

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Mofologi Tanaman Jagung

Menurut Samadi dan Cahyono (1996), tanaman jagung diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu / monokotil)
Sub Kelas	: Commelinidae
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae (suku rumput- rumputan)
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays</i> L.

Jagung merupakan tanaman semusim. Samadi dan Cahyono (1996) menjelaskan bahwa satu siklus hidup tanaman jagung diselesaikan dalam 80- 150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif. Tinggi tanaman jagung sangat bervariasi, meskipun tanaman jagung umumnya memiliki ketinggian antara 1 m sampai 3 m. Ada varietas yang dapat mencapai tinggi 6 m. Tinggi tanaman bisa diukur dari permukaan tanah hingga ruas teratas sebelum bunga jantan. Jagung mempunyai

tiga macam akar serabut yaitu pertama akar seminal yang merupakan akar yang berkembang dari radikula dan embrio, kedua akar adventif merupakan akar yang semula berkembang dari buku diujung mesokotil dan berkembang menjadi serabut akar tebal, dan ketiga akar penyangga yang merupakan akar adventif yang muncul pada dua atau tiga buku di atas permukaan tanah. Perkembangan akar jagung bergantung pada varietas, pengolahan tanah, fisik tanah, kimia tanah, keadaan air tanah, dan pemupukan. Pemupukan nitrogen dengan takaran berbeda menyebabkan perbedaan perkembangan sistem perakaran jagung (Smith dkk., 1995).

Batang jagung tegak dan mudah terlihat. Terdapat mutan yang batangnya tidak tumbuh pesat sehingga tanaman berbentuk roset. Ruas batang terbungkus pelepah daun yang muncul dari buku. Batang jagung kokoh namun tidak banyak mengandung lignin (Samadi dan Cahyono, 1996).

Helai daun sempurna bentuknya memanjang antar pelepah dan helai daun terdapat ligula, tulang daun sejajar dengan ibu tulang daun. Permukaan daun ada yang licin dan ada yang berambut. Stoma pada daun jagung berbentuk halter, yang khas dimiliki famili Poaceae. Setiap stoma dikelilingi sel-sel epidermis berbentuk kipas. Struktur ini berperan penting dalam respon tanaman menanggapi defisit air pada sel-sel daun (Samadi dan Cahyono, 1996).

Jagung memiliki bunga jantan dan bunga betina yang terpisah dalam satu tanaman. Bunga jantan tumbuh di bagian pucuk tanaman, berupa karangan bunga. Bunga betina tersusun dalam tongkol. Tongkol tumbuh dari buku, diantara batang dan pelepah daun. Pada umumnya, satu tanaman hanya dapat

menghasilkan satu tongkol produktif meskipun memiliki sejumlah bunga betina. Bunga jantan jagung cenderung siap untuk penyerbukan 2- 5 hari lebih dini daripada bunga betinanya (Samadi dan Cahyono, 1996).

2.2 Syarat Tumbuh Jagung

Tanaman jagung mudah untuk dibudidayakan dan cocok untuk iklim di Indonesia.

Tanaman jagung tidak menuntut persyaratan lingkungan yang terlalu ketat.

Namun untuk pertumbuhan optimalnya, jagung menghendaki persyaratan lingkungan yang harus dipenuhi antara lain menghendaki penyinaran matahari penuh, suhu optimal 21-34⁰ C, pH antara 5,6- 7,2, dan membutuhkan air yang cukup terutama pada saat awal pertumbuhannya yaitu pada stadia pembungaan dan pengisian biji (Najiyati dan Danarti, 1999).

Menurut AAK (1993), untuk tanaman jagung kemiringan tanah yang baik kurang dari 8%. Untuk daerah yang tingkat kemiringan lebih dari 8 %, sebaiknya dilakukan pembentukan teras. Menurut Rukmana (1998), tanaman jagung dapat tumbuh di dataran rendah sampai dataran tinggi (pegunungan). Jagung hibrida memiliki ketinggian sekitar 1.000 m atau lebih dari permukaan air laut (dp1). Jagung yang ditanam di daerah dengan ketinggian kurang dari 800 m dan ditanam dengan ketinggian antara 800 m sampai 1.200 m dari permukaan air laut dapat berproduksi dengan baik. Keadaan tinggi tempat erat kaitannya dengan suhu udara, kelembaban, dan intensitas penyinaran matahari. Semuanya itu akan saling mempengaruhi terhadap keadaan fisiologis tanaman jagung. Setiap kenaikan 100 m, suhu akan turun sekitar setengah sampai satu derajat celcius. Suhu dan intensitas cahaya mempengaruhi proses fotosintesis (Warisno, 1998).

2.3 Kombinasi Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik dan Dampak Aplikasinya terhadap Tanah dan Tanaman

Nutrisi tanaman dalam bentuk pupuk organik pada dasarnya sudah memberikan hasil yang baik namun belum maksimal. Misalnya, pupuk kandang mempunyai kandungan N yang berfluktuasi (naik-turun), hal ini tergantung dari makanan hewan yang menghasilkan pupuk tersebut. Untuk itu diperlukan tambahan pupuk non organik yang terukur misal pupuk Urea yang memberikan hasil yang maksimal. Keseimbangan pemberian kedua pupuk akan menghasilkan tanaman yang lebih baik. Kelompok pupuk organik : (1) pupuk kandang (fermentasi kotoran hewan seperti sapi, kambing, dan ayam); (2) pupuk hijau (dari kelompok kacang- kacangan); (3) pupuk kascing (dari kotoran cacing); (4) kompos daun (fermentasi dari sampah daun); (5) pupuk organik konsentrat padat Green Farm, Subur Ijo, NPK organik Novelgro; (6) pupuk organik konsentrat cair (*Wide Spectrum, Nungtulo, Green Source*) (Hartanto, 2007).

Pupuk organik merupakan salah satu bahan pembentuk agregat tanah, yang mempunyai peran sebagai bahan perekat antar partikel tanah untuk bersatu menjadi agregat tanah, sehingga bahan organik penting dalam pembentukan struktur tanah. Pengaruh pemberian pupuk organik terhadap struktur tanah sangat berkaitan dengan tekstur tanah yang diperlakukan. Bahkan pupuk organik dapat mengubah tanah yang semula tidak berstruktur (pejal) dapat membentuk struktur yang baik atau remah, dengan derajat struktur yang sedang hingga kuat.

Mekanisme pembentukan agregat tanah oleh adanya peran pupuk organik salah satunya yaitu meningkatkan populasi mikroorganisme tanah diantaranya jamur dan actinomycetes dengan melalui pengikatan secara fisik butir- butir primer oleh

miselia jamur dan actinomycetes, maka akan terbentuk agregat walaupun tanpa adanya fraksi lempung (Atmojo, 2003).

Pupuk organik- anorganik adalah campuran pupuk organik dan pupuk anorganik (kimia). Hal ini dilakukan karena harga pupuk kimia yang melambung tinggi dan pencemaran lingkungan akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan. Petani dapat menyiapkan sendiri pupuk organik- anorganik dengan tujuan mengurangi biaya produksi. Pemupukan dengan cara kombinasi akan memberikan keuntungan antara lain : (1) menambah kandungan hara yang tersedia dan siap diserap tanaman selama periode pertumbuhan tanaman; (2) menyediakan semua unsur hara dalam jumlah yang seimbang dengan demikian akan memperbaiki persentase penyerapan hara oleh tanaman yang ditambahkan dalam bentuk pupuk; (3) mencegah kehilangan hara karena bahan organik mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi; (4) membantu dalam mempertahankan kandungan bahan organik tanah pada aras tertentu sehingga mempunyai pengaruh yang baik terhadap sifat fisik tanah dan status kesuburan tanah; (5) residu bahan organik akan berpengaruh baik pada pertanaman berikutnya maupun dalam mempertahankan produktivitas tanah; dan (6) membantu dalam mempertahankan keseimbangan ekologi tanah sehingga kesehatan tanah dan kesehatan tanaman dapat lebih baik (Sutanto, 2002).

Penelitian Hayati (2010) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik berpengaruh nyata terhadap berat basah berangkasan tanaman dan terdapat interaksi yang nyata di antara kedua faktor tersebut terhadap berat berangkasan basah tanaman selada. Pemberian pupuk anorganik 1000 kg ha^{-1}

memberikan berat berangkasan basah tanaman selada lebih baik jika diikuti dengan pemberian pupuk organik kandang 15 ton ha⁻¹.

Penelitian Minardi (2014) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik (75: 25 %) mampu meningkatkan kesuburan tanah pada lahan sawah dan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung yang meliputi tinggi tanaman, berat segar dan kering brangkasan, berat tongkol dan panjang tongkol per tanaman. Selain itu penelitian Minardi (2009) menunjukkan bahwa pemberian campuran pupuk organik meningkatkan N- total, N- tersedia, KPK, dan pH H₂O.

2.4 Biochar dan Dampak Aplikasinya terhadap Tanah dan Tanaman

Biochar merupakan butiran halus substansi arang kayu yang porous, yang bila digunakan sebagai pembenah tanah dapat mengurangi CO₂ di udara. Biochar berpotensi untuk memperbaiki kesuburan tanah. Manfaat biochar terletak pada dua sifat utamanya, yaitu afinitas tinggi terhadap hara dan persisten dalam tanah. Kedua sifat ini dapat digunakan untuk menyelesaikan beberapa masalah penting pertanian seperti kerusakan tanah, keamanan pangan, polusi air oleh agrokimia, dan perubahan iklim (Gani, 2009). Selain itu, biochar yang diberikan ke dalam tanah dapat meningkatkan fiksasi N di dalam tanah (Rondon dkk., 2007).

Pencucian N dapat dikurangi secara signifikan dengan pemberian biochar ke dalam media tanam, sehingga N tersedia baik bagi tanaman tidak mengalami kekurangan. Penelitian Komarayati (2011) menunjukkan bahwa pemberian biochar pada tanaman anakan mengkudu meningkatkan tinggi, diameter batang, dan jumlah daun.

Menurut Gani (2009), pemberian biochar ke dalam tanah meningkatkan ketersediaan P dan total N yang berpengaruh terhadap produksi tanaman. Tingginya ketersediaan hara bagi tanaman merupakan hasil dari bertambahnya nutrisi secara langsung dari biochar, meningkatnya retensi hara, dan perubahan dinamika mikroba tanah. Keuntungan jangka panjangnya bagi ketersediaan hara berhubungan dengan stabilisasi karbon organik yang lebih tinggi seiring dengan pembebasan hara yang lebih lambat dibanding bahan organik yang biasa digunakan

2.5 Fungi Mikoriza Arbuskula

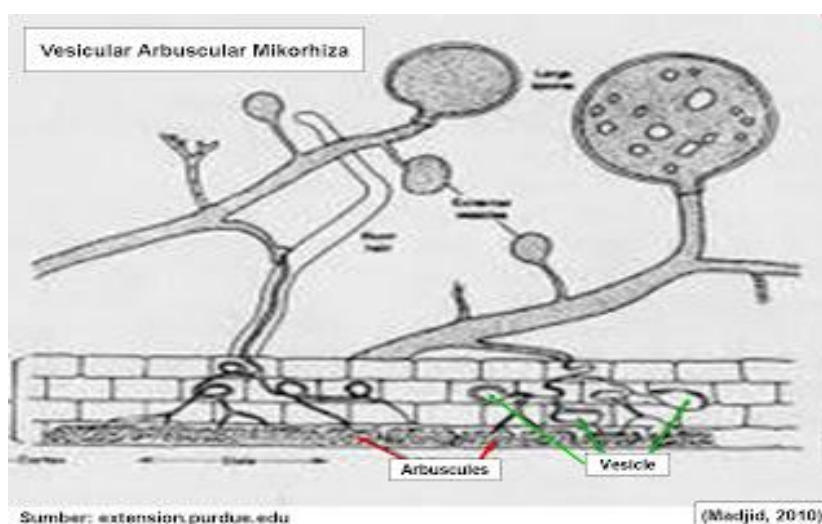
Menurut Brundrett (1996), mikoriza merupakan suatu bentuk simbiosis mutualistik antara jamur dan akar tanaman. Sedangkan menurut Subiksa (2002), mikoriza merupakan bentuk asosiasi simbiotik antara akar tumbuhan tingkat tinggi dan miselium fungi tertentu. Berdasarkan struktur tubuh dan cara infeksiya terhadap tanaman inang, mikoriza dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Namun ada juga yang menggolongkan menjadi 3 kelompok dengan menambah jenis ketiga yaitu peralihan dari 2 bentuk tersebut yang disebut ektendomikoriza.

Pola asosiasi antara fungi dengan akar tanaman inang menyebabkan terjadinya perbedaan morfologi akar antara ektomikoriza dengan endomikoriza. Pada ektomikoriza, jalinan hifa fungi membentuk "*hartig net*" dan mantel dipermukaan akar, sedangkan pada endomikoriza jaringan hifa membentuk struktur yang khas berbentuk oval yang disebut vesikel dan sistem percabangan hifa yang disebut

arbuskular sehingga endomikoriza disebut juga Mikoriza Vaskular Arbuskular (MVA) (Fakura, 1988).

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan fungi obligat yang banyak bersimbiosis dengan tanaman inang. Hubungan antara FMA dengan tanaman inang merupakan hubungan mutualistik (saling menguntungkan) karena tanaman inang memberi makanan kepada fungi, sebaliknya tanaman inang mendapatkan unsur hara dari fungi (Suhardi, 1989).

Mikoriza Vaskular Arbuskular telah berganti nama mejadi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA), hal ini dikarenakan tidak semua genus FMA yang berasosiasi dengan akar tanaman membentuk vesikula. Ciri utama Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) adalah terdapat arbuskula didalam korteks akar. Awalnya fungi tumbuh diantara sel- sel korteks, kemudian menembus dinding sel inang dan berkembang di dalam sel (Brundrett dkk., 1996) (Gambar 1).



Gambar 1. Perkembangan spora Fungi Mikoriza Arbuskula

FMA mengalami beberapa tingkat perkembangan. Perkembangan simbiosis mikoriza bisa berasal dari spora. Pada tingkat asimbiotik, spora berkecambah dan FMA menunjukkan perkembangan hifa yang masih terbatas karena tidak adanya tanaman inang. Akan tetapi dengan adanya eksudat akar, fungi bergeser ke tingkat prasimbiotik yang dicirikan oleh percabangan hifa yang ekstensif. Setelah hifa bercabang, fungi melakukan kontak dengan akar tanaman melalui pembentukan apresorium sebelum hifa menembusi epidermis akar, selanjutnya diikuti oleh kolonisasi simbiotik terhadap jaringan korteks akar dan pembentukan arbuskula intraselluler (seperti pohon dengan struktur percabangan yang banyak) (Smith dkk., 1997). Arbuskular hanya hidup 4-15 hari dan setelah tereduksi sel inang kembali ke fungsi normal. Proses pembentukan dan degenerasi arbuskular dapat berlangsung simultan di dalam akar. Pada saat pembentukan arbuskular atau sesaat sesudah pembentukan arbuskular beberapa FMA membentuk vesikular interselluler dan intraselluler. Vesikular adalah hifa apikal atau interkalari yang membesar, mengandung lipid dan menyimpan organ fungi. Fungi FMA membentuk spora dorman (resting spore) pada hifa eksternal. Diameter spora tersebut tergantung pada spesies fungi dan dapat berkisar dari 15 sampai 800 μm . Pembentukan spora pada akar dapat berlangsung cepat pada beberapa spesies FMA, 3-4 minggu setelah akar diinfeksi, tetapi ada juga yang membutuhkan waktu sampai 6 bulan. Spesies fungi, tanaman inang, dan kondisi tanah dan lingkungan mempengaruhi waktu sporulasi. Sporulasi adalah suatu proses yang dinamis dimana pada waktu yang bersamaan dapat berlangsung pembentukan dan germinasi spora. Spora dan hifa adalah struktur reproduktif dari FMA, namun

spora dapat survive beberapa tahun di dalam tanah tetapi hifa hanya survive selama 2-4 minggu (Sieverding, 1991).

2.5.1 Morfologi FMA

FMA membentuk organ-organ khusus dan mempunyai perakaran yang spesifik. Organ khusus tersebut adalah arbuskula, vesikel dan spora (Pattimahu, 2004).

1. Vesikel

Vesikular merupakan struktur fungi yang berasal dari pembengkakan hifa internal secara terminal dan interkalar, kebanyakan berbentuk bulat telur, dan berisi banyak senyawa lemak sehingga merupakan organ penyimpanan cadangan makanan dan pada kondisi tertentu dapat berperan sebagai spora atau alat untuk mempertahankan kehidupan fungi. Tipe FMA vesikular memiliki fungsi yang paling menonjol dari tipe fungi mikoriza lainnya. Hal ini dimungkinkan karena kemampuannya dalam berasosiasi dengan hampir 90 % jenis tanaman, sehingga dapat digunakan secara luas untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman (Pattimahu, 2004).

2. Arbuskula

Fungi ini dalam akar membentuk struktur khusus yang disebut arbuskula. Arbuskula merupakan hifa bercabang halus yang dibentuk oleh percabangan dikotomi yang berulang-ulang sehingga menyerupai pohon dari dalam sel inang. Arbuskula merupakan percabangan dari hifa masuk kedalam sel tanaman inang. Masuknya hara ini ke dalam sel tanaman inang diikuti oleh peningkatan sitoplasma, pembentukan organ baru, pembengkokan inti sel,

peningkatan respirasi dan aktivitas enzim. Hifa intraseluler yang telah mencapai sel korteks yang lebih dalam letaknya akan menembus dinding sel dan membentuk sistem percabangan hifa yang kompleks, tampak seperti pohon kecil yang mempunyai cabang-cabang yang disebut arbuskula. Arbuskula berperan dua arah, yaitu antara simbiosis fungi dan tanaman inang. Arbuskula memiliki fungsi sebagai tempat pertukaran metabolit antara fungi dan tanaman. Adanya arbuskula sangat penting untuk mengidentifikasi bahwa telah terjadinya infeksi pada akar (Suhardi, 1989).

3. Spora

Spora terbentuk pada ujung hifa eksternal. Spora ini dapat dibentuk secara tunggal, berkelompok atau di dalam sporokarp tergantung pada jenis fungsinya. Perkecambahan spora sangat sensitif tergantung kandungan logam berat di dalam tanah dan juga kandungan Al. Kandungan Mn juga mempengaruhi pertumbuhan miselium. Spora dapat hidup di dalam tanah beberapa bulan sampai beberapa tahun. Namun untuk perkembangan FMA memerlukan tanaman inang. Spora dapat disimpan dalam waktu yang lama sebelum digunakan lagi (Mosse, 1991).

2.5.2 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Keberadaan Spora FMA

1. Sinar

Peningkatan intensitas sinar biasanya meningkatkan kolonisasi, panjang hari juga meningkatkan kolonisasi akar. Penyinaran dengan periode 12 jam atau lebih mungkin lebih penting dari pada intensitas sinar yang besar dengan

periode penyinaran yang pendek di dalam meningkatkan kolonisasi akar, tetapi dengan panjang hari penyinaran yang sesuai, peningkatan intensitas sinar dapat meningkatkan kolonisasi. Nampaknya intensitas sinar yang rendah akan mengurangi kolonisasi akar namun pengaruhnya terhadap produksi spora kurang begitu nyata (Suhardi, 1989).

2. Suhu

Suhu berpengaruh terhadap infeksi yakni pada perkembangan spora, penetrasi hifa pada sel akar dan perkembangan pada korteks akar, selain itu suhu juga berpengaruh pada ketahanan dan simbiosis. Semakin tinggi suhu semakin besar terbentuknya kolonisasi dan meningkatnya produksi spora. Schenk dan Schroder (1974) menyatakan bahwa suhu terbaik untuk perkembangan arbuskula yakni pada suhu 30°C tetapi untuk koloni miselia terbaik berada pada suhu 28–34°C, sedangkan perkembangan bagi vesikel pada suhu 35°C.

3. Kandungan air tanah

Kandungan air tanah dapat berpengaruh secara langsung atau tidak langsung terhadap infeksi dan pertumbuhan FMA. Pengaruh secara langsung hifa FMA dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas serapan air. Sedangkan pengaruh tidak langsung karena adanya miselia eksternal menyebabkan fungsi mikoriza efektif dalam mengagregasi butir-butir tanah, kemampuan tanah menyerap air meningkat. Penjenuhan air tanah yang lama berpotensi mengurangi pertumbuhan dan infeksi fungsi mikoriza karena kondisi yang anaerob (Dewi, 2007).

Menurut Dewi (2007), beberapa dugaan mengapa mikoriza tahan terhadap kekeringan diantaranya adalah :

- a. Adanya FMA mengakibatkan resistensi akar terhadap gerakan air menurun sehingga transfer air ke akar meningkat.
- b. Tanaman kahat P lebih peka terhadap kekeringan, adanya FMA menyebabkan status P tanaman meningkat sehingga menyebabkan daya tahan terhadap kekeringan meningkat pula.
- c. Pengaruh tidak langsung karena adanya miselium eksternal menyebabkan FMA efektif di dalam mengagregasi butir-butir tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air meningkat.

4. pH Tanah

Fungi mikoriza umumnya lebih tahan terhadap perubahan pH tanah. Meskipun demikian, adaptasi masing-masing spesies fungi mikoriza terhadap pH tanah berbeda-beda, karena pH tanah mempengaruhi perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman. pH optimum untuk perkembangan fungi mikoriza berbeda-beda tergantung pada adaptasi fungi mikoriza terhadap lingkungan. Misalnya *Glomus mosseae* biasanya pada tanah alkali dapat berkecambah dengan baik pada air atau pada *soil extract* agar pada pH 6-9. Spora *Gigaspora coralloidea* dan *Gigaspora heterogama* dari jenis yang lebih tahan asam dapat berkecambah dengan baik pada pH 4-6. *Glomus epigaeum* perkecambahannya lebih baik pada pH 6-8 (Suhardi, 1989).

5. Bahan organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen dalam tanah yang penting disamping air dan udara. Jumlah spora FMA berhubungan erat dengan kandungan bahan organik 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 (Pujianto, 2001).

6. Logam berat dan unsur lain

Adanya logam berat dalam larutan tanah dapat mempengaruhi perkembangan mikoriza. Beberapa spesies mikoriza arbuskula diketahui mampu beradaptasi dengan tanah yang tercemar seng (Zn), tetapi sebagian besar spesies mikoriza peka terhadap kandungan Zn yang tinggi. Pada beberapa penelitian lain diketahui pula strain-strain fungi mikoriza tertentu toleran terhadap kandungan Mn, Al, dan Na yang tinggi (Janouskuva., 2006).