

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mikoriza

Mikoriza adalah suatu struktur yang dibentuk oleh akar tanaman dan cendawan tertentu. Mikoriza merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme, antara *fungi* dengan perakaran tanaman. Istilah mikoriza pertama kali digunakan oleh Robert Hartig pada tahun 1840, yang berasal dari bahasa Latin "*Myches* " yang berarti cendawan dan "*Rhiza* " yang berarti akar (Hardiatmi dan Sri, 2008).

Mikoriza Arbuskular atau disingkat MA merupakan jamur yang mampu bersimbiosis dengan tanaman. Tepatnya mikoriza bersimbiosis pada akar tanaman sebagai inangnya. Keberadaan mikoriza dapat ditemukan hampir seluruh jenis tanah (Nurhalimah *et al.*, 2014).

MA merupakan jenis jamur endomikoriza yaitu jamur yang memiliki struktur hifa yang disebut arbuskular digunakan sebagai transfer hara dan mineral yang diserap cendawan ke jaringan perakaran dikarenakan inang dari jamur ini berada di dalam korteks akar tanaman. Keuntungan yang didapatkan oleh mikoriza tersebut mendapatkan karbon dari tanaman pada tanaman (Sukmawaty *et al.*, 2016).

Perpaduan antara mikoriza dengan bahan organik di dalam tanah mampu memperbaiki sifat fisik tanah. Jamur membentuk hifa eksternal yang mengikat partikel tanah sehingga stabilitas agregat dan pori tanah menjadi lebih baik. Sedangkan bahan organik mampu meningkatkan kapasitas menahan air. Selain dari memperbaiki sifat fisik tanah, MA mampu memenuhi ketersediaan unsur seperti P, Mg, K, Fe, dan Mn (Ramadhan *et al.*, 2015).

2.2. Macam - Macam Mikoriza

Mikoriza merupakan hubungan atau simbiosis antara jamur dengan tanaman. Mikoriza juga dapat dijumpai hampir pada sebagian besar tanah yang terdapat tanaman yang tumbuh diatas permukaannya. Keanekaragaman mikoriza dapat bervariasi yang disebabkan oleh faktor lingkungannya (Nursanti *et al.*, 2012).

Menurut Warouw (2010), terdapat dua kelompok besar mikoriza yaitu Ektomikoriza dan Endomikoriza. Ektomikoriza banyak ditemukan pada tanaman hutan dari kelompok *Pinaceae*, *Fagaceae*, *Betulaceae*, dan *Dipterocarpeae*. Sifat spesifiknya yaitu dapat membentuk selubung pada akar tanaman dan *Hartig net*. Ektomikoriza yang telah diidentifikasi seperti *Suillus*, *Rhizopogon*, *Amanita*, *Boletus*, *Laccaria*, *Physolithus*, *Scheloderma* dan jenis ektomikoriza lainnya. Endomikoriza yang termasuk pada MA banyak ditemukan pada tanaman pertanian dan beberapa tanaman hutan, seperti *Hopea*, *Shorea*, *Eucalyptus*, *Albizia*, *Leucaena* dan *Acacia*. Jamur ini memiliki ciri khas yaitu membentuk vesikel di dalam akar. Jenis jamur yang dapat dijumpai yaitu *Glomus*, *Entropospora*, *Gigaspora* dan *Scutellospora*.

Menurut Hardiatmi dan Sri (2008), mikoriza dapat dikelompokkan menjadi tiga golongan, yaitu; Ektomikoriza, Endomikoriza, dan Ektendomikoriza. Penggolongan tersebut berdasarkan struktur tubuh buah dan cara kolonisasi MA terhadap tanaman. Mikoriza dapat disebut sebagai vesikula arbuskular, karena memiliki hifa bercabang halus yang disebut arbuskular. Vesikula terbentuk pada ujung-ujung arbuskular sebagai organ penyimpanan dan reproduksi secara vegetatif. Berikut merupakan jenis-jenis mikoriza yang sering dijumpai.

2.2.1. Acaulospora

Spora *Acaulospora* berdasarkan pengamatan INVAM (2009), dihasilkan oleh *sporiferous saccule* yang berasal dari perluasan hifa terminal. Saat spora telah terbentuk sempurna, isi *saccule* akan dipindahkan ke dalam spora, kemudian *saccule* menipis dan lama kelamaan *saccule* akan terdegradasi. Spora biasanya berbentuk bulat, agak bulat, lonjong. Mikoriza memiliki dua lapis dinding spora. Mempunyai *cicatrix*. Ukuran diameter spora 60-360 μm . Warna spora saat muda berwarna *hyaline* dan berwarna kuning kecoklatan hingga merah tua kecoklatan setelah matang (Gambar 1).

Proses perkembangan spora *Acaulospora* berawal dari ujung hifa (*subtending hyphae*) yang membesar seperti spora yang disebut *hyphal terminus*. Di antara *hyphal terminus* dan *subtending hyphae* akan muncul bulatan kecil yang semakin lama semakin membesar dan terbentuk spora. Dalam perkembangannya, hifa terminus akan rusak dan isinya akan masuk ke spora. Rusaknya hifa terminus

akan meninggalkan bekas lubang kecil yang disebut *Cicatric*. Spora *Acaulospora* yang ditemukan di dua lokasi tersebut yaitu kecamatan Larangan dan Palengaan memiliki karakteristik yang sama yaitu bentuk bulat lonjong dan memiliki dinding spora relatif tebal tidak beraturan. Sedangkan warna spora coklat tua dan kuning kecoklatan (Nurhalimah *et al.*, 2014).



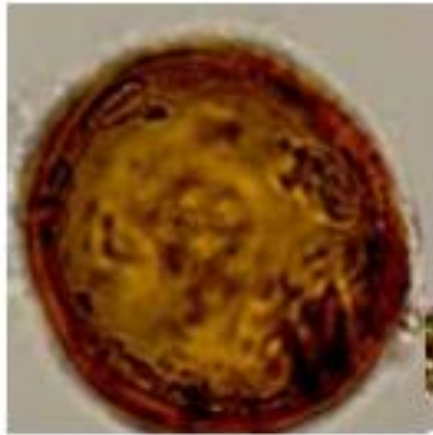
Gambar 1. Kenampakan visual *Acaulospora* dengan mikroskop stereo perbesaran 400x (Nurhalimah *et al.*, 2014)

2.2.2. *Glomus*

Spora *Glomus* berdasarkan pengamatan INVAM (2009), memiliki bentuk bulat, agak bulat, dan lonjong. Memiliki beberapa lapis dinding spora. Ada dudukan hifa (*Substending hyphae*) lurus berbentuk silinder. Tidak memiliki ornamen. Ukuran diameter spora 50-162 μm . Warna spora bervariasi dari hyaline, putih pucat, kuning, kecoklatan, coklat kekuningan, cokelat muda, oranye kecoklatan, hingga coklat tua kehitaman (Gambar 2).

Proses perkembangan spora adalah dari ujung hifa yang membesar sampai ukuran maksimal dan terbentuk spora. Spora berasal dari perkembangan hifa disebut *chlamydospora*, kadang hifa bercabang-cabang dan tiap cabang terbentuk *chlamydospora* dan membentuk *sporocarp*. Pada saat dewasa spora dipisahkan dari hifa pelekak oleh sebuah sekat, spora berbentuk *globos*, *subglobos*, *ovoid* ataupun *obovoid* dengan dinding spora terdiri atas lebih dari satu lapis. *Glomus sp.* yang biasa ditemukan rata-rata memiliki bentuk bulat sampai bulat lonjong, memiliki dinding spora berwarna kuning kecoklatan, coklat kekuningan, coklat tua, kuning bening, dan hialin, permukaan dinding spora relatif halus, dan

memiliki dinding spora yang tebal. Namun, masing-masing spesies memiliki ciri-ciri tersendiri mulai bentuk spora bulat sampai bulat lonjong. Spora biasa ditemukan ada yang melekat dengan hifa dan ada pula yang tidak. Hifa pada spora yang ditemukan langsung menyatu dengan dinding spora dengan warna yang hampir sama dengan dinding spora (Nurhalimah *et al.*, 2014).



Gambar 2. Kenampakan visual *Glomus* dengan mikroskop stereo perbesaran 400x (Nurhalimah *et al.*, 2014)

2.2.3. *Gigaspora*

Mikoriza pada genus *Gigaspora*. berdasarkan pengamatan INVAM (2009), umumnya spora berbentuk bulat. Terdapat alat pelengkap berupa *bulbous suspensor*. Ukuran diameter spora 160-400 μm . Warna spora bervariasi dari putih pucat, krem, hijau muda kekuningan, kuning muda kehijauan, kuning kecoklatan hingga kuning tua (Gambar 3).

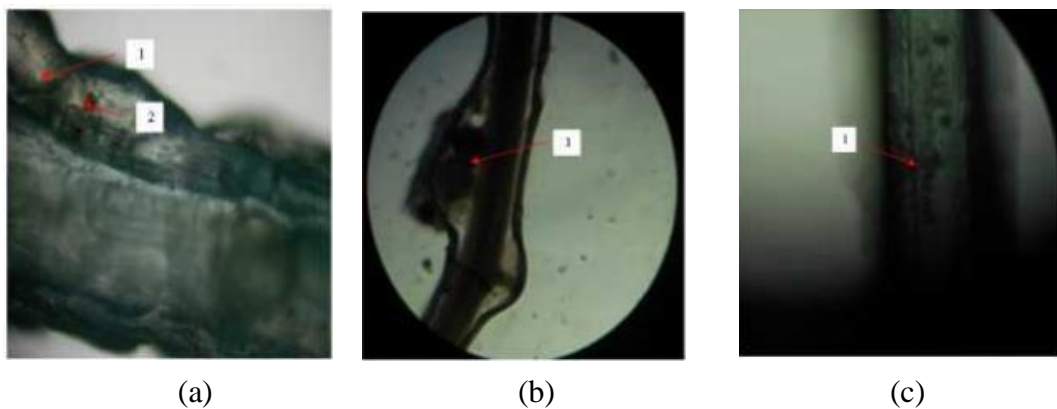
Berdasarkan karakter morfologinya, genus *Gigaspora* terbentuk dari ujung hifa yang membulat (*bulbous suspensor*), selanjutnya muncul bulatan kecil yang semakin membesar mencapai ukuran maksimum yang akhirnya menjadi spora. *Gigaspora* tidak memiliki dinding perkecambahan fleksibel yang dibentuk (*inner wall*), dan suspensor melekat pada permukaan terluar dinding spora. Karakteristik yang khas adalah adanya *bulbous suspensor* tanpa lapisan pelindung perkecambahan (*germination shield*). Spora *Gigaspora* dihasilkan secara tunggal di dalam tanah. Ukurannya besar, bentuk globos atau subglobos, spora tidak mempunyai lapisan dinding dalam, tabung kecambah dihasilkan secara langsung dari dinding spora, sel pelengkap berduri dan berdinding tipis. Spora *Gigaspora*

yang ditemukan pada penelitian ini memiliki karakteristik terdapat *bulbus suspensor* dan ada juga yang *bulbus suspensor*-nya tidak ada atau sudah terlepas, bentuk spora ada yang bulat dan bulat agak lonjong. Lapisan dinding sporanya tipis beraturan dan ada yang tidak beraturan, dan spora berwarna kuning kecoklatan, coklat kehitaman, coklat kekuningan dan kuning kehijauan (Nurhalimah *et al.*, 2014).



Gambar 3. Kenampakan visual *Gigaspora* dengan mikroskop stereo perbesaran 400x (Nurhalimah *et al.*, 2014)

Hasil pewarnaan struktur cendawan mikoriza arbuskula pada akar dan pengamatan dibawah mikroskop menemukan struktur MA berupa arbuskula dan vesikula (Gambar 4). Struktur vesikula yang ditemukan berbentuk bulat dan warna biru disebabkan karena struktur tersebut menyerap larutan pewarna *Lactofenol blue*, serta struktur arbuskula yang ditemukan berbentuk menggumpal dan berwarna gelap (Sukmawaty *et al.*, 2016).



Gambar 4. Struktur MA dalam jaringan akar pada tanaman (a) Kentang (b) Stroberi, (c) Tomat (Sukmawaty *et. al.* 2016)

2.3. Identifikasi MA

Cendawan mikoriza mampu melakukan asosiasi dengan akar tanaman. Cendawan ini masuk ke dalam tumbuhan dan hidup di dalam atau diantara sel korteks dari akar sekunder. Proses kolonisasi MA dimulai dari pembentukan *appresorium* yaitu struktur yang berupa penebalan masa hifa yang kemudian menyempit seperti tanduk. *Appresorium* membantu hifa menembus ruang sel epidermis melalui permukaan akar, atau rambut-rambut akar dengan cara mekanis dan enzimatis. Hifa yang telah masuk ke lapisan korteks kemudian menyebar di dalam dan diantara sel-sel korteks, hifa ini akan membentuk benang-benang bercabang yang mengelompok disebut arbuskular yang berfungsi sebagai jembatan transfer unsur hara, antara cendawan dengan tanaman inang. Arbuskular merupakan hifa bercabang halus yang dapat meningkatkan luas permukaan akar, dua hingga tiga kali. Pada sistem perakaran yang terkolonisasi MA akan muncul hifa yang terletak diluar, yang menyebar disekitar daerah perakaran dan berfungsi sebagai alat pengabsorpsi unsur hara. Hifa yang terletak diluar ini dapat membantu memperluas daerah penyerapan hara oleh akar tanaman (Hardiatmi dan Sri, 2008).

Untuk melakukan identifikasi mikoriza, pembuatan preparat spora mikoriza dimaksudkan untuk melakukan pengamatan. Dengan adanya preparat tersebut, informasi mengenai morfologi dan sub-seluler spora mikoriza dapat diketahui. Pengamatan dapat dilakukan dengan mikroskop *compound* dengan perbesaran 400x. karakter morfologi spora yang akan diketahui seperti adanya bulbus suspensor, bentuk spora, ukuran spora dan dinding spora (Nurhalimah *et al*, 2014).

Pengamatan kolonisasi struktur MA pada akar tanaman sampel dilakukan melalui teknik pewarnaan akar (*staining*). Segmen akar dipotong dengan panjang 3-5 cm, kemudian dicuci dengan air mengalir hingga bersih. Akar sampel dimasukkan ke dalam larutan KOH 10% dan dipanaskan pada suhu 250°C selama 10 menit dalam *microwave oven* dan didinginkan dalam suhu ruangan selama kurang lebih 24 jam sehingga akar akan berwarna putih atau pucat. Larutan KOH kemudian dibuang dan akar sampel dicuci pada air mengalir selama 5-10 menit. Selanjutnya akar sampel direndam dalam larutan HCl 1% dan didiamkan selama

satu malam dan kemudian dibuang. Selanjutnya akar sampel direndam dalam larutan *trypan blue* 0,05% dan diganti dengan larutan *lactoglycerol* untuk proses pengurangan warna (*destaining*) selama satu hari. Pengamatan struktur cendawan dilakukan dengan meletakkan potongan akar yang telah diwarnai pada preparat. Kemudian, potongan akar tersebut ditutup dengan *cover glass* dan dilakukan pengamatan pada mikroskop *compound* perbesaran 100 kali (Dewi *et al.*, 2014).

2.4. Karakteristik Plot

Sistem tanam yang dijumpai pada plot pengamatan yaitu sistem tumpangsari. Tumpangsari merupakan sistem usaha pertanian yang terdapat dua tanaman yang berbeda ditanam dalam waktu dan tempat yang relatif sama dengan penanaman berselang-seling dan jarak tanam yang teratur. Tumpangsari juga termasuk dalam sistem agroforestri sederhana yaitu sistem pertanian penanaman tanaman pepohonan dengan satu atau lebih jenis tanaman semusim (Permanasari, 2012).

Sistem pola tanam tumpangsari telah banyak dilakukan oleh petani yang memiliki lahan yang sempit. Penggunaan pola tanam tumpangsari dapat dilakukan pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Petani dapat melakukan pengendalian resiko karena sistem tanam ini dapat mengupayakan resiko kegagalan usaha tani. Selain itu petani juga petani mengupayakan pertanian keberlanjutan dalam usaha tani (Suwandi *et al.*, 2003).

Ekosistem pada tingkat hirarki dapat meningkatkan variasi keanekaragaman hayati. Salah satu ekosistem yang memiliki tingkat hirarki adalah hutan. Tegakan yang lebih dominan dapat memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi (Wahyuni dan Mokodompit, 2016).

2.5. Kaitan Mikoriza Arbuskular terhadap Unsur Kimia Tanah (Bahan Organik, P-Tersedia dan pH tanah)

Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani (2008) vermikompos sebagai bahan organik cenderung menurunkan produksi MA. Pemberian dosis rendah (MA genus *Glomus* 9 g dengan vermikompos 6 g) menghasilkan kolonisasi MA sebesar 65,6% lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian dosis tinggi (MA

genus *Glomus* 10,5 g dengan vermikompos 4,5 g) yang menghasilkan kolonisasi MA sebesar 60,8%.

Menurut Nurhalimah *et al.*, (2014) Keterkaitan antara keberadaan jumlah spora MA dengan unsur hara fosfor di dalam tanah memiliki pengaruh yang sangat besar. Senyawa ini yang akan dilepaskan ke sel tanaman inang yang digunakan tanaman dalam kebutuhan unsur fosfor.

Derajat kemasaman tanah menunjukkan kemampuan MA dapat tumbuh pada pH tertentu. Menurut Sukmawaty *et al.*, (2016), MA genus *Glomus sp.* mampu berkecambah dengan baik pada tanah dengan pH berkisar 6-7. Berdasarkan pernyataan Annadira *et al.*, (2014) mikoriza mampu hidup pada tanah masam atau dengan tanah dengan $\text{pH} \leq 7$. Pernyataan-pernyataan tersebut sesuai dengan hasil yang didapatkan dengan pH berkisar 4 – 7, jumlah spora mikoriza dapat tumbuh dan berkecambah.

2.6. Peranan Mikoriza bagi Tanaman

Banyak peneliti yang memaparkan peranan positif antara mikoriza bagi pertumbuhan tanaman. Penggunaan MA sebagai agen hayati termasuk pendekatan biologis secara luas digunakan dan ramah lingkungan. Selain digunakan sebagai agen hayati, juga telah banyak digunakan di bidang pertanian, perkebunan dan kehutanan (Ura *et al.*, 2015).

Menurut Rupaedah *et al.*, (2015), keberadaan MA dapat meningkatkan asimilasi karbon, konduktansi stomata, konsentrasi CO_2 , interselular kandungan fosfor, meningkatkan kandungan gula, tinggi tanaman dan berat batang serta mampu meningkatkan derajat kolonisasi mikoriza itu sendiri. Kemudian peranan mikoriza lainnya menurut Widiastuti *et al.*, (2002) dengan adanya simbiosis antara MA dengan tanaman mampu toleran pada tanah masam, resisten terhadap Al, dan meningkatkan unsur hara P, Cu dan Zn. Mikoriza juga dapat membantu meningkatkan kebutuhan air bagi tanaman. Menurut Sukmawaty *et al.*, (2016), adanya kolonisasi MA pada akar tanaman dapat meningkatkan ketahanan kekeringan. Selain dapat meningkatkan kebutuhan air, juga menurut Ramadhan *et al.*, (2015) dengan serabut hifa yang dimiliki oleh jamur mikoriza dapat meningkatkan kapasitas air sehingga kebutuhan air bagi tanaman dapat terpenuhi.

Sifat yang dimiliki mikoriza terhadap tanaman yaitu obligat serta kebutuhan masing-masing MA pada pertumbuhan inokulum, tempat tumbuh dan lingkungan tidak sama. Mikoriza menghasilkan spora yang tinggi apabila inokulum tanaman mempunyai infektivitas dan efektifitas yang tinggi. MA tidak memiliki inang yang spesifik sehingga semua tanaman berpotensi terkolonisasi MA dengan jenis yang berbeda tergantung infektivitas dan efektifitas (Chalimah *et al.*, 2006).

Mikoriza memiliki hubungan simbiosis mutualisme dengan tanaman. Secara tidak langsung, mikoriza dapat membantu meningkatkan produksi tanaman. Mikoriza adalah jenis cendawan yang bersimbiosis pada korteks akar tanaman. Mikoriza berfungsi membantu penyerapan unsur hara tanah oleh tanaman. Penelitian menunjukkan adanya mikoriza dapat meningkatkan penyerapan unsur P sebesar 25%. Mikoriza juga berfungsi untuk menghasilkan hormon dan zat pengatur tumbuh seperti auxin, sitokinin, giberelin (Parnata, 2004).

Fungsi lain mikoriza adalah menghasilkan zat antibiotik yang melindungi tanaman dari patogen akar. Mikoriza juga bisa merangsang aktifitas mikroorganisme tanah yang menguntungkan dan memperbaiki struktur dan agregasi tanah. Selain itu, mikoriza berfungsi untuk membangun tanaman agar lebih tahan terhadap kekeringan (Parnata, 2004).