

MENGENAL SPORA **MIKORIZA**

HUTAN KAMPUS UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
BERBASIS LITERASI SAINS



Gloria Sirait, Pd
Dr. Ashar Hasairin, M.Si
Dr. Syahmi Edi, M.Si

MENGENAL SPORA MIKORIZA HUTAN KAMPUS UNIVERSITAS NEGERI MEDAN BERBASIS LITERASI SAINS

Gloria Sirait, M.Pd.
Dr. Ashar Hasairin, M.Si.
Dr. Syahmi Edi, M.Si.



MENGENAL SPORA MIKORIZA HUTAN KAMPUS UNIVERSITAS NEGERI MEDAN BERBASIS LITERASI SAINS

Penulis:

Gloria Sirait, M.Pd.
Dr. Ashar Hasairin, M.Si.
Dr. Syahmi Edi, M.Si.

Editor:

Apriani Sijabat, S.Si., M. Pd

Layouter :

Tim Kreatif PRCI

Cover:

Rusli

Cetakan Pertama : Desember 2023

Hak Cipta 2022, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

**Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT**

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org

E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2022 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2022
; 18x25 cm
ISBN : 978-623-448-740-4

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku dengan judul “Mengenal Spora Mikoriza Hutan Kampus Universitas Negeri Medan Berbasis Literasi Sains”. Buku ini dikembangkan berdasarkan penelitian tesis yang berjudul Pengembangan Buku Suplemen Spora Mikoriza di Hutan Kampus Universitas Negeri Medan.

Penyajian data dalam buku ini berdasarkan hasil riset mencakup morfologi spora mikoriza, jenis mikoriza, bentuk mikoriza, warna mikoriza, jumlah dinding sel spora mikoriza, permukaan spora mikoriza, metode pengambilan sampel, beberapa tahapan ekstraksi spora mikoriza dan identifikasi spora mikoriza. Lokasi yang digunakan pada Hutan Kampus Universitas Negeri Medan di jalan Willièm Iskandar Psr V Medan Estate Kota Medan.

Buku ini ditujukan sebagai bacaan bagi masyarakat umum dan mahasiswa. Dengan menggunakan buku ini penulis berharap pembaca dapat mengenal lebih dalam dan menambah pengetahuan pembaca mengenai spora mikoriza di hutan kampus Universitas Negeri Medan.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku ini. Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak.

Medan, Desember 2023

Penulis

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	II
BAB I SAINS SEBAGAI BATANG TUBUH PENGETAHUAN (<i>ABODY OF KNOWLEDGE</i>)	1
Ayo Mengenal Mikoriza!!!	1
A. Apa Saja Ciri-ciri Umum Mikoriza	1
B. Pengelompokan Mikoriza	4
1. Ektomikoriza	4
2. Endomikoriza	7
C. Pemanfaatan Mikoriza	16
1. Penyerapan Unsur Hara	16
2. Pengendalian Patogen	18
3. Sebagai Pelindung Hayati (<i>Bioprotektor</i>)	20
4. Meningkatkan Ketahanan Tanaman terhadap Kekeringan	22
5. Perbaikan Struktur Tanah	23
6. Proteksi Dari Unsur Toksik	24
D. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikoriza	25
1. Suhu	25
2. Kadar Air Tanah	25
3. Jenis dan pH Tanah	26
4. Bahan Organik	26
5. Cahaya dan Ketersedian Hara	27
6. Pengaruh Logam Berat dan Unsur Lain	27
7. Fungisida	28
 BAB II SAINS SEBAGAI CARA MENYELIDIKI (<i>A WAY OF INVESTIGATING</i>)	 29
Ayo Melakukan Pengamatan Spora Mikoriza	29
A. Pengambilan Sampel Tanah	29
B. Beberapa Tahapan Isolasi Spora	34
C. Identifikasi Spora Mikoriza	40
Bahan dan alat :	41
Cara Kerja:	41
4. Identifikasi Mikoriza	43

D. Hasil dan Pembahasan Pengamatan Spora Mikoriza di Hutan Kampus Unimed	48
1. Glomus sp.	48
2. Gigaspora sp.	62
3. Acaulospora sp.	67
 BAB III SAINS SEBAGAI CARA BERPIKIR (<i>WAY OF THINKING</i>)	79
Ayo Berpikir Kritis!!!	79
A. Mikoriza pada Perbaikan Lahan Kritis	79
B. Mikoriza pada Lahan Bekas Tambang Emas Perhatikan gambar Berikut!	83
 BAB IV INTERAKSI SAINS, TEKNOLOGI DENGAN MASYARAKAT (<i>INTERACTION OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY</i>)	89
Aplikasi Mikoriza di Dalam Kehidupan	89
A. Regenerasi Lahan Kritis Menjadi Lahan Subur Dengan Mikoriza	89
B. Pupuk Hayati Mikoriza, Pengganti Pupuk Kimia Urea Demi Melindungi Lingkungan Pertanian	92
DAFTAR PUSTAKA	96
GLOSARIUM	102
BIOGRAFI PENULIS	107

BAB I

Sains Sebagai Batang Tubuh Pengetahuan (*abody of knowledge*)

Ayo Mengenal Mikoriza!!!

A. Apa Saja Ciri-ciri Umum Mikoriza

Mikoriza merupakan bentuk dari asosiasi simbiotik mutualisme antara akar tumbuhan tingkat tinggi dan jamur tertentu. Catatan fosil menunjukkan asosiasi ini telah ada sejak zaman karbon. Sekitar 90% dari suku tumbuhan (mencakup 80% spesies tumbuhan) memiliki asosiasi simbiotik ini.

Interaksi antara mikoriza dan akar mencerminkan adanya simbiosis mutualisme antara suatu tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikobion. Struktur asosiasi ini memperlihatkan spektrum yang sangat luas baik dalam tanaman inang, jenis jamur maupun penyebarannya. Dalam hal ini, tanaman terutama menerima nutrisi mineral dan air dari jamur, dan jamur memperoleh karbohidrat dan vitamin dari tanaman yang tidak dapat disintesis dengan sendirinya. sementara itu dapat dilakukan berkat fotosintesis dan reaksi internal lainnya.

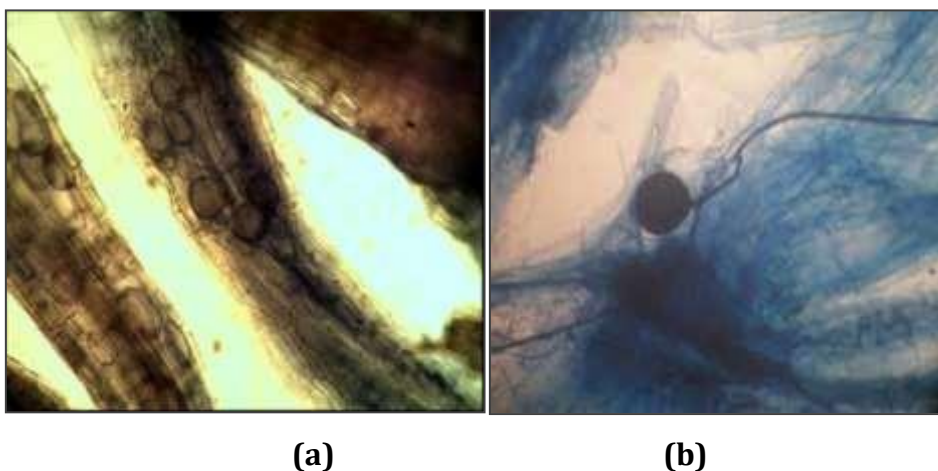
Cendawan mikoriza mampu menyerang organ-organ tanaman di bawah tanah, hidup bertahan dengan unsur-unsur organiknya, tetapi sel-sel tanaman akan pulih kembali dan pada gilirannya akan mempersingkat miselium cendawan (Mulyani, *dkk.*, 1996). Dalam hubungan ini bagian-bagian tanaman yang ada di bawah tanah (akar tanaman) dan miselium

cendawan seakan-akan membentuk suatu asosiasi seperti jalinanan berwarna putih, yang seringkali menguntungkan kedua pihak.



Gambar 2. Akar Tanaman Terinfeksi Mikoriza(Tipstani.com, 2021)

Jamur ini juga membentuk vesikel dan arbuskular di dalam korteks tanaman. Vesikel merupakan ujung hifa berbentuk bulat yang berfungsi sebagai organ penyimpan dan arbuskular merupakan hifa yang memiliki struktur dan fungsi sama dengan houstoria dan terletak di dalam sel tanaman. Famili ini memiliki sembilan genus yaitu; *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocytis*, *Glaziella*, *Complexiples*, *Modecila*, *Entrospora* dan *Endogone*. *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocytis*, merupakan genus yang mampu membentuk MVA.



Gambar 3. (a) Vesikel ; (b) Arbuskula pada akar (INVAM, 2017)

Jamur mikoriza diketahui dapat berfungsi sebagai pupuk hayati. Sekalipun keberadaan jamur mikoriza sudah diketahui lebih dari 100 tahun yang lalu, namun sebagai pupuk hayati mungkin baru sejak Mosse 1957 mengetahui peran jamur mikoriza dalam penyerapan fosfat oleh tanaman (Mosse, 1981). Kecepatan masuknya P ke dalam hifa VAM dapat mencapai enam kali lebih cepat daripada kecepatan masuknya P melalui rambut akar (Bolan, 1991). Selain itu mikoriza juga mampu menghasilkan hormon pengatur tumbuh seperti auksin, sitokinin, dan giberelin dan juga menghasilkan antibiotik yang dapat melindungi tanaman dari patogen akar.

Selain meningkatkan penyerapan unsur hara terutama *Phosphate* (p) mikoriza juga memiliki kemampuan untuk mempercepat pertumbuhan tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman baik dari patogen maupun kondisi ekstrem seperti kekeringan, pH rendah, dan unsur logam berat yang tinggi di dalam tanah (Prasetya & Prayoga, 2021).

Asosiasi antara jamur dan tanaman ini mengkolonisasi jaringan korteks akar tanaman, untuk melengkapi daur hidupnya yang terjadi selama masa pertumbuhan aktif tanaman tersebut. Jenis jamur ini sering ditemukan berasosiasi dengan tanaman di alam misalnya pada tanaman tomat, padi gogo, gandum, kelapa sawit, cabe dan melon. Beberapa jenis tumbuhan tidak tumbuh atau terhambat pertumbuhannya tanpa kehadiran mikoriza di akarnya. Misalnya semaian pinus biasanya gagal tumbuh setelah pemindahan apabila tidak terbentuk jaringan mikoriza di sekitar akarnya.

Secara umum tanaman yang bermikoriza mempunyai pertumbuhan yang lebih baik. Hubungan timbal balik antara cendawan mikoriza dengan tanaman inangnya mendatangkan manfaat positif bagi

keduanya. Karenanya inokulasi cendawan mikoriza dapat dikatakan sebagai '*biofertilization*', baik untuk tanaman pangan, perkebunan, kehutanan maupun tanaman penghijauan (Widada, 1994).

B. Pengelompokan Mikoriza

Berdasarkan struktur tubuh dan cara infeksi terhadap tanaman inang, mikoriza dapat digolongkan menjadi 2 kelompok besar yaitu Ektomikoriza dan Endomikoriza.

1. Ektomikoriza

a. Ektomikoriza

Ektomikoriza memiliki jaringan hifa cendawan yang tidak sampai masuk ke dalam sel tapi berkembang diantara sel kortek akar, memasuki akar dan mengganggu sebagian lamella tengah hingga akhirnya membentuk *hartig net* atau mantel dipermukaan akar yang tersusun dari hifa.



Gambar 4. Ektomikoriza
(Sumber: Russulales, 2010)

Struktur ektomikoriza merupakan jamur yang pendek, bercabang dua dan terkadang seperti tandan yang rapat. Beberapa jamur ektomikoriza memproduksi badan buah dari divisi Glomeromycota, Basidiomycota dan Ascomycota dan dapat diinokulasi secara buatan dalam laboratorium. Namun, inokulasi mikoriza asing memerlukan bantuan mikoriza lokal, misalnya dengan menambahkan tanah dari tempat asal tumbuhan.

Ektomikoriza menginfeksi permukaan luar tanaman dan di antara sel-sel ujung akar. Akibatnya terlihat jalinan miselia berwarna putih pada bagian rambut-rambut akar (Hartig). Di sinilah di jaringan Hartig di mana pertukaran nutrisi, mineral dan air terjadi: jamur menyerap air dan mineral yang kemudian dipindahkan ke pabrik dan sebagai gantinya pasokan tanaman gula dan produk-produk fotosintesis lainnya ke jamur. Di antara beberapa efek positif yang diberikan oleh jamur ektomikoriza kepada inangnya, yang paling penting dikaitkan dengan miselium ekstraradikal yang meningkatkan jumlah asupan mineral terlarut.

Mobilisasi nutrisi dapat terjadi melalui rute enzimatis yang memungkinkan jamur untuk menggunakan nitrogen organik dan fosfor, atau dengan melepaskan asam organik, memobilisasi kalsium, magnesium, dan kalium, antara lain. Hifa terutama mengeluarkan asam oksalat yang membantu melemahkan permukaan berbatu; Selain itu, diameter puncak hifa dibandingkan dengan puncak akar, memberikan tanaman keuntungan besar karena memungkinkannya untuk mengeksplorasi substrat yang tidak dapat dijangkau tanpa hubungan dengan ektomikoriza. Serangan ini dapat menyebabkan perubahan morfologi akar. Akar-akar memendek, membengkak, bercabang dikotom dan dapat membentuk pigmen.

b. Ektendomikoriza

Ektendomikoriza adalah nama deskriptif murni untuk akar mikoriza yang menunjukkan karakteristik ektomikoriza dan endomikoriza. Ektendomikoriza merupakan bentuk antara (intermediet) kedua mikoriza yang lain. Ciri-cirinya antara lain adanya selubung akar yang tipis berupa jaringan hartig, hifa dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteknya.

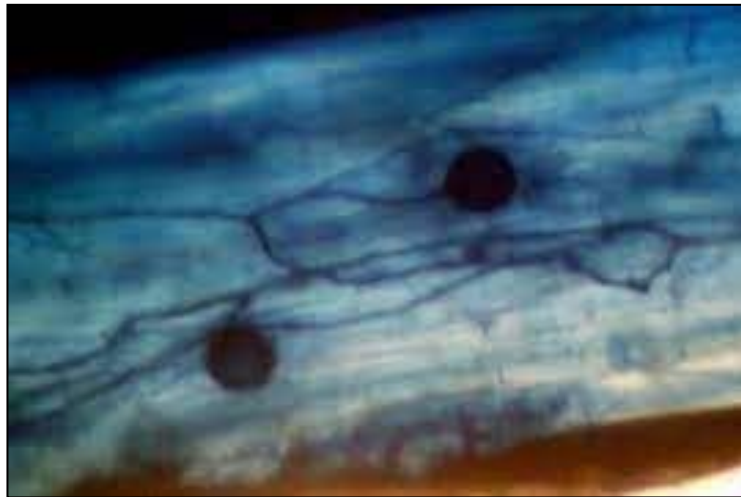
Ektendomikoriza pada dasarnya terbatas pada genus tanaman *Pinus* (pinus), *Picea* (cemara) dan, pada tingkat lebih rendah, *Larix* (larch). Ektendomikoriza memiliki karakteristik yang sama seperti ektomikoriza tetapi menunjukkan penetrasi intraseluler yang luas dari hifa jamur ke dalam sel-sel hidup dari akar inang.



Gambar 5. Ektendomikoriza (Simanungkalit, 2004) Ket: a. Hifa menginfeksi dinding sel korteks akar; b. Jaringan hartig menyelubungi akar

2. Endomikoriza

Endomikoriza memiliki jaringan hifa cendawan yang masuksampai ke dalam sel kortek akar dan membentuk struktur yang khas berbentuk oval yang disebut *vesicle* dan sistem percabangan hifa yang disebut *arbuscule*, sehingga endomikoriza disebut juga *Vesicular- Arbuscular Mycorrhiza (VAM)*.



Gambar 6. Endomikoriza
(Sumber: INVAM, 2017)

MVA mempunyai struktur yang terdiri dari hifa eksternal, internal, gelung, vesicular dan arbuskular. Hifanya tidak bersekat, dan tumbuh diantara sel-sel korteks dan didalamnya bercabang-cabang. Hifa MVA tidak masuk sampai jaringan stele, dan didalam sel yang terinfeksi terbentuk hifa yang bergelembung dan apabila bercabang- cabang maka disebut arbuskular.

a. Mikoriza Vesikel Arbuskular (MVA)

Struktur Mikoriza Vesikel Arbuskular (MVA)

1. Arbuskular

Arbuskular adalah struktur hifa yang bercabang - cabang seperti pohon - pohon kecil yang mirip haustorium (membentuk pola dikotom) berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dengan jamur. Struktur ini mulai terbentuk 2-3 hari setelah infeksi, diawali dengan penetrasi cabang hifa lateral yang dibentuk oleh hifa ekstraseluler dan intraseluler ke dalam dinding sel inang.

2. Vesikel

Pada struktur yang menggelembung dibentuk secara apikal dan sering kali terdapat pada hifa-hifa utama sehingga struktur ini disebut vesikel. Vesikel merupakan suatu struktur berbentuk lonjong atau bulat, mengandung cairan lemak, yang berfungsi sebagai organ penyimpanan makanan atau berkembang menjadi kladospore, yang berfungsi sebagai organ reproduksi dan struktur tahan. Pembentukan vesikel diawali dengan adanya perkembangan sitoplasme hifa yang menjadi lebih padat, multinukleat dan mengandung partikel lipid dan glikogen. Sitoplasma menjadi semakin padat melalui proses kondensasi, dan organel semakin sulit untuk dibedakan sejalan dengan akumulasi lipid selama maturasi (proses pendewasaan). Vesikel biasanya dibentuk lebih banyak di luar jaringan korteks pada daerah infeksi yang sudah tua dan terbentuk setelah pembentukan arbuskul. Apabila korteks mengelupas, beberapa vesikular keluar dari jaringan akar dan berada dalam tanah serta dapat berkecambah dan bertindak sebagai propagul infeksi.

3. Hifa Eksternal

Hifa eksternal merupakan struktur lain dari cendawan mikoriza yang berkembang di luar akar. Hifa ini berfungsi menyerap hara dan air di dalam tanah. Terbentuknya hifa eksternal yang berasosiasi dengan tanaman berperan penting dalam perluasan bidang adsorpsi akar sehingga memungkinkan akar menyerap hara dan air dalam jangkauan yang lebih luas (Mosse, 1981).

4. Hifa Internal

Hifa internal adalah hifa yang menembus ke dalam sel korteks dari satu sel ke sel yang lain. Hifa internal sangat penting untuk mengetahui adanya kolonisasi mikoriza dalam akar tanaman (Pujianto, 2001).

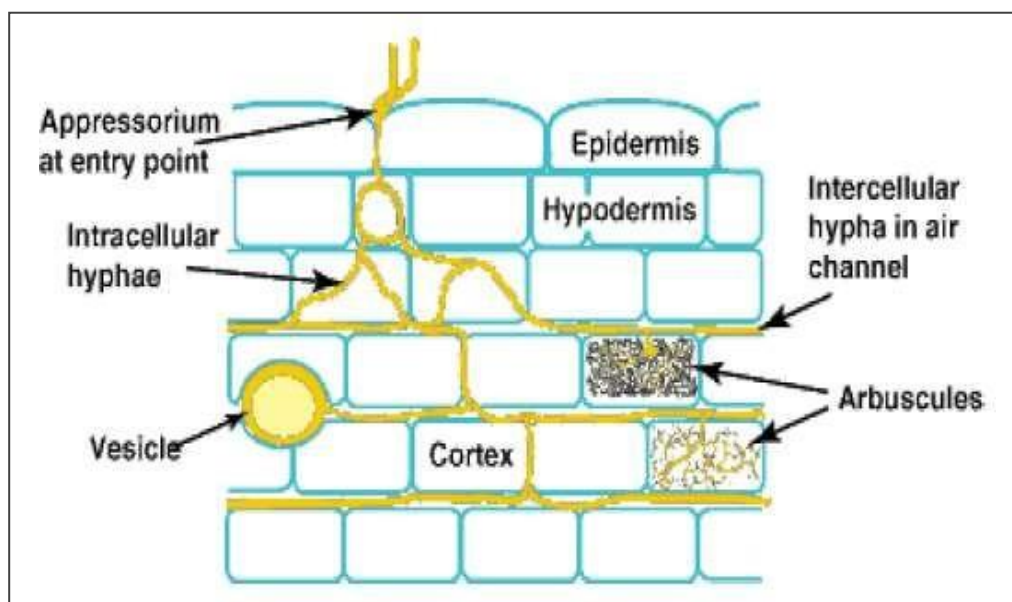
5. Spora

Spora yang dihasilkan oleh cendawan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) terbentuk di atas eksternal hifa yang melewati permukaan akar. Spora terdapat pada ujung hifa eksternal dan dapat hidup selama berbulan-bulan, bahkan bertahun-tahun. Perkecambahan spora bergantung pada lingkungan seperti pH, temperatur, dan kelembaban tanah serta kadar bahan organik (Jolocoour dkk, 1998). Spora ini dapat terbentuk dan bersatu di dalam tanah dalam bentuk kelompok-kelompok spora yang bebas atau dalam bentuk kumpulan sporokarp. FMA mempunyai peran biologis yang cukup penting khususnya bagi tanaman yaitu (1) meningkatkan penyerapan hara, (2) sebagai elindung hayati (bioprotektor), (3) meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan (4) berperan sinergis dengan mikroorganisme lain. Spora cendawan MVA bermacam-macam dalam

warna dan ukuran, ada yang berdiameter 10-400 *um*, tetapi kebanyakan antara 40-200 *um* (Fitler 1989).

Terdapat sembilan genus Vesikular Arbuskular yang masuk dalam family *Endogonaceae* yaitu: 1). *Endogone*, 2). *Gigaspora*, 3). *Acaulospora*, 4). *Entrophospora*, 5). *Glomus*, 6). *Sclerocystis*, 7). *Glaziella*, 8). *Modicella* dan 9). *Complekxipes*. Untuk membedakan genusnya berdasarkan pada cara pembentukan spora dan cara spora muncul diatas hifa. Sedangkan jenis spesiesnya berdasarkan ukuran spora, warna, ketebalan dinding, jumlah dan tipe lapisan (Talanca, 2010).

Infeksi VAM dimulai dengan terbentuknya apresorium pada permukaan akar, menembus sel-sel epidermis akar tanaman. Setelah proses penetrasi, hifa tumbuh secara intraseluler atau ekstraseluler di dalam kortek dan pada inang-inang tertentu, hifa membentuk koil hifa di luar kortek. Hifa yang berada di rhizosfer mampu meningkatkan pengambilan fosfor dari dalam tanah dengan cara memperluas permukaan yang bersinggungan dengan tanah.



Gambar 7. Mekanisme infeksi Oleh MVA (Basri, 2018)

Pengambilan nutrisi oleh mikoriza melibatkan hifa yang berada di dalam tanah yang akhirnya dipindahkan ke dalam sel akar. Aliran fosfor di dalam hifa mengikuti aliran sitoplasma sedangkan pemindahan nutrisi dari jamur ke tanaman inang diduga melalui arbuskular. MVA mempunyai spektrum penyebaran yang luas, seperti tumbuhan Angiospermae sampai Briophyta, secara geografis penyebarannya dari kutub sampai hutan basah.

Hifa eksternal pada mikoriza dapat menyerap unsur fosfat dari dalam tanah, dan segera diubah menjadi senyawa polifosfat. Senyawa polifosfat kemudian dipindahkan ke dalam hifa dan dipecah menjadi fosfat organik yang dapat diserap oleh sel tanaman. Efisiensi pemupukan P sangat jelas meningkat dengan penggunaan mikoriza. Infeksi mikoriza pada akar tanaman dapat dilihat dengan jelas melalui pewarnaan dengan bahan kimia. Sel akar yang terinfeksi menjadi lebih besar dan mengembang tetapi tidak sampai merusak sel akar yang terinfeksi, penampakan luarnya bahkan tidak berubah.

Mekanisme Penyerapan Fosfat oleh MVA

Mekanisme Penyerapan Fosfat oleh Mikoriza Peranan MVA tersebut dalam meningkatkan ketersediaan dan serapan P dan unsur hara lainnya melalui proses sebagai berikut :

1. Modifikasi Kimia oleh mikoriza dalam proses kelarutan P tanah
Pengaruh Mikoriza Arbuskula Pada Ketersediaan dan Penyerapan Unsur Hara Pada tahap ini, terjadi modifikasi kimia oleh mikoriza terhadap akar tanaman, sehingga tanaman mengeksudasi asam-
2. asam organik dan enzim fosfatase asam yang memacu proses mineralisasi P. Eksudasi akar tersebut terjadi sebagai respon

tanaman terhadap kondisi tanah yang kahat P, yang mempengaruhi kimia rizosfer.

3. Perpendekan jarak difusi oleh tanaman bermikoriza. Mekanisme utama bagi pergerakan P ke permukaan akar melalui difusi yang terjadi akibat adanya gradien konsentrasi, serta merupakan proses yang sangat lambat. Jarak difusi ion-ion fosfat tersebut dapat diperpendek dengan hifa eksternal CMA, yang juga dapat berfungsi sebagai alat penyerap dan translokasi fosfat.
4. Penyerapan P tetap terjadi pada tanaman bermikoriza meskipun terjadi penurunan konsentrasi minimum P. Konsentrasi P yang ada di larutan tanah dapat menjadi sangat rendah dan mencapai konsentrasi minimum yang dapat diserap akar, hal ini terjadi sebagai akibat terjadinya proses penyerapan ion fosfat yang ada di permukaan akar. Di bawah konsentrasi minimum tersebut akar tidak mampu lagi menyerap P dan unsur hara lainnya, sedangkan pada akar bermikoriza, penyerapan tetap terjadi sekalipun konsentrasi ion fosfat berada di bawah konsentrasi minimum yang dapat diserap oleh akar.

b. Endomikoriza Ericoid

Endomikoriza Ericoid adalah mikoriza Erica (heather), Calluna (ling) dan Vaccinium (bilberry), yaitu tanaman yang bertahan di padang rumput dan lingkungan yang menantang. Jamur adalah anggota Ascomycota (contohnya *Hymenoscyphus ericae*). Akar kecil tanaman

ditutupi dengan jaringan hifa yang jarang; jamur mencerna polipeptida secara saprotrofik dan meneruskan nitrogen yang diserap ke inangtanaman; dalam kondisi yang sangat keras, mikoriza bahkan dapat

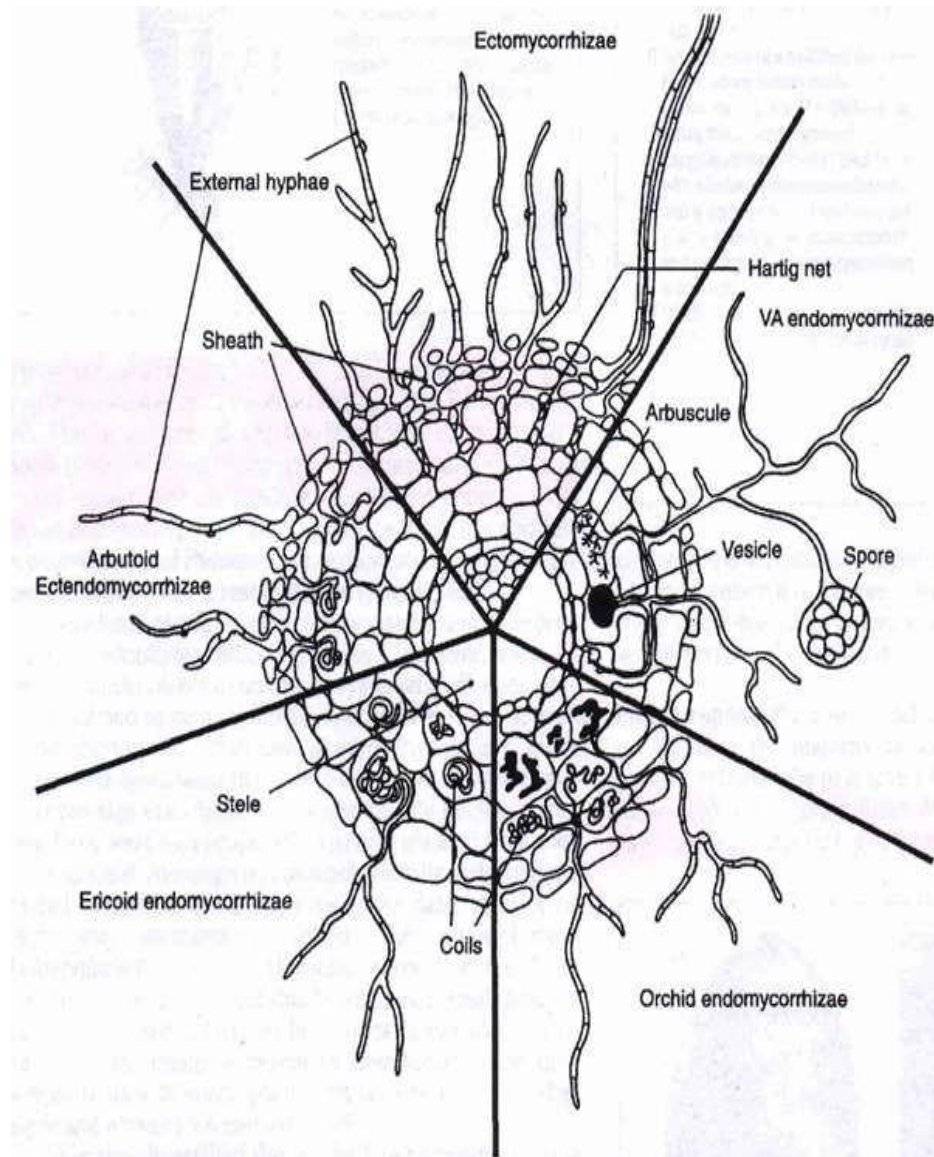
menyediakan sumber karbon bagi inangnya (dengan memetabolisme polisakarida dan protein untuk kandungan karbonnya).

Dua subkelompok khusus dapat dipisahkan dari kelompok endomikoriza erikoid:

- Endomikoriza arbutoid, dan
- Endomycorrhizas monotropoid (asosiasi mikoriza yang dibentuk oleh tanaman achlorophyllous dari Montropaceae).

Endomikoriza Orchid mirip dengan mikoriza erikoid tetapi nutrisi karbonnya bahkan lebih ditujukan untuk mendukung tanaman inang karena bibit anggrek muda bersifat nonfotosintetik dan bergantung pada mitra jamur yang memanfaatkan sumber karbon kompleks di dalam tanah, dan menyediakan karbohidrat bagi yang muda.

- Orchid. Semua Orchid bersifat achlorophyllous pada tahap awal pembibitan, tetapi biasanya chlorophyllous saat dewasa, sehingga dalam hal ini anggrek tahap pembibitan dapat diartikan sebagai parasitisasi cendawan. Contoh jamur yang khas adalah genus basidiomycete *Rhizoctonia* (walaupun ini adalah genus kompleks yang dapat dibagi menjadi beberapa jenis baru).



Gambar 8. Struktur Utama dari Lima Jenis Mikoriza (Anthony P.J. Trinci, 2011)

Tabel 1. Rangkuman Karakteristik dari Tujuh Tipe Mikoriza

Ciri	Tipe Mikoriza						
	Endomikoriza					Ektomikoriza	
	AM	Ectric-oid	Arbus-toid	Monotrophic-oid	Orchid	Ekto	Ektendo
Septa Jamur	Tidak	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Asepta Jamur	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Kolonisasi Intraseluler	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak	Ya
Selubung Jamur (Pseudoparenkim)	Tidak	Tidak	Ya Atau Tidak	Ada	Tidak	Ya	Ya Atau Tidak
Jaring Hartig	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Ya	Ya
Vesikel	Ya Atau Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Tanaman Inang Berklorofil*	Ya (? Tidak)	Ya	Ya	Tidak	Tidak*	Ya	Ya
Takson Jamur	Glomeromycota	Ascomycota	Basidiomycota	Basidiomycota	Basidiomycota	Basidiomycota Ascomycota	Basidio Asco (Glomeromycota)
Takson Tumbuhan	Bryophyta Pteridophyta Gymnospermae Angiospermae	Ericales Bryophyta	Ericales	Monotropa Opuntia	Orchidaceae	Gymnospermae Angiospermae	Gymnospermae Angiospermae
*Semua Orchid adalah Achlorophyllous di tahap awal pembibitan, tetapi biasanya menjadi Chlorophyllous ketika dewasa.							
*Bryo = Bryophyta, Pterido=Pteridophyta, Gymno= Gymnospermae, Angio = Angiospermae.							

Sumber: Moore *et al*, 2011

C. Pemanfaatan Mikoriza

1. Penyerapan Unsur Hara

Cendawan MVA adalah salah satu jenis mikroba tanah yang mempunyai kontribusi penting dalam kesuburan tanah dengan jalan meningkatkan kemampuan tanaman dalam penyerapan unsur hara seperti fosfat, air, dan nutrisi lainnya. Menurut Aldeman dan Morton, (1986) bahwa infeksi MVA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan kemampuannya memanfaatkan nutrisi terutama unsur P, Ca, N, Cu, Mn, K, dan Mg.

Hal ini disebabkan karena kolonisasi mikoriza pada akar tanaman dapat memperluas bidang serapan akar dengan adanya hifa eksternal yang tumbuh dan berkembang melalui bulu akar. Selanjutnya miselia cendawan MVA dapat tumbuh dan menyebar keluar akar sekitar lebih 9 cm, dengan total panjang hifanya dapat mencapai 26-54 m/g tanah.

Menurut Hayman (1983) dalam Suciati (1996) akar yang bermikoriza dapat menyerap P dari larutan tanah pada konsentrasi dimana akar tanaman tidak bermikoriza, tidak dapat menjangkaunya. Hal ini disebabkan karena akar yang terinfeksi mikoriza mempunyai metabolisme energi lebih besar, sehingga aktif dalam pengambilan P pada konsentrasi 10^{-7} - 10^{-6} didalam larutan tanah hingga menjadi 10^{-3} - 10^{-2} didalam akar tanaman. Selain itu diameter hifa cendawan MVA sangat kecil yaitu 2-5 μ m, sehingga dengan mudah menembus pori-pori tanah yang tidak bisa ditembus oleh akar tanaman yang berdiameter 10-20 μ m. Pada tanah ada sekitar 95-99% unsur P dijumpai tidak larut, sehingga tidak tersedia atau susah diserap oleh akar tanaman (Hayman, 1983).

Infeksi MVA pada akar tanaman menyebabkan tanaman mampu memanfaatkan unsur-unsur P yang tidak tersedia tersebut menjadi

tersedia. Fakta ini menunjukkan bahwa pada tanaman yang terinfeksi cendawan MVA memperlihatkan pertumbuhan tanaman yang baik bila dibandingkan dengan tanaman yang tidak terinfeksi mikoriza, karena MVA juga menghasilkan hormon seperti auksin, sitokinin, dan giberlin. De la Cruzz (1981) menyatakan bahwa cendawan endomikoriza secara efektif menghasilkan hormon pertumbuhan terutama auksin. Sedangkan Krikun (1991) menemukan bahwa tanaman yang terinfeksi mikoriza mengandung sitokinin dengan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak terinfeksi. Pengaruh fisiologis sitokinin adalah mendorong pembesaran sel dan penghambatan penuaan daun sedangkan auksin terhadap pemanjangan sel.

Menurut Suciati (1996), asosiasi mikoriza menyebabkan tanaman mampu memanfaatkan unsur-unsur P yang tidak tersedia menjadi tersedia. Hal ini dapat dilihat pada tanaman cow pea, ketela pohon, jeruk, jambu biji, dan kedelai, dapat bertahan atau toleran pada kondisi tanah mineral asam seperti tanah oxisol dan ultisol. Keadaan ini diduga cendawan MVA dapat melakukan perubahan pH rhizosfer menjadi 6,3.

Tabel 2. Pengaruh Mikoriza Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Fosfor Dalam Berbagai Jaringan Tanaman pada Tanah Steril

Tanaman	Tidak terinfeksi	Terinfeksi
Bobot Kering (g)		
Jagung	3.70	13.70
Singkong	1.20	11.20
Sorgum	2.90	5.90
Kedelai		

Biomassa per m2	2.567	3.450
Biomassa biji per m2	812	1.161
Padi		
Biomassa per m2	31	29
Biomassa biji per m2	8.31	12.60
Kandungan Fosfor (%)		
Jagung	0.10	0.14
Singkong	0.47	0.74
Sorgum	0.09	0.35

Sumber: (Mosse, 1981)

Tanaman *akasia mangium* yang terinfeksi cendawan MVA, maka mampu menghemat penggunaan unsur P 180 kr/ha/tahun. MVA dapat pula meningkatkan kandungan khlorofil tanaman, dan zat perangsang tum-buh dengan diproduksi substansi zat per-angsang tumbuh, sehingga tanaman dapat lebih toleran terhadap sifat shok atau stress saat dipindahkan.

Mikoriza juga diketahui berinteraksi sinergis dengan bakteri pelarut fosfat atau bakteri pengikat N. Inokulasi bakteri pelarut fosfat (PSB) dan mikoriza dapat meningkatkan serapan P oleh tanaman tomat dan pada tanaman gandum. adanya interaksi sinergis antara VAM dan bakteri penambat N₂ dilaporkan oleh Azcon dan Altrash (1997) bahwa pembentukan bintil akar meningkat bila tanaman alfalfa diinokulasi dengan *Glomus moseae*. Sebaliknya kolonisasi oleh jamur mikoriza meningkat bila tanaman kedelai juga diinokulasi dengan bakteri penambat N, *B Japonicum*.

2. Pengendalian Patogen

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa MVA mempunyai peranan dalam pengendalian penyakit tanaman. Linderman *dalam* Talanca (2005) menduga bahwa mekanisme perlindungan MVA terhadap patogen berlangsung sbb: 1). Cendawan MVA memanfaatkan karbohidrat lebih banyak dari akar sebelum dikeluarkan dalam bentuk eksudat akar, sehingga patogen tidak dapat berkembang. 2). Terbentuknya substansi yang bersifat antibiotik yang disekresikan untuk menghambat perkembangan patogen. 3). Memacu perkembangan mikroba saprofit disekitar perakaran (rhizosfer).

Luasnya jaringan hifa di tanah membantu akar menyerap air. MVA memengaruhi ketahanan tumbuhan inang terhadap serangan penyakit. AM, tergantung jenisnya, dapat mengurangi pengaruh serangan jamur patogen. Demikian pula, juga dapat mengurangi serangan nematoda. Sebaliknya, tumbuhan mengurangi serangan nematoda. Sebaliknya, tumbuhan yang terinfeksi AM menurun ketahanannya terhadap serangan virus. Pengaruh AM lain yang pernah teramati adalah dukungannya terhadap simbiosis antara bakteri bintil akar dan polong-polongan, produksi giberelin oleh *Gibberella mosseae*, memengaruhi sintesis fitohormon tertentu, dan memperbaiki struktur agregasi tanah.

Cendawan MVA dapat pula bersimbiosis dengan akar tanaman inang, dan mempunyai pengaruh yang luas terhadap mikroorganisme yang bersifat patogen. Akar tana-man inang yang terinfeksi MVA mempunyai eksudat akar yang berbeda dengan eksudat akar yang tidak terinfeksi MVA. Perubahan eksudat akar tanaman inang mempengaruhi perubahan dalam rhizosfer yang mengakibatkan meningkatnya ketahanannya, sehingga terhindar dari serangan patogen. Ketahanan ini lebih meningkat karena adanya produksi antibiotik dari MVA.

Cendawan patogen ini perkembangannya dapat ditekan dengan MVA apabila telah terjadi simbiotik antara tanaman inang terlebih dahulu. Jika patogen menginfeksi tanaman sebelum infeksi cendawan MVA, maka MVA tidak dapat berkembang dan berfungsi sebagai penekan dalam perkembangan cendawan patogen pada tanaman inang.

Infeksi MVA pada akar tanaman kede-lai akan merangsang terbentuknya senyawa *isoflavonoid*, sehingga membentuk endomikoriza, yang mengakibatkan meningkatnya ketahanan tanaman dari serangan cendawan patogen dan nematode. Selanjutnya Setiadi, (2000) melaporkan bahwa asosiasi mikoriza berpengaruh terhadap perkembangan dan reproduksi nematode *Meloidogyne* sp.

Selanjutnya pada tanaman jagung yang terinfeksi cendawan MVA kandungan asam aminonya meningkat 3-10 kali lipat lebih besar dibandingkan dengan tanaman jagung yang tidak terinfeksi MVA. Menurut Soenartiningih dalam Talanca (2001) aplikasi cendawan MVA saat tanam jagung pada tanah podsolik (sangat masam), dan diinokulasi cendawan patogen *Rhizoctonia solani* 2 mst., maka persentase serangan hanya 40%, dibandingkan dengan tanpa pemberian MVA mencapai 86,66%. Hal ini dapat dilihat pada cendawan patogen tanah (*soil borne disease*) yang menyerang akar seperti cendawan *Phytophthora*, *Phytium*, *Fusarium*, dan *Rhizoctonia* dapat terhindar karena adanya MVA.

3. Sebagai Pelindung Hayati (*Bioprotektor*)

Selain perbaikan nutrisi, telah banyak dilaporkan bahwa MVA juga mampu meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan patogen tular tanah dan juga dapat membantu pertumbuhan tanaman pada tanah

yang tercemar logam berat seperti lahan bekas tambang (*bioremediator*) (Linderman, 1996; Setiadi, 2000).

Tanaman yang berasosiasi dengan MVA akan mengalami perubahan dalam morfologi dan fisiologi untuk menahan serangan patogen akar. Meningkatnya ketahanan tumbuhan terhadap infeksi patogen dan parasit akar disebabkan oleh kemampuan MVA memproduksi antibiotika guna menghadang patogen tanah (Quimet dkk, 1996). Lignifikasi dinding sel tanaman inang akan menghambat serangan patogen akar dan perubahan secara fisiologis pada tanaman yang bermikoriza meningkatkan konsentrasi P dan K serta hara lain sehingga akan menurunkan kepekaan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. Pada tanaman yang bermikoriza, mengandung isoflavonoid lebih tinggi sehingga tanaman lebih tahan terhadap serangan karena senyawa tersebut dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen tanah.

Kontrol biologis terhadap penyakit tanaman mungkin sangat dipengaruhi oleh FMA melalui satu atau lebih mekanisme antara lain : meningkatkan hara tanaman, (b) kompetisi pada fotosintat inang dan daerah infeksi, (c) perubahan morfologi pada akar dan jaringan akar, (d) perubahan pada unsur kimia dan jaringan tanaman, (e) pengurangan stress abiotik, dan (f) perubahan mikroorganisme pada rizosfer. Menurut Miller dan Jastrow (1996) kontribusi MVA tanaman disamping perannya dalam pelapukan hara tanah juga berperan dalam siklus biokimia melalui pertukaran rasio konsentrasi unsur hara antara tanah, MVA, dengan tanaman. MVA juga bertindak menurunkan mobilitas hara melalui suplai hara lebih besar kepada tanaman inang. Di samping itu, MVA menjaga stabilitas agregasi tanah pada penambahan bahan organik yang cukup tinggi.

Mikoriza dari anggrek adalah endomikoriza, yaitu hifa simbion yang menembus sel dan sangat erat asosiasinya dengan sitoplasma. Jamur endomikoriza jelas mempunyai enzim yang dapat menghancurkan selulose dinding sel. Hasil penelitian Krupa dan Fries (1971), menunjukkan bahwa akar yang bermikoriza dapat memproduksi bahan atsiri yang bersifat fungistatik yang jauh lebih banyak dibanding dengan akar yang tidak bermikoriza. Bahan ini bila terdapat dalam jumlah cukup banyak dapat membatsi perkembangan jamur ektomikoriza hingga keadaan simbiotik terjadi. Dengan demikian bahan atsiri dan bukan atsiri dapat menahan patogen dalam akar, sedang bahan atsiri dapat menahan patogen di dalam rhizosfer.

4. Meningkatkan Ketahanan Tanaman terhadap Kekeringan

Peran FMA sebetulnya secara tidak langsung meningkatkan ketahanan terhadap kadar air yang ekstrim. Cendawan mikoriza dapat mempengaruhi kadar air tanaman inang (Morte dkk., 2000). Ada beberapa dugaan tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan, antara lain :

1. Adanya mikoriza menyebabkan resistensi akar terhadap gerakan air menurun sehingga transpor air ke akar meningkat.
2. Peningkatan status P tanaman sehingga daya tahan tanaman terhadap kekeringan meningkat. Tanaman yang mengalami kahat P cenderung peka terhadap kekeringan.
3. Pertumbuhan yang lebih baik serta ditunjang adanya hifa eksternal cendawan yang dapat menjangkau air jauh ke dalam tanah sehingga tanaman dapat bertahan pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan (Auge, 2001).
4. Pengaruh tidak langsung karena adanya hifa eksternal yang

menyebabkan FMA efektif dalam mengagregasi butir tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air meningkat.

5. Perbaikan Struktur Tanah

Cendawan mikoriza melalui jaringan hifa eksternal dapat memperbaiki dan memantapkan struktur tanah. Sekresi senyawa-senyawa polisakarida, asam organik dan lender oleh jaringan hifa eksternal yang mampu mengikat butir-butir primer menjadi agregat mikro. "*Organic biding agent*" ini sangat penting artinya dalam stabilisasi agregat mikro. Kemudian agregat mikro melalui proses "*Mechanical biding action*" oleh hifa eksternal akan membentuk agregat makro yang mantap. Cendawan MVA menghasilkan senyawa *glycoprotein glomalin* yang sangat berkorelasi dengan peningkatan kemantapan agregat. Konsentrasi glomalin lebih tinggi ditemukan pada tanah-tanah yang tidak diolah dibandingkan dengan yang diolah. Glomalin dihasilkan dari sekresi hifa eksternal bersama enzim-enzim dan senyawa polisakarida lainnya. Pengolahan tanah menyebabkan rusaknya jaringan hifa sehingga sekresi yang dihasilkan sangat sedikit.

Pembentukan struktur yang mantap sangat penting artinya terutama pada tanah dengan tekstur berliat atau berpasir. Cendawan MVA pada tanaman bawang di tanah bertekstur lempung liat berpasir secara nyata menyebabkan agregat tanah menjadi lebih baik, lebih berpori dan memiliki permeabilitas yang tinggi, namun tetap memiliki kemampuan memegang air yang cukup untuk menjaga kelembaban tanah. Struktur tanah yang baik akan meningkatkan aerasi dan laju infiltrasi serta mengurangi erosi tanah, yang pada akhirnya akan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dengan demikian cendawan mikoriza bukan hanya simbiosis bagi tanaman, tapi juga bagi tanah.

6. Proteksi Dari Unsur Toksik

Mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perlindungan tanaman dari patogen akar dan unsur toksik. Imas *et al* (1993) menyatakan bahwa struktur mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya pantogen akar. Mekanisme perlindungan dapat diterangkan sebagai berikut:

- a. Adanya selaput hifa dapat berfungsi sebagai *barrier* masuknya pantogen
- b. Mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok untuk pantogen.
- c. Cendawan mikoriza dapat mengeluarkan antibiotik yang dapat mematikan pantogen
- d. Akar tanaman yang sudah diinfeksi cendawan mikoriza tidak dapat diinfeksi oleh cendawan pantogen yang menunjukkan adanya kompetisi.

Namun demikian tidak selamanya mikoriza memberikan pengaruh yang menguntungkan dari segi pantogen. Pada tanaman tertentu, adanya mikoriza menarik perhatian zoospora phytophthora, sehingga tanaman menjadi lebih peka terhadap penyakit busuk akar.

Mikoriza juga dapat melindungi tanaman dari eksese unsur tertentu yang bersifat racun seperti logam berat. Mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui efek filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi atau penimbunan unsur tersebut dalam hifa cendawan. VAM dapat terjadi secara alami pada tanaman *pioneer* di lahan buangan limbah industri, *tailing* tambang batu bara, atau lahan terpolusi lainnya. Inokulasi dengan inokulan yang cocok

dapat mempercepat usaha penghijauan kembali tanah tercemar unsur toksik.

D. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikoriza

1. Suhu

Berpengaruh terhadap perkembangan spora, penetrasi hifa serta perkembangannya pada kortek akar. Suhu optimum untuk perkecambahan spora sangat beragam tergantung pada jenisnya (Kusuma, 2018). Suhu yang relatif tinggi akan meningkatkan aktivitas cendawan. Untuk daerah tropika basah, hal ini menguntungkan. Proses perkecambahan pembentukan melalui 3 tahap yaitu perkecambahan spora di tanah, penetrasi hifa ke dalam sel akar dan perkembangan hifa di dalam korteks akar.

Suhu yang tinggi pada siang hari 35°C tidak menghambat perkembangan akar dan aktivitas fisiologi mikoriza. Peran mikoriza hanya menurun pada suhu di atas 40°C. Suhu bukan merupakan faktor pembatas utama bagi aktivitas CMA. Suhu yang sangat tinggi lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman inang.

2. Kadar Air Tanah

Keberadaan mikoriza pada tanaman yang tumbuh di daerah kering sangat menguntungkan karena dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk tumbuh dan bertahan pada kondisi yang kurang air. Ada beberapa dugaan mengapa tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan di antaranya adalah:

- a. Adanya mikoriza menyebabkan resistensi akar terhadap gerakan air menurun sehingga transport air ke akar meningkat.
- b. Tanaman memiliki P lebih peka terhadap kekeringan, adanya

mikoriza menyebabkan status P tanaman meningkat, sehingga menyebabkan daya tahan terhadap kekeringan meningkat.

- c. Adanya hifa eksternal menyebabkan tanaman bermikoriza lebih mampu mendapatkan air dari pada yang tidak bermikoriza.
- d. Tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan barangkali karena pemakaian air yang lebih ekonomis
- e. Pengaruh tidak langsung karena adanya miselium eksternal menyebabkan CMA mampu dalam mengagregasi butir-butir tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air meningkat.

3. Jenis dan pH Tanah

Jenis tanah merupakan faktor yang berpengaruh terhadap jenis mikoriza. Hal ini dapat terjadi karena setiap jenis tanah memiliki tekstur, kandungan organik dan pH tanah berbeda. Meskipun demikian daya adaptasi masing-masing spesies CMA terhadap pH tanah berbeda-beda karena pH tanah mempengaruhi perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman.

Menurut Kurnia dkk (2019), *Glomus* sp. lebih mudah ditemukan pada tanah pada fraksi lempung sementara *Gigaspora* sp. dan *Scutellospora* sp. lebih mudah ditemukan pada tanah berpasir. *Gigaspora* sp., *Scutellospora* sp. dan *Acaulospora* sp. umumnya hanyaditemukan pada tanah dengan pH asam sementara *Glomus* sp. dapat ditemukan pada tanah dengan pH asam hingga netral.

4. Bahan Organik

Jumlah spora mikoriza tampaknya berhubungan dengan kandungan bahan organik di dalam tanah. Jumlah maksimum spora ditemukan pada tanah - tanah yang mengandung bahan organik 1-2%

sedangkan pada tanah-tanah berbahan organik kurang dari 0,5% kandungan spora sangat rendah. Residu akar mempengaruhi ekologi mikoriza, karena serasah akar yang terinfeksi mikoriza merupakan saran penting untuk mempertahankan generasi mikoriza dari satu tanaman ke tanaman berikutnya. Serasah tersebut mengandung hifa, vesikel dan spora yang dapat menginfeksi CMA. Disamping itu juga berfungsi sebagai inokulan untuk generasi tanaman berikutnya.

5. Cahaya dan Ketersedian Hara

Intensitas cahaya yang tinggi dengan kandungan nitrogen ataupun fosfor sedang akan meningkatkan jumlah karbohidrat di dalam akar sehingga membuat tanaman lebih peka terhadap infeksi oleh cendawan mikoriza. Peran mikoriza yang erat dengan penyediaan P bagi tanaman menunjukkan keterikatan khusus antara mikoriza dan status P tanah. Pada wilayah beriklim sedang konsentrasi P tanah yang tinggi menyebabkan menurunnya infeksi mikoriza yang mungkin disebabkan konsentrasi P internal yang tinggi dalam jaringan inang.

6. Pengaruh Logam Berat dan Unsur Lain

Pada percobaan dengan menggunakan tiga jenis tanah dari wilayah iklim sedang didapatkan bahwa pengaruh menguntungkan karena adanya mikoriza menurun dengan naiknya kandungan Al di dalam tanah. Aluminium (Al) diketahui menghambat muncul, jika ke dalam larutan tanah ditambahkan kalsium (Ca). Jumlah Ca di dalam larutan tanah rupa-rupanya mempengaruhi perkembangan mikoriza. Tanaman yang ditumbuhkan pada tanah yang memiliki derajat infeksi mikoriza yang rendah. Hal ini karena peran Ca^{2+} dalam memelihara integritas membran sel.

7. Fungisida

Fungisida merupakan racun kimia yang dirakit untuk membunuh fungsi penyebab penyakit dan tanaman. Disamping mampu membrantas fungsi penyebab penyakit fungisida Agrosan, Benlate, Plantavax meskipun dalam konsentrasi yang sangat rendah (2,5 µg per gram tanah) kolonisasi mikoriza yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman dan pengambilan P.

Pemakaian fungisida masih dalam pertimbangan karena jika fungisida tidak dipakai maka tanaman yang terserang cendawan bisa mati atau merosot hasilnya, tetapi jika tidak dipakai membunuh cendawan mikoriza yang sangat berguna bagi pertumbuhan tanaman. Pada masa depan perlu dicari satu cara untuk mengendalikan penyakit tanaman tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan terhadap jasad renik berguna di dalam tanah.

BAB II

Sains Sebagai Cara Menyelidiki

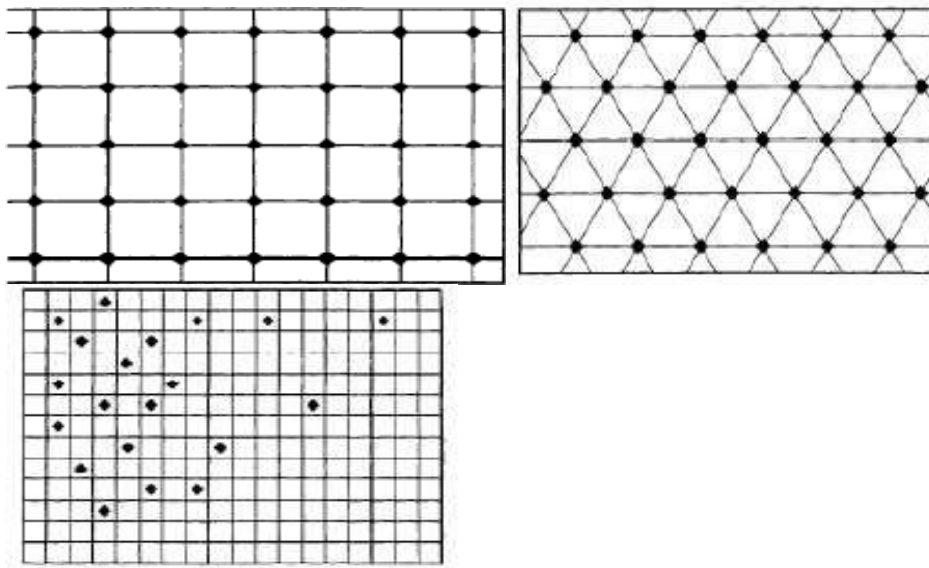
(a way of Investigating)

Ayo Melakukan Pengamatan Spora Mikoriza

A. Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dari lapangan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menyiapkan bahan yang akan digunakan untuk melakukan pengamatan spora mikoriza. Prinsip pengambilan sampel tanah pada kegiatan ini memiliki prinsip yang sama dengan pengambilan tanah untuk analisis kimia, fisika dan biologi tanah. Perkecambahan spora dan perkembangan mikoriza oleh jamur yang berbeda dapat dipengaruhi oleh keragaman pH dalam tanah.

Terdapat dua metode pengambilan sampel tanah yang pertama diambil secara proporsional dilakukan berdasarkan pola geometris tertentu, sehingga jarak yang pasti antara satu titik pengamatan dan titik lainnya. Umumnya pola tersebut dibuat berdasarkan peta yang ada dan tidak terlalu mempertimbangkan kondisi lapangan. Sedangkan pengambilan sampel tanah yang kedua adalah dengan cara nonproporsional ditentukan berdasarkan kondisi lapangan yang ada. Teknik pengambilan sampel tanah dapat diambil secara proporsional ataupun nonproporsional (Gambar 9).



Gambar 9. Teknik Pengambilan Sampel Tanah Secara Proporsional (a,b) dan Tidak Proporsional (c) (Nusantara dkk, 2012)

Prayogo dan Prasetya (2021) melakukan pengamatan mikoriza pada vegetasi lahan pascatambang batu bara dimana dengan mempertimbangkan tipe iklim Sehmidt dan Ferguson, curah hujan, serta suhu udara. Pengamatan vegetasi lokal lahan pasca tambang batu bara ditemukan jenis vegetasi *Paspalum conjugatum*, *Rhodomyrtus tomentosa*, dan *Chromolaena odorata*.

Vegetasi ini mampu tumbuh pada lahan kritis dan dapat berpotensi sebagai bioremediator yang baik karena mampu mengakumulasi logam Pb dan Cd pada akarnya serta dapat dimanfaatkan sebagai tumbuhan revegetasi karena mampu hidup pada lahan pasca tambang batubara dengan baik. Karakteristik tanah lahan pasca tambang batubara ini haruslah terlebih dahulu dilakukan pengukuran unsur P tersedia, C organik tanah dan pH tanah yang tersedia agar dapat menentukan lokasi sampling yang tepat.

Purba dan prasetya (2021) juga melakukan pengamatan vegetasi lapangan berdasarkan keadaan vegetasi yang ada dilahan. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan seperti melakukan pengukuran Luas Bidang Dasar (LBD) dan pengukuran ketebalan seresah. Pengukuran ini dilakukan untuk melihat tingkat C-organik dalam mempengaruhi keberadaan mikoriza. Sampel tanah yang diambil dari *Gliricidia sepium*, *Albicia fakataria*, dan *theobroma cacao* akan dilakukan analisis fisio-kimia tanah untuk menentukan perbedaan sebaran mikoriza setiap vegetasi yang diteliti. Sifat fisio-kimia yang dianalisis meliputi pH, C-organik, serapan P pada akar.



Gambar 10. Pengambilan Sampel Tanah di Unimed(Sumber: Dokumen Pribadi)

Setelah mengetahui teknik pengambilan sampel tanah dan vegetasi yang tepat. Anda siap untuk melakukan pengamatan secara mandiri terdapat beberapa tahapan yang anda perlu di perhatikan pada saat melakukan pengambilan sampel tanah sebagai berikut:

1. Alat dan bahan :

- a. Lokasi pengamatan dan sampel tanah
- b. Kantong plastik sebagai wadah, tali raffia, sekop tanah atau pacul dan kertas label
- c. Larutan FAA (Formalin Aseto Alkohol). Larutan FAA merupakan larutan fiksatif yang dibuat dengan mencampurkan alcohol 70% sebanyak 90 ml, formalin 5 ml, dan asam asetat glasial (AAG) 5 ml ke dalam gelas beker lalu dituang dalam botol dan di kocok.

2. Cara Kerja :

- a. Tentukan titik lokasi pengamatan sesuai dengan sebaran vegetasi dan inang tumbuhan yang diinginkan. Luas bidang dasar dan kerapatan tumbuhan berpengaruh nyata terhadap keberadaan spora (Purba dan Prasetya, 2021). Ketebalan seresah yang ada di sekitara vegetasi juga mempengaruhi sebaran MA (Nannipieri dkk, 2003).
- b. Tentukan faktor-faktor penunjang pengamatan mikoriza seperti pH, sifat Fisio-kimia dan lain sebagainya. Pemberian bahan organik ke dalam tanah baik dari bahan tanaman maupun kotoran hewan dapat menaikkan pH tanah pada tanah masam, dengan jalan menghambat proses hidrolisis MA sehingga membuat kondisi tidak tersedia di dalam tanah.
- c. Lakukan pengukuran lokasi pengamatan. Ukuran lokasi pengamatan sebaiknya tidak terlalu luas karena dapat menyebabkan perbedaan struktur tanah maupun tumbuhan penunjang di sekitarnya yang dapat mempengaruhi mikoriza yang ingin diamati.
- d. Sediakan pacul atau sekop tanah yang dapat digunakan untuk

menggali sampel tanah serta kantong plastik sebagai wadah. sampel tanah dan akar harus dimasukkan secara bersama-sama ke dalam kantong plastik yang telah disediakan.

- e. Ambil dari beberapa titik pengamatan yang memiliki vegetasi sama dan jadikan menjadi satu agar menjadi contoh komposit. Setiap tanaman inang memiliki satu contoh komposit tanah dan akar. Namun jika ingin mengamati keanekaragaman FMA pada individu tanaman atau jenis pohon tertentu yang sama, maka satu kantong plastik berisi satu tanaman saja.
- f. Berikan label pada bagian luar kantong plastik. Yang mana label tersebut bertuliskan informasi mengenai tanggal dan lokasi pengambilan sampel tanah dan akar, jenis tanaman inang, jenis tanah dan informasi lain yang dianggap perlu. Pastikan tulisan pada label tidak mudah hilang karena basah atau gesekan.
- g. Biarkan kantong plastik tetap terbuka selama beberapa saat. Hal ini bertujuan agar membiarkan sampel tanah sudah cukup dingin dan respirasinya telah berkurang. Uap air pada permukaan dalam plastik menunjukkan sampel tanah masih aktif melakukan respirasi.
- h. Sampel tanah dan akar harus segera diproses sesampainya di laboratorium atau dimasukkan ke dalam lemari pendingin jika tidak dapat langsung diproses jika di dalam lemari pendingin tanah dapat bertahan hingga dua minggu.
- i. Sampel tanah dan akar dapat dihancurkan dengan mesin penggiling jika akan digunakan untuk kultur penangkaran atau ekstraksi spora.
- j. Sebagian akar dicuci bersih kemudian disimpan dalam larutan FAA (Formalin + Aseton + Alkohol 50%). Simpanan akar ini dapat