

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikoriza

Asosiasi simbiotik antara jamur dengan akar tanaman yang membentuk jalinan interaksi yang kompleks dikenal dengan mikoriza yang secara harfiah berarti “akar jamur” (Atmaja, 2001). Secara umum mikoriza di daerah tropika tergolong didalam dua tipe yaitu: Endomikoriza dan Ektomikoriza. Jamur ini pada umumnya tergolong kedalam kelompok ascomycetes dan basidiomycetes. Ektomikoriza mempunyai sifat antara lain akar yang kena infeksi membesar, bercabang, rambut-rambut akar tidak ada, hifa menjorok ke luar dan berfungsi sebagai alat yang efektif dalam menyerap unsur hara dan air hifa tidak masuk ke dalam sel tetapi hanya berkembang diantara dinding-dinding sel jaringan kortek, Endomikoriza mempunyai sifat-sifat antar lain akar yang kena infeksi tidak membesar, lapisan hifa pada permukaan akar tipis, hifa masuk ke dalam individu sel jaringan korteks, adanya bentukan khusus yang berbentuk oval yang disebut *Vasiculae* (vesikel) dan sistem percabangan hifa yang *dichotomous* disebut *arbuscules* (arbuskul) disebut juga *vesicular-arbuscular micorrhizae* (VAM). Menginfeksi kebanyakan tanaman pangan, hortikultur, perkebunan (Pujiyanto, 2001).

Mikoriza berasal dari kata Miko (*Myces* = cendawan) dan Riza yang berarti akar tanaman. Struktur yang terbentuk dari asosiasi ini tersusun secara beraturan dan memperlihatkan spektrum yang sangat luas baik dalam hal tanaman inang, jenis cendawan maupun penyebarannya. Nuhamara (2009) mengatakan

bahwa mikoriza adalah suatu struktur yang khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikobion dalam ruang dan waktu.

Saat ini diketahui terdapat 7 tipe mikoriza yaitu (1) arbuskular mikoriza, (2) ektomikoriza, (3) ektendomikoriza, (4) arbutoid mikoriza, (5) monotropoid mikoriza, (6) ericoid mikoriza, dan (7) orchid mikoriza. Pembagian ini didasarkan pada karakter-karakter (1) ada/tidaknya septa; (2) intraseluler kolonisasi (3) keberadaan mantel dan Hartig net serta (4) acrophyl (Smith dan Read 2008). Fungi ektomikoriza umumnya dari golongan Basidiomisetes dan Askomisetes. Beberapa genera fungi Basidiomisetes pembentuk ektomikoriza di antaranya adalah Amanita, Boletellus, Boletinus, Boletus, Pisolithus, Scleroderma, Suillus, Russula, dan Laccaria (Brundrett *et al*, 1996).

Kondisi lingkungan tanah yang cocok untuk perkecambahan biji juga cocok untuk perkecambahan spora mikoriza. Demikian pula kondisi edafik yang dapat mendorong pertumbuhan akar juga sesuai untuk perkembangan hifa. Jamur mikoriza mempenetrasi epidermis akar melalui tekanan mekanis dan aktivitas enzim, yang selanjutnya tumbuh menuju korteks. Pertumbuhan hifa secara eksternal terjadi jika hifa internal tumbuh dari korteks melalui epidermis. Pertumbuhan hifa secara eksternal tersebut terus berlangsung sampai tidak memungkinnya untuk terjadi pertumbuhan lagi. Bagi jamur mikoriza, hifa eksternal berfungsi mendukung fungsi reproduksi serta untuk transportasi karbon serta hara lainnya kedalam spora, selain fungsinya untuk menyerap unsur hara dari dalam tanah untuk digunakan oleh tanaman (Pujianto, 2001).

2.2 Syarat tumbuh Mikoriza

2.2.1 Suhu

Suhu yang relatif tinggi akan meningkatkan aktivitas cendawan. Untuk daerah tropika basah, hal ini menguntungkan. Proses perkecambahan membentuk MVA melalui tiga tahap yaitu perkecambahan spora di tanah, penetrasi hifa ke dalam sel akar dan perkembangan hifa didalam konteks akar. Suhu optimum untuk perkembangan spora sangat beragam tergantung jenisnya. Beberapa Gigaspora yang diisolasi dari tanah Florida, di wilayah subtropika mengalami perkecambahan paling baik pada suhu 34°C, sedangkan untuk spesies Glomus yang berasal dari wilayah beriklim dingin, suhu optimal untuk perkecambahan adalah 20°C (Pujianto, 2001).

Penetrasi dan perkecambahan hifa diakar peka pula terhadap suhu tanah. Pada umumnya infeksi oleh cendawan MVA meningkat dengan naiknya suhu. Infeksi maksimum oleh spesies Gigaspora yang diisolasi dari tanah Florida terjadi pada suhu 30-33°C. Suhu yang tinggi pada siang hari (35°C) tidak menghambat perkembangan dan aktivitas fisiologis MVA. Peran mikoriza hanya menurun pada suhu di atas 40°C. Suhu bukan merupakan faktor pembatas utama dari aktifitas MVA. Suhu yang sangat tinggi berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman inang. MVA mungkin lebih mampu bertahan terhadap suhu tinggi pada tanah bertekstur berat daripada di tanah berpasir (Schreder, 1974 *cit* Atmaja 2001)

2.2.2 Kadar Air Tanah

Untuk tanaman yang tumbuh didaerah kering, adanya MVA menguntungkan karena dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk tumbuh dan bertahan pada kondisi yang kurang air (Vesser *et al*,1984 *cit* Pujiyanto, 2001). Adanya MVA dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas serapan air tanaman inang. Ada beberapa dugaan mengapa tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan diantaranya adalah:

- a. Adanya mikoriza resistensi akar terhadap gerakan air menurun sehingga transfer air ke akar meningkat.
- b. Tanaman kahat P lebih peka terhadap kekeringan, adanya MVA menyebabkan status P tanaman meningkat sehingga menyebabkan daya tahan terhadap kekeringan meningkat pula.
- c. Adanya hifa eksternal menyebabkan tanaman ber-MVA lebih mampu mendapatkan air daripada yang tidak ber-MVA tetapi jika mekanisme ini yang terjadi berarti kandungan logam-logam lebih cepat menurun. Penemuan akhir-akhir ini yang menarik adanya hubungan antara potensial air tanah dan aktifitas mikoriza. Pada tanaman bermikoriza jumlah air yang dibutuhkan untuk memproduksi 1gram bobot kering tanaman lebih sedikit daripada tanaman yang tidak bermikoriza.
- d. Tanaman mikoriza lebih tahan terhadap kekeringan karena pemakaian air yang lebih ekonomis.
- e. Pengaruh tidak langsung karena adanya miselin eksternal menyebabkan MVA efektif didalam mengagregasi butir-butir tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air meningkat.

2.2.3 pH Tanah

Cendawan pada umumnya lebih tahan terhadap perubahan pH tanah. Meskipun demikian daya adaptasi masing-masing spesies cendawan MVA terhadap pH tanah berbeda-beda, karena pH tanah mempengaruhi perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman. *Glomus fasciculatus* berkembang biak pada pH masam. Pengapuran menyebabkan perkembangan *G. fasciculatus* menurun (Mosse, 1981 cit Atmaja, 2001). Demikian pula peran *G. fasciculatus* di dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah masam menurun akibat pengapuran (Santoso, 1988). Pada pH 5,1 dan 5,9 *G. fasciculatus* menampakkan pertumbuhan yang terbesar, *G. fasciculatus* memperlihatkan pengaruh yang lebih besar terhadap pertumbuhan tanaman justru kalau pH 5,1 *G. mosseae* memberikan pengaruh terbesar pada pH netral sampai alkalis (pH 6,0-8,1). Perubahan pH tanah melalui pengapuran biasanya berdampak merugikan bagi perkembangan MVA asli yang hidup pada tanah tersebut sehingga pembentukan mikoriza menurun (Santosa, 1989). Untuk itu tindakan pengapuran dibarengi tindakan inokulasi dengan cendawan MVA yang cocok agar pembentukan mikoriza terjamin.

2.2.4 Bahan organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang penting disamping air dan udara. Jumlah spora MVA tampaknya berhubungan erat dengan kandungan bahan organik didalam tanah. Jumlah maksimum spora ditemukan pada tanah-tanah yang mengandung bahan organik 1-2 persen sedangkan pada tanah-tanah berbahan anorganik kurang dari 0,5 persen

kandungan spora sangat rendah (Pujianto, 2001). Residu akar mempengaruhi ekologi cendawan MVA, karena serasah akar yang terinfeksi mikoriza merupakan sarana penting untuk mempertahankan generasi MVA dari satu tanaman ke tanaman berikutnya. Serasah akar tersebut mengandung hifa, vesikel dan spora yang dapat menginfeksi MVA. Disamping itu juga berfungsi sebagai inokulasi untuk tanaman berikutnya.

2.2.5 Cahaya dan ketersediaan hara

Bjorman Gardemann (1983) cit Atmaja (2001) menyimpulkan bahwa dalam intensitas cahaya yang tinggi kekahatan nitrogen atau fosfor akan meningkatkan jumlah karbohidrat di dalam akar sehingga membuat tanaman lebih peka terhadap infeksi cendawan MVA. Derajat infeksi terbesar terjadi pada tanah-tanah yang mempunyai kesuburan yang rendah. Pertumbuhan perakaran yang sangat aktif jarang terinfeksi oleh MVA. Jika pertumbuhan dan perkembangan akar menurun infeksi MVA meningkat. Peran mikoriza yang erat dengan peyediaan P bagi tanaman menunjukkan keterikatan khusus antara mikoriza dan status P tanah. Pada wilayah beriklim sedang konsentrasi P tanah yang tinggi menyebabkan menurunnya infeksi MVA yang mungkin disebabkan konsentrasi P internal yang tinggi dalam jaringan inang (Setiadi, 2001).

Hayman (1975) dalam Atmaja (2001) mengadakan studi yang mendalam mengenai pemupukan N dan P terhadap MVA pada tanah di wilayah beriklim sedang. Pemupukan N (188 kg N/ha) berpengaruh buruk terhadap populasi MVA. Petak yang tidak dipupuk mengandung jumlah spora 2 hingga 4 kali lebih banyak dan berderajat infeksi 2 hingga 4 kali lebih tinggi dibandingkan petak yang

menerima pemupukkan. Hayman mengamati bahwa pemupukkan N lebih berpengaruh daripada pemupukkan P, tetapi peneliti lain mendapatkan keduanya memiliki pengaruh yang sama.

2.2.6 Logam berat dan unsur lain

Jumlah Ca di dalam larutan tanah rupa-rupanya mempengaruhi perkembangan MVA. Beberapa spesies MVA diketahui mampu beradaptasi dengan tanah yang tercemar seng (Zn), tetapi sebagian besar spesies MVA peka terhadap kandungan Zn yang tinggi. Pada beberapa penelitian lain diketahui pula bahwa strain-strain cendawan MVA tertentu toleran terhadap kandungan Mn, Al dan Na yang tinggi. (Setiadi, 2001)

2.3 Beberapa manfaat yang dapat diperoleh tanaman inang dari adanya asosiasi

mikoriza adalah sebagai berikut.

2.3.1 Meningkatkan penyerapan unsur hara

Tanaman yang bermikoriza biasanya tumbuh lebih baik dari pada yang tidak bermikoriza, dapat meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan beberapa unsure hara mikro. Selain itu akar tanaman yang bermikoriza dapat menyerap unsure hara dalam bentuk terikat dan tidak tersedia untuk tanaman. Unsure hara yang meningkat penyerapannya adalah N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn dan Zn. Hubungan antara MVA dengan organisme tanah tidak bisa diabaikan, karena secara bersama-sama keduanya membantu pertumbuhan tanaman (Rungkat, 2009).

2.3.2 Tahan terhadap serangan pathogen

Nuhamara, (2009) menjelaskan bahwa Mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya infeksi patogen akar. Mekanisme perlindungan ini bisa diterangkan sebagai berikut:

- a. Adanya lapisan hifa (mantel) dapat berfungsi sebagai pelindung fisik untuk masuknya pathogen
- b. Mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya, sehingga tidak cocok bagi patogen.
- c. Fungi mikoriza dapat melepaskan antibiotik yang dapat menghambat perkembangan patogen.

2.3.3 Sebagai Konservasi tanah

Fungi mikoriza yang berasosiasi dengan akar berperan dalam konservasi tanah, hifa tersebut sebagai kontributor untuk menstabilkan pembentukan struktur agregat tanah dengan cara mengikat agregat-agregat tanah dan bahan organik tanah (Utama dan Yahya, 2003)

2.3.4 Mikoriza dapat memproduksi hormon dan zat pengatur tumbuh

Fungi mikoriza dapat memberikan hormon seperti Auxin, Sitokinin, Giberellin, juga zat pengatur tumbuh seperti vitamin kepada inangnya. (Rungkat, 2009)

Auksin adalah zat hormon tumbuhan yang ditemukan pada ujung batang, akar, dan pembentukan bunga yang berfungsi sebagai pengatur pembesaran sel dan memicu pemanjangan sel di daerah belakang meristem ujung. Auksin berperan penting dalam pertumbuhan tumbuhan. Fungsi dari hormon auksin ini

dalah membantu dalam proses mempercepat pertumbuhan, baik itu pertumbuhan akar maupun pertumbuhan batang, mempercepat perkecambahan, membantu dalam proses pembelahan sel, mempercepat pemasakan buah, mengurangi jumlah biji dalam buah. kerja hormon auksin ini sinergis dengan hormon sitokinin dan hormon giberelin. Tumbuhan yang pada salah satu sisinya disinari oleh matahari maka pertumbuhannya akan lambat karena kerja auksin dihambat oleh matahari tetapi sisi tumbuhan yang tidak disinari oleh cahaya matahari pertumbuhannya sangat cepat karena kerja auksin tidak dihambat. Sehingga hal ini akan menyebabkan ujung tanaman tersebut cenderung mengikuti arah sinar matahari atau yang disebut dengan fototropisme (Heddy, 1989).

Untuk membedakan tanaman yang memiliki hormon yang banyak atau sedikit kita harus mengetahui bentuk anatomi dan fisiologi pada tanaman sehingga kita lebih mudah untuk mengetahuinya. Sedangkan untuk tanaman yang diletakkan di tempat yang terang dan gelap diantaranya untuk tanaman yang diletakkan di tempat yang gelap pertumbuhan tanamannya sangat cepat selain itu tekstur dari batangnya sangat lemah dan cenderung warnanya pucat kekuningan. Hal ini disebabkan karena kerja hormon auksin tidak dihambat oleh sinar matahari. Sedangkan untuk tanaman yang diletakkan di tempat yang terang tingkat pertumbuhannya sedikit lebih lambat dibandingkan dengan tanaman yang diletakkan di tempat gelap, tetapi tekstur batangnya sangat kuat dan juga warnanya segar kehijauan, hal ini disebabkan karena kerja hormon auksin dihambat oleh sinar matahari.

Cara kerja hormon auksin adalah menginisiasi pemanjangan sel dan juga memacu protein tertentu yang ada di membran plasma sel tumbuhan untuk memompa ion H^+ ke dinding sel. Ion H^+ mengaktifkan enzim tertentu sehingga memutuskan beberapa ikatan silang hidrogen rantai molekul selulosa penyusun dinding sel. Sel tumbuhan kemudian memanjang akibat air yang masuk secara osmosis. Auksin merupakan salah satu hormon tanaman yang dapat mengatur banyak proses fisiologi, seperti pertumbuhan, pembelahan dan diferensiasi sel serta sintesa protein (Darnell, *et al.*, 1986). Auksin diproduksi dalam jaringan meristematik yang aktif (yaitu tunas, daun muda, dan buah) (Gardner, *et al.*, 1991). Kemudian auksin menyebar luas dalam seluruh tubuh tanaman, penyebarluasannya dengan arah dari atas ke bawah hingga titik tumbuh akar, melalui jaringan pembuluh tapis (floem) atau jaringan parenkhim (Rismunandar, 1988). Auksin atau dikenal juga dengan IAA = Asam Indolasetat (yaitu sebagai auksin utama pada tanaman), disintesis dari asam amino prekursor triptopan, dengan hasil perantara sejumlah substansi yang secara alami mirip auksin (analog) tetapi mempunyai aktifitas lebih kecil dari IAA seperti IAN = Indolaseto nitril, TpyA = Asam Indolpiruvat dan IAAld = Indolasetatdehid. Proses biosintesis auksin dibantu oleh enzim IAA-oksidadase (Gardner, 1991).

Menurut Heddy (1989) Giberelin merupakan hormone yang berfungsi sinergis (bekerja sama) dengan hormone auksin. Giberelin berpengaruh terhadap perkembangan dan perkecambahan embrio. Giberelin akan merangsang pembentukan enzim amylase. Enzim tersebut berperan memecah senyawa amilum yang terdapat pada endosperm (cadangan makanan) menjadi senyawa glukosa.

Glukosa merupakan sumber energi pertumbuhan. Apabila giberelin diberikan pada tumbuhan kerdil, tumbuhan akan tumbuh normal kembali.

Giberelin juga berfungsi dalam proses pembentukan biji, yaitu merangsang pembentukan serbuk sari (polen), memperbesar ukuran buah, merangsang pembentukan bunga, dan mengakhiri masa dormansi biji. Giberelin dengan konsentrasi rendah tidak merangsang pembentukan akar, tetapi pada konsentrasi tinggi akan merangsang pembentukan akar. Giberelin pertama kali diisolasi dari jamur *Giberella fujikuroi*. Hormone giberelin dapat dibagi menjadi berbagai jenis, yaitu giberelin A, giberelin A₂, dan giberelin A₃ yang memiliki struktur molekul dan fungsi yang sangat spesifik. Misalnya, hormone giberelin yang satu berpengaruh terhadap pertumbuhan, sedangkan yang lain berpengaruh terhadap pembentukan bunga.

Menurut Salisbury (1992) Sitokinin adalah hormone yang berperan dalam pembelahan sel (sitokinesis). Fungsi sitokinin adalah:

1. Merangsang pembentukan akar dan batang serta pembentukan cabang akar dan batang dengan menghambat dominansi apikal
2. Mengatur pertumbuhan daun dan pucuk
3. Memperbesar daun muda
4. Mengatur pembentukan bunga dan buah
5. Menghambat proses penuaan dengan cara merangsang proses serta transportasi garam-garam mineral dan asam amino ke daun.
6. Sitokinin diperlukan bagi pembentukan organel-organel semacam kloroplas dan mungkin berperan dalam perbungaan

7. Merangsang sintesis protein dan RNA untuk mensintesis substansi lain

Senyawa sitokinin pertama kali ditemukan pada tanaman tembakau dan disebut kinetin. Senyawa ini dibentuk pada bagian akar dan ditransportasikan ke seluruh bagian sel tanaman tembakau. Senyawa sitokinin juga terdapat pada tanaman jagung dan disebut zeatin.

2.3.5 Mempertahankan keanekaragaman tumbuhan

Fungi mikoriza berperan dalam mempertahankan stabilitas keanekaragaman tumbuhan dengan cara transfer nutrisi dari satu akar tumbuhan ke akar tumbuhan lainnya yang berdekatan melalui struktur yang disebut Bridge Hypae. (Dewi, 2007).

Untuk mendukung keberhasilan aplikasi mikoriza pada tanaman perlu diketahui cara dan waktu inokulan mikoriza. Karena merupakan salah satu syarat keberhasilan dalam penggunaan dan pemanfaatan teknologi mikoriza pada tanaman pertanian, perkebunan, kehutanan dan tanaman obat guna mendapatkan hasil yang optimal. Hasil penelitian tentang pemanfaatan MVA terhadap pertumbuhan tanaman jati menunjukkan MVA dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman jati pada skala persemaian. Irianto *et al.*, (2003).