kelompok fungi mikoriza arbuskula yang memiliki ciri khas tertentu. Salah satu karakteristik utama dari *Acaulospora* adalah kemampuannya dalam membentuk struktur mikoriza yang kompleks, termasuk arbuskula dan vesikula. Arbuskula berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara fungi dan tanaman, sementara vesikula berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi dalam bentuk glikogen (Smith & Read, 2010). Struktur ini memungkinkan *Acaulospora* untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan dan tanaman inang. Data dari penelitian oleh Öpik et al. (2016) menunjukkan bahwa *Acaulospora* memiliki keanekaragaman genetik yang tinggi,

dengan lebih dari 20 spesies yang telah diidentifikasi di berbagai belahan dunia. Keanekaragaman ini memungkinkan Acaulospora untuk berasosiasi dengan berbagai jenis tanaman, mulai dari tanaman pertanian hingga tanaman hutan. Penelitian tersebut juga mengungkapkan bahwa spesies Acaulospora tertentu memiliki preferensi terhadap jenis tanaman tertentu, yang menunjukkan adanya spesifikasi inang dalam interaksi mikoriza. Selain itu, Acaulospora juga dikenal memiliki toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Penelitian oleh Kiers et al. (2011) menunjukkan bahwa beberapa spesies Acaulospora dapat bertahan dalam kondisi tanah yang miskin nutrisi dan memiliki pH yang tidak ideal. Kemampuan ini menjadikan Acaulospora sebagai kandidat potensial untuk digunakan dalam rehabilitasi lahan yang terdegradasi. Dengan memanfaatkan spesies Acaulospora yang adaptif, proses restorasi lahan dapat dilakukan dengan lebih efektif. Dalam hal reproduksi, Acaulospora memiliki siklus hidup yang unik, di mana reproduksi seksual dan aseksual dapat terjadi. Menurut penelitian oleh Redecker et al. (2013), reproduksi seksual pada Acaulospora berkontribusi terhadap peningkatan keanekaragaman genetik, yang penting untuk ketahanan terhadap patogen dan perubahan lingkungan. Proses ini juga berperan dalam penyebaran spesies Acaulospora ke area baru, yang membantu dalam pemulihan ekosistem.

Dengan karakteristik unik yang dimiliki, Genus Acaulospora tidak hanya berfungsi sebagai simbiot dalam ekosistem, tetapi juga berperan penting dalam meningkatkan keberlanjutan pertanian. Penelitian lebih lanjut tentang

karakteristik spesifik dari berbagai spesies Acaulospora akan memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai potensi aplikasinya dalam pengelolaan lahan dan pertanian berkelanjutan.

- Contoh: *Acaulospora scrobiculata*
- Ciri: Membentuk spora berdinding tebal, tidak selalu membentuk vesikula
- Peran: Umumnya ditemukan di tanah-tanah tropis yang miskin hara.
- Peran: Efektif meningkatkan penyerapan fosfor dan toleransi kekeringan.

5. Genus *Gigaspora*

Genus *Gigaspora* merupakan salah satu kelompok jamur mikoriza arbuskula yang memiliki karakteristik unik. Jamur ini dikenal dengan spora besar dan bentuknya yang bervariasi, yang dapat ditemukan di berbagai habitat, termasuk hutan, padang rumput, dan lahan pertanian. Menurut Oehl et al. (2011), *Gigaspora* memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, yang membuatnya menjadi salah satu mikoriza arbuskula yang paling banyak dipelajari. Salah satu karakteristik menarik dari Genus *Gigaspora* adalah kemampuannya untuk membentuk struktur arbuskula di dalam sel akar tanaman. Struktur ini berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara jamur dan tanaman, di mana jamur menyediakan fosfor dan nutrisi lainnya, sementara tanaman menyediakan karbohidrat sebagai sumber energi bagi jamur. Penelitian oleh Zhang et al. (2019) menunjukkan bahwa *Gigaspora* dapat meningkatkan efisiensi

penyerapan fosfor hingga 60% pada tanaman tertentu, yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman yang optimal.

Selain itu, Genus *Gigaspora* juga dikenal karena kemampuannya untuk membentuk hubungan simbiotik dengan berbagai spesies tanaman. Penelitian oleh Chagnon et al. (2013) menunjukkan bahwa *Gigaspora* dapat berasosiasi dengan lebih dari 20 spesies tanaman, termasuk tanaman pangan penting seperti jagung dan kedelai. Hal ini menunjukkan potensi besar dari *Gigaspora* dalam meningkatkan hasil panen di berbagai jenis tanaman. Dari segi morfologi, spora *Gigaspora* dapat dilihat dengan mata telanjang dan memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan jamur mikoriza arbuskula lainnya. Menurut penelitian oleh Redecker et al. (2013), ukuran spora *Gigaspora* dapat mencapai 300 mikrometer, yang memudahkan identifikasi di lapangan. Morfologi ini juga memberikan keuntungan dalam pemuliaan dan pengembangan inokulan mikoriza untuk aplikasi pertanian.

- Contoh: *Gigaspora margarita*
- Ciri: Tidak membentuk vesikula, tapi membentuk struktur khusus seperti auxiliary cells
- Peran: Lebih lambat berkembang dibanding genus lain, tapi efektif dalam simbiosis jangka panjang.

6. Genus *Scutellospora*

Genus *Scutellospora* memiliki karakteristik morfologi dan fisiologis yang unik. Jamur ini biasanya membentuk struktur spora yang besar dan berwarna cerah, yang dapat bertahan dalam kondisi lingkungan yang ekstrem. Menurut Błaszkowski

(2012), spora *Scutellospora* dapat bertahan selama bertahun-tahun di dalam tanah, sehingga memungkinkan jamur ini untuk bertahan dalam kondisi yang tidak menguntungkan. Ini adalah salah satu alasan mengapa genus ini dapat ditemukan di berbagai ekosistem, mulai dari hutan tropis hingga padang rumput. Dalam hal fisiologi, *Scutellospora* menunjukkan kemampuan untuk berinteraksi dengan berbagai jenis tanaman inang. Penelitian oleh Chagnon dan Rilling (2020) menunjukkan bahwa *Scutellospora* dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman inang dengan cara meningkatkan permukaan akar dan memperluas jaringan mikoriza. Hal ini memungkinkan tanaman untuk menyerap lebih banyak air dan nutrisi dari tanah, yang sangat penting dalam kondisi kering atau kurang subur.

Semua jamur mikoriza arbuskula adalah obligat biotrof, artinya tidak dapat tumbuh tanpa inang tanaman. Klasifikasi taksonomi terus berkembang seiring kemajuan teknik molekuler.

Jamur mikoriza arbuskula dapat bersimbiosis dengan perakaran tanaman pertanian sebesar 80% (Wu and Zou, 2017). Husin et al. (2017), terdapat berbagai fungi mikoriza yang ditemukan rizosfer jagung, gaharu dan kakao yang tumbuh di pertambangan batubara. Jenis fungi mikoriza yang ditemukan yaitu *A. spinosa*, *A. scrobiculata*, *A. tuberculata*, *G. claroideum*, *G. etunicatum*, *G. fistulosum*, *G. luteum*, *G. versiforme*. Hasid et al. (2014) melaporkan juga bahwa jenis spora yang ditemukan dirizosfer tanaman terdiri dari *Glomus*, *Gigasphora*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, dan *Paraglomus*. Adanya keragaman fungi mikoriza arbuskula dapat dibedakan berdasarkan bentuk permukaan spora, hiasan spora dan ukuran spora. Setiap jenis fungi

mikoriza yang ditemukan memiliki ciri yang berbeda sehingga kemampuan untuk beradaptasi pada lingkungan dan tumbuhan inang juga berbeda. Perbedaan sifat adaptasi tersebut dapat mempengaruhi jumlah spora, sifat fisik, pH tanah serta kemampuan menginfeksi akar tumbuhan inang (Sun et al., 2016).

Jenis-jenis mikoriza arbuskula yang paling umum ditemukan dan digunakan dalam pertanian berkelanjutan meliputi genus *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, dan *Scutellospora*. Di antara genus yang ada, genus *Glomus* merupakan yang paling dominan dan banyak dipelajari karena keberadaannya yang luas dan kemampuannya dalam meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi serta ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan salinitas (Redouane Ouhaddou 2025). *Glomus* sp. memiliki berbagai spesies yang adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan dan tanah, sehingga sering digunakan dalam aplikasi biofertilizer untuk mendukung pertanian berkelanjutan (Bencherif Karima 2020). Mikoriza dari genus *Acaulospora* dan *Gigaspora* juga memiliki peran penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, terutama di tanah yang sangat terdegradasi atau mengalami kekurangan unsur hara (Maunata Ghorui 2023). Keberagaman jenis mikoriza ini memungkinkan penerapan teknologi yang lebih spesifik sesuai dengan jenis tanaman dan kondisi lingkungan tertentu, sehingga mendukung keberlanjutan sistem pertanian (Nirmal George 2023).

Secara umum, mikoriza arbuskula dari berbagai genus ini berperan sebagai biofertilizer alami yang tidak hanya meningkatkan ketersediaan nutrisi tetapi juga memperkuat ketahanan tanaman terhadap stres abiotik seperti kekeringan, salinitas, dan suhu ekstrem,

sehingga menjadi solusi penting dalam pertanian berkelanjutan (Rillig 2016).

2. Konsep Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan adalah sistem produksi pertanian yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pangan, serat, dan bahan baku masa kini tanpa mengorbankan kemampuan generasi masa depan dalam memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Konsep ini menyeimbangkan aspek ekologis, ekonomi, dan sosial, serta menekankan pemanfaatan sumber daya alam secara efisien dan bertanggung jawab.

Ciri-ciri Pertanian Berkelanjutan: (1) Menggunakan teknik konservasi tanah dan air, (2) Mengintegrasikan budidaya tanaman dan peternakan, (3) Mengandalkan bioteknologi ramah lingkungan seperti mikoriza, pupuk hayati, dan pestisida nabati, (4) Menggunakan sistem tanam campur atau rotasi tanaman, (5) Memanfaatkan energi terbarukan dan meminimalkan limbah, (6) Mendorong kearifan lokal dan partisipasi komunitas.

Contoh Penerapan “Pertanian Berkelanjutan” di Lapangan: (1) Pemanfaatan mikoriza arbuskula untuk mengurangi pupuk fosfat, (2) Pertanian organik tanpa pupuk/pestisida kimia, (3) Agroforestri: integrasi tanaman semusim dengan pohon, (4) Pertanian konservasi: tanpa olah tanah, (5) Pengelolaan hama terpadu (PHT),

Manfaat Pertanian Berkelanjutan: (1) Menjaga keseimbangan ekosistem, (2) Mengurangi emisi gas rumah kaca, (3) Meningkatkan ketahanan pangan, (4) Mendorong inovasi lokal dan efisiensi biaya, (5).

Pertanian berkelanjutan adalah konsep yang menekankan praktik-praktik pertanian yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Prinsip utama dari pertanian berkelanjutan meliputi pengelolaan sumber daya alam secara efisien dan bertanggung jawab, menjaga keseimbangan ekologis, serta meningkatkan produktivitas secara ekologis dan sosial. Salah satu inovasi biologis yang mendukung prinsip ini adalah penggunaan mikoriza arbuskula. Mikoriza arbuskula membentuk hubungan simbiotik mutualistik dengan akar tanaman, dimana fungi ini menembus jaringan akar dan membentuk struktur arbuskula untuk pertukaran nutrisi. Hubungan ini meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, terutama fosfor, serta membantu tanaman memperoleh air dan nutrisi dari tanah secara optimal (Moisés A. Sosa-Hernández 2019). Dengan demikian, mikoriza arbuskula berperan penting dalam mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia dan meningkatkan kesuburan tanah secara alami.

Konteks pertanian keberlanjutan tidak hanya berkaitan dengan hasil produksi yang tinggi, tetapi juga dengan pengelolaan sumber daya alam secara efisien dan bertanggung jawab. Salah satu aspek utama dari pertanian berkelanjutan adalah penggunaan teknologi dan praktik yang mendukung kesehatan tanah, keanekaragaman hayati, serta konservasi air dan energi. Mikoriza arbuskula merupakan salah satu inovasi biologis yang mendukung konsep ini.

Mikoriza arbuskula adalah fungi mikoriza obligat yang membentuk hubungan simbiotik mutualistik dengan akar tanaman. Hubungan ini meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara,

terutama fosfor, serta membantu tanaman memperoleh air dan nutrisi dari tanah secara lebih optimal (Nirmal George 2023).

Penggunaan mikoriza arbuskula sebagai biofertilizer alami mampu mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia yang berpotensi merusak lingkungan. Selain itu, mikoriza membantu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, salinitas, dan suhu ekstrem, sehingga mendukung keberlanjutan sistem pertanian (Wikan Agung Nugroho 2023).

Selain manfaat ekologis, mikoriza arbuskula juga berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman dan kualitas hasil panen. Dengan memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat, mikoriza berperan dalam menjaga kesuburan tanah secara alami (Santa Maria Lumbantoruan 2021).

Dalam kerangka pertanian berkelanjutan, penerapan mikoriza arbuskula harus didukung oleh praktik pengelolaan tanah yang baik, rotasi tanaman, dan konservasi sumber daya. Teknologi ini juga sejalan dengan prinsip pertanian organik dan agroekologi yang menekankan penggunaan sumber daya lokal dan minimnya input kimia sintetis.

Secara keseluruhan, mikoriza arbuskula merupakan solusi biologis yang efektif dalam mendukung keberlanjutan pertanian. Dengan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan, mikoriza membantu mewujudkan sistem pertanian yang produktif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan (Moisés A. Sosa-Hernández 2019).

2.1. Prinsip-Prinsip Utama Pertanian Berkelanjutan

Prinsip Dasar Pertanian Berkelanjutan: (1) Produktivitas Jangka Panjang: menjamin hasil pertanian yang stabil dan produktivitas tinggi dalam jangka panjang tanpa merusak lingkungan, (2) Konservasi Sumber Daya Alam: mengelola tanah, air, dan keanekaragaman hayati agar tetap lestari dan dapat diperbaharui, (3) Ramah Lingkungan: mengurangi ketergantungan pada input sintetis (pupuk kimia, pestisida, dan menghindari pencemaran, (4) Kesejahteraan Sosial dan Ekonomi Petani: memberikan manfaat ekonomi yang adil dan meningkatkan kualitas hidup petani serta masyarakat pedesaan, (5) Keadilan dan Ketahanan Sosial: menjamin akses terhadap sumber daya dan distribusi hasil pertanian yang adil bagi semua lapisan masyarakat.

Prinsip lainnya adalah konservasi keanekaragaman hayati dan praktik rotasi tanaman yang mendukung keberlanjutan ekosistem pertanian. Penggunaan mikoriza arbuskula juga berkontribusi dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, sehingga mendukung keberlanjutan tanah jangka panjang (Bencherif Karima 2020). Selain itu, penerapan teknologi seperti produksi massal AMF secara besar-besaran dan penggunaan biofertilizer berbasis mikoriza membantu meningkatkan produktivitas dan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan (Maunata Ghorui 2023). Dalam konteks pengelolaan sumber daya, prinsip utama adalah efisiensi penggunaan air, energi, dan bahan organik, serta pengurangan limbah dan polusi. Penggunaan mikoriza arbuskula sebagai biofertilizer alami mendukung prinsip ini dengan mengurangi kebutuhan akan input kimia sintetis dan memperkuat ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan salinitas (Nirmal George

2023). Selain itu, praktik konservasi tanah seperti penanaman penutup tanah dan pengelolaan tanah minimalisasi gangguan juga merupakan bagian dari prinsip keberlanjutan.

Secara keseluruhan, prinsip utama pertanian berkelanjutan meliputi pengelolaan sumber daya yang efisien, konservasi keanekaragaman hayati, penggunaan teknologi biologis seperti mikoriza arbuskula, serta penerapan praktik-praktik yang mendukung kesehatan tanah dan ekosistem. Dengan menerapkan prinsip-prinsip ini, sistem pertanian dapat menjadi lebih resilient, ramah lingkungan, dan mampu memenuhi kebutuhan pangan masa kini tanpa mengorbankan keberlanjutan lingkungan di masa depan.

2.2. Manfaat Mikoriza Arbuskula terhadap Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan adalah konsep yang menekankan praktik-praktik pertanian yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Salah satu komponen penting dalam mendukung keberlanjutan ini adalah penggunaan mikoriza arbuskula, fungi mikoriza yang membentuk hubungan simbiotik mutualistik dengan akar tanaman (Moisés A. Sosa-Hernández 2019). Mikoriza arbuskula berperan besar dalam meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, khususnya fosfor, serta membantu tanaman memperoleh air dan nutrisi secara optimal, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat dan produktif.

Manfaat utama dari mikoriza arbuskula dalam pertanian berkelanjutan meliputi peningkatan kesuburan tanah secara alami, pengurangan ketergantungan pada pupuk kimia, serta peningkatan

ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, salinitas, dan suhu ekstrem (N. O. Igiehon 2017; Bencherif Karima 2020). Dengan memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, mikoriza membantu menjaga keseimbangan ekosistem tanah dan mendorong keberlanjutan jangka panjang.

Penggunaan mikoriza arbuskula sebagai biofertilizer alami mampu mengurangi pencemaran lingkungan akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan, serta mendukung praktik pertanian organik dan agroekologi (Nirmal George 2023). Keberadaan mikoriza juga berkontribusi dalam pengendalian erosi tanah dan rehabilitasi lahan kritis, termasuk lahan bekas tambang dan tanah yang terdegradasi (Wikan Agung Nugroho 2023).

Pengembangan teknologi produksi massal mikoriza arbuskula, seperti melalui kultur organ akar dan optimasi faktor produksi, semakin memudahkan penerapan di lapangan dan memperluas manfaatnya dalam sistem pertanian berkelanjutan (Maunata Ghorui 2023). Dengan demikian, mikoriza arbuskula tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman tetapi juga berperan penting dalam memperkuat ketahanan ekosistem pertanian terhadap berbagai tantangan lingkungan.

Mikoriza arbuskula (MA) adalah jenis fungi mikoriza yang membentuk hubungan simbiosis mutualistik dengan sebagian besar tanaman darat, termasuk tanaman pertanian. Hubungan ini berlangsung di zona akar (rizosfer), di mana hifa fungi menembus sel-sel korteks akar dan membentuk struktur khusus yang disebut arbuskula. Interaksi ini memberi banyak manfaat yang sangat relevan bagi pengembangan pertanian berkelanjutan, yaitu sistem pertanian

yang produktif namun tetap menjaga kelestarian lingkungan dan sumber daya alam jangka panjang. Berikut beberapa manfaat utama Mikoriza Arbuskula dalam konteks pertanian berkelanjutan:

1. Meningkatkan Penyerapan Hara Tanaman

Mikoriza arbuskula memperluas jangkauan sistem perakaran tanaman melalui jaringan hifa eksternal yang menjangkau area tanah lebih luas. Hal ini sangat membantu dalam:

- Penyerapan fosfor (P) yang bersifat tidak mobil di dalam tanah.
- Meningkatkan ketersediaan unsur mikro seperti Zn, Cu, dan Mn.
- Mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis.

2. Meningkatkan Efisiensi Pemanfaatan Air

Struktur hifa MA dapat mencapai pori-pori tanah mikro yang tidak dapat diakses akar, sehingga:

- Meningkatkan pengambilan air.
- Membantu tanaman tahan terhadap kekeringan atau kondisi lahan marginal (kering, miskin hara).

3. Meningkatkan Ketahanan Tanaman terhadap Patogen

Mikoriza Arbuskula dapat meningkatkan resistensi tanaman terhadap patogen akar seperti jamur patogen dan nematoda dengan:

- Meningkatkan kekuatan fisik akar.
- Merangsang mekanisme ketahanan sistemik tanaman (induced resistance).

4. Memperbaiki Struktur dan Kesehatan Tanah

Mikoriza Arbuskula membantu pembentukan aglomerat tanah melalui ekskresi senyawa seperti glomalin, yang berperan dalam:

- Meningkatkan agregasi tanah.
- Meningkatkan porositas dan aerasi.
- Menyuburkan tanah secara biologis.

5. Mengurangi Ketergantungan pada Input Kimia

Dengan kemampuan meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan air, serta perlindungan terhadap penyakit, Mikoriza Arbuskula dapat:

- Mengurangi kebutuhan pupuk dan pestisida.
- Menekan biaya produksi.
- Mendukung praktik pertanian ramah lingkungan.

6. Meningkatkan Produktivitas Tanaman pada Lahan Marginal

Lahan yang miskin hara, kering, atau terdegradasi bisa dioptimalkan produktivitasnya melalui inokulasi Mikoriza Arbuskula, terutama untuk:

- Tanaman pangan (jagung, padi, kacang-kacangan).
- Tanaman hortikultura dan kehutanan.

7. Berperan dalam Konservasi Keanekaragaman Hayati

Keberadaan Mikoriza Arbuskula memperkaya mikrobioma tanah dan mendukung keragaman spesies tanaman, terutama dalam sistem pertanian yang berbasis ekologi seperti agroforestri atau pertanian organik.

Mikoriza arbuskula adalah komponen kunci dalam ekosistem tanah yang mendukung keberlanjutan sistem pertanian. Penerapan Mikoriza Arbuskula dalam manajemen lahan dapat menghasilkan

produksi yang stabil, hemat input, dan ramah lingkungan, sekaligus menjaga kesuburan tanah dan keberlanjutan agroekosistem.

2

PERAN MIKORIZA ARBUSKULA DALAM MENINGKATKAN KESUBURAN TANAH DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN

Bab ini membahas beberapa teori terkait peran mikoriza arbuskula dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman.

Pertanian berkelanjutan merupakan konsep penting yang menekankan praktik-praktik yang mampu memenuhi kebutuhan pangan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang. Salah satu inovasi biologis yang memiliki potensi besar dalam mendukung keberlanjutan ini adalah mikoriza arbuskula. Mikoriza arbuskula adalah jamur mikoriza yang membentuk hubungan simbiotik dengan akar tanaman, meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, khususnya fosfor, serta membantu tanaman memperoleh air dan nutrisi secara optimal (Nirmal George 2023). Dalam bab ini, kita akan membahas secara mendalam bagaimana mikoriza arbuskula berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman.

Pembahasan akan dimulai dengan pengertian dasar tentang mikoriza arbuskula dan mekanisme kerjanya dalam ekosistem tanah. Selanjutnya, akan dijelaskan manfaat utama dari mikoriza arbuskula dalam konteks pertanian berkelanjutan, seperti peningkatan kesuburan tanah alami, pengurangan ketergantungan pada pupuk kimia, serta peningkatan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan seperti kekeringan dan salinitas (Bencherif Karima 2020). Selain itu, akan diulas pula tentang teknologi produksi massal mikoriza arbuskula yang memungkinkan penerapan luas di lapangan, termasuk metode kultur organ akar dan optimasi faktor produksi (Maunata Ghorui 2023). Tidak kalah penting, bab ini juga akan mengulas berbagai studi kasus dan aplikasi praktis mikoriza

**UNTUK PEMESANAN BUKU INI BISA MENGHUBUNGI
PIHAK PENERBIT (PT AKSELERASI KARYA MANDIRI)
MELALUI:**

Website:

www.fill.my.id

publisher.fill.my.id

Informasi Penerbitan Buku dan HKI:

Group Kolaborasi Menulis:

s.id/AKM_Group

Pengiriman Naskah:

s.id/PT-AKM

Contact:

Email: official.fill.my.id@gmail.com

WA: 08-2323-7246-71

Call Only: 08-2242-6626-04

Daftar Pustaka

- Bencherif Karima, T. Samia. (2020). Native Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Agro-Industries in Arid Lands: Productions, Applications Strategies and Challenges. *Mycorrhizal Fungi - Utilization in Agriculture and Industry [Working Title]*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.94084>
- Bender, S.F., et al. (2016). Mycorrhizal fungal community composition affects soil microbial communities and enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 102, 1-9.
- Brundrett, M. C. (2017). Mycorrhizal associations and other beneficial plant-fungal interactions. *Plant and Soil*, 418(1-2), 1-20.
- Buee, M., et al. (2019). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil health and plant nutrition. *Soil Biology and Biochemistry*, 129, 37-47.
- Chagnon, P. L., & Fortin, J. A. (2013). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in the growth of plants. *Fungal Biology Review*, 27(1), 1-14.
- D. Schaefer, H. Gui, P. Mortimer, Jian-chu Xu. (2021). Arbuscular Mycorrhiza and Sustainable Agriculture. DOI: <https://doi.org/10.48130/CAS-2021-0006>
- Fikri Fatkhurrahman, Siswoyo Siswoyo, Azhar Azhar. (2020). Penggunaan Pupuk Bio Mikoriza Pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonium* L) Sebagai Salah Satu Penerapan Pertanian Berkelanjutan. DOI: <https://doi.org/10.47492/JIP.V1I3.78>
- Graham, J.H., & Eissenstat, D.M. (2000). The role of mycorrhizae in plant nutrition. In: *Mycorrhizal Ecology*. Springer.
- Hasid R., M.A Jaya, & A. Nurmas, 2018. Existence arbuscula mycorrhiza and its application effect to several variety of corn plant (*Zeal mays* L.) in marginal dry land. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Vol. 21 No. 4 p.199-204.
- Hasid, R., T. Wardiyati, I.R. Sastrahidayat & B. Guritno, 2015. Utilization of arbuscular mycorrhizal rhizosphere *Imperata cylindrica* to increase the yield of corn in podzolic soil: the indigenous inoculum effectiveness studies. *International Journal of Biosciences*, Vol. 6 No. 4 p. 23-29.
- Hasid, R., T. Wardiyati, I.R. Sastrahidayat & Guritno. 2014. Utilizatoin of asbucular mycorrhizal rizospere *Imperata silindrica* to

- increase the yield of corn in podsolic soil: studi of arbuscular mycorrhizal diversity. *International Journal of Biosciences*, Vol. 5 No. 8 p. 101-107.
- Husin, E.F., U. Khairul, Z. Zakir, & O. Emalinda, 2017. Spores diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and their use for land reclamation in coal mining used land. *Der Pharmacia Lettre*, Vol. 9 No. 2 p. 79-86.
- J. Garcia, N. Bray, Y. Son, A. Butler-Jones, S. Egendorf, J. Kao-Kniffin. (2023). Plant growth and microbial responses from urban agriculture soils amended with excavated local sediments and municipal composts. *Journal of Urban Ecology*. DOI: <https://doi.org/10.1093/jue/juad016>
- Kavita Chahal, Vaishali Gupta, N. Verma, A. Chaurasia, Babita Rana. (2020). Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungi as a Tool for Sustainable Agricultural System. *Mycorrhizal Fungi - Utilization in Agriculture and Industry [Working Title]*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.94442>
- Khaosaad, T., et al. (2018). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in enhancing crop yield. *Mycorrhiza*, 28(3), 297-307.
- Kiers, E.T., et al. (2011). A recent common ancestry for the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Nature*, 469(7331), 58-63.
- M. Rillig, Moisés A. Sosa-Hernández, J. Roy, C. Aguilar-Trigueros, K. Vályi, A. Lehmann. (2016). Towards an Integrated Mycorrhizal Technology: Harnessing Mycorrhiza for Sustainable Intensification in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01625>
- Maunata Ghorui, Shouvik Chowdhury, Keshab Das, Kiran Sunar, Balu Prakash. (2023). Optimizing factors for large-scale production of Arbuscular Mycorrhizal Fungi consortia using root organ cultures. *Journal of Biological Methods*. DOI: <https://doi.org/10.14440/jbm.2023.410>.
- Moisés A. Sosa-Hernández, E. Leifheit, R. Ingrassia, M. Rillig. (2019). Subsoil Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Sustainability and Climate-Smart Agriculture: A Solution Right Under Our Feet?. *Frontiers in Microbiology*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00744>
- Monika, S. Devi, S. Arya, Naveen Kumar, Sunil Kumar. (2019). Mycorrhizal Fungi: Potential Candidate for Sustainable Agriculture. *Mycorrhizosphere and Pedogenesis*. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_19

- N. O. Igiehon, O. Babalola. (2017). Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8344-z>
- Nirmal George, J. G. Ray. (2023). The inevitability of arbuscular mycorrhiza for sustainability in organic agriculture—A critical review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1124688>
- Oehl, F., Laczko, E., & Sieverding, E. (2011). "Arbuscular mycorrhizal fungi in the tropics: A review. *Mycorrhiza*, 21(1), 1-12.
- Öpik, M., et al. (2016). Global diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 26(1), 1-14.
- Parniske, M. (2018). Arbuscular mycorrhiza: A key to plant growth. *Nature Reviews Microbiology*, 16(1), 1-2.
- Redecker, D., & Raab, P. (2013). Phylogeny and evolution of arbuscular mycorrhizal fungi. *Fungal Biology Reviews*, 27(2), 57-62.
- Redecker, D., et al. (2013). Evolutionary relationships of the arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 23(4), 271-287.
- Redouane Ouhaddou, M. Anli, Raja Ben-Laouane, A. Boutasknit, Marouane Baslam, A. Meddich. (2025). The Importance of the Glomus Genus as a Potential Candidate for Sustainable Agriculture Under Arid Environments: A Review. *International Journal of Plant Biology*. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijpb16010032>
- Rillig, M.C. (2004). Mycorrhizae and soil structure. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(5), 811-819.
- Ruslin Hadanu, Halim Halim, Muzuni Muzuni, Basrudin Basrudin, M. Amin, Nursalam Nursalam. (2024). Pelatihan Pembuatan Fungi Mikoriza Arbuskula Sebagai Solusi Budidaya Hortikultura: Upaya Pemberdayaan Masyarakat Kelurahan 19 Nopember, Kolaka. *Jurnal Abdimas Indonesia*. DOI: <https://doi.org/10.53769/jai.v4i4.1083>
- Santa Maria Lumbantoruan, Selviana Anggraini. (2021). Biofertilizer Formulation in Stimulating Corn Growth in Drought Stress Peatland. *Jurnal Agroqua Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*. DOI: <https://doi.org/10.32663/ja.v19i2.2309>
- Smith, S.E., & Read, D.J. (2010). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press.
- Sun Y., X. Zhang, Z.Wu, Y. Hu, S.Wu, & B. Chen, 2016. The molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the arsenic mining

- impacted sites in Hunan Province of China. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 39 No.1 p.110-118.
- Wang, B., et al. (2018). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil health. *Soil Biology and Biochemistry*, 124, 1-10.
- Wikan Agung Nugroho, Budi Prasetya. (2023). Eksplorasi Mikoriza Arbuskular Pada Beberapa Sistem Penggunaan Lahan Pertanian Di Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.3>
- Wu, Q.S., et al. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance drought tolerance in tomato plants. *Journal of Plant Physiology*, 220, 18
- Wu.Q.S., and Y.Zou, 2017. *Arbuscular mycorrhizal fungi and tolerance of drought stress in plants*. p.25-41.Chapter · April 2017 with 648 Reads. DOI: 10.1007/978-981-10-4115-0_2.
- Yang, W., S. Gu, Y. Xin, A. Bello, W. Sun, and X. Xu, 2018. Compost Addition Enhanced Hyphal Growth and Sporulation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi without Affecting Their Community Composition in the Soil. *Front Microbiol*. Vol. 9 No. 169 p. 1-13. doi: 10.3389/fmicb.2018.00169.
- Zhu, X., F. Song and Sq. Liu, 2011. Arbuscular mycorrhizal impacts on drought stress of maize plants by lipid peroxidation, proline content and activity of antioxidant system. *Journal of Food Agriculture and Environment*, Vol. 9 No.2 p.583-587.
- Zolla, L., et al. (2018). The impact of agricultural practices on arbuscular mycorrhizal fungi. *Agricultural Sciences*, 9(5), 688-703.

Daftar Istilah (*Glosarium*)

Absorpsi – Proses penyerapan zat oleh jaringan tanaman, seperti penyerapan nutrisi dari tanah.

Akar – Bagian tanaman yang berfungsi menyerap air dan nutrisi, tempat kolonisasi mikoriza.

Arang Aktif – Bahan organik yang digunakan sebagai pembawa inokulum mikoriza.

Arbuskula – Struktur bercabang seperti pohon dalam sel akar tempat pertukaran nutrisi.

Bakteri Rizobium – Mikroorganisme yang bersimbiosis dengan akar tanaman polong-polongan.

Biomassa – Total massa organisme hidup dalam suatu area, termasuk akar dan jamur.

Bioremediasi – Penggunaan organisme untuk menguraikan polutan dari tanah atau air.

Cendawan – Sebutan lain untuk jamur, termasuk jenis yang bersimbiosis seperti mikoriza.

Cekaman Abiotik – Stres pada tanaman akibat faktor lingkungan seperti kekeringan dan salinitas.

Colonisasi – Proses penetrasi dan penyebaran mikoriza pada akar tanaman.

Ekosistem – Komunitas organisme dan lingkungan fisiknya yang saling berinteraksi.

Eksudat Akar – Senyawa yang dikeluarkan akar tanaman untuk menarik mikroorganisme.

Endofit – Mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan penyakit.

Enzim Fosfatase – Enzim yang dilepaskan mikoriza untuk melarutkan fosfat terikat.

Fiksasi Hara – Proses terperangkapnya unsur hara di tanah, menyebabkan tidak tersedia bagi tanaman.

Fosfor (P) – Hara makro penting yang ketersediaannya ditingkatkan oleh mikoriza.

Fungi Mikoriza – Jamur yang membentuk hubungan simbiosis dengan akar tanaman.

Glomus spp. – Genus utama jamur mikoriza arbuskula yang banyak digunakan dalam pertanian.

Granula – Butiran kecil dalam inokulum atau tanah.

Habitat Tanah – Lingkungan tempat hidup berbagai organisme tanah.

Hifa – Struktur benang mikoriza yang menyerap hara dan air dari tanah.

Inokulum – Bahan mengandung mikroorganisme hidup yang digunakan untuk inokulasi.

Inokulasi – Proses menambahkan mikroorganisme seperti mikoriza ke tanaman atau tanah.

Jamur Tanah – Kelompok fungi yang hidup di dalam tanah dan berperan dalam dekomposisi.

Karbon Organik – Kandungan karbon dari bahan organik dalam tanah.

Ketersediaan Hara – Sejauh mana nutrisi dalam tanah bisa diserap tanaman.

Kultur Murni – Mikroorganisme yang tumbuh tanpa kontaminasi organisme lain.

Mikoriza – Simbiosis antara jamur dengan akar tanaman.

Mikoriza Arbuskula (AM) – Tipe mikoriza yang membentuk struktur arbuskula dan vesikula.

Mutualisme – Hubungan simbiosis yang saling menguntungkan.

Nutrisi Tanaman – Unsur-unsur penting yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh.

Patogen Tanaman – Mikroorganisme penyebab penyakit pada tanaman.

Pertanian Berkelanjutan – Sistem budidaya yang menjaga kelestarian sumber daya alam.

pH Tanah – Ukuran keasaman atau kebasaan tanah yang memengaruhi ketersediaan hara.

Plantae Inang – Tanaman tempat mikoriza tumbuh dan bersimbiosis.

Proteksi Tanaman – Perlindungan tanaman dari cekaman atau patogen.

Resiliensi Tanaman – Kemampuan tanaman beradaptasi dan bertahan terhadap stres lingkungan.

Rhizosfer – Zona tanah yang dipengaruhi eksudat akar dan aktivitas mikroba.

Simbiosis – Hubungan antara dua makhluk hidup yang saling memengaruhi.

Sporulasi – Proses pembentukan spora pada jamur.

Spora – Struktur reproduktif fungi yang dapat tumbuh menjadi individu baru.

Substrat – Media tumbuh mikoriza dan tanaman, seperti tanah atau campuran kompos.

Suksesi Ekologi – Perubahan bertahap dalam komunitas organisme dalam suatu habitat.

Sumberdaya Hayati – Sumber daya berupa makhluk hidup, termasuk mikroorganisme tanah.

Tanaman Inokulan – Tanaman yang digunakan untuk menumbuhkan inokulum mikoriza.

Translokasi Hara – Pemindahan unsur hara dari satu bagian tanaman ke bagian lain.

Transportasi Fosfat – Pergerakan fosfat dari tanah melalui hifa ke akar tanaman.

VAM (Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza) – Nama lain untuk mikoriza arbuskula.

Vesikula – Struktur penyimpan nutrisi pada mikoriza yang terbentuk dalam sel akar.

Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) – Senyawa yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Indeks

A

Absorpsi · xi
Akar · 37, 42, xi
Arang Aktif · xi
Arbuskula · i, ii, iv, v, 3, 5, 6, 7, 11, 21,
23, 24, 28, 29, 30, 31, 35, ix, xi, xiii,
18

B

Bakteri Rizobium · xi
Biomassa · xi
Bioremediasi · xi

C

Cekaman Abiotik · xi
Cendawan · xi
Colonisasi · xi

E

Ekosistem · xi
Endofit · xii
Enzim Fosfatase · xii

F

Fiksasi Hara · xii
Fosfor · 28, 32, 35, 37, xii
Fungi Mikoriza · ix, xii

G

Glomus spp · xii
Granula · xii

H

Habitat Tanah · xii
Hifa · 29, 32, 34, 35, 43, 68, 71, xii

I

Inokulasi · 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61,
72, xii
Inokulum · 54, 55, 56, 57, 59, xii

J

Jamur Tanah · xii

K

Karbon Organik · xii
Ketersediaan Hara · xii
Kultur Murni · xiii

M

Mikoriza · i, ii, iv, v, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 16,
18, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31,
32, 34, 35, 36, 38, 43, 44, 45, 53, 59,

61, 62, 66, 68, 69, 70, 72, 74, 78, 79,
81, 82, 84, 87, vii, x, xiii, 18
Mutualisme · xiii

N

Nutrisi Tanaman · xiii

P

Patogen Tanaman · xiii
Pertanian Berkelanjutan · i, ii, v, 17,
20, vii, xiii, 18
pH Tanah · xiii
Plantae Inang · xiii
Proteksi Tanaman · xiii

R

Resiliensi Tanaman · xiii
Rhizosfer · xiii

S

Simbiosis · 3, xiii

Spora · 38, xiii
Sporulasi · xiii
Substrat · xiv
Suksesi Ekologi · xiv
Sumberdaya Hayati · xiv

T

Tanaman Inokulan · xiv
Translokasi Hara · xiv
Transportasi Fosfat · xiv

V

VAM · xiv
Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza · xiv
Vesikula · 6, xiv

Z

Zat Pengatur Tumbuh · xiv
ZPT · xiv

Biodata Penulis



Prof. Dr. Ir. Rachmawati Hasid, M.Si.

adalah Guru Besar Bidang Agronomi pada Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo. Lahir di Kendari pada 13 Oktober 1964. Doktor Ilmu Pertanian lulusan Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang, berfokus pada penelitian mikoriza arbuskula dan pertanian berkelanjutan pada lahan marginal. Melalui karya-karya ilmiahnya, Penulis berkontribusi nyata dalam menjembatani teori dan praktik di bidang pertanian, khususnya dalam menciptakan solusi berbasis hayati untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian di Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui surel rhasid64@gmail.com.



Mani Yusuf, S.P., M.P. adalah seorang akademisi dengan keahlian Bidang Agronomi pada Fakultas Pertanian Universitas Musamus. Lahir di Muna pada 06 Juli 1996. Magister Pertanian lulusan Pascasarjana Universitas Halu Oleo tahun 2020, berfokus pada penelitian mikoriza arbuskula dan pupuk organik dalam budidaya tanaman di lahan marginal. Penulis dapat dihubungi melalui surel maniyusuf03@unmus.ac.id.

Buku Mikoriza Arbuskula sebagai Solusi Pertanian Berkelanjutan menyajikan kajian ilmiah dan aplikatif mengenai peran strategis mikoriza arbuskula dalam meningkatkan efisiensi nutrisi, kesehatan tanah, dan ketahanan tanaman. Ditulis oleh akademisi dan praktisi di bidang agroteknologi, buku ini memadukan teori mikrobiologi tanah, hasil riset terkini, dan pengalaman lapangan, khususnya pada lahan marginal di wilayah tropis. Pembahasan meliputi konsep dasar, karakteristik biologis, serta mekanisme simbiosis mutualistik antara fungi dan akar tanaman. Buku ini juga mengulas genus-genus penting seperti Rhizophagus, Claroideoglomus, Acaulospora, dan Gigaspora, serta teknik aplikasinya dalam sistem pertanian berkelanjutan berbasis biofertilizer alami. Dengan pendekatan interdisipliner, buku ini menjadi rujukan penting bagi mahasiswa, dosen, peneliti, penyuluh, dan praktisi pertanian yang berkomitmen pada pembangunan pertanian yang ekologis, efisien, dan berkelanjutan.

PT Akselerasi Karya Mandiri
Jalan Jati-Jati, Rimba Jaya, Kec. Merauke, Merauke, Papua Selatan
Telp. 08-2242-6626-04
Surel: official.pt.akm@gmail.com
IKAPI: No. 001/PAPUASEL/2024



IKAPI
IKATAN PENERBIT INDONESIA

