

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Budidaya Padi Konvensional

Menurut Mungara *et al.*, (2013) Pertanian Konvensional adalah pertanian seperti yang dilakukan oleh sebagian besar petani di seluruh dunia saat ini. Pertanian ini mengandalkan input dari luar sistem pertanian, berupa energi, pupuk, pestisida untuk mendapatkan hasil pertanian yang produktif dan bermutu tinggi.

Menurut Badan Ketahanan Pangan (2009) teknik budidaya padi secara Konvensional adalah sebagai berikut:

2.1.1. Persemaian

Untuk keperluan penanaman seluas 1 ha, benih yang dibutuhkan sebanyak ± 25 kg. Benih bernas (yang tenggelam) dibilas dengan air bersih dan kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Selanjutnya diperam dalam karung selama 48 jam dan dijaga kelembabannya dengan cara membasahi karung dengan air. Untuk benih hibrida langsung direndam dalam air dan selanjutnya diperam. Luas persemaian sebaiknya $400 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (4% dari luas tanam). Lebar bedengan pembibitan 1,0-1,2 m dan diberi campuran pupuk kandang, serbuk kayu dan abu sebanyak 2 kg m^{-2} . Penambahan ini memudahkan pencabutan bibit padi sehingga kerusakan akar bisa dikurangi. Antar bedengan dibuat parit sedalam 25-30 cm. Bibit siap ditanam setelah umur bibit kurang lebih tiga minggu.

2.1.2. Persiapan Lahan

Pengolahan tanah dapat dilakukan secara sempurna (2 kali bajak dan 1 kali garu) atau minimal atau tanpa olah tanah sesuai keperluan dan kondisi. Faktor yang menentukan adalah kemarau panjang, pola tanam, jenis/tekstur tanah. Dua minggu sebelum pengolahan tanah taburkan bahan organik secara merata di atas hamparan sawah. Bahan organik yang digunakan dapat berupa pupuk kandang sebanyak 5 t ha^{-1} .

2.1.3. Penanaman

Tanam bibit muda kurang dari 21 HSS (hari setelah semai), sebanyak 1-3 bibit/rumpun. Penyulaman dilakukan sebelum tanaman berumur 14 HST (hari setelah tanam). Pada saat bibit ditanam, tanah dalam kondisi jenuh air. Cara menanam padi adalah dengan memindahkan bibit persemaian ke dalam lahan

persawahan. Salah satu ciri bibit padi yang sudah siap tanam adalah memiliki daun dua sampai tiga helai dan telah berusia kurang lebih 2 minggu.

Cara menanam bibit padi tersebut bisa dilakukan dengan cara tunggal maupun ganda. Untuk satu lubang bisa diisi dua atau tiga tanaman padi. Proses penanaman bibit padi yang baik adalah dengan membuat lahan tergenang dengan air sedangkan kedalaman penanaman bibit sekitar 1-1,5 cm. Penanaman disarankan dengan sistem jejer legowo 2 : 1 atau 4 : 1 (40x(20x10) cm atau (50x(25x12,5) cm, karena populasi lebih banyak dan produksinya lebih tinggi dibanding dengan sistem jejer tegel. Cara tanam berselang seling 2 baris tanam dan 1 baris kosong (legowo 2 : 1) atau 4 baris tanam dan satu baris kosong (legowo 4 : 1). Pengaturan jarak tanam dilakukan dengan caplak, dengan lebar antar titik 20-25 cm. Setelah dilakukan caplak silang dan membentuk tegel (20 X 20 cm atau 25 X 25 cm), pada setiap baris ke tiga dikosongkan dan calon bibitnya ditanam pada barisan ganda yang akan membentuk jarak tanam dalam barisan hanya 10 cm. Kekurangan bibit untuk baris berikutnya diambilkan bibit dari persemaian.

2.1.4. Perawatan

Perawatan sangat penting dilakukan dalam budidaya padi. Untuk pengairan, cara pemberian air yaitu saat tanaman berumur 3 hari, petakan sawah diairi dengan tinggi genangan 3 cm dan selama 2 hari berikutnya tidak ada penambahan air. Pada hari ke-4 lahan sawah diari kembali dengan tinggi genangan 3 cm. Cara ini dilakukan terus sampai fase anakan maksimal. Mulai fase pembentukan malai sampai pengisian biji, petakan sawah digenangi terus. Sejak 10 -15 hari sebelum panen sampai saat panen tanah dikeringkan. Pada tanah berpasir dan cepat menyerap air, waktu pergiliran pengairan harus diperpendek. Apabila ketersediaan air selama satu musim tanam kurang mencukupi, pengairan bergilir dapat dilakukan dengan selang 5 hari.

a. Pupuk dasar /pertama: 150 kg phonska.

Sebaiknya pemberian pupuk dasar ini diberikan pada saat tanaman berumur 7-10 hst, pada saat ini perakaran padi sudah mulai berkembang dan siap menghisap pupuk yang diberikan walau jumlahnya sedikit. Bibit yang baru ditanam akan adaptasi dengan lingkungan beberapa hari (karena stress), ditandai dengan adanya sebagian dari daunnya yang kuning dan mengering. Setelah itu, proses tumbuh akar

berjalan. Dosis kandungan N di pemupukan pertama tanam 1/2 dari dosis pupuk ke-2 dan ke-3.

b. Pemupukan ke-2 : 150 kg phonska + urea 50 kg.

Diberikan sekitar minggu ke-3 atau 21 hst, sama seperti pemupukan dasar, setelah dilakukan pemupukan kemudian dilakukan penginjakan agar dapat terserap tanaman dengan optimal.

c. Pemupukan ke-3 : 50-100 kg urea.

Diberikan sekitar 30-40 hst waktu tanaman padi akan mengeluarkan malai. Pada saat ini daun tanaman perlu hijau untuk memproduksi makanan, apalagi daun bendera. Daun bendera yang masih agak hijau menandakan isi malai akan semakin baik, semakin merunduk. Dan ketika daun bendera suatu malai sudah kuning maka gabah yang dihasilkan kurang bernas. Masa pengisian bulir padi akan semakin panjang sekitar 4-5 hari. Hasilnya, malai yang kita hasilkan akan banyak yang bernas.

Pengendalian gulma secara manual dengan menggunakan kosrok (landak) sangat dianjurkan, karena cara ini sinergis dengan pengelolaan lainnya. Pengendalian gulma secara manual hanya efektif dilakukan apabila kondisi air di petakan sawah macak-macak atau tanah jenuh air.

2.1.5. Pemanenan

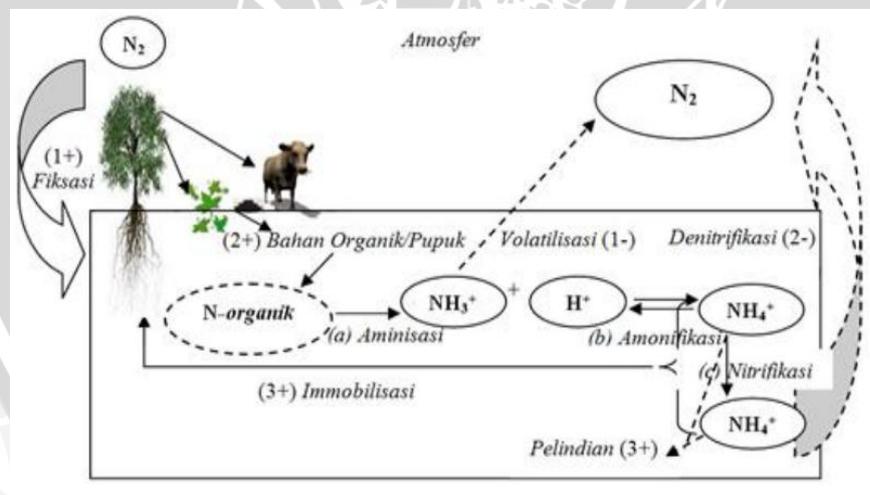
Panen dilakukan saat gabah telah menguning, tetapi malai masih segar. Potong padi dengan sabit gerigi, 30-40 cm di atas permukaan tanah. Gunakan plastik atau terpal sebagai alas tanaman padi yang baru dipotong dan ditumpuk sebelum dirontok. Sebaiknya panen padi dilakukan oleh kelompok pemanen dan gabah dirontokan dengan power tresher atau pedal tresher. Apabila panen dilakukan pada waktu pagi hari sebaiknya pada sore harinya langsung dirontokan. Perontokan lebih dari 2 hari menyebabkan kerusakan beras.

2.2. Kondisi Nitrogen pada Tanah Sawah

Padi merupakan tanaman yang unik, tanaman padi dapat tumbuh pada lahan dengan kondisi tergenang dan pada kondisi lahan kering. Dalam keadaan tergenang, semua hara berada dalam bentuk tereduksi. Nitrogen yang pada kondisi aerob diserap tanaman dalam bentuk nitrat, pada kondisi tergenang diserap dalam bentuk

ion amonium. Penggenangan menyebabkan fosfat lebih tersedia. Oleh sebab itu, pemupukan fosfat pada padi sawah tidak sepenting pada padi gogo dan palawija. penggenangan juga meningkatkan ketersediaan kalium, besi, mangan, dan silikon. Demikian pula kadar besi fero (Fe^{2-}) justru kadang-kadang berlebihan, yang menyebabkan keracunan pada tanaman padi (Setyorini dan Abdurachman, 2007).

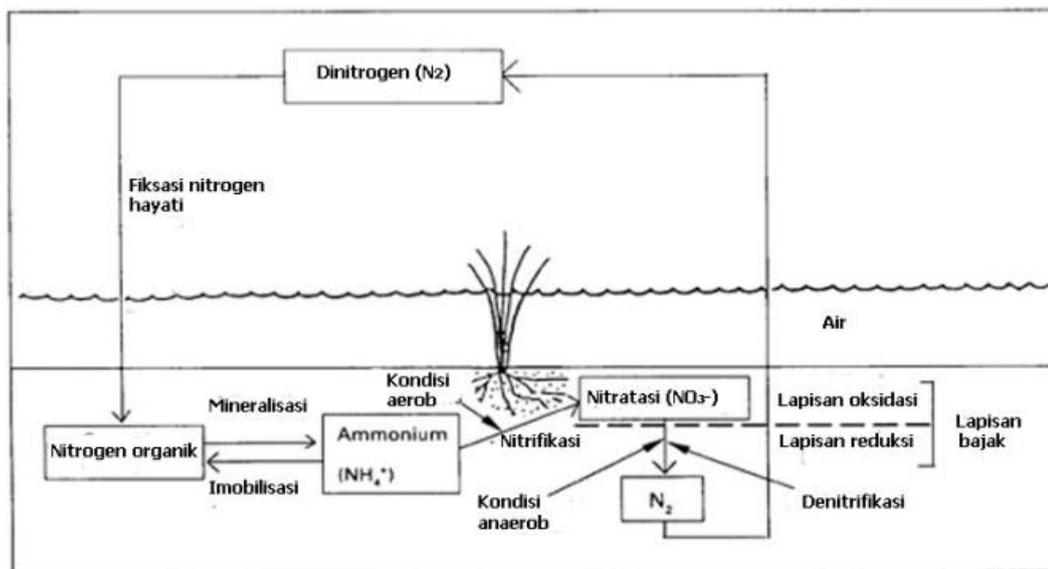
Siklus N (Gambar 1) dimulai dari fiksasi N_2 -atmosfir secara fisik/kimiawi yang meyuplai tanah bersama Presipitasi (hujan), dan oleh mikrobia baik lewat tanaman inangnya maupun setelah mati. Sel-sel mati ini bersama dengan sisa-sisa tanaman/hewan akan menjadi bahan organik yang siap didekomposisikan dan melalui serangkaian proses mineralisasi (aminisasi, amonifikasi dan nitrifikasi) akan melepaskan N-mineral (NH_4^+ dan NO_3^-) yang kemudian diimobilisasikan oleh tanaman atau mikroba. Gas amoniak hasil proses aminisasi apabila tidak segera mengalami amonifikasi akan segera tervolatilisasi (menguap) ke udara, begitu pula dengan gas N_2 hasil denitrifikasi nitrat, keduanya merupakan sumber utama N_2 -atmosfir. Kehilangan nitrat dan amonium melalui mekanisme pelindian (*leaching*) merupakan salah satu penyebab penurunan kadar N dalam tanah (Hanafiah, 2005).



Gambar 1. Siklus Nitrogen (Hanafiah, 2005)

Nitrogen dalam tanah berasal dari bahan organik, hasil pengikatan N dari udara oleh mikroba, pupuk, dan air hujan. Nitrogen yang dikandung oleh tanah pada umumnya rendah, sehingga harus ditambahkan dalam bentuk pupuk atau sumber lainnya pada setiap awal pertanaman. Nitrogen di dalam tanah mempunyai sifat yang dinamis (mudah berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain seperti NH_4^+

menjadi NO_3^- , NO menjadi N_2O dan N_2) dan mudah mudah hilang karena menguap dan tercuci bersama air drainase. Berdasarkan total serapan N tanaman padi, diketahui bahwa sekitar 60% N yang diserap berasal dari N tanah sedangkan sisanya 40% dari pupuk N (Hasegawa, 1992). Pada ekosistem tanah sawah (tergenang) (Gambar 2) mengandung lima sub-ekosistem utama yakni air genangan, lapisan permukaan yang oksidatif (aerob), lapisan lumpur yang reduktif (anaerob), sub soil dan tanaman padi dengan rhizosfernya. Air genangan dan lapisan oksidatif menyusun suatu ekosistem bersambungan (*continuous*) dimana terjadi empat mekanisme yang berkaitan dengan kesuburan tanah yaitu penambat N_2 biologis, kehilangan N melalui penguapan NH_3 , imobilisasi dan siklus unsur hara oleh mikroorganisme fotosintetik dan transpor hara dari tanah ke larutan (air) oleh fitoplankton dan konsumen primer (Sudadi, 2007).



Gambar 2. Siklus Nitrogen pada Lahan Sawah (Kyuma, 1995)

Pada lapisan atas dimana oksigen masih cukup, proses mineralisasi akan menghasilkan NO_3^- . Sedangkan pada lapisan dibawahnya yang sifatnya reduktif (tanpa oksigen) maka asimilasi akan berhenti sampai amonifikasi yaitu terbentuknya NH_4^+ . Nitrat (NO_3^+) yang terbentuk di lapisan atas (lapisan oksidasi) sebagian akan berdifusi ke lapisan reduksi dan selanjutnya akan terjadi proses denitrifikasi, terbentuknya gas N_2O atau N_2 yang hilang ke udara (Prasetyo *et al.*, 2004).

2.3. Kondisi Fosfat pada Tanah Sawah

Respon tanaman terhadap pemupukan fosfat tidak sama antara padi sawah dengan tanaman tanah kering. Meskipun masalah kekahatan P tidak umum pada tanah sawah, namun Diamond (1985) menyatakan bahwa pada tanah Ultisol, Oxisol, Inceptisol tertentu dan sulfat masam, hal tersebut merupakan masalah penting untuk tanaman padi.

Pada awal penggenangan konsentrasi P dalam larutan tanah meningkat kemudian menurun untuk semua jenis tanah, tetapi nilai tertinggi dan waktu terjadinya bervariasi tergantung sifat tanah (Yoshida, 1981). Peningkatan ketersediaan P akibat penggenangan disebabkan oleh pelepasan P yang dihasilkan selama proses reduksi. Mekanismenya adalah sebagai berikut:

1. Fosfor hanya dilepaskan apabila ferifosfat (Fe^{3+}) tereduksi menjadi ferofosfat (Fe^{2+}) yang lebih mudah larut. Willet (1985) menunjukkan reduksi feri oksida merupakan sumber yang dominan bagi pelepasan P selama penggenangan, walaupun sejumlah P yang dilepaskan akan diirap kembali. Pelepasan P yang berasal dari senyawa feri terjadi setelah reduksi mangan oksida.
2. Pelepasan *occluded* P akibat reduksi ferioksida yang menyelimuti P menjadi ferooksida yang lebih larut selama penggenangan. Penyelimutan P oleh feri oksida berada dalam liat dan zarah liat membentuk *occluded* P (Sanchez, 1993).
3. Adanya hidrolisis sejumlah fosfat terikat besi dan aluminium dalam tanah masam, yang menyebabkan dibebaskannya fosfor terjerap pada pH tanah yang lebih tinggi (Kyuma, 2004). Menurut Willet (1985), peningkatan pH tanah masam akibat penggenangan telah meningkatkan kelarutan strengit dan variscit dan selanjutnya terjadi peningkatan ketersediaan P. Sebaliknya ketika pH pada tanah alkalin menurun dengan adanya penggenangan, stabilitas mineral kalsium fosfat akan menurun, akibatnya senyawa kalsium fosfat larut (Willet, 1985).
4. Asam organik yang dilepaskan selama dekomposisi anaerob dari bahan organik pada kondisi tanah tergenang dapat meningkatkan kelarutan dari senyawa Ca-P maupun Fe-P dan Al-P melalui proses khelasi ketiga kation tersebut (Ca, Fe, Al).

5. Difusi yang lebih besar dari ion H_2PO_4^- ke larutan tanah melalui pertukaran dengan anion organik (Sanchez, 1993).

2.4. Peran *Azospirillum* sp. Sebagai Bakteri Penambat Nitrogen

Nitrogen adalah unsur hara yang bermuatan positif (NH_4^+) dan negatif (NO_3^-), yang mudah hilang atau menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Beberapa proses yang menyebabkan ketidakterediaan N dari dalam tanah adalah proses pencucian/terlindi (*leaching*) NO_3^- . Denitrifikasi NO_3^- menjadi N_2 , volatilisasi NH_4^+ menjadi NO_3^- , terfiksasi oleh mineral liat atau dikonsumsi oleh mikroorganisme tanah (Muklis dan Fauzi, 2003).

Pupuk Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ adalah pupuk yang mengandung 46% N, sangat mudah larut dalam air dan bereaksi cepat, juga mudah diubah menjadi ion amonium (NH_4^+) yang dapat diserap oleh tanaman (Novizan, 2003). Secara umum efisiensi serapan nitrogen pada lahan sawah beririgasi hanya bisa mencapai 45% dan sisanya sekitar 55% tidak dapat dimanfaatkan tanaman (Jipelos, 1989). Menurut Rusmarkam dan Yuwono (2002), pada dasarnya tanaman menyerap makanan dari dalam tanah dalam bentuk ion-ion. Kebanyakan ion-ion tersebut berada dalam senyawa kompleks yang tidak dapat langsung diserap tanaman. Untuk itu peningkatan efisiensi pemupukan diperlukan, agar dapat mengurangi jumlah pupuk anorganik yang diaplikasikan. Salah satunya yaitu menggunakan pupuk hayati berupa *Azospirillum* sp. Bakteri *Azospirillum* sp. hidup bebas dalam tanah di sekitar akar dan permukaan akar tanaman.

Bakteri *Azospirillum* sp. mampu menyediakan unsur N dan P bagi pertumbuhan tanaman, serta sekaligus sebagai bakteri pemantap agregat tanah. *Azospirillum* juga dapat merombak bahan organik kelompok karbohidrat, seperti selulosa dan amilosa, serta bahan organik yang mengandung sejumlah lemak dan protein di dalam tanah (Widawati, 2011). Hidupnya dalam habitat rizosfer tanaman dapat berasosiasi dan berinteraksi dengan perakaran, sehingga berperan dalam mengubah morfologi akar, seperti bertambahnya jumlah akar rambut, akar semakin panjang, dan permukaan akar yang semakin luas (Okon 1985).

Bakteri *Azospirillum* merupakan mikroba penambat N yang hidup berasosiasi dengan tanaman di dalam akar. Asosiasi antara *Azospirillum* dengan akar tanaman mampu meningkatkan efisiensi pemupukan. Menurut Hastuti dan

Gunarto (1993), asosiasi antara *Azospirillum* sp. dengan tanaman diduga bersifat simbiosis karena bakteri itu menggunakan senyawa malat sebagai sumber C untuk pertumbuhannya. Kefalogianni dan Angelis (2002) menambahkan bahwa asosiasi yang bersifat simbiosis antara *Azospirillum* sp. dengan tumbuhan berlangsung karena bakteri menerima fotosintat dari tumbuhan dan sebaliknya bakteri menyediakan N untuk tumbuhan dari N yang difiksasinya, zat pengatur tumbuh, vitamin, dan unsur besi. Tien *et al.*, (1979) menambahkan bahwa selain dapat menambat N dari udara, bakteri *Azospirillum* sp. juga memproduksi zat pengatur tumbuh tanaman seperti auksin, giberelin, dan sitokinin yang berguna bagi pertumbuhan tanaman.

Azospirillum sp. merupakan salah satu bakteri dari kelompok *Rhizobacteria*, berpotensi sebagai pupuk hayati (Nurosid, 2008) ataupun sebagai *plant growth promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Glick, 1995). Bakteri tersebut mampu menambat nitrogen (N_2) dari udara (Okon, 1985) dalam kondisi mikroaerofil (Rao, 1982) dan mengubahnya menjadi NH_3 menggunakan enzim nitrogenase, kemudian diubah menjadi glutamin atau alanin (Waters *et al.*, 1998), sehingga bisa diserap oleh tanaman dalam bentuk NO_3 dan NH_4^+ . Kemampuannya dalam fiksasi nitrogen sebanyak 40–80% dari total nitrogen dalam rotan, dan 30% dari total nitrogen dalam tanaman jagung (Eckert *et al.*, 2001). Bakteri tersebut juga mampu melarutkan P terikat pada Al, Ca, dan Fe dalam tanah menjadi unsur P tersedia bagi tanaman (Widawati, 2011).

2.5. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Sebagai Peningkat Ketersediaan Unsur Fosfor (P)

Fungi mikoriza arbuskula merupakan suatu bentuk asosiasi antara jamur dengan akar tumbuhan tingkat tinggi, yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan dengan satu atau lebih galur mikobion dalam ruang dan waktu. Fungi mikoriza termasuk golongan endomikoriza. Tipe fungi ini dicirikan oleh hifa yang intraseluler yaitu hifa yang menembus ke dalam korteks dari satu sel kesel yang lain (Manan, 1993). Ciri utama arbuskula mikoriza adalah terdapatnya arbuskula di dalam korteks akar. Awalnya fungi tumbuh di antara sel-sel korteks, kemudian menembus dinding sel inang dan berkembang di dalam sel (Brundrett *et al.*, 1996).

Struktur FMA meliputi hifa eksternal, hifa internal, spora, arbuskula atau vesikula. Infeksi cendawan hanya pada korteks primer sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada jaringan akar. Proses infeksi dimulai dengan pembentukan apesorium pada permukaan akar oleh hifa eksternal, dan selanjutnya hifa akan menembus sel-sel korteks akar melalui rambut akar atau sel epidermis. Hifa dari FMA tidak bersekat, hifa ini terdapat diantara sel-sel korteks akar dan bercabang-cabang di dalamnya, tetapi tidak sampai masuk ke jaringan stele. Di dalam sel-sel yang terinfeksi terbentuk gelung hifa atau cabang-cabang hifa kompleks yang dinamakan arbuskula (Moose, 1981).

Terdapat tiga komponen dalam sistem asosiasi akar CMA yaitu akar tanaman inangnya sendiri, hifa eksternal yaitu bagian hifa yang menjulur ke luar akar dan menyebar dalam tanah dan hifa internal yaitu bagian hifa yang masuk ke dalam akar dan menyebar dalam akar. Pengamatan terhadap hifa internal sangat penting untuk menentukan sampai sejauh mana tingkat kolonisasi akar tersebut oleh CMA. Hifa CMA ini sangat halus dengan diameter bervariasi antara 2-27 μm dan transparan. Oleh karena itu untuk pengamatannya diperlukan pewarnaan (Sumarni, 2001).

Adapun manfaat mikoriza bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sebagai inangnya, adalah meningkatkan penyerapan unsur hara dari tanah, sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan meningkatkan hormon pemacu tumbuh (Prihastuti, 2007).

Tanaman yang bermikoriza tumbuh lebih baik dari tanaman tanpa mikoriza. Penyebab utama adalah mikoriza secara efektif dapat meningkatkan penyerapan unsur hara baik unsur hara makro maupun mikro. Selain itu, akar yang bermikoriza dapat menyerap unsur hara dalam bentuk terikat dan yang tidak tersedia bagi tanaman (Anas, 1997).

Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan adanya simbiosis ini adalah: (1) miselium fungi meningkatkan area permukaan akuisisi hara tanah oleh tanaman, (2) meningkatkan toleransi terhadap kontaminasi logam berat, kekeringan, serta patogen akar, dan (3) memberikan akses bagi tanaman untuk dapat memanfaatkan

hara yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman (Gentili dan Jumpponen, 2006).

Bagi tanaman inang, adanya asosiasi dengan fungi mikoriza dapat memberikan manfaat yang sangat besar bagi pertumbuhannya baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara tidak langsung fungi mikoriza berperan dalam perbaikan stuktur tanah, meningkatkan kelarutan hara, dan proses pelapukan batu induk. Secara langsung, fungi mikoriza dapat meningkatkan serapan air, hara, dan melindungi tanaman dari pathogen akar dan unsur toksik (Subiksa, 2005).

Adanya fungi mikoriza sangat penting bagi ketersediaan unsur hara seperti P, Mg, K, Fe dan Mn untuk pertumbuhan tanaman. Hal ini terjadi melalui pembentukan hifa pada permukaan akar yang berfungsi sebagai perpanjangan akar terutama di daerah yang kondisinya miskin unsur hara, pH rendah dan kurang air. FMA ditemukan pada berbagai ekosistem dengan populasi dan komposisi jenis FMA yang sangat beragam (Rini dan Rosalinda, 2010). Banyak faktor mempengaruhi keberadaan fungi ini dalam suatu ekosistem seperti karakteristik tanah, jenis dan umur tanaman inang, serta sistem pengelolaan lahan (Kivlin *et al.*, 2011).

