

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikoriza

Istilah *mycorrhizae* diambil dari bahasa Yunani yang secara harfiah *mykes* berarti jamur dan *rhiza* berarti akar. Mikoriza pertama kali ditemukan oleh Frank, seorang botanist dari Eropa pada tahun 1885 dan diartikan sebagai *root fungus* (jamur akar) karena kemampuannya mengambil unsur hara seperti layaknya fungsi akar tanaman (Muhibuddin, 2007). Smith dan Read (2008) mendefinisikan mikoriza sebagai bentuk hubungan simbiotik antara fungi dan akar tanaman tingkat tinggi, dimana tanaman inang mendapat pasokan unsur hara dari fungi, sedangkan fungi mendapat senyawa karbon hasil fotosintesis dari tanaman inang.

Mikoriza biasanya ditemukan pada daerah perakaran tanaman dan bersimbiosis dengan akar tanaman. Simbiosis antara mikoriza dan tanaman merupakan interaksi yang saling menguntungkan yang biasa disebut sebagai simbiosis mutualisme. Dalam interaksi tersebut, bentuk simbiosis ditunjukkan dengan tanaman memberikan tempat hidup dan nutrisi (karbon) bagi mikoriza dan tanaman terbantu dalam mendapatkan unsur hara oleh mikoriza (Smith dan Read, 2008).

Asosiasi mikoriza vesikular arbuskular (MVA), yang juga disebut dengan mikoriza arbuskular (MA) merupakan asosiasi akar dengan cendawan yang paling umum dijumpai dan penyebarannya paling luas. Asosiasi ektomikoriza (EKM) juga tidak kalah pentingnya sekalipun hanya dijumpai pada beberapa famili tanaman tertentu seperti pohon-pohon yang termasuk keluarga meranti, genus pinus dan ekaliptus. Turjaman (2004) juga menyebutkan bahwa jamur endomikoriza mempunyai relasi yang sangat luas pada tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan, dan diperkirakan lebih dari 93 % berteman dengan akar tanaman tingkat tinggi. Sedangkan sisanya sekitar 7 % adalah jamur ektomikoriza yang lebih memilih untuk hidup berdampingan dengan tanaman hutan dari jenis-jenis meranti, pinus, ekaliptus dan tangkil.

## 2. 2 Jenis-jenis Mikoriza

Dalam asosiasi mikoriza dan tanaman memiliki perbedaan baik dalam struktur tubuh dan cara infeksi terhadap tanaman inang. Berdasarkan struktur tubuh dan cara infeksi terhadap tanaman inang, mikoriza dapat digolongkan menjadi 2 kelompok besar (tipe) yaitu ektomikoriza dan endomikoriza (Rao, 1994). Namun ada juga yang membedakan menjadi 3 kelompok dengan menambah jenis ketiga yaitu peralihan dari 2 bentuk tersebut yang disebut ektendomikoriza. Berikut jenis-jenis mikoriza yang dibedakan berdasarkan struktur tubuh dan cara infeksi terhadap tanaman inang :

### 2. 2. 1 Ektomikoriza

Ektomikoriza merupakan jamur yang pendek, bercabang dua dan terkadang seperti tandan yang rapat. Simbiosis ektomikoriza terjadi perubahan morfologi akar yaitu ujung akar – akar lateral yang membesar diselimuti hifa (mantel hifa) dan bila dilihat pada penampang melintang akar, akan tampak hifa yang tumbuh diantara sel-sel epidermis akar, bahkan sampai korteks akar. Fungi yang membentuk simbiosis tersebut disebut kelompok Fungi Ektomikoriza, membentuk tubuh buah beraneka bentuk dan warna dan dapat dijumpai disekitar pohon pada awal sampai akhir musim hujan (Mansur, 2010). Rao (1994) juga menyebutkan bahwa pada ektomikoriza, jaringan hifa cendawan tidak sampai masuk kedalam sel tapi berkembang diantara sel kortek akar membentuk *hartig net* dan mantel dipermukaan akar. Ektomikoriza biasanya juga menyusun jaringan hifa dengan sangat rapat pada permukaan akar yang disebut selubung. Selubung ini sering disebut dengan selubung Pseudoparenkim (Kabirun, 1994).

Pada umumnya, jamur yang termasuk ektomikoriza termasuk *Basidiomycetes* yang meliputi famili-famili *Amanitaceae*, *Boletaceae*, *Cortinariaceae*, *Russulaceae*, *Tricholomocataceae*, *Rhizopogonaceae*, dan *Sclerodermataceae*. Jamur-jamur tersebut termasuk dalam genus-genus *Amanita*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Cortinarius*, *Entoloma*, *Gomphidius*, *Hebeloma*, *Inocybe*, *Lactarius*, *Paxillus*, *Russula*, *Rizhopogon*, *Scleroderma* dan *Cenococcum* (Rao, 1994).

### 2. 2. 2 Endomikoriza

Endomikoriza tergolong ke dalam Mikoriza Arbuskula (MA) karena mempunyai arbuskula dan pada beberapa genus mempunyai vesikula (Smith dan Read, 1997). Arbuskula menyerupai struktur pohon kecil dari percabangan hifa yang berfungsi sebagai tempat pertukaran metabolit antara jamur dan tanaman. Vesikula berbentuk lonjong atau bulat berasal dari menggelembungnya hifa jamur mikoriza fungsinya sebagai organ penyimpan makanan (Bonfante dan Fasolo, 1984).

MA merupakan sumberdaya alam hayati potensial yang terdapat di alam dan dapat ditemukan hampir di berbagai ekosistem. Cendawan ini mampu membentuk simbiosis dengan sebagian besar (97%) famili tanaman darat (Husna dan Mahfudz, 2007). Mikoriza Arbuskula terdapat di daerah perakaran tanaman, dikenal beberapa genus yang termasuk MA (Tabel 1).

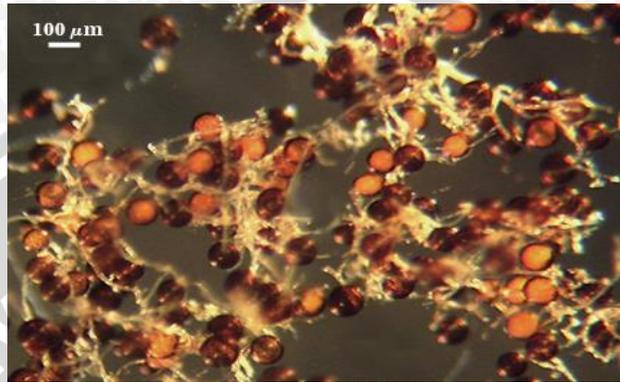
**Tabel 1.** Klasifikasi Mikoriza Arbuskula (MA)

| Ordo                 | Famili                      | Genus                                                                                                   |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Glomeromycota</i> | <i>Glomeraceae</i>          | <i>Glomus</i> , <i>Funneliformis</i> , <i>Septoglomus</i> ,<br><i>Rhizopagus</i>                        |
|                      | <i>Pacisporaceae</i>        | <i>Pacispora</i>                                                                                        |
|                      | <i>Diversisporaceae</i>     | <i>Diversispora</i> , <i>Redeckera</i>                                                                  |
|                      | <i>Acaulosporaceae</i>      | <i>Acaulosporae</i><br><i>Entrophospora</i>                                                             |
|                      | <i>Archaeosporaceae</i>     | <i>Archaeospora</i>                                                                                     |
|                      | <i>Paraglomaceae</i>        | <i>Paraglomus</i>                                                                                       |
|                      | <i>Gigasporaceae</i>        | <i>Gigaspora</i> , <i>Cetraspora</i> , <i>Dentiscutata</i> ,<br><i>Racocetra</i> , <i>Scutellospora</i> |
|                      | <i>Claroideoglomeraceae</i> | <i>Claroideoglomus</i>                                                                                  |
|                      | <i>Ambisporaceae</i>        | <i>Ambispora</i>                                                                                        |
|                      | <i>Geosiphonaceae</i>       | <i>Geosiphon</i>                                                                                        |

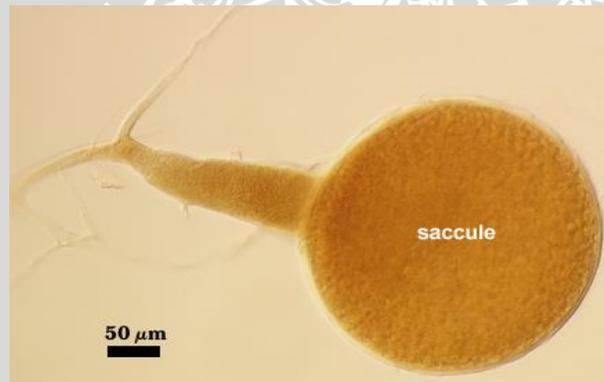
Sumber : *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM)*

Pada jenis endomikoriza, jaringan hifa cendawan masuk kedalam 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 micorrhizae (MA). Menurut Thorn (1997) juga menyebutkan bahwa jamur endomikoriza masuk ke dalam sel korteks dari akar serabut (*feeder roots*). Jamur ini tidak membentuk selubung yang padat, namun membentuk

miselium yang tersusun longgar pada permukaan akar. jamur juga membentuk vesikular dan arbuskular yang besar di dalam sel korteks, sehingga sering disebut dengan VAM (Vesicular-Arbuscular Miccorhizal), sebagai contoh jenis *Glomus* (Gambar 1) dan *Acaulospora* (Gambar 2).



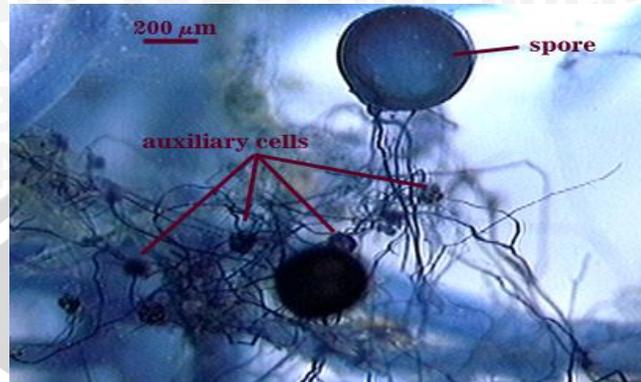
**Gambar 1.** *Glomus sporocap*, (Sumber : <http://invam.wvu.edu/thefungi/classification/glomaceae/glomus>)



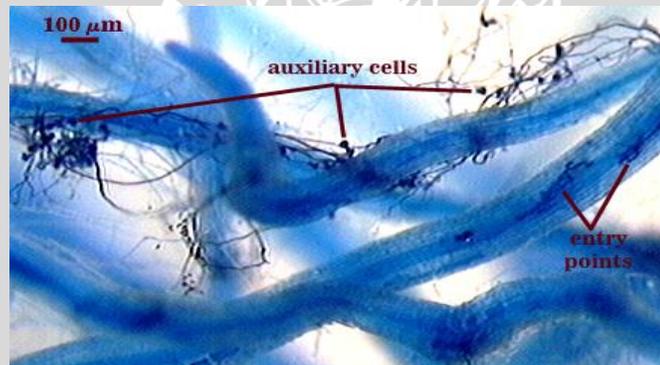
**Gambar 2.** *Acaulospora capsicula*, (Sumber : <http://invam.wvu.edu/thefungi/classification/glomaceae/acaulospora>)

Mikoriza arbuskula (struktur pada akar yang terbentuk akibat terjadinya simbiosis antara MA dengan akar tanaman) memiliki tiga komponen penting yaitu akar tanaman itu sendiri sebagai tempat berlangsungnya simbiosis, struktur fungi yang berada dalam sel-sel tanaman (*intraradical fungal structures*), dan struktur fungi yang berkembang diluar akar. Struktur Fungi yang berada di dalam akar antara lain adalah hifa dalam akar, arbuskula atau koil hifa, dan vesikula (Thorn, 1997).

Sedangkan struktur fungi yang berada diluar akar adalah hifa atau miselia diluar akar dan sel-sel aksilari, tetapi hanya dua genus MA saja yang membentuk sel-sel aksilari yaitu *Gigaspora* (Gambar 3) dan *Scutellospora* (Gambar 4).



**Gambar 3.** Sel-sel Aksilari (*Auxiliary cells*) pada *Gigaspora decipiens*, (Sumber: <http://invam.wvu.edu/thefungi/classification/gigasporizeae/Gigaspora>).



**Gambar 4.** Sel-sel Aksilari (*Auxiliary cells*) pada *Scutellospora calospora*, (Sumber: <http://invam.wvu.edu/thefungi/classification/gigasporizeae/Scutellospora>).

Salah satu karakter yang menarik dari endomikoriza adalah pada sporanya karena spora-spora endomikoriza mampu bertahan didalam tanah tanpa inang sampai 6 bulan bahkan beberapa spesies seperti *Scutellospora sp.* dan *Gigaspora sp.* dapat bertahan sampai satu-dua tahun (Brundrett *et al.*, 2008). Spora-spora yang dihasilkan secara aseksual maupun seksual pada prinsipnya merupakan salah satu bentuk atau alat pertahanan diri di alam yang dapat berfungsi untuk proses adaptasi pertama apabila mikoriza tersebut belum menemukan tanaman inang yang kompatibel (Smith dan Read, 2008). Spora-spora endomikoriza yang telah menemukan inang yang

kompatibel akan segera bergerminasi dengan cara membentuk *appresorium* pada permukaan dinding sel akar inangnya dan selanjutnya akan membentuk juluran-juluran hifa. Hifa-hifa tersebut selanjutnya akan menginfeksi/mengkolonisasi ke dalam akar tanaman inang dengan cara menembus atau melalui celah antar sel epidermis dan akhirnya membentuk hifa yang dapat tersebar secara inter-intraseluler dalam korteks akar tanaman (Mosse, 1991).

### 2. 2. 3 Ektendomikoriza

Ektendomikoriza merupakan bentuk antara (intermediate) 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 korteks dan juga sel-sel korteknya. Penyebarannya terbatas dalam tanah-tanah hutan sehingga pengetahuan tentang mikoriza ini sangat terbatas (Harley dan Smith 1983).

Infeksi hifa dari cendawan tipe ini memiliki bentuk intermediet dari ektomikoriza dan endomikoriza. Hifa cendawan ektendomikoriza membentuk selubung tipis berupa jaringan *hartig* pada akar. Selain menginfeksi dinding sel korteks, infeksi juga terjadi pada sel-sel korteknya. Penyebaran cendawan terbatas pada tanah-tanah hutan (Anas, Santoso dan Fakuara, 1993).

## 2. 3 Perkembangan dan Penyebaran Mikoriza Arbuskula (MA)

Perkembangan dan penyebaran Mikoriza Arbuskula atau endomikoriza di alam dapat dipengaruhi faktor biotik maupun abiotik (Smith dan Read, 1997). Faktor lingkungan abiotik mencakup seperti periode musim, perbedaan tempat, suhu, tekstur tanah, intensitas cahaya, kadar air tanah, bahan organik, ketersediaan hara-mineral tanah, logam berat dan fungisida (Sieverding, 1991). Faktor lingkungan biotik mencakup mikroorganisme tanah dan tanaman inang (Smith dan Read, 2008).

### 2. 3. 1 Perbedaan musim dan lokasi

Perbedaan musim atau waktu (temporal) dan tempat (spatial) dapat mempengaruhi presentasi kolonisasi hifa, pembentukan arbuskula, vesikel endomikoriza pada akar-akar inangnya (Proborini, 1998). Menurut Oehl, Redecker

dan Sieverding (2005) eksplorasi spora dan jenis-jenis endomikoriza pada tanah dan rhizosfer tanaman inang yang dilakukan pada waktu atau musim yang berbeda akan memperlihatkan keberadaan atau kerapatan jumlah sporadan jenis-jenis endomikoriza karena keberadaan jenis-jenis mikoriza di alam sangat dipengaruhi oleh perbedaan musim, temperatur yang ekstrim ( $-5^{\circ}\text{C}$  atau di atas  $40^{\circ}\text{C}$ ), banyak sedikitnya curah hujan dan tekstur tanah pada daerah tersebut.

Wilayah yang memiliki empat musim (temperate season) dalam satu siklus musimnya (12 bulan) menunjukkan bahwa persentase dan laju kolonisasi endomikoriza pada akar tanaman pada saat musim dingin sangat rendah tetapi kolonisasi tampak tinggi pada saat musim semi karena pada musim semi, hampir semua tanaman tumbuh secara pesat dan diasumsikan hifa-hifa endomikoriza tersebar di dalam korteks akar untuk mengabsorpsi gula hasil fotosintesis tanaman inang (Proborini, 1998). Menurut Delvian (2006) pada saat musim kemarau, kolonisasi endomikoriza terlihat sangat sedikit atau menurun dibandingkan pada saat musim penghujan.

Musim penghujan spora-spora endomikoriza akan germinasi membentuk hifa dan hifa akan tersebar ditanah dan akan mengkolonisasi akar-akar tanaman disekitarnya, karena menurut Smith *et al.*, (2010) cendawan endomikoriza mampu mengkolonisasi lebih dari 80% tanaman, namun lahan atau tanah yang selalu terendam air sepanjang tahun tidak terdapat kolonisasi endomikoriza pada sistem perakarannya (Proborini, 1998). Disimpulkan bahwa eksplorasi endomikoriza pada suatu kawasan dan dilakukan secara periodik dalam satu musim dan kondisi tanah yang berbeda akan sangat bermanfaat untuk melihat tanaman jenis apa saja yang mampu bersimbiosis dengan endomikoriza.

### 2. 3. 2 Suhu

Perkembangan dan aktifitas cendawan endomikoriza dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Suhu yang sangat rendah ( $< 0^{\circ}\text{C}$ ) akan menghambat germinasi spora (Brundrett *et al.*, 2008). Menurut Smith *et al.*, (2010), aktivitas dan perkecambahan spora endomikoriza di daerah tropis relatif lebih tinggi dibandingkan daerah sub-

tropis karena daerah tropis memiliki kisaran suhu rata-rata diatas 28 °C dan endomikoriza relatif lebih tahan pada suhu yang cukup tinggi (30 -38 °C).

Suhu optimum untuk perkecambahan spora endomikoriza bervariasi dan tergantung jenis mikoriza yang dikultur. Mosse (1991) menyatakan bahwa suhu yang cukup tinggi pada siang hari namun masih dibawah 35°C tidak menghambat perkembangan akar dan aktivitas fisiologi endomikoriza. Aktifitas mikoriza menurun pada suhu diatas 40 °C karena pada suhu tersebut akan mengganggu proses metabolisme dan fisiologis tanaman inang sehingga akan berpengaruh pula terhadap aktifitas endomikoriza di dalam korteks akar tanaman inangnya.

Pada proses perkecambahan spora *Gigaspora coralloidea* akan optimum jika spora tersebut ditumbuhkan pada media yang mempunyai kisaran suhu 34°C, sedangkan untuk spesies *Gigaspora margarita* dan *Gigaspora gigantea* akan optimum bergemini pada suhu 31°C dan tidak berkecambah pada suhu 15°C. Pada *Glomus epigaeum* berkecambah pada suhu 18-25°C, sedangkan *Glomus moseae* mempunyai toleransi suhu berkisar 25-33°C. Secara umum spora-spora endomikoriza akan mati pada suhu 60°C hanya dalam kurun waktu 5 -15 menit (Mosse, 1991).

### 2. 3. 3 Kadar air tanah

Hasil survey di lapangan menunjukkan bahwa tanaman-tanaman semusim dan perennial (menahun) yang tumbuh di lahan kering Bali Utara (Gerograk Buleleng dan Kubu Karang Asem) mengalami kekurangan air bahkan hampir tidak memperoleh air sama sekali terutama pada saat musim kemarau. Kolonisasi hifa-hifa endomikoriza dalam kortek akar-akar serabutnya sangat menguntungkan tanaman-tanaman tersebut karena dengan adanya hifa-hifa endomikoriza dapat menjaga kemampuan tanaman untuk bertahan hidup pada kondisi tanah yang kekeringan. Hal ini didukung Smith *et al.*, (2010), bahwa asosiasi tanaman dengan endomikoriza dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas serapan air oleh tanaman inang terutama tanaman-tanaman yang tumbuh didaerah marginal atau lahan kering karena hifa eksternal mikoriza dalam menembus dan menyebar ke dalam tanah lebih dari 8 meter yang memungkinkan masih terdapat kandungan air tanah pada kedalaman tersebut.

Hasil penelitian Geeta *et al.*, (2007) menunjukkan bahwa terdapat anomali pada struktur morfologi dan anatomi bibit tanaman alpukat yang diinokulasi endomikoriza. Pada tengah hari saat kadar air rendah, daun bibit alpukat yang diinokulasi endomikoriza tetap terbuka (tidak layu) sedangkan tanaman yang tidak diinokulasi endomikoriza (tanaman kontrol) tertutup daunnya (layu). Hal ini menunjukkan bahwa akar tanaman yang tidak terkolonisasi oleh endomikoriza mempunyai kapasitas serapan air yang lebih rendah dibanding dengan akar tanaman yang berendomikoriza karena hifa-hifa eksternal endomikoriza membantu dalam absorpsi air sedangkan hifa internal yang terdapat dalam kortek akar akan membantu dalam penyimpanan ketersediaan air. Meningkatnya kapasitas serapan air pada tanaman alpukat yang telah diinokulasi endomikoriza dapat meningkatkan ketahanan bibit terhadap kekeringan dan bibit lebih cepat beradaptasi apabila dipindahkan dari areal pembibitan (*nursery ground*) ke daerah lain atau di perkebunan (*field areas*). Hasil penelitian membuktikan bahwa tanaman yang terkolonisasi endomikoriza lebih tahan terhadap kekeringan dibanding tanaman tidak terkolonisasi antara lain: (1) mampu menurunkan resistensi akar terhadap gerakan air sehingga transpor air ke akar meningkat, (2) meningkatkan status atau kadar fosfor pada tanaman dan (3) hifa-hifa eksternal endomikoriza mampu berekspansi sehingga dapat membantu tanaman memperluas radius penyerapan air di areal-areal marginal yang sangat tandus (Smith *et al.*, 2010)

Tanaman bermikoriza memerlukan jumlah air lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman yang tidak bermikoriza untuk memproduksi satu gram bobot kering tanaman. Hal ini disebabkan tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan dan lebih ekonomis dalam pemakaian air. Selain itu, adanya miselium eksternal pada perakaran tanaman yang bermikoriza menyebabkan endomikoriza lebih efektif dalam mengagregasi butir-butir tanah sehingga hifa-hifa (miselium) endomikoriza dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dibandingkan kondisi tanah tanpa miselium eksternal.

#### 2. 3. 4 Tingkat keasaman tanah (pH)

Tingkat keasaman tanah memiliki peranan penting dalam perkecambahan spora endomikoriza. Menurut Powell dan Bagyaraj (1984), pH mempengaruhi aktifitas enzim pada proses germinasi spora mikoriza arbuskula. Menurut Widiastuti (2004), pada tanah dengan kondisi pH rendah (keadaan asam) dapat menghambat hifa eksternal endomikoriza untuk dapat mengabsorpsi P yang penting untuk germinasi spora mikoriza. Hal ini berdampak pada proses perkecambahan spora endomikoriza.

#### 2. 3. 5 Bahan organik dalam tanah

Bahan organik merupakan komponen penyusun tanah yang penting selain bahan anorganik, air dan udara. Jumlah spora endomikoriza (Mikoriza Arbuskula) yang maksimum akan ditemukan pada tanah yang mengandung bahan organik 1-2 persen dan jumlah spora ditemukan dalam jumlah sedikit pada tanah berbahan organik kurang dari 0.5 persen (Hameeda *et al.*, 2007). Seresah pada permukaan dan di dalam tanah yang terkolonisasi oleh hifa mikoriza dapat berperan sebagai media atau inokulum mikoriza sehingga dapat mengkolonisasi akar tanaman lainnya pada satu areal (Adiningsih *et al.*, 1994).

#### 2.3.6 Cahaya dan ketersediaan hara

Intensitas cahaya yang tinggi, kekurangan Nitrogen ataupun Fosfor pada level atau konsentrasi sedang akan meningkatkan jumlah karbohidrat di dalam akar sehingga tanaman lebih peka terhadap kolonisasi endomikoriza. Persentase kolonisasi yang tinggi ditemukan pada tanah-tanah yang mempunyai kesuburan rendah (Smith *et al.*, 2010). Tanaman yang tumbuh pada daerah subur dan memiliki pertumbuhan perakaran yang sangat intensif justru akan mengalami penurunan jumlah persentase kolonisasi endomikoriza pada akar tersebut, sebaliknya jika tanaman tumbuh pada lahan miskin hara mineral ditanah dengan intensitas pertumbuhan cabang akar yang rendah menunjukkan peningkatan kolonisasi endomikoriza pada akar, terutama akar-akar serabut (Oehl *et al.*, 2005). Hal ini membuktikan bahwa endomikoriza sangat bermanfaat pada tanaman yang tumbuh pada daerah kurang subur atau miskin hara. Peran endomikoriza diasumsikan terkait dengan penyediaan dan status Fosfor dalam

tanah. Daerah atau lahan beriklim sedang yang mengandung konsentrasi Fosfor yang tinggi, kolonisasi endomikoriza pada perakaran tanaman disekitarnya akan menurun atau rendah. Hal ini mungkin disebabkan konsentrasi Fosfor internal yang tinggi dalam jaringan inang sehingga inang tidak mengadakan simbiosis dengan endomikoriza (Smith dan Read, 2008).

Cendawan endomikoriza mampu mengeluarkan enzim fosfatase dan asam-asam organik sehingga apabila terdapat banyak hifa atau spora dari cendawan endomikoriza pada tanah yang miskin unsur fosfor (P), endomikoriza dapat melepaskan P yang terikat sehingga membantu penyediaan unsur P bagi tanaman inangnya. Hifa-hifa dari cendawan mikoriza akan mengkolonisasi bagian apoplast dan sel korteks untuk memperoleh karbon hasil fotosintesis dari tanaman inangnya sebagai satu keuntungan yang diperoleh oleh cendawan endomikoriza apabila bersimbiosis dengan tanaman inangnya (Delvian, 2006).

#### 2.3.7 Pengaruh logam berat dan unsur lain di tanah

Menurut Delvian (2006), tanah-tanah di lahan tropis sering mengalami permasalahan dalam hal salinitas baik tanaman yang hidup pada lahan dengan kadar garam yang tinggi atau rendah atau terdapatnya kontaminasi aluminium maupun mangan pada tanah. Pengaruh unsur-unsur sodium, klorida, aluminium dan mangan pada keberadaan endomikoriza baik jumlah spora atau kolonisasi pada tanaman masih sedikit diketahui. Menurut Setiadi (2000) pengaruh secara langsung maupun tidak langsung dari masing-masing ion tersebut terhadap perkembangan endomikoriza berkaitan dengan proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman ataupun metabolisme inang. Widiastuti (2004) menyatakan bahwa infeksi atau kolonisasi endomikoriza terlihat lebih tinggi pada tanaman yang tumbuh dan hidup ditanah dengan kandungan logam rendah karena pada tanah dengan kandungan logam yang tinggi dapat meracuni tanaman tersebut, namun dengan inokulasi spora dan propagul endomikoriza pada fase pembibitan, tanaman tumbuh dengan baik pada tanah dengan kondisi yang keasamannya tinggi karena pengaruh logam Fe.

### 2.3.8 Tanaman Inang

Keberadaan tanaman inang sangat mempengaruhi keberadaan mikoriza pada suatu kawasan. Tanaman inang dibutuhkan mikoriza untuk dapat bersimbiosis dan bertahan hidup. Pertumbuhan dan aktivitas mikoriza dapat berbeda antar spesies dan lingkungan. Cendawan mikoriza akan mengkolonisasi inang yang kompatibel (Brundrett *et al.*, 2008). *Mikoriza Arbuskular* (endomikoriza) adalah mikroorganisme yang bersifat obligat karena tanpa tanaman inang (asimbiotik) pertumbuhan hifanya sangat sedikit dan hifa hanya mampu bertahan hidup diluar inang selama 20-30 hari (Smith, Smith dan Jacobsen, 2003).

Menurut Hapsoh (2008) lebih dari 80% tanaman berpembuluh atau tanaman tingkat tinggi dapat bersimbiosis dengan endomikoriza. Tanaman Jagung, Sorgum dan Gandum merupakan contoh tanaman inang yang sangat kompatibel yang dapat terkolonisasi sangat efektif oleh endomikoriza. Beberapa tanaman budidaya dan tanaman perkebunan lainnya yang dapat terkolonisasi endomikoriza adalah jenis Kacang-kacangan, Kedelai, Barley, Bawang, Nenas, Padi Gogo, Pepaya, Singkong, Tebu, Teh, Tembakau, Palem, Kopi, Karet, Kapas, Jeruk, Kakao, Apel, Mente dan Anggur (Adiningsih *et al.*, 1994).

### 2.3.9 Mikroba tanah

Mikroba tanah memiliki pengaruh terhadap perkecambahan spora mikoriza. Percobaan menggunakan spesies *Glomus sp.* yang ditumbuhkan pada media agar ditambahkan tanah non steril dan air secukupnya diperoleh hasil perkecambahan meningkat namun pada serangkaian percobaan lainnya menggunakan spora *Glomus epigaeum* yang ditumbuhkan pada tanah steril tidak terjadi perkecambahan spora mikoriza (Mikola, 1980). Kegagalan germinasi pada spora endomikoriza dikarenakan pada tanah yang steril tidak terdapat kehidupan berbagai mikroba tanah termasuk bakteri *endofitik diazotrop*. Bakteri tersebut mampu memproduksi zat perangsang mirip dengan hormon pertumbuhan yang berguna untuk memacu perkecambahan spora mikoriza. Hal serupa dikemukakan oleh Hameeda *et al.*, (2007) bahwa peningkatan perkecambahan terjadi dikarenakan pada tanah nonsteril terdapat

mikroba tanah yang memberikan zat perangsang pertumbuhan bagi perkecambahan spora mikoriza.

Namun hasil penelitian Douds, Nagahashi dan Hepperly (2010) menunjukkan bahwa diperoleh jenis-jenis mikroba patogen baik bakteri maupun cendawan yang terdapat dalam tanah non steril. Bakteri dan cendawan patogen tersebut cukup signifikan dalam menghambat perkecambahan spora endomikoriza karena mikroba tersebut banyak menginfeksi hifa dan spora mikoriza sehingga menyebabkan kemampuan germinasi spora-spora tersebut terhambat.

#### 2. 4 Peranan Mikoriza

Mikoriza jenis MA (Mikoriza Arbuskula) sudah banyak dijadikan sebagai pupuk hayati karena bermanfaat bagi pertumbuhan dan produksi tanaman. MA mampu meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara dan air yang ada di dalam tanah. 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 dan Kabirun, 1994).

Keuntungan yang didapat dari simbiosis mutualistik antara cendawan endomikriza dan tanaman adalah tanaman memberi gula dan karbon untuk cendawan dan cendawan membantu dalam penyerapan air, fosfat, mineral dan nutrisi lainnya yang diperlukan bagi tumbuhan. Fosfat merupakan unsur esensial yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak (Smith *et.al.*, 2010). Sementara pada areal yang memiliki kondisi tanah cenderung bersifat asam dapat menyebabkan fosfat yang terdapat di tanah dalam bentuk tidak tersedia bagi tanaman karena kondisi asam menyebabkan fosfat terikat kuat dengan Fe sebagai senyawa. Keberadaan endomikoriza pada tanah tersebut mampu mengubah fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman (Widiastuti, 2004).

Asosiasi simbiotik antara MA dan akar tanaman banyak ditemui di lingkungan alami dan dapat menghasilkan berbagai keuntungan untuk tanaman inang. Termasuk diantaranya adalah, membantu meningkatkan penyerapan unsur-unsur hara dan nutrisi yang penting bagi tanaman (Satter *et al.*, 2006), meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan kelembaban yang ekstrim (Cho *et al.*, 2006), membantu mengakumulasi zat-zat atau unsur-unsur yang beracun bagi tanaman, memproteksi dari serangan patogen penyebab penyakit, membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman, pertumbuhan daun serta pertumbuhan dan kualitas buah (Subramanian, Santhanakrishnan dan Balasubramanian, 2006).

Menurut Puryono (1998) secara umum peranan mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman adalah sebagai berikut :

1. Adanya mikoriza sangat penting bagi persediaan unsur hara dan pertumbuhan tanaman. Menurut Iskandar (2002) bahwa prinsip kerja dari mikoriza ini adalah menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang mengandung mikoriza tersebut akan mampu meningkatkan kapasitas dalam penyerapan unsur hara ().
2. Adanya simbiosis mikoriza pada akar tanaman akan dapat membantu dalam mengatasi kekurangan unsur hara terutama Phospor (P) yang tersedia dalam tanah. Hal ini disebabkan mikoriza mampu melepaskan ikatan Aluminiumfosfat ( $AlPO_4$ ) dan Besifosfat ( $FePO_4$ ) pada tanah-tanah yang asam. Fuady (2013) mengatakan bahwa mineral phytat yang ada di dalam tanah merupakan sumber phosphat, dengan bantuan enzim phosphatase phytat dapat dihidrolisis menjadi myoinosital, phosphor bebas dan mineral, sehingga ketersediaan phosphor dan mineral dalam tanah dapat terpenuhi. Dengan demikian cendawan mikoriza terlibat dalam siklus dan dapat memanen unsur P
3. Mikoriza dapat membantu memperbaiki dan meningkatkan pertumbuhan tanaman terutama di daerah yang kondisinya sangat miskin hara, pH rendah, dan kurang air. Menurut Rossiana (2003) bahwa mikoriza yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan mampu meningkatkan kapasitasnya

dalam menyerap air dan unsur hara. Dengan demikian sel tumbuhan akan cepat tumbuh dan berkembang, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi dan berat tanaman

## 2. 5 Potensi Mikoriza pada Tanah Ultisol

Tanah Ultisol sering diidentikkan dengan tanah yang tidak subur, tetapi sesungguhnya bisa dimanfaatkan untuk lahan pertanian potensial, asalkan dilakukan pengelolaan yang memperhatikan kendala yang ada. Beberapa kendala yang umum pada tanah Ultisol adalah kemasaman tanah yang tinggi, pH rata-rata  $< 4,5$ , kejenuhan Al tinggi, miskin hara makro terutama P, K, Ca dan Mg, serta kandungan bahan organik yang rendah (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Tanah Ultisol umumnya mempunyai nilai kejenuhan basa  $< 35\%$ , karena batas ini merupakan salah satu syarat untuk klasifikasi tanah Ultisol menurut Soil Taxonomy. Beberapa jenis tanah Ultisol mempunyai KTK  $< 16 \text{ cmol kg}^{-1}$  liat, yaitu Ultisol yang mempunyai Horizon Kandik. Reaksi tanah Ultisol pada umumnya masam hingga sangat masam (pH 3,1 - 5), kecuali tanah Ultisol dari batu gamping yang mempunyai reaksi netral hingga agak masam (pH 6,5 - 6,8). KTK pada tanah Ultisol dari granit, sedimen, dan tufa tergolong rendah masing-masing berkisar antara  $2,90 - 7,50 \text{ cmol kg}^{-1}$ ,  $6,11 - 13,68 \text{ cmol kg}^{-1}$ , dan  $6,10 - 6,80 \text{ cmol kg}^{-1}$ , sedangkan yang dari bahan volkan andesitik dan batu gamping tergolong tinggi ( $> 17 \text{ cmol kg}^{-1}$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa tanah Ultisol dari bahan volkan, tufa berkapur, dan batu gamping mempunyai KTK yang tinggi (Prasetyo, Subardja dan Kaslan, 2005).

Tanah ultisol merupakan tanah yang kurang subur dan memiliki beberapa kendala khususnya dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman seperti miskin hara makro terutama P, K, Ca dan Mg. Oleh karena itu perlu dilakukan pengembangan mikoriza pada tanah ultisol. Menurut Oehl *et al.*, (2004) bahwa tanaman yang tumbuh pada daerah subur dan memiliki pertumbuhan perakaran yang sangat intensif justru akan mengalami penurunan jumlah persentase kolonisasi endomikoriza pada akar tersebut, sebaliknya jika tanaman tumbuh pada lahan miskin hara mineral ditanah

dengan intensitas pertumbuhan cabang akar yang rendah menunjukkan peningkatan kolonisasi endomikoriza pada akar, terutama akar-akar serabut. Hal ini membuktikan bahwa endomikoriza sangat bermanfaat pada tanaman yang tumbuh pada daerah kurang subur atau miskin hara. Peran endomikoriza diasumsikan terkait dengan penyediaan dan status fosfor dalam tanah. Daerah atau lahan beriklim sedang yang mengandung konsentrasi fosfor yang tinggi, kolonisasi endomikoriza pada perakaran tanaman disekitarnya akan menurun atau rendah. Hal ini mungkin disebabkan konsentrasi fosfor internal yang tinggi dalam jaringan inang sehingga inang tidak mengadakan simbiosis dengan endomikoriza (Smith dan Read, 2008).

## 2. 6 Fosfat Alam

Fosfat alam (*rock phosphate*) adalah nama umum yang digunakan untuk beberapa jenis batuan yang mengandung mineral fosfat dalam jumlah yang cukup signifikan, atau nama mineral yang mengandung ion fosfat dalam struktur kimianya. Fosfat alam merupakan sumber  $P_2O_5$  dalam produksi pupuk fosfat dan berasal dari mineral fosfat yang ada dipermukaan bumi (Ghose dan Dhar, 2000).

Fosfat alam merupakan sumber pupuk P yang efektif dan murah serta dapat meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman, hanya saja kualitas pupuk fosfat alam sangat bervariasi tergantung pada kandungan  $P_2O_5$ . Oleh karena itu, penggunaan fosfat alam secara langsung perlu memperhatikan kadar  $P_2O_5$  total dan tersedia serta reaktivitasnya (Hartatik dan Widowati, 2011).

Pupuk fosfat alam berasal dari batuan fosfat yang digiling halus sehingga dapat langsung digunakan sebagai pupuk. Fosfat alam berasal dari proses geokimia yang terjadi secara alami, yang biasa disebut deposit batuan fosfat. Batuan fosfat dapat ditemukan di alam sebagai batuan endapan atau sedimen, batuan beku, batuan metamorfik, dan guano. Fosfat alam yang berasal dari batuan beku umumnya digunakan sebagai bahan baku industri pupuk P. Sedangkan fosfat alam yang berasal dari batuan endapan atau sedimen yang mempunyai reaktivitas tinggi dapat digunakan secara langsung sebagai pupuk (Hartatik dan Widowati, 2011).

Fosfat alam bersifat tidak larut dalam air, tetapi larut dalam kondisi asam dengan kadar  $P_2O_5$  dan kelarutannya bervariasi, lambat melepaskan P (slow release), dan mengandung hara Ca dan Mg cukup tinggi dan unsur mikro Mg, Zn, Cu, B, Mn, Al, Fe, serta logam berat Cd, Pb, As, Ni, dan Co. Kualitas fosfat alam ditentukan oleh kelarutan dan efektivitasnya. Tingkat kelarutan fosfat alam dapat diketahui melalui pelarutan dalam asam sitrat 2%, amonium sitrat pH 7, dan asam format 2%. Persentase kelarutan  $P_2O_5$  dalam asam sitrat terhadap kadar  $P_2O_5$  pada mineral apatit juga dapat diketahui melalui uji efektivitas agronomis (Balai Penelitian Tanah, 2012).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

