

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikoriza

Mikoriza pertama kali ditemukan oleh Frank, seorang botanist dari Eropa dan diartikan sebagai *root fungus* (jamur akar) karena kemampuannya mengambil unsur hara tanaman (Muhibuddin, 2007). Mikoriza adalah struktur yang terbentuk dari hasil simbiosis mutualisme antara cendawan tanah dengan akar tanaman. Dalam proses ini, tanaman inang dapat memperoleh hara dengan bantuan cendawan mikoriza sedangkan mikoriza mendapatkan fotosintat untuk pertumbuhannya dari tanaman inang (Brundett *et al.*, 1996).

Simbiosis antara mikoriza dan tanaman inang ini juga memberikan tempat hidup dan nutrisi (karbon) bagi mikoriza oleh tanaman (Ashari, 2012). Mikoriza melalui akar eksternalnya mampu menghasilkan glikoprotein glomalin dan asam-asam organik yang mampu mengikat butir-butir tanah sehingga menjadi agregat mikro dan memperbaiki sifat fisik tanah. Selanjutnya melalui proses mekanis oleh hifa eksternal yang mana agregat mikro menjadi agregat makro (Faiza *et al.*, 2013). Selain itu, mikoriza akan memperoleh karbohidrat dalam bentuk gula sederhana atau glukosa.

Beberapa jenis tanaman inang memiliki kompatibilitas dengan mikoriza. Kompatibilitas ini yaitu kedua simbion mampu menggunakan fungsi bersimbiosis secara maksimal. Pada beberapa jenis mikoriza terlihat adanya pembentukan dan perkembangan struktur didalam akar. Sementara, pada tanaman tersebut mengalami peningkatan pertumbuhan dan hasil (Smith and Rith, 2008). Namun, hubungan simbiosis ini tergantung pada jenis mikoriza, genotip dan kondisi tanah serta interaksinya (Brundett *et al.*, 1996)

### 2.2 Jenis Mikoriza

Berdasarkan asosiasinya terhadap tanaman inangnya, jamur mikoriza dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza adalah jamur yang menginfeksi akar tanaman diantara sel korteks akar (intraseluler) serta dapat menghasilkan hifa dalam jumlah besar di sekitar

permukaan akar dan di dalam tanah. Endomikoriza adalah jamur yang masuk ke dalam sel korteks dari akar serabut (*feeder roots*). Jamur tersebut membentuk selubung padat, namun membentuk miselium yang tersusun longgar pada permukaan akar. Selain itu, jamur juga membentuk vesikula dan arbuskular yang besar di dalam sel korteks sehingga disebut dengan Mikoriza Arbuskular (Sylvia, 1998). Selain kedua jenis mikoriza tersebut, terdapat jenis yang membedakan dari kelompok tersebut yaitu ektendomikoriza. Jenis ini merupakan peralihan antara jenis endomikoriza dan ektomikoriza (Harley and Smith, 1983).

### 2.2.1 Endomikoriza

Endomikoriza ini memiliki persebaran lebih luas dan dapat berasosiasi dengan hampir 90% spesies tanaman tingkat tinggi, salah satunya adalah MA (Cruz *et al.*, 2000). Mikoriza Arbuskula merupakan tipe endomikoriza yang masuk kedalam kelas *Zygomycetes*, ordo *Glomeromycota* yang dibagi dalam beberapa famili dan genus (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi Mikoriza Arbuskula (MA)

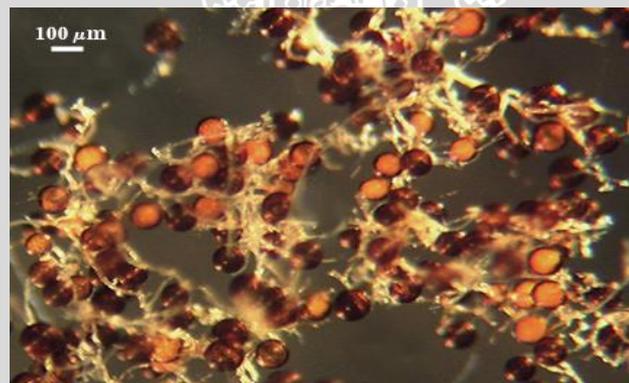
Ordo	Famili	Genus
<i>Glomeromycota</i>	<i>Glomeraceae</i>	<i>Funneliformis, Septoglomus, Glomus, Rhizopagus,</i>
	<i>Pacisporaceae</i>	<i>Pacispora</i>
	<i>Acaulosporaceae</i>	<i>Acaulosporae</i>
		<i>Entrophospora</i>
	<i>Diversisporaceae</i>	<i>Diversispora, Redeckera</i>
	<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora,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

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

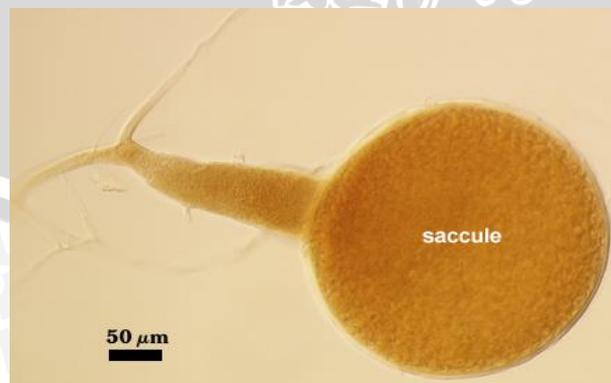
Endomikoriza memiliki hifa yang mampu menembus kedalam sel korteks akar dan membentuk struktur yang khas berbentuk oval yang disebut dengan *vehicle* dan sistem percabangan hifa yang disebut dengan *arbuscule*. MA ini masuk ke dalam sistem perakaran untuk melakukan simbiosis mutualistik antara mikoriza dengan akar. MA masuk ke dalam sel korteks dari sel akar serabut menggunakan

hifa intraseluler, namun tidak membentuk miselium yang tersusun longgar pada permukaan akar (Thorn, 1997).

Melalui hifa intraseluler maka spora akan berkembang dan membesar seperti spora yang disebut *hyphal terminus*. Selanjutnya, *hyphal terminus* akan rusak dan isinya akan masuk ke spora. Rusaknya *hyphal terminus* akan meninggalkan bekas lubang kecil yang disebut *Cicatric*. Perkembangan mikoriza ini disebut dengan disebut dengan *Acaulospora* sp. (Hartoyo, 2011) (Gambar 1). Sedangkan, pada jenis *Glomus* sp., perkembangan spora dimulai dari ujung hifa yang membesar sampai ukuran maksimal dan membentuk spora. Dinding spora berwarna merah sampai coklat sampai lebih pekat. Jenis ini tidak membentuk dinding perkecambahan namun, membentuk pori pada daerah melekatnya hifa pembawa. Sehingga, dinding spora berjumlah satu dan seluruh lapisan yang ada pada dinding spora berasal dari dinding hifa pembawa (Yovita, 2008) (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>)

### 2.2.2 Ektomikoriza

Ektomikoriza terdiri dari kelompok fungi Basidiomycetes, Ascomycetes atau Zygomycetes. Ektomikoriza tumbuh pada sekitar akar tanaman, terutama pada ujung akar selanjutnya terjadi penetrasi fungi ke bagian korteks. Jenis jamur ini menyelubungi masing-masing cabang akar dalam selubung atau mantel hifa. Hifa-hifa tersebut menembus antar sel korteks akar (interseluler). Asosiasi ektomikoriza dengan akar ini sering dijumpai pada daerah dingin (beriklim sedang) dengan tanaman khusus dan semak-semak (Rao, 1994).

### 2.2.3 Ektendomikoriza

Mikoriza yang memiliki bentuk yang mirip dengan ektomikoriza dan endomikoriza adalah ektendomikoriza. Ciri-ciri dari mikoriza ini ditandai dengan adanya selubung akar yang tipis berupa jaringan hartiq, hifa yang dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel korteksnya (Musfal, 2010).

## 2.3 Perkembangan Mikoriza

Perkembangan MA dan derajat infeksi dari sel korteks inang dipengaruhi oleh lingkungan dan faktor abiotik. Interaksi antar faktor biotik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan yang terdapat mikoriza (Richard, 1987). Beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pembentukan MA adalah cahaya, suhu, kandungan air tanah, pH tanah, ketersediaan hara, bahan organik, tanaman inang dan mikroorganisme (Setiadi, 2001).

### 2.3.1 Cahaya

Rendahnya jumlah produksi spora dan akar tanaman yang terinfeksi MA dapat disebabkan oleh tingginya naungan pada tanaman inang. Naungan yang rendah dapat meningkatkan respon tanaman terhadap mikoriza. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan dan perkembangan hifa internal dalam akar yang baik sehingga memacu perkembangan hifa eksternal pada rhizosfer (Setiadi, 2001).

### 2.3.2 Suhu

Suhu dapat mempengaruhi perkembangan spora, penetrasi hifa pada sel akar dan perkembangan hifa pada korteks akar. Selain itu, suhu juga berpengaruh pada ketahanan dan simbiosis MA. Semakin tinggi suhu semakin banyak jumlah spora, hal ini menunjukkan suhu dan mikoriza berkorelasi positif. Suhu berpengaruh

dalam pertumbuhan dan pembentukan koloni spora mikoriza. Hal ini pada suhu tinggi, aktifitas mikoriza akan semakin meningkat sehingga jumlah mikoriza akan lebih banyak. Suhu terbaik untuk untuk perkembangan mikoriza yakni 28-35°C.

### 2.3.3 Kandungan Air Tanah

Kandungan air tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan serta infeksi mikoriza terhadap akar tanaman. Kadar air tanah yang sangat tinggi atau sangat rendah juga kurang baik bagi perkembangan mikoriza. Apabila kadar air sangat tinggi menyebabkan kondisi anaerob sehingga menghambat perkembangan mikoriza karena semua jamur pembentuk mikoriza adalah obligat aerob. Sedangkan kandungan air tanah yang rendah menyebabkan kondisi lahan kering. Lahan kering sangat mendukung bagi perkembangan mikoriza, dimana ketersediaan unsur hara yang rendah pada kondisi lahan kering tersebut akan mengoptimalkan perkembangan hifa mikoriza (Nurhalimah *et al.*, 2013).

### 2.3.4 Derajat Kemasaman (pH)

Derajat kemasaman berpengaruh terhadap aktifitas enzim fosfatase dalam perkecambahan spora. Derajat kemasaman berpengaruh pada perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan. Kondisi pH optimum untuk perkembangan fungi mikoriza berbeda-beda tergantung pada adaptasi fungi mikoriza terhadap lingkungan. Beberapa spesies MA beradaptasi pada pH dengan lingkungan yang berbeda antara lain, *Glomus mosseae* dapat berkecambah dengan baik pada pH 6–9. Spora *Gigaspora coralloidea* dan *Gigaspora heterogama* dapat berkecambah dengan baik pada pH 4–6. *Glomus epigaeum* perkecambahannya lebih baik pada pH 6–8.

### 2.3.5 Bahan Organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen yang menunjang dalam meningkatkan kesuburan tanah serta memperbaiki sifat-sifat tanah. Jumlah spora mikoriza berhubungan erat dengan kadar bahan organik dalam tanah. Pada tanah yang memiliki kadar bahan organik 1–2% spora maksimum sedangkan pada tanah berbahan organik kurang dari 0,5% spora sangat rendah (Sundari *et al.*, 2011).

### 2.3.6 Tanaman Inang

Mikoriza arbuskular merupakan simbiosis obligat yang dalam siklus hidupnya membutuhkan tanaman inang sebagai tempat hidupnya. Tanaman inang merupakan sumber senyawa karbon yang merupakan nutrisi bagi mikoriza. Kondisi fisik tanaman akan mempengaruhi perkembangan mikoriza dan terputusnya asosiasi antara fungi dengan tanaman, selanjutnya dapat memicu sporulasi mikoriza. Kondisi tanaman inang tertekan atau terganggu maka cenderung membentuk spora lebih banyak (Shi *et al.*, 2007).

### 2.3.7 Mikroorganisme

Keberadaan mikroorganisme lain di dalam tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman inang, hal ini karena mikroorganisme di dalam tanah ada yang bersifat antagonis terhadap tanaman dan ada juga yang bersifat non-antagonis terhadap tanaman. Mikroorganisme yang bersifat antagonis akan menyerang tanaman inang dan menimbulkan gangguan fisik, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman inang dan mampu memicu sporulasi mikoriza (Paulitz dan Linderman, 1991). Namun mikroorganisme yang bersifat non-antagonis tidak menimbulkan gangguan fisik justru terkadang mikroorganisme tertentu dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman inang dan mempengaruhi perkembangan (Mukherji *et al.*, 1997).

## 2.4 Peran Mikoriza dalam Tanah

Secara umum mikoriza berperan dalam ekosistem, tanaman dan manusia. Di dalam ekosistem, mikoriza berperan dalam siklus hara dengan memperbaiki struktur tanah dan memberikan karbohidrat dari tanaman ke organisme tanah yang lain. Manfaat untuk tumbuhan, mikoriza mampu meningkatkan penyerapan unsur hara terutama unsur P.

Keberadaan MA dalam tanah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti kondisi fisik dan kimia tanah. Sifat tanah tekstur, pH, C-Organik, N, P dan K mempengaruhi sebaran MA dalam tanah (Cahyani *et al.*, 2014). Ketersediaan hara yang rendah akan mengoptimalkan kerja mikoriza dengan memperluas daerah penyerapan dan menembus daerah penipisan nutrisi (*zone of nutrient depletion*). Populasi MA yang tinggi diduga disebabkan oleh kondisi lingkungan yang lebih

sesuai dan tidak terdapat jamur antagonis yang menghambat sporulasi MA sehingga mendukung pertumbuhan dan perkembangan spora (Puspitasari, 2012).

Unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman yang terinfeksi mikoriza terutama P, karena unsur P diperlukan tanaman dalam jumlah banyak. Selain mampu meningkatkan unsur P, mikoriza juga meningkatkan ketersediaan unsur-unsur hara mikro seperti Cu, Zn dan B (Setiadi, 2003). Berdasarkan penelitian Arief (2016) menjelaskan bahwa peningkatan nilai P-tersedia dalam tanah dikarenakan kemampuan mikoriza dalam menyediakan unsur P dalam tanah. Fosfat yang diserap oleh tanaman tanpa mikoriza sangat terbatas oleh kelambatan gerak dari anion dalam tanah. MA melepaskan P tanah dari sukar larut menjadi bentuk yang larut sehingga mampu diserap oleh tanah. Melalui asosiasi MA dengan hifa eksternal mampu meningkatkan luas daerah penyerapan hara terutama fosfor. Peningkatan fosfor dalam tanah akan meningkatkan proses fotosintesis dan juga meningkatkan bahan kering tanaman kudzu tropika (Indriani *et al.*, 2006).

Penyerapan unsur hara oleh mikoriza juga dapat melalui kemampuan mikoriza dalam memperbaiki sifat fisik tanah. Peningkatan jumlah spora memberikan pengaruh pada pori drainase lambat. Meningkatnya kepadatan tanah akibat pemberian isolat mikoriza dan menurunnya porositas tanah sehingga menurunkan pori drainase. Seiring peningkatan kepadatan tanah menurunkan pori tanah, sehingga membantu tanah untuk mengikat air dengan lebih baik (Cahyani, 2016).

### **2.5 Peran Pupuk Kandang Sapi dalam Tanah**

Pupuk kandang adalah pupuk organik yang berasal dari kandang ternak, baik berupa kotoran padat (feses) yang bercampur sisa makanan maupun urine. Oleh karena itu, pupuk kandang terdiri dari dua jenis yaitu berupa padatan dan cair (Lingga dan Marsono, 2013). Pupuk kandang juga terdapat dua golongan yaitu pupuk dingin dan pupuk dingin. Pupuk dingin merupakan pupuk yang terbentuk karena proses mikroorganisme berlangsung secara perlahan-lahan sehingga tidak membentuk panas. Sebaliknya, pupuk panas yaitu pupuk yang terbentuk karena proses penguraian oleh mikroorganisme secara cepat sehingga membentuk panas (Hayati *et al.*, 2012). Pupuk kandang dapat diperoleh dari beberapa jenis ternak seperti kuda, sapi, kerbau, kambing, domba, babi dan ayam.

Pupuk kandang sapi merupakan salah satu sumber bahan organik yang mudah didapatkan dibandingkan pupuk kandang lainnya. Penambahan pupuk kandang sapi dapat meningkatkan kandungan C-Organik (Apriwulandari, 2008). Pupuk kandang sapi mengandung kadar lengas 26,28%, C Organik 6,62%, N total 0,65%, nisbah C/N 10,18, kadar bahan organik 11,41%, asam humat 3,42% dan asam fluvat 2,92% (Trianasari, 2009). Pupuk kandang sapi sebagai salah satu pupuk dingin memiliki kadar Nitrogen 0,40%, fosfor 0,20%, kalium 0,10%, dan kadar air 85% (Lingga dan Marsono, 2013).

Pengaplikasian pupuk kandang sapi memberikan manfaat bagi pertumbuhan tanaman dan meningkatkan kemampuan tanah untuk menyimpan air. Melalui daya simpan air yang tinggi maka mineralisasi bahan organik menjadi hara dapat dimanfaatkan oleh tanaman selama masa pertumbuhannya. Air yang tersimpan oleh bahan organik tersebut juga membantu pergerakan unsur hara dalam tanah dan mendistribusikan ke seluruh organ tanaman (Sudarto *et al.*, 2003). Penambahan pupuk kandang sapi memberikan nilai pH yang lebih tinggi dan KTK. Pelepasan kation-kation basa sehingga kation tersebut dapat menggantikan  $H^+$  yang terjerap. Pelapukan bahan organik akan menghasilkan humus (koloid organik) yang mempunyai permukaan dapat memecah unsur hara. Melalui peningkatan KTK menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara sehingga terhindar dari pencucian (Apriwulandari, 2008).

Selain pupuk kandang mampu menambah unsur hara dalam tanah, juga dapat memperbaiki sifat fisik tanah (Sarief, 1989). Beberapa sifat fisik yang dipengaruhi oleh pupuk kandang adalah kemantapan agregat, bobot volume, total ruang pori, plastisitas dan daya pegang air (Soepardi, 1983). Melalui pemberian bahan organik pada tanah berpasir cenderung meningkatkan porositas dan berpengaruh terhadap ketersediaan air pada tanah (Arief, 2016).

Pada umumnya, keadaan tanah Indonesia diberi pupuk kandang sebanyak 20 ton/ha (Lingga dan Marsono, 2013) Menurut hasil penelitian Mayadewi (2007), pemberian pupuk kandang sapi 20 ton/ha memberikan berat tongkol tertinggi pada jagung. Peningkatan berat tongkol diduga berhubungan erat dengan besarnya fotosintat yang ditranslokasikan ke bagian tongkol. Semakin besar fotosintat yang ditranslokasikan ke tongkol maka semakin meningkat pula berat segar tongkol.

## 2.6 Tanah Ultisol

Ultisol merupakan salah satu tanah mineral yang memiliki warna podsolik merah dan kuning. Jenis tanah ini juga cukup mendominasi di daratan Indonesia. Berdasarkan data Puslitbang tanah menunjukkan bahwa sebaran tanah Ultisol di mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari sebaran tanah di daratan Indonesia. Sebaran di daerah Kalimantan paling tinggi seluas 21.938.000 ha. Tanah ini dijumpai pada berbagai relief, mulai datar hingga bergunung (Prasetyo dan Suriadakarta, 2006).

Tanah Ultisol mempunyai tingkat perkembangan lanjut yang di cirikan dengan penampang tanah yang dalam, kenaikan fraksi liat seiring dengan kedalaman tanah, reaksi tanah masam dan kejenuhan basa rendah (Subowo *et al.*, 1990). Berdasarkan penelitian Prasetyo dan Suriadakarta (2006), reaksi tanah Ultisol pada umumnya memiliki tingkat kemasaman tinggi dengan pH antara 5 sampai 3,1 kecuali tanah Ultisol dari batu gamping yang mempunyai reaksi netral hingga agak masam pH 6,8 sampai 6,5. Kapasitas tukar kation pada tanah Ultisol dari granit, sedimen dan tufa tergolong rendah masing-masing berkisar antara 2,9 sampai 7,5 cmol/kg, 6,11 sampai 13,68 cmol/kg dan 6,10 sampai 6,80 cmol/kg. Sedangkankan dari bahan volkan andesit dan batu gamping tergolong tinggi (> 17 cmol/kg). Kejenuhan Al pada tanah Ultisol dari bahan sedimen dan granit juga cukup tinggi lebih dari 60%. Namun, kejenuhan Al pada Ultisol dari bahan volkan rendah dan gamping.

Kandungan hara dan kimia pada tanah Ultisol tersebut dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Kandungan bahan organik juga sangat rendah sampai sedang dengan C/N termasuk rendah. Kandungan P potensial dan tersediapun sangat rendah. Kandungan K potensial dalam tanah juga tergolong sangat rendah sampai rendah dan KTK juga termasuk rendah (Hidayat dan Mulyani, 2002). Dalam penelitian Yulnafatmawita *et al.* (2012) bahwa Ultisol di Limau Manis mempunyai kandungan BO yang rendah sekitar 2,9% pada top soil. Kondisi iklim dengan suhu dan curah hujan yang tinggi mengakibatkan laju pelapukan BO semakin cepat.

## 2.6 Tanah Entisol

Tanah marginal adalah tanah yang memiliki daya dukung rendah dan banyak permasalahan pada pengelolaan pertanian. Salah satu tanah marginal yang terdapat di Indonesia adalah tanah Entisol (Suryani, 2011). Tanah entisol merupakan tanah muda yang dan baru berkembang. Tanah ini memiliki penciri lain okrik, albik atau histik. Tanah ini dulu disebut dengan Regosol (Hardjowigeno, 1995). Tanah Entisol memiliki bahan mineral belum membentuk horizon pedogenik yang nyata, karena pelapukan baru terjadi atau hasil bahan induk yang sukar seperti pasir kuarsa, atau batuan keras yang lambat larut seperti batu gamping, atau pencampuran horison oleh pengolahan tanah atau hewan (Darmawidjaja, 1990).

Tanah Entisol adalah tanah yang belum berkembang dan banyak dijumpai pada tanah dengan bahan induk yang sangat beragam, baik dari jenis dan sifat asalnya. Beberapa contoh Entisol antara lain berupa tanah yang berkembang pada kondisi yang sangat basah atau sangat kering. Nilai reaksi tanah sangat beragam mulai dari pH 2,5 sampai 8,5 dengan kadar bahan organik tergolong rendah dan biasanya kurang dari 1%, kejenuhan basa sedang hingga tinggi dengan KTK sangat beragam karena tergantung bahan induk, permeabilitas dan peka terhadap erosi. Meskipun pada tanah ini tidak terjadi pencucian hara, untuk mendapatkan hasil tanaman yang tinggi biasanya membutuhkan pupuk N, P dan K (Munir, 1996).

Entisol mempunyai kadar liat yang rendah sehingga mudah melewatkan air dan air mudah hilang karena perkolasi (Suryani, 2011). Tanah yang didominasi tekstur pasir maka daya pegang terhadap air sangat lemah. Kondisi ini menyebabkan air dan udara mudah masuk-keluar dalam tanah dan hanya sedikit air yang tertahan. Semakin poreus tanah maka semakin mudah air untuk hilang dari tanah (Hanafiah, 2012).