



PENGARUH KEDALAMAN AIR TANAH DAN PENAMBAHAN  
PROPAGUL TERHADAP SEBARAN SPORA MIKORIZA  
PADA TANAMAN KEDELAI

KARYA ILMIAH TERTULIS  
(SKRIPSI)

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat lulus untuk  
Menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu  
Jurusan Tanah  
Fakultas Pertanian  
Universitas Jember



Oleh :

Umar Ismail

NIM : FICI 95-125

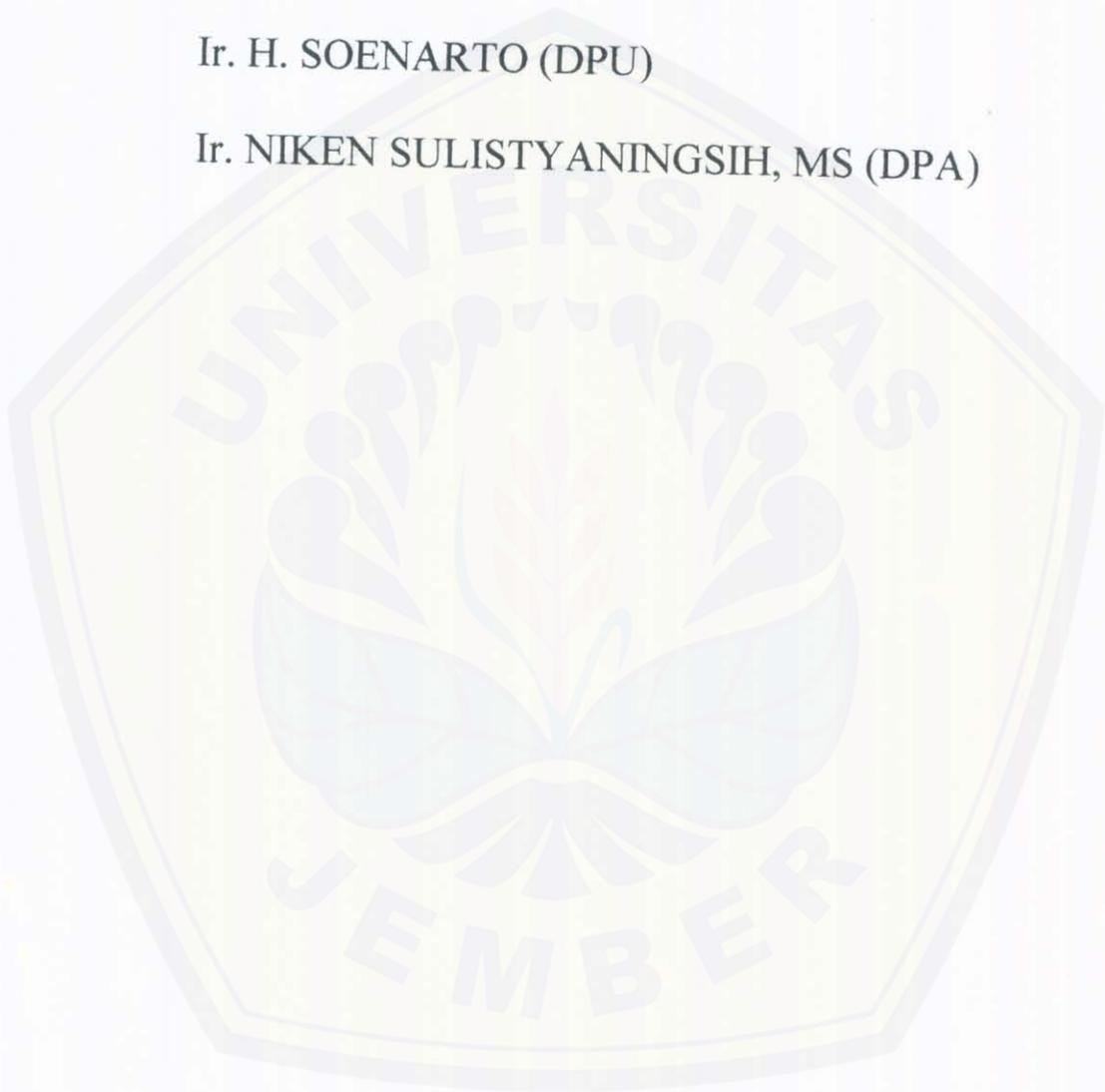
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER

2000

DOSEN PEMBIMBING

Ir. H. SOENARTO (DPU)

Ir. NIKEN SULISTYANINGSIH, MS (DPA)



**Motto:**

∞ *Carilah pertolongan (Allah) dengan sabar dan sholat, dan sesungguhnya itu berat kecuali untuk orang-orang yang khusyu'*

Al Baqarah :45

∞ *Allah mengangkat orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan, beberapa derajat*

Al Mujaadalah :11

Ku persembahkan karya sederhana ini untuk:

Ayah, Bunda dan Mertua-ku

Istri dan Anak-ku

Rekan dan Adikku di HIMAHITA

Agama, Bangsa, Negara, dan Almamater

Di terima oleh:

**Fakultas Pertanian Universitas Jember**

Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

Dipertahankan pada:

Hari : Sabtu

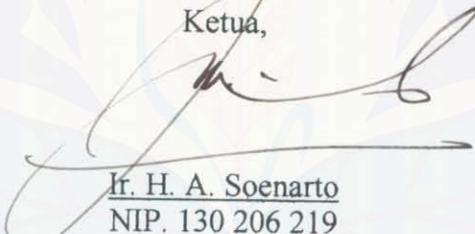
Tanggal : 21 Oktober 2000

Pukul : 09:00 – 11.00

Tempat : Jurusan Tanah  
Fakultas Pertanian  
Universitas Jember

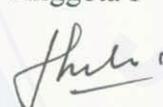
Tim Penguji

Ketua,



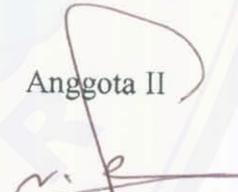
Ir. H. A. Soenarto  
NIP. 130 206 219

Anggota I



Ir. Niken Sulistyaningsih, MS  
NIP. 131 386 657

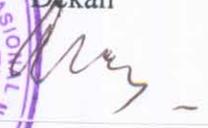
Anggota II



Ir. Nur Sasongko, MP  
NIP. 131 793 385

Mengesahkan

Dekan



Ir. Arie Mudjiharjati, MS  
NIP. 130 609 808

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan skripsi dengan judul “Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Sebaran Mikoriza pada Tanaman Kedelai (*Glycine max*)” ini dapat diselesaikan.

Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah guna mengetahui Maha Besar dan Pengasihnya Allah yang telah menciptakan makhluknya yang berupa jamur dengan segala manfaat dan keterbatasannya dan juga memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana Jurusan Tanah pada Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada orang tua dan mertua yang telah banyak berdoa dan berkorban untuk keberhasilan penulis.
2. Kepada Anak Istriku Tercinta yang telah banyak membantu semangat dan doa
3. Ibu Ir. Ari Mudjiharjati, MS. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan fasilitas belajar kepada penulis.
4. Bapak Ir. H. Soenarto. selaku Dosen Pembimbing Utama, Ibu Ir. Niken Sulistyaningsih, MS. selaku Dosen Pembimbing Anggota dan Dosen Wali, serta Ir. Nur Sasongko, MP sebagai Dosen Pembimbing Anggota II yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. T. Sutikto, MSc. Selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk menggunakan fasilitas laboratorium Jurusan Tanah yang diperlukan dalam penelitian.
6. Bapak Ir. Bambang Hermiyanto, MP. Selaku dosen yang memprakarsai penelitian ini dan telah memberikan dorongan dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
7. Terakhir penulis ucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Yudi, Eko, Nanang S, Pak Jalis, Asrofi, Pak Jum, Mas Sofyan, Mas Anang D, dan semua

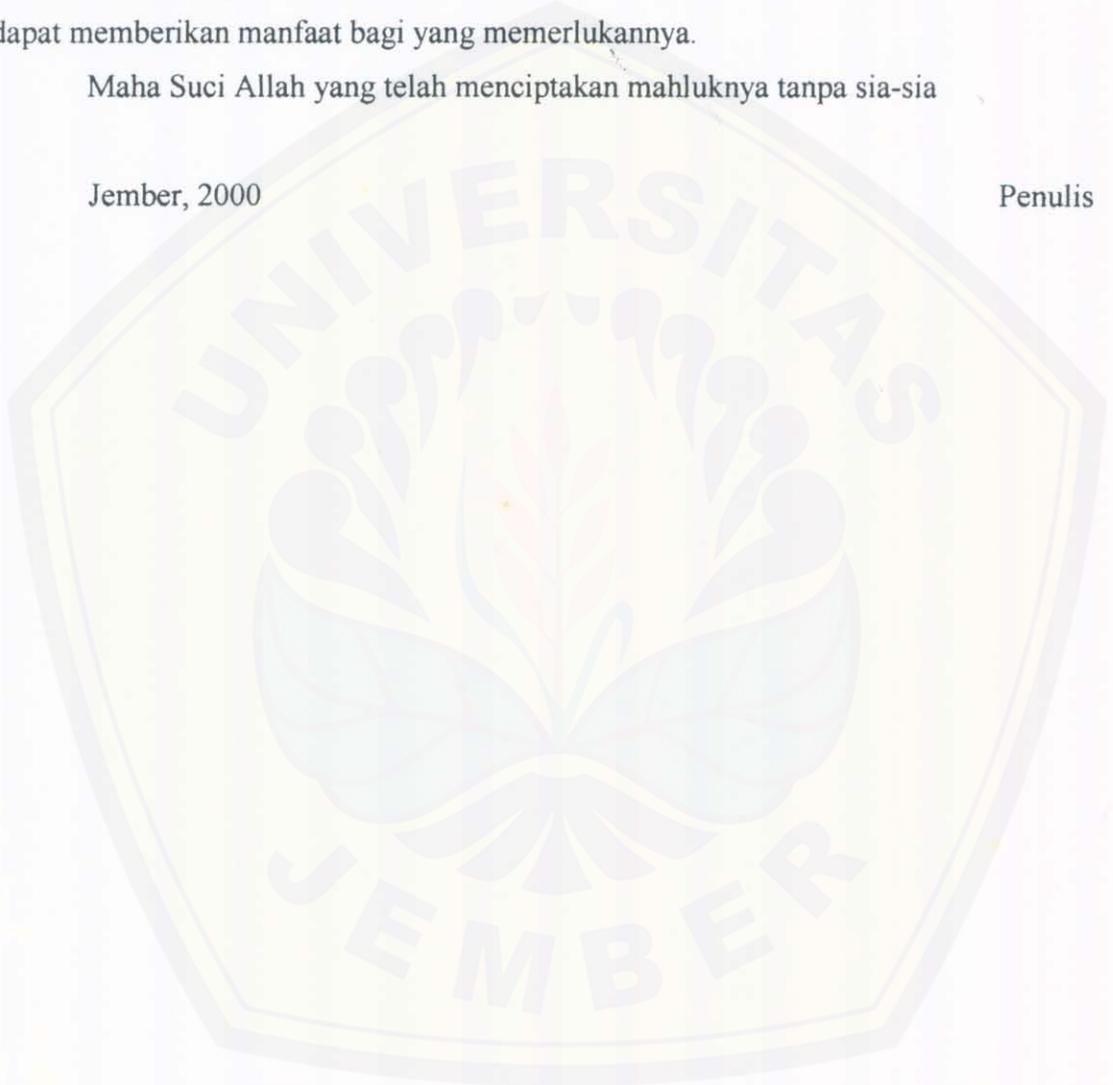
pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sejak awal hingga tersusunnya penulisan karya tulis ilmiah ini.

Penulis menyadari ilmu Allah sangat luas dan tidak mungkin ditandingi dan pasti skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Namun penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi yang memerlukannya.

Maha Suci Allah yang telah menciptakan makhluknya tanpa sia-sia

Jember, 2000

Penulis



**DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PEMBIMBING.....	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
RINGKASAN.....	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Manfaat.....	3
1.4 Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mikoriza.....	5
2.1.1 Anatomi dan Morfologi MVA.....	6
2.1.2 Fungsi dan Peranan Jamur M V A.....	8
2.2 Air Tanah dan Tanaman.....	10
2.3 Kedelai.....	13
2.3.1 Morfologi.....	14
2.3.2 Syarat Tumbuh Kedelai.....	15
2.4 Rhizobium.....	16
2.5 Pengaruh Mikoriza pada Tanaman Kedelai.....	17
III. METODOLOGI.....	18
3.1 Waktu dan Tempat.....	18

3.2	Bahan dan Alat.....	18
3.2.1	Bahan Penelitian.....	18
3.3	Metode Percobaan.....	18
3.3.1	Pengambilan Tanah.....	18
3.3.2	Pembuatan Pot.....	18
3.3.3	Penanaman, Inokulasi Propagul Mikoriza, dan Penjarangan.....	20
3.3.4	Perawatan.....	21
3.3.5	Pengamatan.....	22
3.3.6	Rancangan Percobaan.....	23
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1	Kondisi Tanah.....	25
4.2	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Kadar Air.....	26
4.3	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Tanaman Kedelai.....	28
4.4	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Berat Basah Akar.....	30
4.5	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Infeksi Akar.....	31
4.6	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Jumlah Spora Mikoriza.....	33
4.7	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Sebaran Spora Mikoriza.....	34
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran.....	37

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Luas Panen dan Produksi Per Jenis Tanaman Di Daerah Tingkat II Kabupaten Jember tahun 1998 .....	1
Tabel 3.1	Kebutuhan Tanah pada Kolom Percobaan .....	19
Tabel 3.2	Penghitungan Dosis Pemupukan pada Paralon .....	21
Tabel 4.1	Kondisi Tanah pada Daerah Bintoro Kecamatan Patrang Kabupaten Jember.....	25
Tabel 4.2	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Kadar Air Tanah (%).....	26
Tabel 4.3	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Terhadap Evapotranspirasi .....	27
Tabel 4.4	Pengaruh Perlakuan Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Terhadap Tanaman Kedelai .....	28
Tabel 4.5	Berat Basah Akar (g) Kedalaman 0 – 30 cm .....	30
Tabel 4.6	Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Mikoriza Terhadap infeksi akar (%) .....	32
Tabel 4.7	Jumlah Spora pada Lapisan 0 – 30 per 250 g Tanah.....	33
Tabel 4.8	Pengaruh Penambahan Propagul dan Kedalaman Tanah terhadap Jumlah Spora Mikoriza per 250 g Tanah .....	35

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1	Susunan Bagian Mikoriza .....	6
Pemberian Tanah pada Modifikasi Pot Paralon Dengan Ketinggian Paralon		
	150 cm.....	20
Gambar 3.2	Skema Letak Tanaman dan Spora di Pot.....	20
Gambar 3.3	Penempatan Pupuk pada Paralon .....	21
Gambar 3.4	Pengukuran Lebar Daun.....	22
Gambar 3.5	Pengukuran Tinggi Tanaman .....	22
Gambar 4.1	Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Kadar Air.....	28
Gambar 4.2	Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Tanaman Kedelai.....	29
Gambar 4.3	Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Berat Basah Akar Kedelai.....	31
Gambar 4.4	Pengaruh Penambahan Propagul Terhadap Berat Basah Akar Kedelai.....	31
Gambar 4.5	Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Infeksi Akar .....	32
Gambar 4.6	.Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Jumlah Spora Per 250 g Tanah.....	34
Gambar 4.7	Jumlah Rata-rata Spora Mikoriza pada Setiap Perlakuan .....	36

LAMPIRAN

Lampiran 1	Kadar air (%) pada kedalaman 0 - 10 cm .....	41
Lampiran 2	Kadar air (%) pada kedalaman 10 - 20 cm .....	42
Lampiran 3	Kadar air (%) pada kedalaman 20 - 30 cm .....	43
Lampiran 4	Kadar air (%) pada kedalaman 0 - 30 cm .....	44
Lampiran 5	Evapotranspirasi (mm) .....	45
Lampiran 6	Tinggi tanaman (cm).....	46
Lampiran 7	Lebar daun (cm).....	47
Lampiran 8	Jumlah daun (helai) .....	48
Lampiran 9	Berat basah akar (g).....	49
Lampiran 10	Transformasi infeksi akar (%) .....	50
Lampiran 11	Transformasi total spora per 250 g tanah .....	51
Lampiran 12	Transformasi jumlah spora pada lapisan 0 - 10 per 250 g tanah .....	52
Lampiran 13	Transformasi jumlah spora pada lapisan 10 - 20 per 250 g tanah .....	53
Lampiran 14	Transformasi jumlah spora pada lapisan 20 - 30 per 250 g tanah .....	54
Lampiran 15	Pengamatan Penambahan Air .....	55

**RINGKASAN**

**Umar Ismail. F1C1 95 125. *Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Terhadap Sebaran Spora Mikoriza Pada Tanaman Kedelai*. Di bawah bimbingan Ir. H. Soenarto (DPU). Ir. Niken Sulistyarningsih, MS (DPA). Tahun 2000**

Produksi kedelai nasional dapat ditingkatkan dengan intensifikasi pertanian. Salah satunya sistem pertanian biologis yang menggunakan jamur mikoriza berbasikel-arbuskel (MVA). Air merupakan faktor pembatas bagi mikoriza sehingga perbedaan kadar air tanah akan mengakibatkan perbedaan pola sebaran spora dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman air tanah dan penambahan propagul terhadap sebaran spora mikoriza hingga kedalaman 30 cm pada tanaman kedelai.

Penelitian ini dilakukan green house di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember dengan contoh tanah latosol dari Kecamatan Bintoro Kabupaten Jember. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan faktorial dengan menggunakan dasar rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua faktor tiga ulangan. Faktor pertama adalah inokulasi mikoriza (M) dengan dua level. Level pertama adalah tanpa inokulasi mikoriza (M<sub>0</sub>), dan level kedua dengan inokulasi mikoriza (M<sub>1</sub>) sebanyak 25 spora per pot dalam bentuk propagul. Sedang faktor kedua adalah kedalaman air tanah (ground water) yang terdiri atas tiga level yaitu kedalaman 50 cm (A<sub>1</sub>), 100 cm (A<sub>2</sub>), 150 cm (A<sub>3</sub>). Parameter yang diamati tinggi tanaman, lebar daun, jumlah daun, jumlah spora, jumlah infeksi akar, pengukuran kadar lengas, dan berat basah akar.

Perlakuan kedalaman air tanah dan penambahan propagul tidak ada interaksi. Pada perlakuan A<sub>1</sub> jumlah spora terbanyak terdapat pada lapisan 0 – 10 cm, perlakuan A<sub>2</sub> pada lapisan 20 – 30 cm, dan perlakuan A<sub>3</sub> pada lapisan 0 – 10 cm. Faktor penambahan propagul terhadap jumlah spora pada setiap lapisan tanah cenderung meningkatkan jumlah spora dari M<sub>0</sub> ke M<sub>1</sub>.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan sektor pertanian di Kabupaten Jember diarahkan untuk dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas dari hasil pertanian. Sektor pertanian tanaman pangan di daerah tingkat II kabupaten Jember, terdiri dari 6 macam komoditas yakni: padi, jagung, kacang tanah, ubi kayu, ubi jalar dan kedelai. Dimana luas panen dan produksi per jenis komoditas untuk tahun 1998 dapat dilihat pada tabel 1.1 dibawah ini:

Tabel 1.1 Luas Panen dan Produksi Per Jenis Tanaman Di Daerah Tingkat II Kabupaten Jember tahun 1998

Jenis Tanaman	Luas Panen (Ha)	Produksi (Ku)
Padi	150,766	721,147
Jagung	56,758	187,580
Ubi Kayu	24,641	28,737
Ubi Jalar	5,120	72,087
Kedelai	678,000	2,984
Jumlah	241,266	941,448

Sumber : (Diperta kabupaten Jember, 1998)

Kedelai bagi masyarakat kita, bukanlah tanaman palawija yang asing. Hasil olahannya, seperti tempe, taucho, kecap dan tahu sudah merupakan bagian dari kehidupan masyarakat kita terutama masyarakat Jawa, Madura dan Bali serta sebagian masyarakat-masyarakat kota besar lainnya yang hampir tiap hari mengkonsumsi bahan-bahan makanan tersebut.

Dewasa ini impor kedelai, diperkirakan masih berkisar antara 30-50 % dari kebutuhan nasional. Oleh sebab itu, harus ada usaha dari para petani agar ketergantungan impor kedelai bisa ditekan sekecil mungkin dengan meningkatkan produksi kedelainya melalui pengolahan yang memakai pendekatan intensifikasi, diversifikasi dan ekstensifikasi. Dengan sistim intensifikasi, pembudidayaan tanaman kedelai dapat dilakukan melalui supra insus di lahan sawah atau tegalan yang memakai perlakuan khusus agar tanaman kedelai mampu berproduksi secara optimal (Baihaqi A.M., 1997).

Pertanian konvensional yang dicirikan oleh penggunaan bahan-bahan kimia pertanian seperti pestisida, herbisida, zat pengatur tumbuh, pupuk anorganik dan penggunaan varietas unggul dapat membawa akibat buruk yang serius bagi kelangsungan hidup manusia. Akibat-akibat yang dapat ditimbulkan antara lain: (1) peningkatan kebutuhan pupuk buatan (anorganik) akan memaksa atau merangsang peningkatan produksi pupuk yang berarti pengurasan bahan baku dan bahan bakar fosil yang sementara ini masih dianggap sebagai sumber energi paling murah; (2) bahaya yang ditimbulkan karena pembuatan dan penggunaan pupuk, berupa polusi dan kontaminasi terhadap udara, air, dan tanah yang dikarenakan adanya gas buang dan sisa hara yang tidak digunakan oleh tanaman; (3) semakin merosotnya daya dukung lahan untuk produksi pertanian yang mungkin disebabkan oleh tidak seimbangannya unsur hara dalam tanah yang dikarenakan pemberian pupuk buatan tertentu yang hanya menambah unsur hara tertentu pula, sementara unsur lainnya masih berkurang kadarnya, ditambah lagi bibit unggul yang rakus terhadap unsur hara (Hermiyanto, 1999).

Alternatif pemecahan permasalahan sistem pertanian konvensional adalah dengan sistem pertanian biologis. Dengan sistem ini diharapkan dapat produktif, menguntungkan dan berkelanjutan dalam waktu yang tidak terbatas (Hermiyanto, 1996). Salah satu sistem pertanian biologis adalah bioteknologi pertanian yaitu segala teknik yang menggunakan jasad hidup atau bagian dari jasad hidup untuk meningkatkan kualitas tanaman atau hewan (Baon, J.B., 1998). Salah satu jasad hidup itu adalah berupa sejenis jamur tanah mikoriza berwasikel-arbuskel atau yang sering disebut *vasicular-arbuscular mycorrhiza* (VAM).

Salah satu permasalahan pokok lahan kering adalah ketersediaan air yang terbatas. Satu-satunya sumber terbesar adalah air hujan. Meskipun demikian sumbangan air tanah (ground water) melalui bentuk air kapiler yang mengalir karena beda potensial tampaknya tidak dapat diabaikan. Hal ini terlihat jelas dilapangan dengan banyaknya tanaman yang masih mampu hidup dan bahkan berbuah (berproduksi) di lahan-lahan kering yang mempunyai kedalaman air tanah yang dalam, dengan bulan kering (<60 mm/bln) lebih dari 6 bulan. Hingga saat ini potensi air kapiler bagi tanaman ini masih belum banyak dikaji (Hermiyanto, 1999).

Banyak penelitian menyebutkan bahwa peranan mikoriza selain meningkatkan serapan hara juga meningkatkan serapan air. Peningkatan serapan air dan hara banyak dibuktikan oleh penelitian di daerah tropik kering yaitu tanaman yang terinfeksi mikoriza dapat lebih bertahan hidup atau berproduksi lebih baik dibanding tanaman tanpa mikoriza.

Jamur MVA diketahui hidup bersimbiose dengan banyak tanaman pertanian (Wibawa, A. dan J.B. Baon, 1991). Salah satu tanaman pertanian yang bersimbiosis dengan mikoriza adalah kedelai. Biasanya kedelai bersimbiosis dengan rhizobia. Rhizobia dan MVA sering berinteraksi secara sinergistik menghasilkan bintil akar, pengambilan nutrien, dan hasil panen yang lebih baik. Pada tanah-tanah yang memiliki kandungan P rendah, interaksi ini sangat jelas. Manfaat praktis dari pengaruh ganda ini masih tetap perlu diselidiki meskipun ada keterbatasan yang menjadi sifat dari jamur MVA yang merupakan simbiosis obligat dan tidak dapat dihasilkan secara besar-besaran dalam kultur murni dengan metode apapun yang sudah diketahui (Rao, 1994).

Kemampuan akar tanaman terbatas. Akar tanaman tidak dapat mencapai air yang berada diluar jangkauannya atau yang terjepit pada matrik tanah. Bantuan mikoriza sangat dibutuhkan dalam kondisi yang seperti ini. Adanya infeksi jamur mikoriza membantu dalam pengambilan air dan unsur hara. Dengan menggunakan hifa eksternalnya maka mikoriza mampu mengambil air dan hara yang berada diluar jangkauan akar. Namun mikoriza memiliki keterbatasan. Keterbatasan yang dimiliki oleh mikoriza salah satunya adalah kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan. Keterbatasan lingkungan hidup jamur ini akan menyebabkan jamur mikoriza hanya dapat bertahan dan berkembang biak pada lingkungan yang sesuai, sedang pada lingkungan yang kurang sesuai jamur ini tidak dapat berkembang biak bahkan mati.

## 1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman air tanah dan penambahan propagul terhadap sebaran spora mikoriza hingga kedalaman 30 cm pada tanaman kedelai.

### **1.3 Manfaat**

Mengetahui sebaran mikoriza pada berbagai kedalaman air tanah

Mempermudah penambangan mikoriza dalam tanah

### **1.4 Hipotesis**

Kedalaman air tanah mempengaruhi kadar air dalam tanah, kadar air dalam tanah berpengaruh pada sebaran mikoriza.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikoriza

Mikoriza adalah bentuk asosiasi simbiotik antara tanaman dengan fungi tertentu. Selanjutnya fungi yang membentuk mikoriza dengan tanaman inang disebut fungi mikoriza (Sumadi dkk, 1996). Fungi simbiotik yang paling menguasai sistem rizhosfer hampir pada semua tanaman pertanian adalah mikoriza vasicular arbuskular (MVA) Simbiosis ini bertindak sebagai paut atau kait antara tanaman dengan tanah melalui sistem hifanya.

MVA tipe ini disebut juga sebagai mikoriza endotrofik, atau tipe anggrek (orchidaceous), atau mikoriza yang tidak membentuk selubung (nonsheating). Selain pada anggrek kini telah terungkap bahwa tipe ini merupakan hal yang umum pada kebanyakan tanaman pertanian.

Menurut Gray, T.R.G. dan S.T Williams, 1971 ada tiga macam tipe mikoriza:

1. ektomikoriza
2. endomikoriza orchids
3. endomikoriza vasikular arbuskular (MVA)

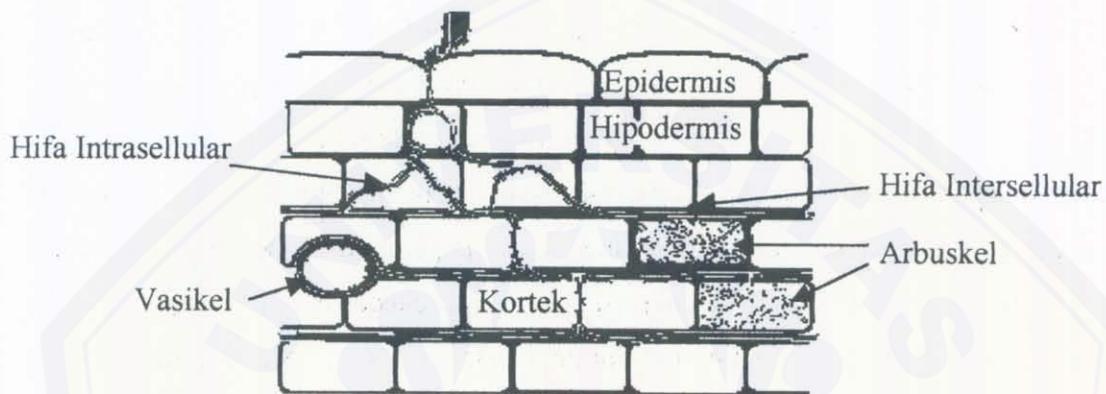
Sedang menurut Salisbury & Ross, 1995 dikenal ada dua kelompok utama mikoriza yaitu ektomikoriza dan endomikoriza, meskipun kadang dimasukkan pula satu kelompok yang jarang didapati dan mempunyai sifat seperti ektomikoriza dan endomikoriza, yaitu mikoriza ektendotropik. Endomikoriza terdiri dari tiga anak kelompok, namun yang paling lazim adalah mikoriza bervesikel-arbuskel (MVA).

Jamur mikoriza menginfeksi dan tumbuh didalam akar serta menembus sel-sel akar dengan membentuk jaringan hifa baik di dalam maupun di luar akar. Pada simbiose ini banyak sel inang yang terinfeksi oleh jamur namun tidak tampak adanya kerusakan jaringan ataupun bentuk sederhana patogenesisitas. Hifa yang terdapat diluar akar dapat berfungsi sebagai perpanjangan akar sehingga memperbesar luas permukaan penyerapan dan membantu penyerapan hara yang sulit tersedia bagi tanaman, misalnya P, Zn, dan Cu.

### 2.1.1 Anatomi dan Morfologi MVA

Jamur yang menyusun MVA adalah anggota Endogonaceae dan jamur ini membentuk jala-jala hifa dalam di antara sel kortek, yang kemudian meruak keluar menuju ke tanah untuk menyerap air dan garam mineral (Salisbury & Ross, 1995).

Untuk lebih jelasnya maka bagian-bagian dari mikoriza dapat dilihat pada gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Susunan Bagian Mikoriza

Vesikel adalah bagian mikoriza yang tampak seperti kantong dan biasanya terletak pada ujung-ujung hifa, baik internal maupun eksternal. Vesikel mengandung banyak lemak dan berfungsi sebagai kantong penyimpan makanan (storage organ) (Mosse, 1981) dan juga sebagai alat reproduksi (Gunawan, 1993). Pada waktu korteks primer tertukar, beberapa vesikel yang berasal dari jaringan perakaran akan ikut terkelupas dan terpisah dari akar utama. Vesikel yang sudah terpisah dalam tanah akan berkecambah dan menjadi aktif untuk menginfeksi akar atau bagian akar yang lain (Mosse, 1981). Ukuran vesikel bervariasi dari 30 - 50  $\mu\text{m}$  sampai 80-100  $\mu\text{m}$ . Vesikel dibentuk oleh hifa intraselular dan dijumpai dalam sel korteks luar dan dalam (Gunawan, 1993).

Arbuskel merupakan struktur seperti haustoria yang bercabang ganda satu, atau kadang-kadang dua atau tiga dan menembus ke seluruh tanaman inang (Mosse, 1981). Arbuskel mempunyai siklus yang pendek dan diduga siklus hidupnya beragam antara 1-3 minggu. Arbuskel merupakan bagian cendawan MVA yang labil dan sangat tergantung pada metabolisme inang dan faktor-faktor lain yang

berpengaruh terhadap tanaman inang. Adanya arbuskel ini memungkinkan terjadinya pertukaran antara inang dan simbiotnya (Mosse, 1981).

Lapisan luar sel-sel korteks sering kali dikolonisasi oleh hifa intraselular. Hifa yang menembus sel korteks ini dapat melingkar di dalam sel korteks yang pertama kali dikolonisasinya, hifa ini dinamakan hifa gelung (Gunawan, 1993). Hifa gelung dibentuk oleh *Glomus epigaeum* dan *Glomus fasciculatum* pada anggur, *Gigaspora gigantea* dan *Acaulospora laculs* pada Subteraeen clover, *Gigaspora margarita* pada *Trachymene anisocarpa* dan *Laptospermum juperinum*. Ukuran hifa intraselular yang tidak bercabang berkisar antara 3 - 7  $\mu\text{m}$  bergantung pada cendawannya, sedangkan jumlah dan sifat hifa dipengaruhi oleh inangnya.

Hifa Intersellular yang dihasilkan dari hifa gelung atau cabang-cabang hifa yang menembus akar biasanya dijumpai pada lapisan sel korteks yang letaknya dibagian tengah (Gunawan, 1993). Diameter hifa intersellular pada umumnya berkisar antara 2 - 6  $\mu\text{m}$ . Hifa ini mengisi ruang-ruang intersellular dan kadangkala sampai 3 atau 4 hifa. Hifa ini tumbuh pada jaringan korteks sampai mencapai beberapa milimeter dan kadangkala bergelombang mengikuti bentuk sel inang. Hifa intersellular ini menjadi bersekat jika sudah tidak mengandung isi sel tetapi sekat jarang ditemukan pada hifa yang masih aktif (Gunawan 1993).

Spora terbentuk pada ujung-ujung hifa eksternal. Perkecambahan spora sangat sensitif terhadap logam berat dan kandungan aluminium yang tinggi. Tingkat kandungan mangan didalam tanah juga mempengaruhi pertumbuhan miselium (Mosse, 1981). Spora mampu hidup dalam tanah selama beberapa bulan bahkan beberapa tahun, tetapi cendawan MVA tidak akan dapat berkembang tanpa adanya jaringan akar hidup. Adanya spora memungkinkan dilakukan inokulasi buatan. Spora dapat disimpan lama kemudian digunakan lagi sebagai inokulum (Santoso, 1989).

Proses infeksi fungi dimulai dengan terbentuknya apresorium pada permukaan akar oleh hifa eksternal. Hifa eksternal terbentuk berasal dari hasil perkecambahan dari akar tetangga yang sudah terinfeksi (Pearson & Diem, 1982). Hifa MVA masuk ke dalam akar menembus atau melalui celah antar sel epidermis kemudian dari apresorium hifa akan tersebar baik inter maupun intraselular di dalam korteks sepanjang akar. Kadang-kadang terbentuk pula jalinan hifa yang rumit didalam sel-

sel korteks luar. Setelah proses-proses tersebut berlangsung barulah terbentuk arbuskel dan akhirnya spora.

Propagul mikoriza atau disebut juga bahan inokulum campuran dapat terdiri atas klamidospora maupun zigospora, vasikel dan miselium yang tertinggal didalam tanah atau potongan-potongan akar terinfeksi (Hermiyanto, 1994).

### 2.1.2 Fungsi dan Peranan Jamur M V A

MVA terutama berkembang pada daerah korteks akar dari tanaman terminal yang paling aktif dalam pengambilan hara. Setelah akar tua, korteks sobek dan mengelupas. Dengan demikian mikoriza jarang dijumpai pada akar yang tua. Jika pada pengambilan pada akar tidak hati-hati, akar yang halus tertinggal didalam tanah. (Anonim, 1990)

Tumbuhan yang hidup di tanah yang subur seringkali mempunyai mikoriza yang kurang berkembang dibandingkan tumbuhan yang hidup di tanah yang tidak subur. Keuntungan mikoriza pada tumbuhan yang dikenal baik adalah meningkatkan penyerapan fosfat, meskipun penyerapan hara lainnya dan air sering meningkat pula. Manfaat mikoriza yang paling besar barangkali dalam meningkatkan penyerapan ion yang biasanya berdifusi secara lambat menuju akar atau yang dibutuhkan dalam jumlah banyak terutama fosfat,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  (Salisbury dan Ross, 1995).

Rochjatun (1993) berpendapat bahwa infeksi jamur MVA pada perakaran tanaman diketahui dapat memperbaiki penyerapan fosfor. Jamur MVA dengan kelebihan luas penyerapan hifanya mampu menjangkau sumber P dan kemudian mengubahnya dari bentuk tidak larut menjadi bentuk yang lebih tersedia bagi tanaman.

Beberapa spesies tanaman hampir seluruhnya tergantung pada asosiasi mikoriza untuk pertumbuhan dan perkembangannya melalui perbaikan penyerapan hara (Baon. J.B., S.E. Smith & A. M. Alston, 1993). Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan Baon (1983) menunjukkan bahwa mikoriza meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman yang dapat diartikan sebagai hasil dari perbaikan keharaan tanaman inang. Meningkatnya konsentrasi dan kandungan P dalam tanaman sering dilaporkan sebagai respon tanaman terhadap infeksi jamur mikoriza.

Infeksi jamur mikoriza dapat tidak memberikan pengaruh yang positif terhadap pertumbuhan tanaman apabila ketersediaan P dalam tanah lebih cukup atau tidak menghambat pertumbuhan tanaman tak bermikoriza. Secara umum diketahui bahwa infeksi jamur mikoriza meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan penyerapan hara dengan semakin luasnya luas permukaan serapan, atau memobilisasi sumber hara yang tak mudah tersedia atau dengan cara menguraikan sumber hara yang tidak mudah tersedia (Baon, 1996). Adanya asosiasi mikoriza meningkatkan serapan hara, terutama P, aluminium, unsur mikro lain serta beberapa unsur hara makro.

Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menduga respon tanaman terhadap infeksi mikoriza adalah efisiensi pemanfaatan P oleh suatu tanaman atau kultivar (Baon, 1998). Baon (1993) mendapatkan bahwa respon suatu tanaman terhadap infeksi berkorelasi negatif terhadap efisiensi pemanfaatan P-nya.

Pengaruh mikoriza VA terhadap serapan N pada tanaman bukan kacang-kacangan sangat sedikit dilaporkan. Tanaman bermikoriza membantu penyerapan N dari dalam tanah hanya bila N terdapat dalam bentuk ion yang sulit geraknya dibandingkan nitrat, maka zona kurasan amonium terbentuk di sekitar akar. Dengan demikian meningkatnya kandungan N dalam tanaman kacang-kacangan bermikoriza tidak harus dari penambahan nitrogen tetapi dapat juga sebagian besar berasal penyerapan N yang lebih besar (Baon, J. B.; A. Wibawa, A.; Abdoellah, S. & Pujiyanto, 1997).

Infeksi jamur mikoriza tidak hanya dapat meningkatkan penyerapan hara P tetapi juga dapat meningkatkan penyerapan hara mikro, terutama Zn dan Cu (Baon, 1996). Untuk kedua unsur mikro ini tampaknya jamur mikoriza berperanan hampir sama dengan pada P.

Arbuskular MVA dalam tanaman berperan sebagai tempat untuk melepaskan C dan p dan terutama pelepasan P, jika tanahnya miskin akan P. Infeksi tidak berlangsung cepat jika tanahnya kaya akan P. Jadi jelas tentang adanya peluang untuk menginokulasi tanah dengan MVA, jika tanahnya miskin akan P dan tanahnya tidak mengandung mikoriza (Joetono, 1995).

Banyak tumbuhan di gurun dan daerah semi arid umumnya bermikoriza, menunjukkan bahwa infeksi mikoriza dapat terjadi di bawah kondisi kekurangan air. Pengaruh kondisi kekeringan terhadap pertumbuhan MVA di dalam dan di luar akar dapat berbeda. Pertumbuhan spora lebih baik pada tanah dengan kandungan air sama dengan atau di atas kapasitas lapang. Pada iklim kering tanaman sering mengalami kekurangan air relatif dalam waktu lama.

Pada tengah hari, saat kelembaban udara rendah, daun-daun bibit bermikoriza tetap terbuka sedang tanpa mikoriza tertutup, diperkirakan evapotranspirasi lebih tinggi pada tanaman tanpa mikoriza daripada tanaman bermikoriza. Tanaman bermikoriza tidak hanya tahan kekeringan, tapi juga tumbuh lebih cepat di banding tanaman tak bermikoriza. Hal ini diperkirakan karena hifa mikoriza mampu menahan aliran air tanah sehingga terjadi peningkatan aliran air ke akar. Mekanisme lain yang mungkin yaitu absorpsi air oleh hifa eksternal akar bermikoriza (Dommergues dan Diem, 1982).

## **2.2 Air Tanah dan Tanaman**

Air merupakan bagian terbesar dari jaringan tumbuh-tumbuhan. Semua proses tumbuh dan perkembangan tanaman yang penting terjadi banyak menggunakan air. Unsur-unsur hara dari tanah yang diperlukan tanaman harus larut atau dilarutkan dalam air sebelum dapat dijerap oleh akar yang seterusnya diangkut ke semua bagian tanaman oleh air. Air diperlukan dalam proses asimilasi (Foth, 1987).

Tumbuhan memerlukan air dalam pertumbuhannya, sehingga tumbuhan memerlukan sumber air yang tetap untuk tumbuh dan berkembang. Setiap kali air menjadi terbatas, pertumbuhan berkurang dan biasanya berkurang pula hasil panen tanaman budidaya (Gardner, F.P. P. Brent & M Roger. , 1985).

Perbedaan pokok antara pertanian lahan basah dan lahan kering adalah pada cara penyediaan air untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Pada pertanian lahan basah, kebutuhan air tanaman tersediakan secara alamiah berupa air muka darat maupun melalui pengairan. Sedang pertanian lahan kering memperoleh air yang dibutuhkan tanaman dari air hujan melalui pengalihan ke bentuk air tanah. Dalam pengertian ini mencakup air hujan yang ditampung dalam bak penampungan hujan di

lapangan. Pada umumnya pertanian lahan kering sebagian besar terdiri dari tegalan yakni lahan yang ditanami tanaman semusim, lahan kritis (rusak), lahan bekas tegalan, padang alang-alang, lahan pekarangan dan kebun campuran

Air yang menggenang di atas lapisan batu-yang-tak-tembus air disebut air tanah dan air ini merupakan suatu persediaan untuk tumbuhan mendapatkan air yang dibutuhkannya. Air yang tertahan oleh misel-misel tanah dapat dibagi atas beberapa golongan yaitu air kimia, air higroskopik, air gravitasi dan air kapiler. Air kapiler ialah air yang mengisi rongga-rongga antar misel, dan air ini mudah diserap oleh akar tanaman. Air kapiler terutama berasal dari air yang menggenang di atas lapisan batu tak tembus air, jadi singkatnya dari air tanah. Di atas permukaan air tanah ini, kita dapati selapis tanah yang selalu basah disebabkan oleh molekul-molekul air yang naik melalui rongga-rongga kapiler yang terdapat di sela-sela misel tanah. Sampai berapa meter tingginya kenaikan air kapiler itu tergantung jenis tanah. Dalam tanah liat air kapiler dapat naik sampai hampir 3 m di atas permukaan air tanah (Dwijoseputro, 1992).

Tanaman mengabsorpsi sebagian air melalui stomata daun, tetapi sebagian besar air yang digunakan tanaman diabsorpsi oleh akar yang berada didalam tanah.

Ada beberapa fungsi air bagi tanaman:

- a. sebagai penyusun utama dari protoplasma
- b. bahan esensial untuk fotosintesis dan perubhan tepung menjadi gula
- c. pelarut hara untuk bergerak kedalam dan melalui bagian tanaman
- d. memberikan ketegaran tanaman (turgidity) yang memelihara bentuk dan posisi yang menguntungkan bagi tanaman untuk menangkap sinar matahari (Setyobudi, -).
- e. evaporasi air (transpirasi) untuk mendinginkan permukaan tanaman
- f. pelarut dan medium untuk reaksi kimia
- g. medium untuk transport, zat pelarut organik dan anorganik
- h. hidrasi dan netralisasi muatan pada molekul-molekul koloid. Untuk enzim, air hidrasi membantu memelihara struktur dan memudahkan fungsi katalis (Gardner, F.P. P. Brent & M Roger., 1985)

Ketersediaan air tanah juga mempengaruhi keanekaragaman spesies, ketahanan hidup, dan kegiatan mikroorganisme (Joetono, 1995)

Hubungan antara atmosfer, tanaman dan tanah menentukan penggunaan air oleh tanaman. Hilangnya air oleh transpirasi menciptakan gaya utama yang mengendalikan pengambilan air ke atas oleh tanaman. Potensi air yang rendah ditimbulkan dalam daun-daun oleh karena hilangnya air oleh transpirasi yang dipindahkan ke xylem (pembuluh-pembuluh konduksi air) pada batang dan seterusnya ke akar-akar. Potensi air kurang dari  $-4$  atau  $-5$  bar biasa di dalam xylem pohon dan mereka cukup untuk menggerakkan air ke bagian teratas (Foth, 1998).

Aliran air ke atas dapat terjadi di dalam suatu profil tanah oleh sebab transpirasi tanaman dan atau penguapan dari permukaan tanah. Apabila air dipasok oleh air bumi (ground water), aliran air keatas ini akan menurunkan permukaan air bumi, kecuali jika bumi diisi kembali oleh air dari tempat lain. Sebagai contoh, pengisian kembali ini dapat terjadi oleh aliran air ke samping (perembesan) dari sekeliling yang lebih tinggi letaknya. Jika perembesan ini dapat mengimbangi evapotranspirasi, permukaan air bumi akan tetap tingginya. Dalam laboratorium keadaan seperti ini dapat dipelajari (simulated) dengan suatu sistem tertentu (Kertonegoro dan Soekodarmodjo, 1987).

Air di dalam tanaman berada dalam suatu keadaan aliran yang berkesinambungan. Apabila kebutuhan evapotranspirasi (evaporasi tanah dan transpirasi tanaman) melebihi kapasitas air tanah yang dapat disediakan dan diserap oleh tanaman, defisiensi air akan terjadi. Hingga batas tertentu tanaman masih mampu memekanismekan organnya untuk menyesuaikan diri terhadap kebutuhan evaporatif dari udara atau atmosfer tersebut. Tapi apabila semua keadaan itu berkepanjangan "benang" air tersebut akan putus dan berakibat fatal. Tanaman akan layu selama-lamanya (Indranada, 1994).

Selisih antara kandungan air pada kapasitas lapang dan titik layu tetap dinamakan air tanah tersedia bagi tanaman. Tetapi kita harus berhati-hati dalam menggunakan konsep ini. Di satu pihak, jumlah ini sering dikaitkan dengan air yang dipasok lewat kenaikan kapiler dari permukaan air tanah (ground water) dan juga oleh air dari langit atau air pengairan selama masa pertumbuhan tanaman. Di pihak

lain penurunan hasil panen sering kali di dapat sebelum tanah mencapai pF 4,2, sementara itu tanaman jarang sekali dapat menyedot air secara seragam di seluruh mintakat perakaran ( Kertonegoro dan Soekodarmodjo, 1987).

Faktor pembatas yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman adalah tersedianya air. Tanaman yang efisien dalam menggunakan air dapat diharapkan untuk ditanam pada periode yang kurang uap daripada tanaman tersebut tidak efisien terhadap penggunaan air (Foth, 1987).

Gardner, F.P. P. Brent & M Roger., (1991) menyatakan bahwa potensial air tumbuhan dan tanah merupakan penjumlahan komponen potensial yaitu

$\psi_w = \psi_m + \psi_s + \psi_p + \psi_z$ , keterangannya adalah sebagai berikut :

$\psi_m$  = potensial matriks, gaya yang menahan air dalam tumbuhan dan tanah karena gaya adsorpsi dan kapilaritas.

$\psi_s$  = potensial zat terlarut (osmosis), energi dipengaruhi konsentrasi bahan terlarut yang dapat mengurangi energi potensi air.

$\psi_p$  = potensial tekanan (turgor) , disebabkan tekanan hidrostatis.

$\psi_z$  = potensial gravitasi.

Tanaman yang menderita cekaman air secara umum mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh normal. Cekaman air mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman. Dalam hal ini cekaman air mempengaruhi proses fisiologi dan biokimia tanaman serta menyebabkan terjadinya modifikasi anatomi dan morfologi tanaman (Islami dan Utomo, 1995).

### 2.3 Kedelai

Kedelai merupakan tanaman semusim berupa semak rendah, tumbuh tegak berdaun lebat dengan beragam morfologi. Tinggi tanaman antara 10 sampai 200 cm bercabang sedikit atau banyak. Kultivar berdaun lebar memberikan hasil yang lebih tinggi karena mampu menyerap sinar lebih banyak dibandingkan dengan kultivar berdaun sempit (Lamina,1989).

Kedelai mempunyai peran penting dalam pola konsumsi bahan pangan di beberapa negara sebagai sumber protein nabati (Rukmana dan Yuniarsih, 1996). Lie

–Goan-Hors et.all (1976) dalam Suprpto (1992) menyebutkan bahwa kedelai mengandung 330 kalori ; 35% protein, 18% lemak, 35% karbihidrat dan 8% air.

Selanjutnya untuk berhasilnya pertanaman perlu dipilih varietas-varietas yang mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan, karena tingginya hasil ditentukan oleh interaksi suatu varietas dengan lingkungan. Misalnya varietas Willis dan Dempo dapat ditanam pada tanah masam (Rukmana dan Yunairsih, 1996). Varietas Willis merupakan varietas unggul yang dianjurkan oleh pemerintah dalam rangka program intensifikasi dan ekstensifikasi kedelai (Anonim, 1983).

Berkurangnya tanah yang subur dapat menghambat produktifitas pertanian. Foth (1998) menyatakan secara keseluruhan, pembatas utama penggunaan sumber tanah dunia untuk produksi pertanian adalah kekeringan (28%), tekanan (stress) karena mineral (23%), kedalaman tanah yang dangkal (22%) dan kelebihan air (19%) dan premafrost (6%).

### 2.3.1 Morfologi

Biji kedelai berkeping dua yang terbungkus oleh kulit biji. Embrio terletak di antara keeping biji. Warna kulit biji bermacam-macam, kuning hitam hijau atau coklat. Pusat biji atau hilum, adalah jaringan bekas biji kedelai yang menempel pada dinding buah. Bentuk biji kedelai pada umumnya bulat lonjong, ada yang bulat atau bulat agak pipih. Besar biji bervariasi, tergantung varietas. Di Indonesia besar biji sering dihitung dari bobot per 100 biji kering dan bervariasi antara 6 sampai 30 gram.

Kedelai kering akan berkecambah apabila memperoleh kadar air yang cukup. Bila biji kedelai ditanam didalam tanah air dalam kapasitas lapang selama 5 hari setelah tanam merupakan kondisi yang baik untuk perkecambahan biji. Suhu optimumnya 27 – 30<sup>0</sup> C

Perakaran kedelai termasuk akar tunggang, yang berasal dari akar lembaga. Akar dapat mencapai kedalaman 2 m, namun biasanya hanya sampai pada lapisan olah tanah. Akar kedelai memiliki bintil akar yang terbentuk setelah terdapat akar rambut. Bintil akar mengandung bakteri *Rhizobium japonicum*. Bakteri ini dapat mengikat nitrogen dari udara bebas.

Kedelai merupakan tanaman semusim yang mempunyai batang tegak dan bercabang. Jumlah cabang tergantung varietas. Kedelai memiliki 2 tipe pertumbuhan, yaitu tipe pertumbuhan determinite dan indeterminite. Tipe determinite dicirikan pada ujung batang diakhiri dengan sekelompok bunga atau polong, daun sama dengan bagian tengah. Tipe indeterminite dicirikan pada ujung batang mengecil, ruas panjang, batang melilit, bunga tidak serempak dan daun ujung lebih kecil dari bagian tengah. Bentuk daun kedelai oval dengan ujung meruncing dan berbulu. Bunga kedelai tumbuh dari ketiak kuncup daun bagian atas atau bawah batang. Bunga kedelai tergolong bunga sempurna karena setiap bunga lengkap dengan bunga jantan dan bunga betina. Warna bunga putih keungu-unguan. Buah kedelai disebut polong. Warna polong kedelai hijau. Umumnya polong kedelai berbulu. Jumlah polong tergantung varietas.

### **2.3.2 Syarat Tumbuh Kedelai**

Tanaman kedelai selama pertumbuhannya dipengaruhi faktor iklim yang meliputi: curah hujan, suhu dan tanah.

Tanah yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal bagi kedelai adalah tanah yang banyak mengandung unsur hara, bertekstur remah dan gembur, bebas dari gulma serta kondisi tanah sebelumnya, drainase baik dan cukup tersedia air. Pada berbagai tanah dengan kondisi pH 5,5 – 7 dan ketinggian dari permukaan laut 1–900 m, kedelai dapat tumbuh dengan subur. Tipe iklim yang sesuai untuk pertumbuhannya menurut Oldeman adalah pada iklim C 1-2, D 1-2 dan E 1-2. Pada tanah jenis aluvial, grumosol, latosol, regosol dan andosol tanaman kedelai tumbuh baik.

Kedelai dapat bertumbuh baik di daerah dengan lama penyinaran 12 jam/hari, curah hujan di atas 500 mm setahun atau optimal 100-200 mm/bulan. Temperatur optimal antara 25-27 derajat celcius dengan kelembaban rata-rata 50%. Kedelai akan tumbuh baik pada awal musim kering dengan syarat tersedia air tanah. Tetapi, sebaliknya kedelai kurang baik pada tanah yang banyak kandungan air atau tanah yang airnya menggenang jika musim hujan. Akar kedelai mudah busuk pada genangan air. (Baihaqi. A.M. 1997)

#### 2.4 Rhizobium

Menurut Hardjowigeno (1992) bakteri simbiotik adalah bakteri pengikat N udara yang hidup bersimbiosa dalam bintil-bintil akar tanaman leguminosa. Tanaman menyediakan makanan dan bahan organik untuk bakteri, sedang tanaman mendapat N yang diikat dari udara oleh bakteri yang digunakan untuk membentuk badannya. Karena umur suatu bakteri hanya beberapa jam, maka setiap saat banyak bakteri yang mati, yang kemudian mengalami dekomposisi sehingga terbentuk  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  yang dapat digunakan oleh tanaman induknya. Jenis bakteri simbiotik yang terpenting adalah Rhizobium yang umumnya hidup bersimbiosa dalam bintil akar tanaman leguminosa

Bakteri Rhizobium dalam penelitian lebih dikenal yaitu sebagai bakteri yang bersimbiosis dengan akar tanaman kacang-kacangan dengan membentuk nodula. Proses terjadinya nodula akar pada tanaman kacang-kacangan sehubungan dengan hadirnya Rhizobium dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Bakteri Rhizobium berkerumun disekitar rambut-rambut akar di perkebunan (secara alami) maupun pada media buatan dengan pemberian inokulan.
2. Sehubungan dengan berkerumunannya bakteri tersebut, rambut akar akan mengekskresikan triftofan, yang selanjutnya oleh bakteri diubah ke indol asetat.
3. Kehadiran indol asetat menagikbatkan rambut-rambut akar mengkriting, sedangkan kegiatan bakteri lebih lanjut menghasilkan sejenis enzim yang dapat melarutkan senyawa pektat yang terdapat dalam fibril (sellulosa) kulit rambut sehingga terikat.
4. Bakteri masuk ke dalam rambut-rambut akar dan berkembang berlipat ganda dan selanjutnya masuk ke dalam akar dengan membentuk benang infeksi.
5. Proses terakhir yaitu dengan terbentuknya nodula/bintil akar.

(Sastroatmodjo, Mul Mulyani. S. dan Kartasaputra, 1991).

Rhizobium dapat hidup pada medium sintetik yang relatif sederhana. Diketahui bahwa glutamat itu jauh lebih unggul dari pada ion nitrat atau ion amonium sebagai sumber nitrogen. Rhizobium tidak mampu memfiksasi nitrogen atmosfer pada medium biasa tetapi hanya dapat melakukannya didalam bintil akar dari sejenis

legum. Bakteri ini tidak mampu memanfaatkan bahan-bahan penyusun dinding sel seperti selulosa, lignin atau pektin (Rao, 1986).

Di dalam bintil akar sel bakteri dapat berubah morfologinya membentuk bakterioda yang bercabang-cabang. Individu ataupun kelompok bakterioda terbungkus membran yang berasal dari inang. Dalam binti-bintil akar yang aktif menambat nitrogen udara mintakat bakteriodanya berwarna ungu atau pink akibat timbunan leghaemoglobin dalam sel-sel tanaman (Sulistyaningsih, 1998). Nitrogen udara oleh *Rhizobium* dalam bintil akar direduksi menjadi amoniak, yang selanjutnya diubah menjadi asam-asam amino dan protein.

## **2.5 Pengaruh Mikoriza pada Tanaman Kedelai**

MVA pada tanaman pepolongan memiliki peranan yang khas. Tanaman pepolongan diketahui membentuk bintil pada perakarannya yang berperan sebagai mediator penambat nitrogen dari udara penambatan nitrogen hanya berjalan apabila terdapat P dalam jumlah yang cukup pada perakaran pepolongan disinilah terjadi mekanisme yang unik dimana MVA menyediakan P untuk penambatan nitrogen dan bintil menyediakan nitrogen untuk pertumbuhan dan perkembangan MVA. mekanisme ini sedemikian sempurna sehingga apabila salah satu tidak ada maka penambatan nitrogen dan penyerapan P akan terganggu.

### III. METODOLOGI

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama delapan bulan yaitu bulan Agustus hingga bulan Maret. Penelitian pendahuluan di rumah kaca Fakultas pertanian Universitas Jember, penghitungan jumlah spora dan infeksi pada akar tanaman kedelai di Laboratorium Biologi Tanah dan pengukuran kadar air di laboratorium Fisika Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

#### 3.2 Bahan dan Alat

##### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi

- 1) Tanah Latosol (Desa Bintoro-Jember),
- 2) Inokulum (propagul) mikoriza 25 spora/10 g tanah,
- 3) Benih kedelai varietas Willis
- 4) Reagensia pengecatan infeksi jamur meliputi : laktopenol, protipan blue, HCl (1%), KOH (10%), FAA
- 5) Alat yang digunakan meliputi: Pipa paralon, Bak plastik, Mikroskop, pipet, ayakan bertingkat, oven.

#### 3.3 Metode Percobaan

##### 3.3.1 Pengambilan Tanah

Pengambilan contoh tanah Latosol di Kecamatan Bintoro, Jember. Tanah diambil berdasarkan lapisan yang ada dilapang yaitu pada kedalaman 30, 50, 100 dan 150 cm. Tanah diukur kadar air dan berat persatuan volume.

##### 3.3.2 Pembuatan Pot

Pembuatan pot percobaan diawali dengan pengukuran dan pemotongan paralon dengan panjang 70, 120 dan 170 cm. Paralon dilebihkan 20 cm dengan maksud 10 cm atas agar tanah tidak tumpah dan 10 cm bawah untuk pasir.



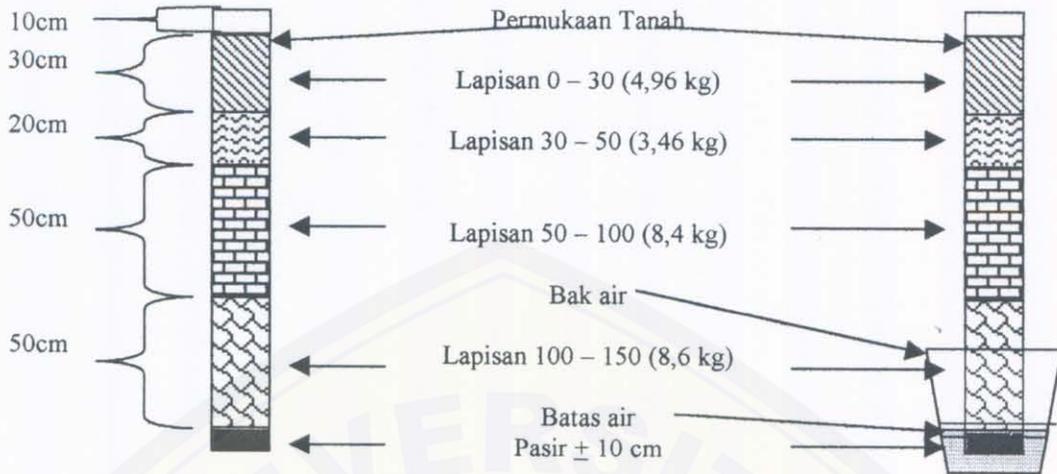
Tanah yang akan digunakan dikering anginkan dan diukur terlebih dahulu kadar airnya sebelum dimasukkan kedalam paralon. Sehingga dapat dihitung kebutuhan tanah untuk pot seperti tertera pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Kebutuhan Tanah pada Kolom Percobaan

Kedalaman Lapisan Tanah (cm)	BV Kering Angin ( $\text{g/cm}^3$ )	Volume pot ( $\text{dm}^3$ )	Berat Tanah Asli (kg)	Kadar Air Tanah		Kebutuhan Tanah dalam Pot (kg)
				Segar (%)	Kering Angin (%)	
0 - 30	1,36	3,98	5,43	20,60	13,15	4,96
30 - 50	1,42	2,66	3,78	21,30	13,94	3,46
50 - 100	1,42	6,64	9,45	23,08	13,49	8,40
100 - 150	1,42	6,64	9,45	22,57	14,89	8,60
		Total	28,10		Total	25,42

Cara pengisian pot paralon yaitu pada bagian dasar paralon diisi dengan pasir steril setebal 10 cm. Kemudian di atasnya diisi dengan tanah sesuai lapisan yang ada dilapang. Misalnya untuk kolom 150 cm maka pada lapisan dasar setelah pasir yaitu pada kedalaman lapisan 100 – 150 cm diisi tanah lapang kering angin sebanyak 8,6 kg. pada kedalaman lapisan 50 – 100 cm diisi tanah lapang kering angin sebanyak 8,4 kg. pada kedalaman lapisan 30 – 50 cm diisi tanah lapang kering angin sebanyak 3,46 kg. pada kedalaman lapisan 0 – 30 cm diisi tanah lapang kering angin sebanyak 4,96 kg. Begitu piula pada pot yang lainnya.

Supaya kondisi mendekati kondisi aslinya dilapang maka apabila kurang mampat paralon di pukul-pukul supaya tanah menjadi mampat sampai pada ketinggian yang telah ditentukan. Setelah tanah mencapai tinggi dan kemampatan yang dimaksud baru dimasukkan tanah lapisan berikutnya. Misalnya lapisan 100 – 150 setelah diisi dengan tanah 8,6 Kg diukur dari bibir pot mempunyai kedalaman 100 cm maka perlu dipukul-pukul sampai mempunyai kedalaman 110 cm (10 cm tinggi bibir pot tidak terkubur tanah). Pada bagian bawah masing-masing pot dikonstruksikan bak air dan diberi batas tinggi air maksimal. (gambar 3.1) dan hampir setiap hari diberi penambahan air hingga batas tinggi maksimum. Setelah itu pot diinkubasi selama satu bulan untuk menyesuaikan dengan keadaan dilapang.



Gambar 3.1 Pemberian Tanah pada Modifikasi Pot Paralon Dengan Ketinggian Paralon 150 cm

### 3.3.3 Penanaman, Inokulasi Propagul Mikoriza, dan Penjarangan

Penanaman kedelai (varietas Willis), inokulasi bakteri *Rhizobium japonicum*, dan inokulasi jamur mikoriza (25 spora per pot dalam bentuk propagul) dilakukan setelah masa inkubasi berakhir yaitu pada tanggal 16 Oktober 1999. Masing-masing pot diisi dengan empat biji kedelai yang diletakkan secara terpisah dan propagul diletakkan dibawah biji kedelai dengan kedalaman 5 cm (gambar 3.2).



Gambar 3.2 Skema Letak Tanaman dan Spora di Pot

Keterangan

- \* tanaman dan propagul
- biji kedelai
- ✱ propagul

Penjarangan dilakukan setelah tanaman berumur 10 hari. Tanaman yang dicabut diutamakan tanaman yang tumbuhnya tidak normal dan tanaman yang secara umum tidak sama dalam kenampakan fisiknya. Sehingga didapatkan tanaman dalam satu perlakuan memiliki pertumbuhan yang seragam

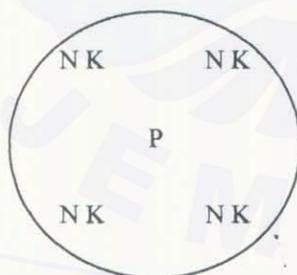
### 3.3.4 Perawatan

Pemupukan dengan pupuk dasar N (urea) sebanyak 75 kg/ha dan K ( $K_2O_5$ ) sebanyak 75 kg/ha pada usia 5 hari setelah tanam serta P dalam bentuk batuan fosfat dengan dosis 170 kg/ha pada saat tanam. Penghitungan jumlah pupuk dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Penghitungan Dosis Pemupukan pada Paralon

Jenis Pupuk	Dosis dilapang kg/ha	Luas Paralon ( $cm^2$ )	Dosis diparalon g/luas paralon
N	75	132,786	$0.100 \approx$ Urea 0.221
P	170	132,786	$0.226 \approx$ Rock Pospat 1.505
K	75	132,786	$0.100 \approx$ KCL 0.199

Pupuk N dan K dikomposit, diberikan pada tiga tempat ditepi paralon. Pemupukan P dilakukan secara terpisah ditengah paralon seperti terlihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Penempatan Pupuk pada Paralon

Selama masa pertumbuhan dijaga agar tidak terkena serangan hama dan penyakit dengan memberikan perstisida Decis 2,5 EC dengan penyemprotan menggunakan sprayer dan dosis 1 ml / liter air pada usia 1 bulan.

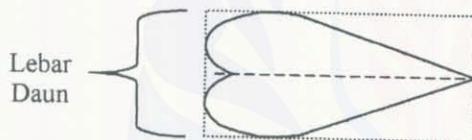
### 3.3.5 Pengamatan

Penambahan air dilakukan setiap terjadi penurunan air pada timba dengan jumlah sesuai dengan air yang terevapotranspirasi sehingga permukaan air pada timba tetap. Hasil penambahan air dicatat (lampiran 15). Evaporasi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Evapotranspirasi (mm)} = \frac{\text{Volume Penambahan Air (cm}^3\text{)}}{\text{Luas Penampang Bak Air (cm}^2\text{)}} \times 10$$

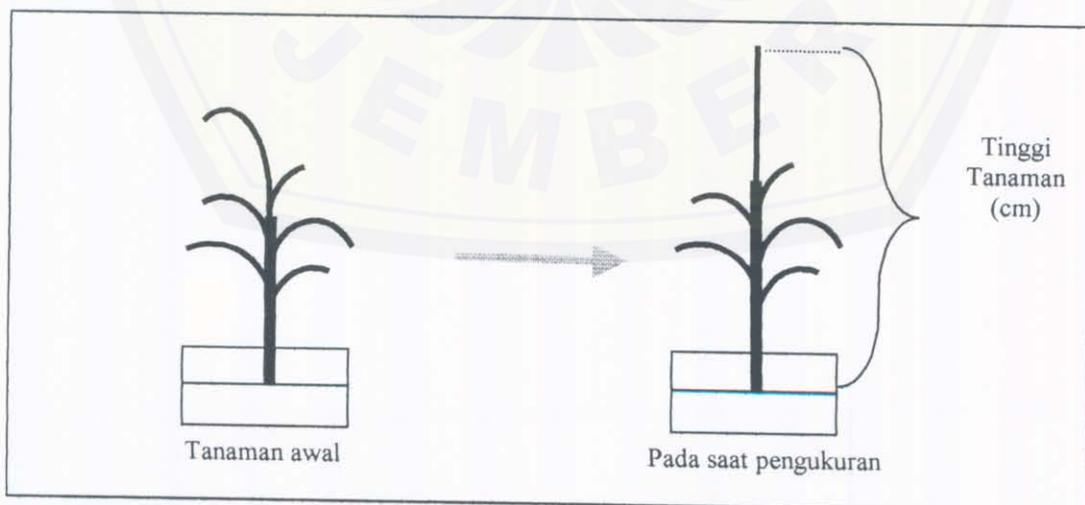
Pengukuran kadar air untuk setiap lapisan per 10 cm dilakukan dengan menggunakan metode grafimetri berdasarkan persen berat. Tanah contoh diambil ketika panen (usia 60 hari setelah tanam)

Jumlah daun dihitung mulai dari ujung dengan lebar minimum 0,5 cm hingga pangkal termasuk daun yang rontok. Lebar tanaman diukur dari tepi daun hingga tepi daun yang lain yang paling lebar dan tegak lurus dengan ruas tengah seperti terlihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Pengukuran Lebar Daun

Dalam percobaan ini, tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga ujung paling akhir seperti terlihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Pengukuran Tinggi Tanaman

Berat basah akar diperoleh dengan cara akar yang masih segar pada lapisan 0 – 30 cm dibersihkan dari tanah kemudian ditimbang dan dicatat. Penghitungan infeksi akar dilakukan pembersihan akar dari tanah. Contoh akar diambil secara acak berdasarkan diameter akar antara 0,5 sampai 1 mm. Akar tanaman dipotong per 1 cm. Penghitungan jumlah infeksi pada akar dengan menggunakan metode pengecatan. Potongan akar direndam dalam FAA kemudian direbus dengan menggunakan KOH pada suhu 90° C selama kurang lebih 1 jam. Proses ini bertujuan untuk membersihkan sitoplasma dan nukleus sel tanaman inang. Setelah itu dibilas dengan air dan kemudian diasamkan dengan menggunakan HCl. Setelah beberapa menit HCl dibuang dan akar direndam dalam 0.05% lactofenol trypan blue selama 5 menit. Setelah itu akar dibilas dengan air dan kemudian diamati dalam mikroskop. Aturan yang digunakan untuk penghitungan adalah dari setiap perlakuan diambil 20 potong akar pada setiap tanaman dan dihitung berapa yang terinfeksi. Hasil hitungan dikonversikan dalam persen.

Penghitungan spora pada penelitian ini menggunakan metode penyaringan basah. Pada pot diambil tanah sampai kedalaman 30 cm dan dibagi menjadi tiga bagian dengan kedalaman 0 – 10, 10 – 20 dan 20 – 30 cm. Tanah lembab yang akan disaring diambil sebanyak 250 g dan ditambah air sebanyak  $\pm$  1 liter dan kemudian diaduk hingga homogen. Setelah homogen baru diendapkan selama 30 detik baru suspensinya disaring pada saringan bertingkat dengan diameter pori 30, 60, dan 140 mesh. Hasil pada saringan 60 dan 140 mesh ditampung dalam petridis. Jumlah spora dihitung secara manual menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 x.

### 3.3.6 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan di rumah kaca menggunakan rancangan faktorial dengan rancangan dasar acak kelompok (RAK) dengan dua faktor tiga ulangan, karena letak pot menentukan penerimaan cahaya matahari dan dianggap berpengaruh pada hasil maka menggunakan RAK. Faktor pertama adalah inokulasi mikoriza (M) dengan dua level. Level pertama adalah tanpa inokulasi mikoriza (M0), dan level kedua dengan inokulasi mikoriza (M1) sebanyak 25 spora per pot dalam bentuk propagul. Sedangkan faktor kedua adalah kedalaman air tanah (ground water) yang terdiri atas tiga level

yaitu kedalaman 50 cm (A1), 100 cm (A2), 150 cm (A3). Jadi dalam percobaan ini terdapat 6 kombinasi perlakuan dengan masing-masing tiga ulangan yaitu :

M0A1

M0A2

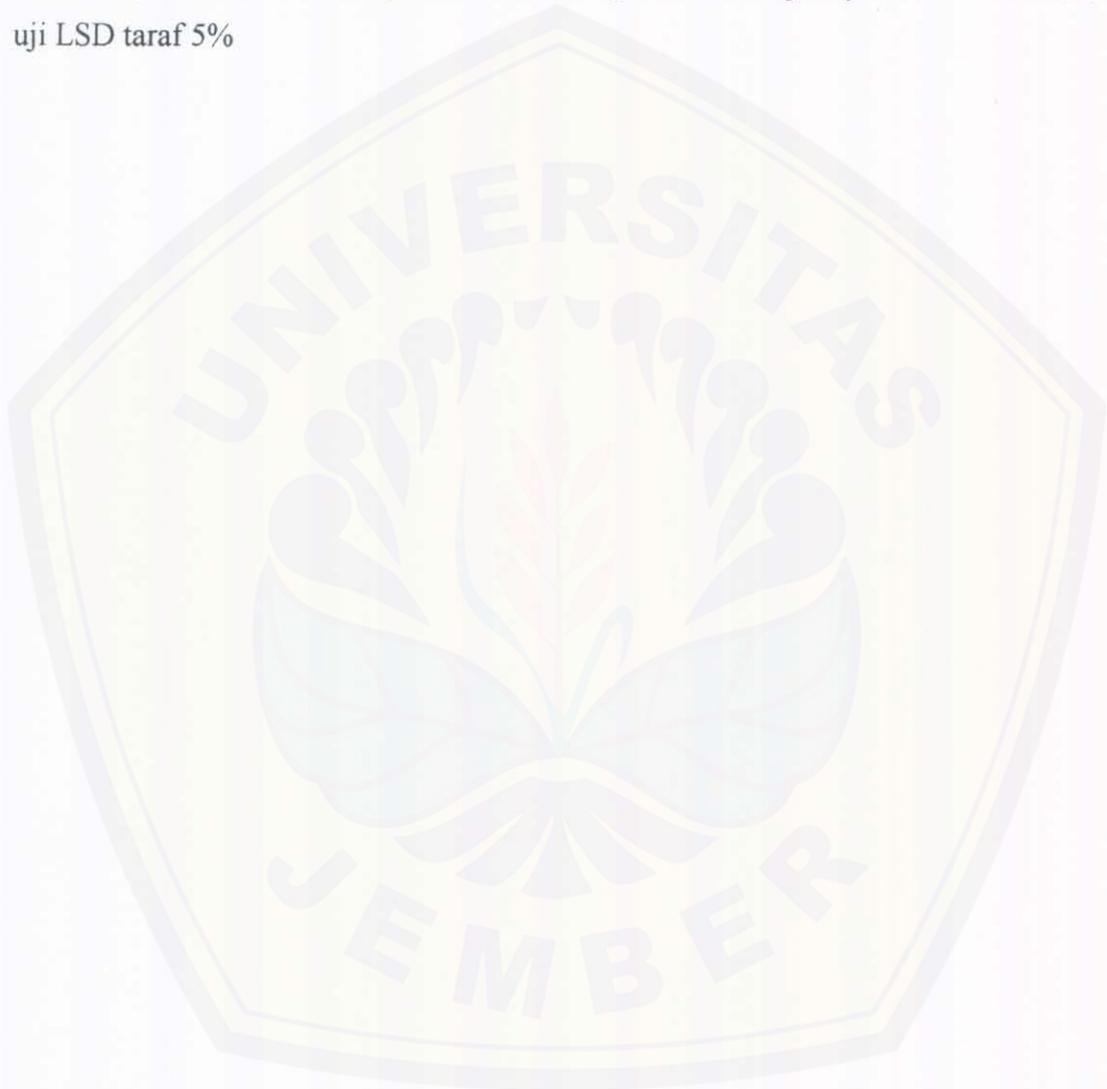
M0A3

M1A1

M1A2

M1A3

Apabila F test menunjukkan berbeda nyata atau sangat nyata maka dilakukan uji LSD taraf 5%



#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Kondisi Tanah

Kondisi tanah daerah Bintoro Kecamatan Patrang Kabupaten Jember berdasarkan analisa pendahuluan didapatkan data seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kondisi Tanah pada Daerah Bintoro Kecamatan Patrang Kabupaten Jember

Parameter	Nilai	Status *)
% Bahan Organik	0,92 %	Rendah
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Bray I)	11,00 ppm P	Rendah
PH H <sub>2</sub> O	6,15	Agak masam
N	0,13 %	Rendah
K <sub>2</sub> O (HCl 25%)	42,00 mg/100g	Tinggi
Kadar Air Tanah Segar 0 – 30 cm	20,60 %	
Kadar Air Tanah Segar 30 – 50 cm	21,30 %	
Kadar Air Tanah Segar 50 – 100 cm	23,08 %	
Kadar Air Tanah Segar 100 – 150 cm	22,57 %	
Kadar Air Tanah Kering Angin 0 – 30 cm	13,15 %	
Kadar Air Tanah Kering Angin 30 – 50 cm	13,94 %	
Kadar Air Tanah Kering Angin 50 – 100 cm	13,49 %	
Kadar Air Tanah Kering Angin 100 – 150 cm	14,89 %	
% Pasir	9,86 %	
% Lempung	45,78 %	
% Debu	44,36 %	
Tekstur	Silty clay (liat berdebu)	

\*) berdasarkan PPT 1983

Untuk dapat tumbuh baik tanaman kedelai menghendaki tanah yang subur, gembur, kaya akan humus dan bahan organik Suprpto, (1995). Pada kondisi tanah diatas tampak bahwa keadaan bahan organik rendah, padahal bahan organik memegang peranan penting bagi kelangsungan hidup sebagian besar mikroorganisme baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penambahan humus sangat diperlukan pada tanah yang mempunyai kondisi seperti ini. Kesuburan tanah juga rendah utamanya kandungan N dan P maka agar tanaman dapat tumbuh baik pada tanah ini, diperlukan pemupukan N dan P. Kadar air tanah dilapang pada setiap lapisan berkisar antara 20,6 – 23,1 %. Kondisi ini berdasarkan Suyana Y, (1990), masih berada dibawah rata-rata kadar air lapang (35%). Tekstur tanah sangat mempengaruhi jumlah air tersedia (Suryana ,Y, 1990). Berdasarkan segitiga tekstur

tanah memiliki tekstur silty clay (liat berdebu). kondisi air tersedia sangat mempengaruhi pertumbuhan makhluk hidup. Bagi MVA lebih mampu bertahan terhadap suhu tinggi pada tanah berat (banyak mengandung liat (clay)) daripada tanah pasiran. (Santoso D.A, 1989)

#### 4.2 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Kadar Air

Berdasarkan sidik ragam pada lampiran 1, 2, 3, dan 4 didapatkan hasil bahwa antara perlakuan kedalaman air tanah dan penambahan propagul mikoriza terhadap parameter kadar air pada lapisan 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 dan 0 - 30 cm tidak ada interaksi. Faktor kedalaman air tanah menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 1% terhadap kadar air pada lapisan 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 dan 0 - 30 cm. Faktor penambahan propagul mikoriza menunjukkan berpengaruh tidak nyata pada taraf 5% terhadap kadar air pada lapisan 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 dan 0 - 30 cm. Hasil uji LSD taraf 5% terhadap parameter kadar air pada lapisan 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 dan 0 - 30 cm didapatkan hasil bahwa A1 (perlakuan kedalaman air tanah 50 cm) berbeda nyata terhadap A2 (perlakuan kedalaman air tanah 100 cm) dan A3 (perlakuan kedalaman air tanah 150 cm), A2 berbeda tidak nyata terhadap A3 (tabel 4.2).

Tabel 4.2 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Kadar Air Tanah (%)

Perlakuan	Kedalaman Lapisan Tanah			
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0 - 30 cm
A1	24,48 a	25,32 a	29,81 a	25,98 a
A2	13,36 b	15,13 b	15,79 b	14,76 b
A3	13,12 b	13,48 b	17,09 b	14,56 b
M0	15,99	17,43	20,28	17,53
M1	17,99	18,52	21,51	19,34

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama berbeda tidak nyata

Pada tabel 4.2 tampak bahwa A1 lebih besar daripada A3, hal ini karena pada perlakuan A3, air pada daerah permukaan mengalami evapotranspirasi<sup>1</sup> yang tidak diikuti dengan penambahan air yang cukup melalui air kapiler, hal ini dibuktikan dari

<sup>1</sup> kehilangan air berasal dari penguapan tanaman (transpirasi) dan dari tanah dan bak air (evaporasi) maka dapat dianggap sebagai evapotranspirasi

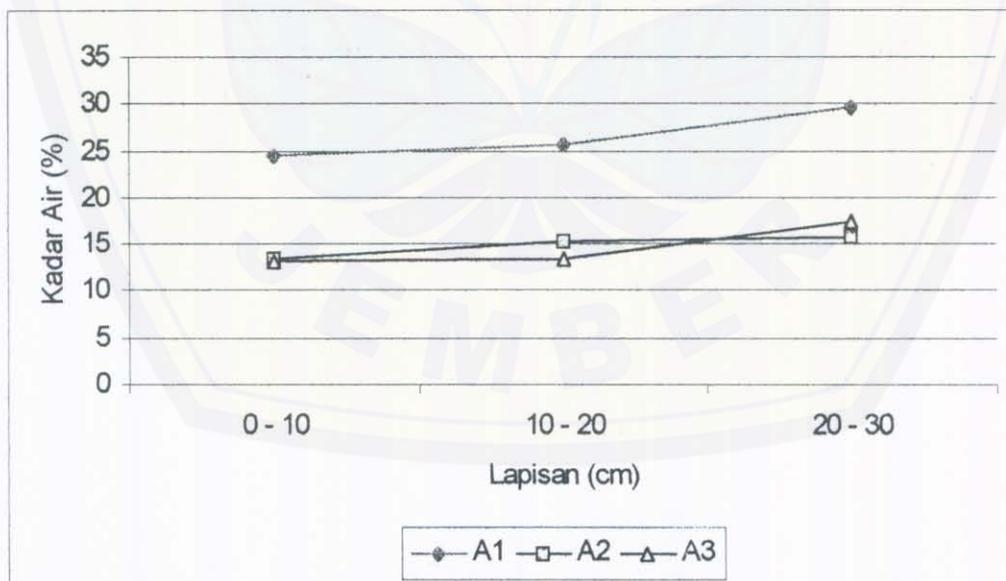
data penambahan air pada bak (tabel 4.3)., sehingga air pada daerah permukaan (0 – 30 cm) mempunyai kadar air rata-rata yang mendekati kondisi kering angin (13,15%) (tabel 4.1). Sedangkan pada perlakuan A1 mendapatkan suplai air yang lebih banyak, sehingga pada daerah permukaan lebih mendekati kondisi kapasitas lapang (20.60%) (tabel 4.1).

Tabel 4.3 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Terhadap Evapotranspirasi

Perlakuan	Evapotranspirasi (mm)
A1	316.220 a
A2	210.159 b
A3	120.591 c
M0	203.778 x
M1	227.535 y

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata

Air tanah untuk mencapai permukaan sering kali dihambat oleh beberapa faktor diantaranya gaya grafitasi, potensial matrik, dan berat air yang menyebabkan air terhambat naik ke permukaan dengan cepat atau bahkan tidak dapat naik sama sekali sehingga terjadi perbedaan kadar air pada setiap kedalaman, (gambar 4.1).



Gambar 4.1 Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Kadar Air

Pada gambar 4.1 tampak bahwa kadar air tertinggi pada perlakuan A1, karena pada perlakuan A1 jarak antara permukaan air tanah dan permukaan tanah paling pendek, sehingga kadar airnya lebih besar dari pada A2 dan A3. Pada gambar 4.1 juga tampak bahwa lapisan 20 – 30 cm kadar airnya lebih tinggi daripada lapisan 0 – 10 dan 10 – 20 cm, karena lapisan 20 – 30 lebih dekat dengan permukaan air tanah

#### 4.3 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Tanaman Kedelai

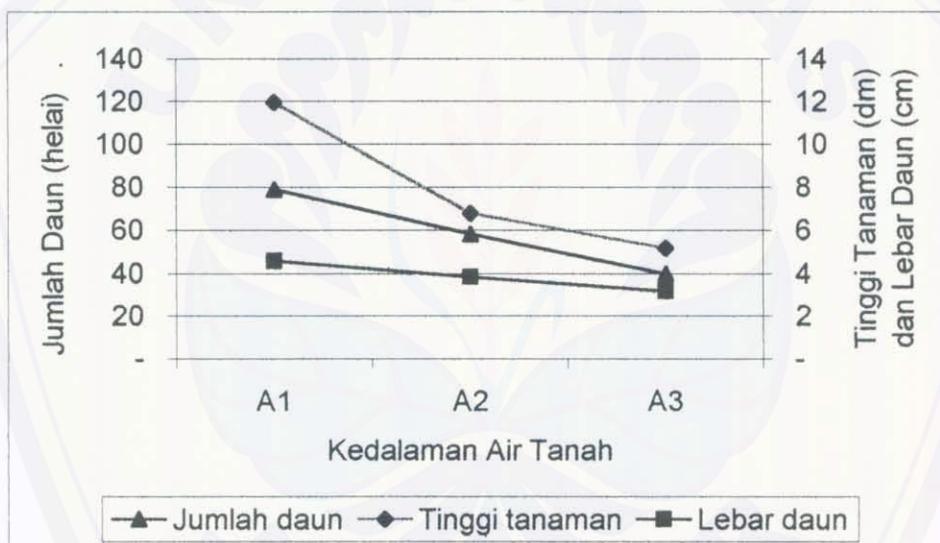
Berdasarkan sidik ragam pada lampiran 6, 7, dan 8 didapatkan hasil bahwa antara perlakuan kedalaman air tanah dan penambahan propagul mikoriza terhadap parameter tinggi tanaman tidak ada interaksi. Faktor kedalaman air tanah menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 1% terhadap tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun. Faktor penambahan propagul mikoriza menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun. Hasil uji LSD taraf 5% terhadap parameter tinggi tanaman didapatkan hasil bahwa A1 (perlakuan kedalaman air tanah 50 cm) berbeda nyata terhadap A2 (perlakuan kedalaman air tanah 100 cm) dan A3 (perlakuan kedalaman air tanah 150 cm), A2 berbeda nyata terhadap A3, dan M0 (tanpa penambahan propagul) berbeda tidak nyata terhadap M1 (penambahan propagul), terhadap parameter lebar daun dan jumlah daun didapatkan hasil bahwa A1 berbeda tidak nyata terhadap A2, A1 berbeda nyata terhadap A3, A2 berbeda tidak nyata terhadap A3, dan M0 berbeda tidak nyata terhadap M1 (tabel 4.4).

Tabel 4.4 Pengaruh Perlakuan Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Terhadap Tanaman Kedelai

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Lebar daun (cm)	Jumlah daun (helai)
A1	119,50 a	4,58 a	79,00 a
A2	77,91 b	4,09 ab	67,19 ab
A3	61,91 c	3,51 b	49,19 b
M0	80,60 x	3,95 x	58,90 x
M1	92,27 x	4,17 x	71,35 x

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama berbeda tidak nyata

Pada tabel 4.4 tampak bahwa parameter tinggi tanaman pada perlakuan A1 lebih besar daripada A2, dan A2 lebih besar daripada A3. Parameter lebar daun dan jumlah daun pada perlakuan A1 lebih besar daripada A3. Pertumbuhan tanaman akan lebih baik apabila ketersediaan air lebih baik (tabel 2 dan 4). Ketersediaan air setara dengan kadar air pada tanah yang sama. Kadar air pada lapisan 0 – 30 cm akan lebih tinggi apabila permukaan air tanah lebih dangkal (tabel 4). Sedangkan air merupakan salah satu bahan untuk proses fotosintesa. Sehingga apabila ketersediaan air berkurang maka proses fotosintesa akan terhambat yang pada akhirnya mengurangi fotosintat. Semakin sedikit fotosintat yang dihasilkan maka akan menghambat pertumbuhan jumlah daun, tinggi tanaman, dan lebar daun (gambar 4.2).



Gambar 4.2 Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Tanaman Kedelai

Perlakuan penambahan propagul menyebabkan penambahan rata-rata tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun, namun penambahannya menunjukkan berbeda tidak nyata (tabel 4.4). Hal ini dikarenakan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman tidak hanya jamur mikoriza tetapi juga mikroorganisme tanah yang lain sedangkan tanah tidak mendapatkan perlakuan sterilisasi sehingga mikroorganisme asli masih berpengaruh pada pertumbuhan tanaman.

#### 4.4 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Berat Basah Akar

Berdasarkan sidik ragam pada lampiran 9 didapatkan hasil bahwa antara perlakuan kedalaman air tanah dan penambahan propagul mikoriza terhadap parameter berat basah akar tidak ada interaksi. Faktor kedalaman air tanah dan penambahan propagul mikoriza menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 1% terhadap berat basah akar. Hasil uji LSD taraf 5% terhadap parameter berat basah akar didapatkan hasil bahwa A1 (perlakuan kedalaman air tanah 50 cm) berbeda tidak nyata terhadap A2 (perlakuan kedalaman air tanah 100 cm), A1 berbeda nyata terhadap A3 (perlakuan kedalaman air tanah 150 cm), A2 berbeda tidak nyata terhadap A3, dan M0 (tanpa penambahan propagul) berbeda nyata terhadap M1 (penambahan propagul) (tabel 4.5).

Tabel 4.5 Berat Basah Akar (g) Kedalaman 0 – 30 cm

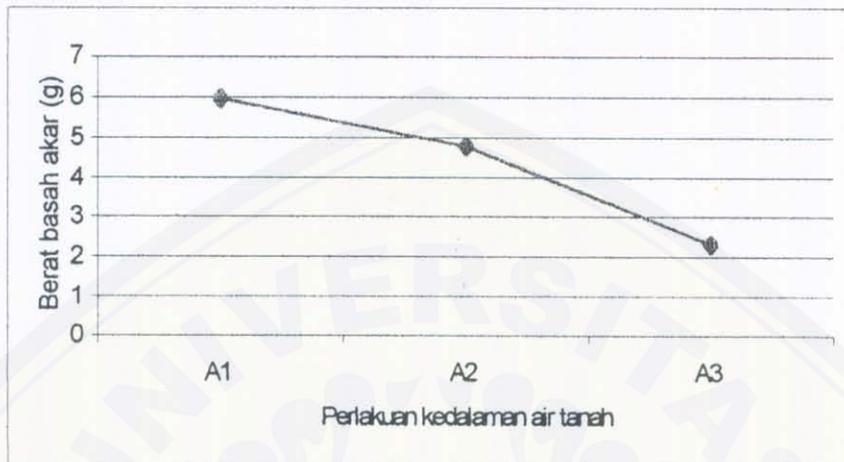
Perlakuan	Berat basah akar (g)
A1	5,97 a
A2	4,78 ab
A3	2,32 b
M0	3,61 y
M1	5,10 x

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata

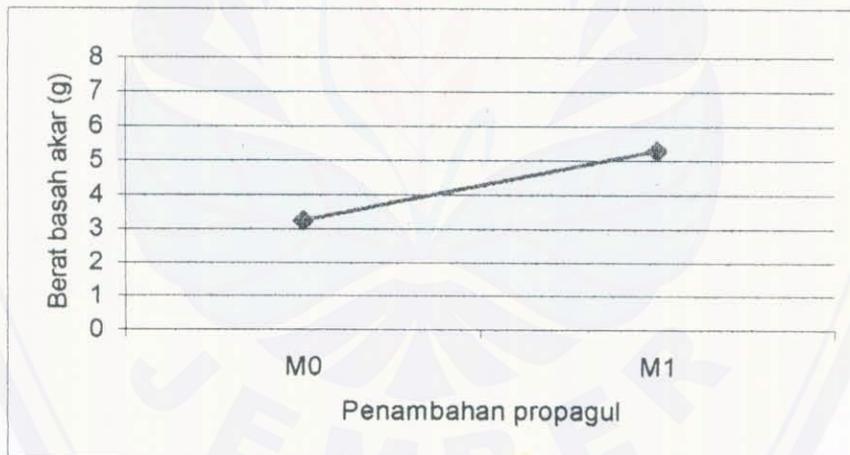
Pada tabel 4.5 tampak bahwa kedalaman air tanah mempengaruhi berat basah akar, semakin dalam permukaan air tanahnya semakin kecil berat basah akarnya (gambar 4.3). Berat basah akar pada perlakuan A2 cenderung lebih berat daripada A3 padahal kadar air pada perlakuan A2 berbeda tidak nyata terhadap A3 (tabel 4.2) hal ini karena pada A2 permukaan air tanahnya lebih dangkal daripada A3. Sehingga perlakuan A2 akar tanaman masih mudah menjangkau air daripada A3, dibuktikan dengan tingkat evapotranspirasi pada A2 lebih besar daripada A3 (tabel 4.3). Terpenuhinya kebutuhan air ini menyebabkan akar tanaman bisa berkembang lebih baik (gambar 4.3).

Pengaruh perlakuan penambahan propagul cenderung memberikan respon meningkatkan berat basah akar sebesar 2.02g (38.25%). Hal ini karena hifa mikoriza yang berfungsi sebagai jala dapat memperkecil proses evaporasi, hifa mikoriza

mampu menahan aliran air tanah sehingga terjadi peningkatan aliran air ke akar. Mekanisme lain yang mungkin yaitu absorpsi air oleh hifa eksternal akar bermikoriza (Dommergues dan Diem, 1982).



Gambar 4.3 Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Berat Basah Akar Kedelai



Gambar 4.4 Pengaruh Penambahan Propagul Terhadap Berat Basah Akar Kedelai

#### 4.5 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Infeksi Akar

Berdasarkan sidik ragam pada lampiran 10 didapatkan hasil bahwa antara perlakuan kedalaman air tanah dan penambahan propagul mikoriza terhadap parameter infeksi akar tidak ada interaksi. Faktor kedalaman air tanah menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 1% terhadap parameter infeksi akar. Faktor

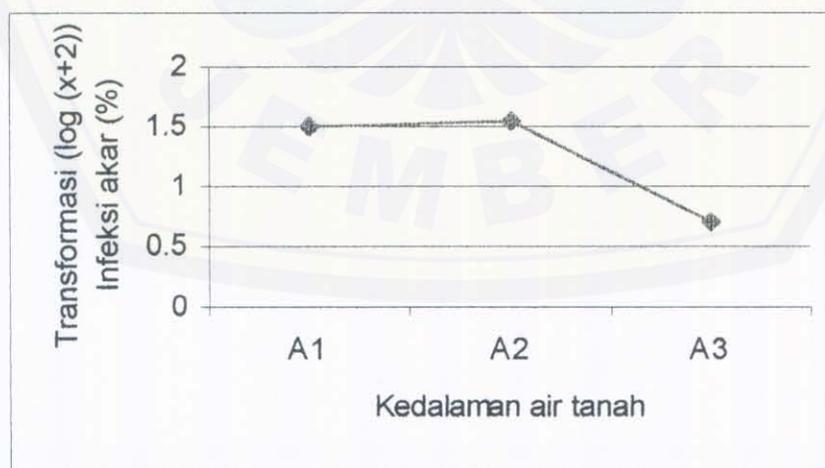
penambahan propagul mikoriza menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap parameter infeksi akar. Hasil uji LSD taraf 5% terhadap parameter infeksi akar didapatkan hasil bahwa A1 (perlakuan kedalaman air tanah 50 cm) berbeda tidak nyata terhadap A2 (perlakuan kedalaman air tanah 100 cm), A1 berbeda nyata terhadap A3 (perlakuan kedalaman air tanah 150 cm), A2 berbeda tidak nyata terhadap A3, dan M0 (tanpa penambahan propagul) berbeda tidak nyata terhadap M1 (penambahan propagul) (tabel 4.6).

Tabel 4.6 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Mikoriza Terhadap infeksi akar (%)

Perlakuan	Infeksi Akar (%)	Transformasi ( $\log(x + 0.5)$ )
A1	35.00	1.51 a
A2	34.58	1.55 ab
A3	10.83	0.70 b
M0	16.67	1.03 x
M1	36.94	1.47 x

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata

Perlakuan kedalaman air tanah pada parameter infeksi akar tampak bahwa A1 ke A2 cenderung menurun, A1 ke A3 menurun, A2 ke A3 cenderung menurun (gambar 4.5). Sedangkan pada perlakuan penambahan propagul dai M0 ke M1 cenderung meningkat.



Gambar 4.5 Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Infeksi Akar

Infeksi akar pada perlakuan A1 lebih besar daripada A3. Hal ini dikarenakan pada perlakuan A1 memiliki berat basah total akar yang lebih besar daripada A3 (tabel 4.5) sedangkan berat basah total akar setara dengan jumlah akar. Banyaknya akar mempengaruhi banyaknya infeksi akar. Semakin banyak infeksi akar maka semakin besar pula produksi spora dan fragmen hifa. Spora dan fragmen hifa yang dihasilkan tidak akan jauh dari akar dan akan lebih mudah terjadi infeksi lagi

Pengaruh penambahan propagul mikoriza cenderung meningkatkan infeksi akar (tabel 4.6). Hal ini disebabkan karena adanya penambahan propagul maka kemungkinan terjadinya infeksi akar lebih besar. Banyaknya infeksi akar menunjang besarnya produksi spora dan fragmen hifa.

#### 4.6 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Jumlah Spora Mikoriza

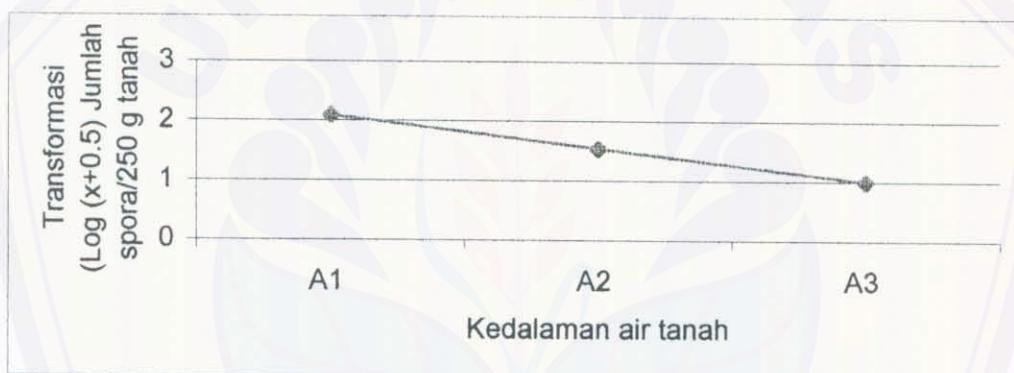
Berdasarkan sidik ragam pada lampiran 11 didapatkan hasil bahwa antara perlakuan kedalaman air tanah dan penambahan propagul mikoriza terhadap parameter jumlah spora pada lapisan 0 – 30 cm per 250 g tanah tidak ada interaksi. Faktor kedalaman air tanah menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 1% terhadap jumlah spora pada lapisan 0 – 30 per 250 g tanah. Faktor penambahan propagul mikoriza menunjukkan berpengaruh tidak nyata pada taraf 5% terhadap jumlah spora pada lapisan 0 – 30 per 250 g tanah. Hasil uji LSD taraf 5% terhadap parameter jumlah spora pada lapisan 0 – 30 per 250 g tanah didapatkan hasil bahwa A1 (perlakuan kedalaman air tanah 50 cm) berbeda nyata terhadap A2 (perlakuan kedalaman air tanah 100 cm) dan A3 (perlakuan kedalaman air tanah 150 cm), A2 berbeda nyata terhadap A3. (tabel 4.7)

Tabel 4.7 Jumlah Spora pada Lapisan 0 – 30 per 250 g Tanah

Perlakuan	Jumlah Spora	Transformasi ( $\log x + 0.5$ )
A1	128.00	2.09 a
A2	39.33	1.55 b
A3	13.25	1.01 c
M0	47.06	1.44
M1	73.33	1.65

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata

Pada tabel 4.7 diatas tampak bahwa A1 lebih besar daripada A2, A2 lebih besar daripada A3, hal ini karena jamur mikoriza untuk perkembang biakannya membutuhkan beberapa hal diantaranya akar tanaman inang dan air. Pada parameter berat basah akar perlakuan A1 berbeda tidak nyata terhadap A2, perlakuan A1 berbeda nyata terhadap A3, A2 berbeda tidak nyata terhadap A3 (tabel 4.5). Pada parameter kadar air lapisan 0 – 30 cm perlakuan A1 berbeda tidak nyata terhadap A2 dan A3, A2 berbeda nyata terhadap A3 (tabel 4.2). Sehingga pada perlakuan A1 jumlah sporanya lebih banyak karena pertumbuhan spora didukung oleh akar tanaman sebagai inang dan ketersediaan air, perlakuan A2 lebih sedikit dari A1 karena hanya didukung oleh akar inang saja dan A3 yang tidak didukung oleh akar inang dan ketersediaan air sehingga jumlah sporanya paling sedikit (gambar 4.6)



Gambar 4.6 Pengaruh Kedalaman Air Tanah Terhadap Jumlah Spora Per 250 g Tanah

#### 4.7 Pengaruh Kedalaman Air Tanah dan Penambahan Propagul Mikoriza terhadap Sebaran Spora Mikoriza

Berdasarkan sidik ragam pada lampiran 12 didapatkan hasil bahwa antara perlakuan kedalaman air tanah dan penambahan propagul mikoriza terhadap parameter jumlah spora pada lapisan 0 – 10, 10 – 20, dan 20 – 30 cm per 250 g tanah tidak ada interaksi. Faktor kedalaman air tanah menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 1% terhadap parameter jumlah spora pada lapisan 0 – 10, 10 – 20 dan 20 – 30 cm per 250 g tanah. Faktor penambahan propagul mikoriza menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap parameter jumlah spora pada lapisan 0 – 10 cm per 250 g tanah, sedangkan terhadap parameter jumlah spora pada lapisan 10 – 20 dan 20 – 30 cm per 250 g tanah menunjukkan berpengaruh tidak nyata pada

taraf 5%. Hasil uji LSD taraf 5% terhadap parameter jumlah spora pada lapisan 0 – 10 cm per 250 g tanah didapatkan hasil bahwa A1 (perlakuan kedalaman air tanah 50 cm) berbeda nyata terhadap A2 (perlakuan kedalaman air tanah 100 cm) dan A3 (perlakuan kedalaman air tanah 150 cm), A2 berbeda tidak nyata terhadap A3, terhadap parameter jumlah spora pada lapisan 10 – 20 dan 20 – 30 cm per 250 g tanah didapatkan hasil bahwa A1 berbeda tidak nyata terhadap A2, A1 berbeda nyata terhadap A3, A2 berbeda tidak nyata terhadap A3, dan pada parameter jumlah spora pada lapisan 0 – 10 M0 (tanpa penambahan propagul) berbeda tidak nyata terhadap M1 (penambahan propagul) (tabel 4.8)

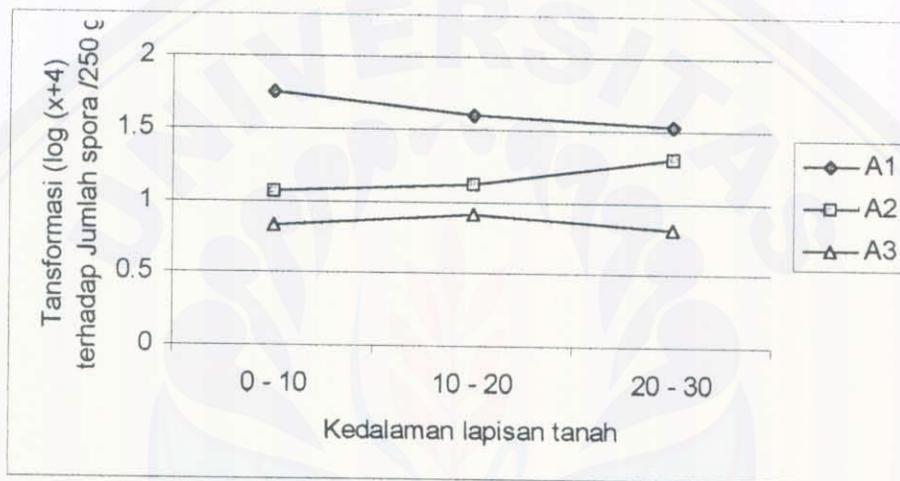
Tabel 4.8 Pengaruh Penambahan Propagul dan Kedalaman Tanah terhadap Jumlah Spora Mikoriza per 250 g Tanah

Perlakuan	0 – 10 cm	10 – 20 cm	20 – 30 cm	Transformasi ( $\log(x+4)$ )		
				0 – 10 cm	0 – 10 cm	0 – 10 cm
A1	55.67	36.83	35.50	1.75 a	1.59 a	1.52 a
A2	9.25	10.83	19.25	1.06 ab	1.12 b	1.31 ab
A3	4.67	5.58	3.00	0.83 b	0.91 b	0.82 b
M0	16.33	14.94	15.78	1.07 x	1.14	1.17
M1	30.06	20.56	22.72	1.36 x	1.27	1.26

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama berbeda tidak nyata

Perlakuan kedalaman air tanah pada parameter jumlah spora pada lapisan 0 - 10 cm per 250 g tanah tampak bahwa A1 ke A2 menurun sebesar 46.42 (83.38%), A1 ke A3 menurun sebesar 51 (91.62%), A2 ke A3 cenderung menurun sebesar 4.58 (49.55%). pada perlakuan penambahan propagul dari M0 ke M1 cenderung meningkat sebesar 13.72 (84.01%), pada parameter jumlah spora pada lapisan 10 - 20 cm per 250 g tanah tampak bahwa A1 ke A2 cenderung menurun sebesar 26 (70.59%), A1 ke A3 menurun sebesar 31.25 (84.84%), A2 ke A3 cenderung menurun sebesar 5.25 (48.46%). pada perlakuan penambahan propagul dari M0 ke M1 cenderung meningkat sebesar 5.61 (37.55%), pada parameter jumlah spora pada lapisan 20 - 30 cm per 250 g tanah tampak bahwa A1 ke A2 cenderung menurun sebesar 16.25 (45.77%), A1 ke A3 menurun sebesar 32.5 (91.55%), A2 ke A3 cenderung menurun sebesar 16.25 (84.42%), pada perlakuan penambahan propagul dari M0 ke M1 cenderung meningkat sebesar 6.94 (44.01%)

Jumlah spora mikoriza terbanyak pada perlakuan A1, pada umumnya spora berada pada lapisan 0 – 10 cm dari permukaan, kemudian berangsur-angsur berkurang pada penambahan kedalaman. Hal ini karena mikoriza biasanya cenderung lebih sesuai pada tanah dengan kadar air pada kapasitas lapang, dan juga mikoriza termasuk mikroorganisme aerob. Sehingga pada daerah permukaan yang kondisi airnya lebih mendekati kapasitas lapang daripada daripada kondisi air pada lapisan 10 – 20 dan 20 – 30 cm dari permukaan lebih sesuai dengan kebutuhan mikoriza, sehingga mikoriza lebih dapat bertahan dan berkembangbiak.



Gambar 4.7 Jumlah Rata-rata Spora Mikoriza pada Setiap Perlakuan

Pada perlakuan A2 terjadi kenampakan lain dimana jumlah spora lebih banyak pada lapisan 20 – 30 cm daripada lapisan 0 – 20. Pada kasus ini dapat dijelaskan bahwa pada daerah permukaan kondisi airnya sudah berada pada kondisi kering angin (13%). Sedangkan pada lapisan 20 – 30 cm kadar airnya 16% sehingga perkembangan mikoriza cenderung pada lapisan 20 – 30 cm.

Pada perlakuan A3 sebaran mikoriza lebih dipengaruhi oleh kondisi akar. Dari hasil pengamatan didapatkan berat basah akar pada lapisan 0 – 30 cm hanya 1,8 g dibandingkan dengan perlakuan A1 dan A2 yang memiliki berat 6 g dan 5 g. Padahal untuk berkembang biaknya mikoriza membutuhkan akar tanaman inang, sehingga bila akar tanaman inang sedikit atau tidak ada, perkembangan mikoriza menjadi terhambat sehingga mikoriza cenderung pada lapisan 0 – 10 dan 10 – 20 cm..

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan analisa maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa

- 1) Berdasarkan F Test perlakuan kedalaman air tanah dan penambahan propagul tidak ada interaksi. Faktor kedalaman air tanah berpengaruh terhadap seluruh parameter sedangkan faktor penambahan propagul berpengaruh tidak nyata terhadap kadar air tiap lapisan, total spora, jumlah spora pada lapisan 10-20 dan 20-30 cm.
- 2) Peningkatan kedalaman air tanah menurunkan jumlah spora mikoriza. Pada perlakuan A1 jumlah spora terbanyak terdapat pada lapisan 0 – 10 cm, perlakuan A2 pada lapisan 20 – 30 cm, dan perlakuan A3 pada lapisan 0 – 10 cm
- 3) Faktor penambahan propagul terhadap jumlah spora pada setiap lapisan tanah cenderung meningkatkan jumlah spora dari M0 ke M1.

### 5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh tekstur tanah, media tanam, tumpangsari tanaman inang, dan asosiasi dengan mikroba tanah yang lain terhadap sebaran mikoriza.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1983, *Pameran Tanaman Pangan 1982*, Puslitbang Balitan, Bogor
- \_\_\_\_\_, 1990, *Kursus Singkat Ekologi Mikrobial*, PAU Bioteknologi UGM, Yogyakarta
- Baihaqi A. M. 1997. *Menanam Palawija*. Mitra Usaha. Jakarta
- Baon. J. B.; A. Wibawa. A.; Abdoellah. S. & Pujiyanto. 1997. *Hasil Penelitian Penggunaan Pupuk fosfat Alam pada tanaman kopi dan Kakao*. Lokakarya Penggunaan Pupuk fosfat Alam Berkualitas Tinggi. Hotel Tiara medan
- Baon. J.B. 1983. *Mikoriza: Peran erta Kemungkinan Pengembangannya dalam lapangan Perkebunan*. Menara Perkebunan
- \_\_\_\_\_. 1996. Peranan jamur mikoriza pada tanah Acrisol dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kakao. *Agrivita*
- \_\_\_\_\_. 1998. Pengaruh infeksi mikoriza terhadap serangan nematoda *Pratylenchus coffee* pada tanaman kopi. Pelita Perkebunan
- Baon. J.B., S.E. Smith & A. M. Alston. 1993. *Phosphorus allocation in P-efficient and inefficient Barley Cultivar as Affected by Mycorrhizal Infection*. Plant and Soil
- Dommergues. Y.R. dan H.G. Diem. 1982. *Microbiology of Tropical Soil and Plant Produktivity*. DR W. Junk Publisher. London.
- Dwijoseputro, D., 1992. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Foth H.D., 1998, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Gardner, F.P. P. Brent & M Roger. , 1985. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia Press. Jakarta
- \_\_\_\_\_, 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia Press. Jakarta
- Gray. T.R.G. dan S.T Williams. 1971. *Soil Micro-organisms*. Longman Group Limited. London
- Gunawan. A. G. 1993. *Mikoriza Arbuskula*. Pusat penelitian antar Perkebunan. edisi I
- Hardjowigeno. 1992. *Ilmu Tanah*. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.

- Hermiyanto. B., 1994. *Produksi Spora Mikoriza V-A (Gigaspora sp) pada Berbagai Komposisi Media Tanah dan Varietas Tanaman Jagung (Zea Mays L)*. Pusat Penelitian. Universitas Jember
- \_\_\_\_\_, 1996. *Studi tentang Peranan Jamur Ektomikoriza dan Endomikoriza terhadap Penyediaan P pada Sistem Pumpangsari Pinus Jagung*, Proposal Penelitian Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, 1999. *Peranan Asosiasi Mikoriza pada Tanaman Kedelai terhadap Peningkatan Aliran Air Kapiler pada Berbagai Kedalaman Air Tanah*. Proposal Penelitian. Fakultas Pertanian Universitas Jember. Jember.
- Indranada, H.K., 1994. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Islami, T. dan W.H. Utomo, 1995. *Hubungan Tanah, Air Dan Tanaman*. IKIP Semarang. Semarang.
- Joetono. 1995. *Mikrobiologi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 39.
- Kertonegoro. B. D. dan S. Soekodarmodjo. 1987. *Anasir Fisika Tanah*. Faperta UGM. Yogyakarta.
- Lamina, 1989, *Kedelai dan Pengembangannya*, CV Simple, Jakarta.
- Mosse. B. 1981. *Vesikular - Arbuskular Mycorrhizae Research for Tropical Agriculture*. Res hawaii Inst. Trop. Agric. Hum. Roscur. no 194
- Pearson. v. & Diem. H. G. 1982. *Endomycorhyzae in The Tropics*. Microbiologi of Tropical Soil and Plant Productivity: 219 - 251
- Rao. N.S.. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 31
- Rochdjatun.I.S. 1993. *Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza (MVA) pada Tanaman Bawang-Bawangan dan Pengaruhnya terhadap Tingkat Serangan Alternaria porry*. jurnal Unibraw. VI no 6
- Rukmana R, dan Yuniarsih Y, 1996, *Kedelai Budidaya dan Pasca Panen*, Kanisius, Yogyakarta.
- Salisbury. F. B. dan C. W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan II*. ITB. Bandung.
- Sanchez. P.A., 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika 1*. ITB. Bandung.
- \_\_\_\_\_, 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika 2*. ITB. Bandung.
- Santoso. D.A. 1989. *Teknik dan metod Penelitian Mikoriza V-A*. Laboratorium Bioteknologi Tanah Jurusan Tanah IPB. Bogor

- Sastroatmodjo, Mul Mulyani S., Kartasaputra S., 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Setyobudi, B., -, *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jurusan Tanah Faperta UNEJ. Jember.
- Sulistyaningsih. N 1998. *Petunjuk Praktikum Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jurusan Tanah Faperta UNEJ. Jember.
- Sulistyaningsih. N. 1993. *Korelasi antara Penambahan Fosfat dengan Tanaman Padi Sawah*. Faperta Unej. jember
- Sumadi dkk. 1996. *Mikrobiologi Tanah*. Jurusan Ilmu tanah. Fakultas Pertanian Universitas Jember. Jember
- Suprpto, 1992, *Bertanam Kedelai*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Wibawa, A. dan J.B. Baon, 1991, *Pengaruh mikoriza ber VA terhadap efesiensi pemupukan fosfat alam pada tanaman kakau lindak*, Korp. Nas. Kakao III Medan.

lampiran 1 Kadar Air (%) pada Kedalaman 0 - 10 cm

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	20.99	19.96	24.34	65.28	21.76
M0A2	14.10	12.97	11.22	38.30	12.77
M0A3	11.90	11.39	17.00	40.29	13.43
M1A1	32.02	28.81	20.74	81.57	27.19
M1A2	12.55	12.33	17.00	41.88	13.96
M1A3	11.98	13.60	12.87	38.44	12.81
Total	103.55	99.06	103.17	305.77	

Sidik Ragam Kadar Air (%) pada Kedalaman 0 - 10 cm

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	2.07	1.03	0.09 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	551.84	110.37	9.62 **	3.33	5.64
Air	2	504.90	252.45	22.01 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	18.05	18.05	1.57 ns	4.95	10.04
Interaksi	2	28.88	14.44	1.26 ns	4.1	7.56
Galat	10	114.68	11.47			
Total	17	668.59				

kk                      20%

## lampiran 2 Kadar Air (%) pada Kedalaman 10 - 20 cm

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	26.29	22.67	25.78	74.74	24.91
M0A2	14.56	14.39	14.74	43.69	14.56
M0A3	14.37	6.10	18.00	38.46	12.82
M1A1	37.87	13.66	25.64	77.17	25.72
M1A2	15.60	13.48	18.00	47.08	15.69
M1A3	14.07	15.30	13.04	42.41	14.14
Total	122.76	85.60	115.20	323.56	

## Sidik Ragam Kadar Air (%) pada Kedalaman 10 - 20 cm

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	128.59	64.29	2.48 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	498.90	99.78	3.84 *	3.33	5.64
Air	2	493.40	246.70	9.50 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	5.30	5.30	0.20 ns	4.95	10.04
Interaksi	2	0.20	0.10	0.00 ns	4.1	7.56
Galat	10	259.56	25.96			
Total	17	887.05				

kk 28%

lampiran 3 Kadar Air (%) pada Kedalaman 20 - 30 cm

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	30.74	25.26	29.29	85.29	28.43
M0A2	14.71	17.31	12.81	44.83	14.94
M0A3	16.51	14.86	21.00	52.37	17.46
M1A1	35.48	30.87	27.22	93.57	31.19
M1A2	14.35	14.56	21.00	49.91	16.64
M1A3	17.54	17.09	15.51	50.14	16.71
Total	129.33	119.96	126.83	376.11	

Sidik Ragam Kadar Air (%) pada Kedalaman 20 - 30 cm

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	7.84	3.92	0.38 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	736.82	147.36	14.19 **	3.33	5.64
Air	2	720.25	360.12	34.67 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	6.89	6.89	0.66 ns	4.95	10.04
Interaksi	2	9.68	4.84	0.47 ns	4.1	7.56
Galat	10	103.87	10.39			
Total	17	848.53				

kk 15%

lampiran 4 Kadar Air (%) pada Kedalaman 0 - 30 cm

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	26.01	22.63	23.13	71.77	23.92
M0A2	14.45	14.89	12.92	42.27	14.09
M0A3	14.26	10.78	18.67	43.71	14.57
M1A1	35.13	24.45	24.53	84.10	28.03
M1A2	14.17	13.46	18.67	46.29	15.43
M1A3	14.53	15.33	13.81	43.67	14.56
Total	118.55	101.54	111.73	331.82	

Sidik Ragam Kadar Air (%) pada Kedalaman 0 - 30 cm

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	24.42	12.21	1.13 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	540.50	108.10	10.00 **	3.33	5.64
Air	2	512.45	256.23	23.70 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	14.78	14.78	1.37 ns	4.95	10.04
Interaksi	2	13.26	6.63	0.61 ns	4.1	7.56
Galat	10	108.13	10.81			
Total	17	673.05				

kk 18%

lampiran 5 Evapotranspirasi (mm)

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	309.59	301.64	280.64	891.86	297.29
M0A2	181.36	206.18	217.95	605.50	201.83
M0A3	99.59	117.73	119.32	336.64	112.21
M1A1	338.86	340.45	326.14	1005.45	335.15
M1A2	232.27	264.09	159.09	655.45	218.48
M1A3	128.86	141.27	116.77	386.91	128.97
Total	1290.55	1371.36	1219.91	3881.82	

Sidik Ragam Evapotranspirasi (mm)

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	1914.42	957.21	1.68 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	118071.48	23614.30	41.49 **	3.33	5.64
Air	2	115083.87	57541.93	101.09 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	2539.90	2539.90	4.46 ns	4.95	10.04
Interaksi	2	447.72	223.86	0.39 ns	4.1	7.56
Galat	10	5692.12	569.21			
Total	17	125678.03				

kk 11%

lampiran 6 Tinggi Tanaman (cm)

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
MOA1	118.00	117.00	100.00	335.00	111.67
MOA2	80.00	50.00	79.00	209.00	69.67
MOA3	42.00	53.00	47.50	142.50	47.50
M1A1	130.00	142.00	110.00	382.00	127.33
M1A2	82.00	90.00	86.00	258.00	86.00
M1A3	65.00	65.00	60.00	190.00	63.33
Total	517.00	517.00	482.50	1,516.50	

Sidik Ragam Tinggi Tanaman (cm)

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	132.25	66.13	0.51 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	13834.96	2766.99	21.53 **	3.33	5.64
Air	2	12690.58	6345.29	49.38 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	1144.01	1144.01	8.90 *	4.95	10.04
Interaksi	2	0.36	0.18	0.00 ns	4.1	7.56
Galat	10	1284.92	128.49			
Total	17	15252.13				

kk 13%

lampiran 7 Lebar Daun (cm)

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	4.50	4.50	4.50	13.50	4.50
M0A2	4.00	3.50	4.50	12.00	4.00
M0A3	3.00	3.00	3.00	9.00	3.00
M1A1	4.50	5.00	4.50	14.00	4.67
M1A2	4.00	4.50	4.25	12.75	4.25
M1A3	4.00	3.50	3.50	11.00	3.67
Total	24.00	24.00	24.25	72.25	

Sidik Ragam Lebar Daun (cm)

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	0.007	0.003	0.04 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	5.601	1.120	11.77 **	3.33	5.64
Air	2	4.799	2.399	25.22 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	0.587	0.587	6.17 *	4.95	10.04
Interaksi	2	0.215	0.108	1.13 ns	4.1	7.56
Galat	10	0.951	0.095			
Total	17	6.559				

kk                      8%

lampiran 8 Jumlah Daun (helai)

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
MOA1	83	77	68	228	76.00
MOA2	80	29	69	178	59.33
MOA3	23	36	30	89	29.50
M1A1	86	83	77	246	82.00
M1A2	83	77	80	240	80.00
M1A3	60	70	41	171	57.00
Total	415	372	365	1152	

Sidik Ragam Jumlah Daun (helai)

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	247.53	123.76	0.66 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	5955.07	1191.01	6.32 **	3.33	5.64
Air	2	4126.03	2063.01	10.94 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	1467.01	1467.01	7.78 *	4.95	10.04
Interaksi	2	362.03	181.01	0.96 ns	4.1	7.56
Galat	10	1885.64	188.56			
Total	17	8088.24				

kk 21%

lampiran 9 Berat Basah Akar (g)

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	6.07	3.04	4.15	13.26	4.42
M0A2	3.60	3.01	5.86	12.47	4.16
M0A3	1.19	1.21	1.20	3.60	1.20
M1A1	6.88	8.60	7.07	22.55	7.52
M1A2	5.85	6.00	5.93	17.78	5.93
M1A3	1.38	3.01	2.78	7.17	2.39
Total	24.97	24.87	26.99	76.83	

Sidik Ragam Berat Basah Akar (g)

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	0.47	0.24	0.20 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	78.82	15.76	13.03 **	3.33	5.64
Air	2	57.62	28.81	23.82 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	18.33	18.33	15.15 **	4.95	10.04
Interaksi	2	2.87	1.43	1.18 ns	4.1	7.56
Galat	10	12.10	1.21			
Total	17	91.40				

kk 26%

## lampiran 10 Infeksi Akar (%)

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	40.00	10.00	20.00	70.00	23.33
M0A2	35.00	25.00	20.00	80.00	26.67
M0A3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1A1	60.00	50.00	30.00	140.00	46.67
M1A2	50.00	35.00	42.50	127.50	42.50
M1A3	0.00	20.00	45.00	65.00	21.67
Total	185.00	140.00	157.50	482.50	

## Transformasi (Log(x+2)) Terhadap Infeksi Akar (%)

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	1.62	1.08	1.34	4.04	1.35
M0A2	1.57	1.43	1.34	4.34	1.45
M0A3	0.30	0.30	0.30	0.90	0.30
M1A1	1.79	1.72	1.51	5.01	1.67
M1A2	1.72	1.57	1.65	4.93	1.64
M1A3	0.30	1.34	1.67	3.32	1.11
Total	7.30	7.44	7.81	22.55	

## Sidik Ragam Transformasi (Log(x+2)) Terhadap Infeksi Akar (%)

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	0.0232	0.0116	0.09 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	3.9085	0.7817	6.35 **	3.33	5.64
Air	2	2.7240	1.3620	11.07 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	0.8764	0.8764	7.12 *	4.95	10.04
Interaksi	2	0.3081	0.1541	1.25 ns	4.1	7.56
Galat	10	1.2303	0.1230			
Total	17	5.1620				

kk 28%



lampiran 11 Total Spora per 250 g Tanah

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	104	146	83	333	111.0
M0A2	26	15	24	65	21.7
M0A3	9	8	9	26	8.5
M1A1	218	93	124	435	145.0
M1A2	64	50	57	171	57.0
M1A3	10	41	3	54	18.0
Total	431	353	300	1084	

Transformasi ( $\text{Log}(x+0.5)$ ) Terhadap Total Spora per 250 g Tanah

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	2.02	2.17	1.92	6.11	2.04
M0A2	1.42	1.19	1.39	4.00	1.33
M0A3	0.98	0.93	0.95	2.86	0.95
M1A1	2.34	1.97	2.10	6.41	2.14
M1A2	1.81	1.70	1.76	5.27	1.76
M1A3	1.02	1.62	0.54	3.18	1.06
Total	9.59	9.58	8.66	27.83	

Sidik Ragam Transformasi ( $\text{Log}(x+0.5)$ ) Terhadap Total Spora per 250 g Tanah

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	0.0941	0.0470	0.75 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	3.7865	0.7573	12.13 **	3.33	5.64
Air	2	3.4856	1.7428	27.93 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	0.1986	0.1986	3.18 ns	4.95	10.04
Interaksi	2	0.1023	0.0512	0.82 ns	4.1	7.56
Galat	10	0.6241	0.0624			
Total	17	4.5046				
			kk	16%		

lampiran 12 Jumlah Spora pada Lapisan 0 - 10 per 250 g Tanah

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
MOA1	35	45	49	129	43.0
MOA2	12	6	0	18	6.0
MOA3	0	0	0	0	0.0
M1A1	104	41	60	205	68.3
M1A2	20	5	13	38	12.5
M1A3	9	18	1	28	9.3
Total	180	115	123	418	

Transformasi (Log(x+4)) Terhadap Jumlah Spora pada Lapisan 0 - 10 per 250 g Tanah

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
MOA1	1.59	1.69	1.72	5.01	1.67
MOA2	1.20	1.00	0.60	2.81	0.94
MOA3	0.60	0.60	0.60	1.81	0.60
M1A1	2.03	1.65	1.81	5.49	1.83
M1A2	1.38	0.95	1.22	3.55	1.18
M1A3	1.11	1.34	0.70	3.16	1.05
Total	7.92	7.24	6.65	21.82	

Sidik Ragam Transformasi (Log(x+4)) Terhadap Jumlah Spora pada Lapisan 0 - 10 per 250 g Tanah

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	0.1354	0.0677	1.54 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	3.1994	0.6399	14.54 **	3.33	5.64
Air	2	2.7638	1.3819	31.40 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	0.3704	0.3704	8.42 *	4.95	10.04
Interaksi	2	0.0652	0.0326	0.74 ns	4.1	7.56
Galat	10	0.4401	0.0440			
Total	17	3.7749				
			kk	17%		

lampiran 13 Jumlah Spora pada Lapisan 10 - 20 per 250 g Tanah

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	25	55	18	98	32.7
M0A2	6	1	16	23	7.7
M0A3	8	1	5	14	4.5
M1A1	39	42	42	123	41.0
M1A2	7	21	14	42	14.0
M1A3	1	18	1	20	6.7
Total	86	138	96	320	

Transformasi (Log(x+4)) Terhadap Jumlah Spora pada Lapisan 10 - 20 per 250 g Tanah

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
M0A1	1.46	1.77	1.34	4.58	1.53
M0A2	1.00	0.70	1.30	3.00	1.00
M0A3	1.08	0.70	0.93	2.71	0.90
M1A1	1.63	1.66	1.66	4.96	1.65
M1A2	1.04	1.40	1.26	3.69	1.23
M1A3	0.70	1.34	0.70	2.74	0.91
Total	6.92	7.57	7.19	21.68	

Sidik Ragam Transformasi (Log(x+4)) Terhadap Jumlah Spora pada Lapisan 10 - 20 per 250 g Tanah

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	0.0362	0.0181	0.28 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	1.5674	0.3135	4.77 *	3.33	5.64
Air	2	1.4623	0.7311	11.13 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	0.0685	0.0685	1.04 ns	4.95	10.04
Interaksi	2	0.0365	0.0183	0.28 ns	4.1	7.56
Galat	10	0.6571	0.0657			
Total	17	2.2607				
			kk	21%		

lampiran 14 Jumlah Spora pada Lapisan 20 - 30 per 250 g Tanah

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
MOA1	44	46	16	106	35.3
MOA2	8	8	8	24	8.0
MOA3	1	7	4	12	4.0
M1A1	75	10	22	107	35.7
M1A2	37	24	31	92	30.5
M1A3	0	5	1	6	2.0
Total	165	100	82	347	

Transformasi (Log(x+4)) Terhadap Jumlah Spora pada Lapisan 20 - 30 per 250 g Tanah

	ulangan			Total	rerata
	1	2	3		
MOA1	1.68	1.70	1.30	4.68	1.56
MOA2	1.08	1.08	1.08	3.24	1.08
MOA3	0.70	1.04	0.90	2.64	0.88
M1A1	1.90	1.15	1.41	4.46	1.49
M1A2	1.61	1.45	1.54	4.60	1.53
M1A3	0.60	0.95	0.70	2.26	0.75
Total	7.57	7.37	6.94	21.87	

Sidik Ragam Transformasi (Log(x+4)) Terhadap Jumlah Spora pada Lapisan 20 - 30 per 250 g Tanah

SK	db	JK	KT	Fhit	1%	5%
Ulangan	2	0.0352	0.0176	0.36 ns	4.1	7.56
Perlakuan	5	1.9147	0.3829	7.73 **	3.33	5.64
Air	2	1.5730	0.7865	15.88 **	4.1	7.56
Mikoriza	1	0.0312	0.0312	0.63 ns	4.95	10.04
Interaksi	2	0.3105	0.1553	3.14 ns	4.1	7.56
Galat	10	0.4951	0.0495			
Total	17	2.4451				

kk 18%

Lampiran 15 Pengamatan Penambahan Air (ml)

Tanggal Pengamatan	M1									M0								
	A1R1	A1R2	A1R3	A2R1	A2R2	A2R3	A3R1	A3R2	A3R3	A1R1	A1R2	A1R3	A2R1	A2R2	A2R3	A3R1	A3R2	A3R3
16-Oct	250	230	150	350	50	150	150	500	100	200	200	70	150	250	150	50	150	150
18-Oct	250	250	300	100	150	150	150	140	120	300	300	200	150	150	150	130	150	150
20-Oct	400	500	550	250	300	300	300	300	200	550	500	450	250	230	150	150	200	200
25-Oct	500	550	600	550	400	400	400	400	400	550	600	550	500	400	400	400	400	400
27-Oct	100	200	200	150	150	150	100	100	50	130	80	100	100	100	100	50	50	50
3-Nov	500	650	700	450	450	400	400	400	350	650	600	550	400	450	500	350	350	400
9-Nov	500	470	550	300	400	300	250	250	250	400	450	350	350	300	350	250	250	300
11-Nov	450	450	450	300	350	250	200	150	150	450	450	300	200	300	250	200	150	100
16-Nov	750	800	800	500	500	350	200	250	200	950	750	700	500	300	400	200	250	200
19-Nov	800	800	800	600	600	200	250	200	200	800	750	650	100	350	400	200	200	200
20-Nov	250	300	300	150	200	150	150	100	100	250	200	250	150	150	200	100	100	100
25-Nov	1200	1300	1000	400	1000	1000	500	550	500	1000	1000	1000	100	500	750	500	500	650
30-Nov	1900	1800	1800	1300	1600	600	400	400	400	1400	1700	1600	1200	700	1300	100	400	400
2-Dec	1400	1200	950	750	1000	300	300	300	250	1100	950	950	650	1400	750	250	250	250
6-Dec	1400	1200	1100	1150	1150	300	300	400	400	1000	950	1100	900	900	1000	200	300	200