

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao merupakan salah satu komoditas ekspor yang mampu memberikan kontribusi dalam upaya peningkatan devisa Indonesia. Komoditas kakao menempati peringkat ke tiga ekspor sektor perkebunan dalam menyumbang devisa negara, setelah komoditas karet dan minyak sawit mentah (CPO). Ekspor komoditas kakao Provinsi Lampung periode Mei 2010 melonjak hingga 427,60% dibandingkan dengan ekspor April 2010. Kenaikan ini merupakan yang terbesar dari 10 golongan barang ekspor pada periode tersebut. Kenaikan kakao ini juga menyumbang 9,56% terhadap total ekspor Lampung yang mencapai 199,19 juta dolar AS (Badan Pusat Statistik, 2010).

Iklim dan kontur tanah Indonesia sangat sesuai untuk pengembangan tanaman kakao. Hal ini dibuktikan dengan luas lahan yang terus meningkat dan produktivitas yang terus membaik. Luas perkebunan kakao di Indonesia pada tahun 2007 mencapai 1.379.279 Ha. Luas perkebunan ini mengalami pertumbuhan sebesar 6,8% menjadi 1.473.259 Ha pada tahun 2008. Luas perkebunan kakao kembali bertambah menjadi 1.592.982 Ha atau tumbuh 8,1% persen pada tahun berikutnya. Secara rata-rata pertumbuhan luas perkebunan kakao di Indonesia dari tahun 2006 hingga tahun 2009 adalah

8.1 % (Dinas Perkebunan Jawa Barat, 2010). Harga komoditas ini juga terus meningkat dan berada pada level yang tinggi yang menyebabkan banyak petani beralih ke komoditas ini (Dinas Perkebunan Jawa Barat, 2010).

Keberhasilan budidaya pertanian terutama tanaman perkebunan seperti kakao salah satunya ditentukan oleh kualitas bibit. Untuk mendapatkan bibit yang berkualitas diperlukan penanganan sejak awal, baik dengan pemupukan maupun dengan menginokulasikan agen hayati seperti fungi mikoriza arbuskular (FMA) yang dapat membantu tanaman menyerap unsur hara lebih banyak terutama unsur fosfor yang menguntungkan sehingga apabila bibit ditanam dan dipelihara di lapang bibit dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal.

Mikoriza merupakan bentuk asosiasi antara fungi dan perakaran tanaman tingkat tinggi dalam bentuk simbiosis mutualistik yang merupakan hubungan saling menguntungkan (Imas *et al.*, 1989). Hubungan timbal balik antara FMA dengan tanaman inangnya mendatangkan manfaat positif bagi keduanya. Fungi mikoriza arbuskular akan meningkatkan serapan akar terhadap air dan unsur-unsur hara dari tanah sedangkan tanaman akan memberikan makanan dalam bentuk fotosintat kepada FMA (Suhardi, 1989).

Fungi mikoriza arbuskular menembus epidermis akar melalui tekanan mekanis dan aktivitas enzim, yang selanjutnya tumbuh menuju korteks. Pertumbuhan hifa secara eksternal terjadi jika hifa internal tumbuh dari korteks melalui epidermis. Pertumbuhan hifa secara eksternal tersebut terus berlangsung sampai tidak memungkinkan untuk terjadi pertumbuhan lagi. Bagi FMA, hifa eksternal berfungsi mendukung fungsi reproduksi serta untuk transportasi karbon serta hara

lainnya ke dalam spora, selain fungsinya untuk menyerap unsur hara dari dalam tanah untuk digunakan oleh tanaman (Pujianto, 2001)

Fungi mikoriza Arbuskular dapat meningkatkan serapan hara oleh tanaman karena hifa eksternal mampu menyerap unsur hara lebih efisien dibandingkan dengan akar. Tanaman yang diberi FMA dapat menyerap lebih banyak unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan Fe), juga unsur hara mikro (Cu, Mn, dan Zn) (Dela Cruz, 1981 yang dikutip oleh Imas *et al.*, 1989).

Selain meningkatkan serapan berbagai unsur hara makro dan mikro, FMA juga dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres lingkungan (kekeringan dan salinitas), memperbaiki toleransi tanaman terhadap penyakit yang berasal dari tanah, memperbaiki nodulasi dan fiksasi N tanaman, dan melindungi tanah dari erosi dengan memantapkan struktur tanah (Simanungkalit, 1999).

Simarmata (2004) melaporkan bahwa pemanfaatan FMA dapat meningkatkan produktivitas lahan-lahan marginal baik untuk tanaman pangan, sayuran, buah-buahan, perkebunan, dan kehutanan. Hasil berbagai kajian menunjukkan bahwa aplikasi FMA dapat meningkatkan hasil tanaman sekitar 25—50 %, kualitas hasil, toleransi terhadap cekaman air, efisiensi pemupukan, dan ketersediaan hara dalam tanah serta dapat menekan mikroba patogen dalam tanah.

Kesesuaian antara inang dan spesies FMA sangat menentukan keberhasilan simbiosis. Beberapa spesies FMA dapat bersimbiosis dengan satu jenis tanaman, namun tingkat keberhasilannya akan berbeda. Sebagai contoh, hasil penelitian Sastrahidayat *et al.* (1998) menunjukkan bahwa spesies *Glomus etunicatum* lebih efisien menyerap unsur fosfor dibandingkan dengan *G. manihotis* dan *Gi. rosea*

pada tanaman jagung. Pada tanaman kapas, *G. fasciculatum* mempunyai daya saing yang lebih kuat dibandingkan dengan *Gigaspora* sp dan *Acaulospora birticulata*.

Fungi mikoriza arbuskular mempunyai kemampuan untuk berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman (pertanian, kehutanan, perkebunan, dan tanaman pangan) dan membantu tanaman dalam meningkatkan penyerapan unsur hara (terutama fosfor) pada lahan marginal (Sieverding, 1991). Selain itu, FMA juga berperan bagi tanaman yang tumbuh atau ditanam pada tanah-tanah dengan kandungan fosfor tersedia rendah. Akan tetapi, FMA justru tidak dapat berkembang dengan baik pada tanah-tanah dengan kandungan fosfor tersedia tinggi karena terjadi penurunan pemberian karbohidrat tersedia untuk FMA (Imas *et al.*, 1989).

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang dan identifikasi masalah dapat dirumuskan masalah dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Jenis FMA mana yang paling baik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao?
2. Apakah pemberian FMA dapat mengurangi dosis pupuk NPK pada pembibitan kakao?
3. Apakah respons bibit kakao terhadap jenis FMA dipengaruhi oleh dosis pupuk NPK?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui jenis FMA yang paling baik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao.
2. Untuk mengetahui apakah pemberian FMA dapat mengurangi dosis pupuk NPK di pembibitan kakao.
3. Untuk mengetahui apakah respons bibit kakao terhadap jenis FMA dipengaruhi oleh dosis pupuk NPK.

1.4 Manfaat Penelitian

Bagi peneliti dan ilmuwan, penelitian ini bermanfaat untuk mendapatkan informasi tentang jenis FMA yang paling baik dan dosis NPK yang tepat untuk kakao di pembibitan. Bagi pemerintah bermanfaat dalam sosialisasi penggunaan pupuk hayati mikoriza dalam budidaya kakao.

1.5 Landasan Teori

Dalam rangka menyusun penjelasan teoretis terhadap pernyataan yang telah dikemukakan, penulis menggunakan landasan teori sebagai berikut:

Baon (2004) menyatakan bahwa inokulasi FMA menghasilkan respons tanaman yang positif dengan meningkatkan lingkaran batang, tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun tanaman kakao. Penelitian Baon (2004) menunjukkan bahwa penggunaan FMA berpengaruh nyata terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman seperti kopi, kakao, kapas dan kelapa sawit yang ditanam pada lahan-lahan marginal. Spesies tertentu dapat mempunyai pengaruh yang lebih baik

dibandingkan dengan spesies lain. Sastrahidayat *et al.* (1998) menunjukkan bahwa inokulasi *Glomus fasciculatum* pada kakao menghasilkan berat kering tanaman dan diameter batang yang lebih besar dibandingkan dengan *Acaulospora dilicata*.

Tommerup (1983) yang dikutip oleh Delvian (2006) mendapatkan bahwa spora-spora dari isolat FMA *Acaulospora laevis*, *Scutellospora calospora*, *Glomus caledonium*, dan *Glomus monosporum* telah mempunyai sifat dorman secara genetik. Selanjutnya, panjang periode dormansi akan bervariasi antara isolat-isolat FMA. Menurut Ocampo *et al.* (1986) yang dikutip oleh Delvian (2006), perbedaan waktu berkecambah spora dari setiap jenis FMA berhubungan dengan faktor intrinsik dari jenis itu sendiri. Secara umum, *Glomus* lebih cepat berkecambah dibandingkan *Gigaspora* dan *Acaulospora*. Hasil ini sejalan dengan penelitian Clark (1997) yang dikutip oleh Delvian (2006) yang mempelajari perkecambahan 5 jenis *Glomus*, 4 jenis *Scutellospora*, dan 4 jenis *Gigaspora*, dimana rata-rata waktu perkecambahan spora *Glomus*, *Scutellospora*, dan *Gigaspora* secara berurutan adalah 6 minggu, 14 minggu dan 21 minggu.

Spora-spora *Glomus* yang berukuran lebih kecil dari genus-genus lainnya akan mempunyai fase hidrasi yang lebih cepat sehingga aktivitas enzim-enzim yang berhubungan dengan perkecambahan akan berlangsung lebih awal. Pada akhirnya proses perkecambahan juga akan terjadi lebih awal dibandingkan dengan genus lainnya. Spora-spora *Glomus* terbentuk pada hifa-hifa eksternal di dekat perakaran. Biasanya spora *Glomus* yang matang berwarna putih atau kuning kecoklatan (Delvian, 2006).

Berdasarkan struktur tubuh dan cara infeksi terhadap tanaman inang, FMA digolongkan menjadi dua kelompok besar yakni ektomikoriza dan endomikoriza (Subiksa, 2002). Namun, ada juga yang membedakan menjadi tiga kelompok dengan menambahkan satu jenis (tipe peralihan dari dua bentuk tersebut) yang disebut ektendomikoriza dengan ciri-ciri mempunyai jaringan hartig, dan hifa yang tebal.

Fungi ektomikoriza banyak dijumpai pada tanaman kehutanan, sedangkan endomikoriza terdapat pada sebagian besar spesies herba Agiospermae (Salisbury dan Ross, 1995). Fungi endomikoriza dicirikan oleh tidak adanya miselium jamur yang menyelimuti akar. Hifa fungi menginvasi sel korteks tanpa mematikannya.

Salah satu jenis fungi endomikoriza dikenal beberapa tahun yang lalu sebagai cendawan mikoriza vesikular arbuskular (MVA) namun sekarang lebih dikenal sebagai fungi mikoriza arbuskular (FMA) karena terdapat arbuskular tapi tidak semua FMA membentuk vesikular yang merupakan tempat cadangan makanan (Paul dan Clark, 1996). Fungi mikoriza arbuskular termasuk dalam kelas Zygomycetes dari ordo Glomales. Klasifikasi FMA dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi fungi mikoriza arbuskular

| Ordo | Sub-ordo | Famili | Genus |
|---------------|---------------|------------------|------------------------------|
| Glomales | Glominase | Glomaceae | Glomus |
| | | Acaulosporaceae | Entrophospora Acaulospora |
| Glomeromycota | Gigasporineae | Archaeosporaceae | Archaeospora |
| | | Paraglomaceae | Paraglomus |
| | | Gigasporaceae | Gigaspora Scutellospora |

Sumber: INVAM, 2006

Hakim *et al.* (1986) menyatakan bahwa meningkatnya pengambilan fosfor oleh tanaman akibat inokulasi FMA umumnya diikuti oleh meningkatnya pengambilan ion-ion lainnya dari tanah. Dengan makin banyaknya unsur hara yang diserap oleh tanaman dapat meningkatkan bobot bagian bawah tanaman atau yang disebut akar, karena akar bermikoriza dapat memperbesar penyerapan garam-garam mineral (Sieverding, 1991).

Suhardi (1989) mengemukakan bahwa FMA adalah salah satu fungi yang dapat bersimbiosis dengan akar tanaman dan melalui hifa eksternal mampu meningkatkan serapan hara immobil dari dalam tanah terutama fosfor sehingga dapat mengurangi gejala defisiensi dan menghemat penggunaan pupuk NPK. Adanya simbiosis mutualistik memungkinkan fungi memperoleh fotosintat atau (senyawa organik terutama gula dari tanaman inang), dan sebaliknya fungi membantu penyerapan hara mineral dan air bagi tanaman.

Proses simbiosis FMA dengan akar tanaman dimulai dengan perkecambahan spora di dalam tanah dan mengeluarkan hifa yang kemudian dapat menginfeksi akar dan seterusnya hifa berkembang di dalam maupun di luar sel akar. Hifa yang berkembang di luar akar akan menyerap unsur hara dari dalam tanah kemudian ditranslokasikan ke hifa yang berada di dalam sel akar. Hifa yang masuk ke dalam sel akar membentuk struktur bercabang secara dikotomi yang disebut arbuskular yang berfungsi sebagai tempat pertukaran unsur hara. Hifa yang berkembang pada ruang antar sel membentuk vesikular yang berfungsi sebagai cadangan makanan untuk perkembangan FMA. Hifa yang berada di luar sel akar akan

menyerap unsur hara dari dalam tanah kemudian mentranslokasikan unsur hara melalui arbuskular (Anas, 1998 yang dikutip oleh Novriani dan Madjid, 2009).

Fosfor merupakan unsur hara yang dapat merangsang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Hakim *et al.* (1986), fosfor dapat mempengaruhi bobot kering tanaman karena unsur fosfor merupakan penyusun inti sel dan digunakan dalam pembentukan karbohidrat serta aktivitas metabolisme. Kekurangan fosfor menyebabkan daun-daun menjadi kecil, keras, melengkung ke bawah, dan pinggirannya bagian atas dan bawah menjadi berwarna hijau kebiru-biruan. Kekurangan unsur fosfor menyebabkan tanaman tidak mampu menyerap unsur lainnya. Meskipun jumlah unsur fosfor yang diangkut tanaman diperlukan dalam jumlah banyak tetapi efisiensi penggunaan fosfor sangat penting (Rosliani, 1997 yang dikutip oleh Haryantini dan Santoso, 2000).

Unsur fosfor di dalam tanah sebagian besar tidak tersedia bagi tanaman. Sehingga efisiensi serapan hara fosfor sangat rendah. Pemberian FMA dapat meningkatkan serapan unsur hara terutama fosfor. Sastrahidayat *et al.* (1998) menyatakan bahwa pemberian FMA pada tanah vertisol dan alfisol dapat meningkatkan serapan hara fosfor sebanyak 20—23 %. Pada akar tanaman yang terinfeksi FMA terjadi peningkatan enzim fosfatase yang diduga membantu dalam mengkatalis secara hidrolisis kompleks fosfor tidak larut dalam tanah sehingga terjadi peningkatan serapan fosfor pada daerah tersebut (Sieverding, 1991).

Pertumbuhan tanaman cabai merah yang diberi FMA lebih baik dibandingkan tanaman cabai merah tanpa mikoriza yang ditunjukkan melalui pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun, berat kering tajuk, dan fruitset (Haryantini dan Santoso, 2000). Hal ini disebabkan terjadi peningkatan fosfor tersedia oleh FMA. Meningkatnya penyerapan fosfor akan diikuti oleh penyerapan unsur-unsur lainnya sehingga pertumbuhan tanaman akan lebih baik.

1.6 Kerangka pemikiran

Berdasarkan landasan teori yang telah dikemukakan, berikut ini disusun kerangka pemikiran untuk memberikan penjelasan teoretis terhadap perumusan masalah.

Fungi mikoriza arbuskular yang berupa spora diinokulasikan ke akar tanaman inang. Spora FMA akan berkecambah menghasilkan hifa dan membentuk apresorium untuk menempel pada sel epidermis akar, maka simbiosis antara keduanya terbentuk. Setelah terbentuk simbiosis, tanaman memberikan sebagian hasil fotosintat ke FMA sehingga memungkinkan hifa FMA berkembang dan dapat memperluas bidang penyerapan hara.

Hifa FMA yang berkembang di luar akar (eksternal) akan menyerap unsur hara dan air tanah lalu mentranslokasikan ke dalam akar melalui hifa internal.

Sementara hifa FMA yang berkembang di dalam akar (internal) akan berkembang secara interseluler dan intraseluler. Secara intraseluler, sebagian hifa akan membelah membentuk arbuskular yang merupakan tempat pertukaran hara antara FMA dan tanaman inang. Secara interseluler, hifa akan berkembang menjadi vesikular yang merupakan lemak dan dapat digunakan sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan.

Fosfor merupakan salah satu unsur hara yang dapat merangsang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kekurangan fosfor menyebabkan daun-daun menjadi kecil, keras, melengkung ke bawah, dan pinggiran daun bagian atas dan bawah menjadi berwarna hijau kebiru-biruan. Kekurangan unsur fosfor menyebabkan tanaman tidak mampu menyerap unsur lainnya. Meskipun jumlah unsur fosfor yang diangkut tanaman diperlukan dalam jumlah banyak tetapi efisiensi penggunaan fosfor sangat penting. Unsur fosfor di dalam tanah sebagian besar tidak tersedia bagi tanaman. Sehingga efisiensi serapan hara fosfor sangat rendah. Pemberian FMA dapat meningkatkan serapan unsur hara terutama fosfor dan meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap hara dalam tanah.

Perkembangan FMA juga dipengaruhi oleh dosis pemupukan fosfor, kandungan fosfor tersedia yang tinggi di dalam tanah akan menghambat pertumbuhan FMA karena akar tanaman mampu menyerap hara fosfor yang ada di sekitarnya tanpa perlu bantuan dari FMA lagi. Fungi mikoriza arbuskular yang menginfeksi akar menjadi tidak berfungsi dan tidak bekerja dalam penyerapan unsur hara sehingga FMA tidak berkembang, melainkan FMA akan menjadi parasit bagi tanaman karena FMA ikut memanfaatkan fotosintat dari tanaman tanpa perlu membantu tanaman dalam penyerapan hara.

Selain itu, kesuburan tanah juga dapat mempengaruhi perkembangan FMA, derajat infeksi terbesar terjadi pada tanah-tanah yang mempunyai kesuburan yang rendah. Pertumbuhan perakaran yang relatif aktif jarang terinfeksi oleh FMA. Jika pertumbuhan dan perkembangan akar menurun maka infeksi FMA meningkat.

Aktivitas FMA juga dipengaruhi oleh jenis FMA dan tanaman inang. Tanaman kakao yang diinokulasi dengan jenis FMA *Glomus* sp. dapat meningkatkan pertumbuhannya, karena FMA jenis ini mudah beradaptasi pada tanah lempung berdebu. Hifa yang terbentuk akan membantu akar tanaman dalam penyerapan unsur hara dan air sehingga terjadi peningkatan serapan air dan unsur hara dari dalam tanah oleh tanaman inang. Sedangkan, untuk jenis *Entrophospora* sp. akan diteliti pengaruhnya terhadap tanaman kakao.

1.6 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka dapat diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Jenis FMA *Glomus* merupakan jenis FMA yang paling baik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao di pembibitan.
2. Pemberian FMA dapat mengurangi penggunaan dosis pupuk NPK pada pembibitan kakao.
3. Respons kakao di pembibitan akibat pemberian berbagai jenis FMA dipengaruhi oleh dosis pupuk NPK.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman tahunan yang berasal dari Amerika Selatan. Kakao merupakan tanaman yang menumbuhkan bunga dari batang dan cabang, sehingga tanaman ini digolongkan kedalam kelompok tanaman Caulifloris atau bunga tumbuh langsung dari batang (Siregar *et al.*, 2000). Adapun klasifikasi botani kakao adalah sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta
Klas : Dicotyledone
Ordo : Malvales
Family : Sterculiaceae
Genus : Theobroma
Spesies : *Theobroma cacao* L.

Sunanto (1992) menyatakan bahwa jenis kakao yang banyak diusahakan adalah Criolo yang menghasilkan biji yang mutunya sangat baik dan dikenal sebagai kakao mulia, buahnya berwarna merah (hijau), kulit buahnya tipis berbintil-bintil kasar dan lunak, biji berbentuk bulat telur, dan berukuran besar dengan kotiledon berwarna putih pada waktu basah. Forastero menghasilkan biji yang mutunya sedang, buahnya berwarna hijau, kulitnya tebal, bijinya tipis, dan kotiledon

berwarna ungu pada waktu basah. Trinitario merupakan hibrida dari jenis Criolo dan Forastero secara alami, sehingga jenis ini sangat heterogen, menghasilkan biji yang bermutu sedang sampai sangat baik, buah berwarna hijau atau merah dan bentuknya bermacam-macam, biji juga bermacam-macam dengan kotiledon berwarna ungu tua pada waktu basah.

Susanto (1994) menyatakan bahwa biji kakao memiliki kandungan lemak nabati sekitar 50% yang terdiri dari tujuh macam asam lemak, yaitu asam palmitat 24%; stearat 33,0%; oleat 33,1%; linoleat 3,2%; arakhidonat 0,8%; palmitoleat 0,3%; dan miristat 0,2%. Kandungannya ditentukan oleh jenis tanaman, lokasi tanam, jenis tanah, dan musim pembuahan. Kandungan karbohidrat 15% yang terdiri dari 6% pati, 1% gula, dan kandungan lainnya berupa pectin, lender, dan getah.

Kandungan N sekitar 3,5% yang terikat oleh protein. Benih berlemak tinggi lebih mudah rusak dibandingkan dengan benih yang mengandung protein dan karbohidrat (Justice dan Bass, 1994).

Kakao memiliki akar tunggang (*radix primaria*). Pertumbuhan akar kakao bisa sampai 8 m ke arah samping dan 15 m ke arah bawah. Kakao yang diperbanyak secara vegetatif pada awal pertumbuhannya menumbuhkan akar serabut yang banyak jumlahnya, dan setelah dewasa baru menumbuhkan akar tunggang (Siregar *et al.*, 2000).

Pada batang tanaman kakao seringkali tumbuh tunas-tunas air (*chupon*) yang akan membentuk *jourquette* (cabang-cabang primer). Cabang-cabang tersebut akan tumbuh ke atas (*orthotrop*) dan ada yang tumbuh ke arah samping (*plagiotrop*) (Siregar *et al.*, 2000).

Buah kakao yang matang terdiri dari kulit buah yang tebal dan di dalamnya terdapat benih yang dilindungi *mucilage pulp* berwarna putih dan rasanya manis. Posisi benih menempel pada plasenta. Sekeliling benih dan lapisan kotiledon terdapat jaringan berwarna putih yang disebut endosperm. Endosperm yang terletak di bagian luar merupakan jajaran atau saluran tunggal dari saluran sel poliponal yang lebar mengandung butir-butir lemak (Chin, 1990 yang dikutip Suhartinianti, 1998).

Buah kakao termasuk buah buni yang mempunyai daging buah lunak, bentuknya lonjong, dan mempunyai permukaan yang beralur dan berkerut. Kulit buah terdiri dari 10 alur (lima dalam dan lima dangkal) berselang-seling. Buah muda berukuran lebih besar 10 cm disebut pentil (Cherelle) yang sering mengalami kekeringan. Buah yang sudah masak disebut pod atau tongkol yang berukuran antara 10—30 cm, jumlah biji per buah sekitar 30—50 biji, dengan berat 0,6—1,3 g/biji. Biji muda menempel pada kulit buah dan setelah matang terlepas sehingga berbunyi saat diguncang. Kemasakan buah juga ditandai dengan perubahan warna kulit hijau waktu muda menjadi kuning dan merah muda atau jingga saat masak (Poedjiwidodo, 1996).

Susanto (1994) menyatakan bahwa perkecambahan buah kakao termasuk tipe epigeal yaitu perkecambahan yang ditandai dengan bagian hipokotil terangkat ke atas permukaan tanah atau yang berarti keping biji diangkat menembus permukaan tanah dengan pemanjangan hipokotil, sedangkan epikotil tumbuh ke dalam biji dan mendesak keping biji sehingga membuka.

Biji kakao sangat diperlukan dalam berbagai macam industri karena sifatnya

yang khas, yaitu : (1) biji kakao mengandung lemak yang cukup tinggi (55 %), lemaknya mempunyai sifat yang unik yaitu membeku pada suhu kamar, akan tetapi mencair pada suhu tubuh, (2) bagian padatan biji kakao mengandung komponen flavor dan pewarna yang sangat dibutuhkan dalam industri makanan (Siregar *et al.*, 2000).

Benih kakao termasuk benih rekalsitran, yaitu benih yang berkadar air tinggi selama dalam tanaman induk, tidak tahan kekeringan, tidak tahan suhu rendah, dan berdaya simpan rendah. Viabilitas benih hanya dapat dipertahankan beberapa minggu atau bulan saja, meskipun disimpan dalam kondisi optimum (Bewley dan Black, 1985). Benih kakao mempunyai sifat yang penting, yaitu tidak kenal dormansi sehingga tidak baik bila disimpan lama.

2.2 Fungi Mikoriza arbuskular

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) membentuk simbiosis yang saling menguntungkan antara fungi tertentu dengan perakaran tanaman. Melalui hifa eksternal FMA membantu tanaman dalam penyerapan hara dan air dengan cara memperluas daerah penyerapan melalui sistem perakaran tanaman. Fungi mikoriza arbuskular dapat bersimbiosis dengan hampir seluruh tanaman agronomi.

Menurut Brundrett (1996), berdasarkan struktur dan cara fungi menginfeksi akar, mikoriza dapat dikelompokkan ke dalam tiga tipe :

1. Ektomikoriza

Ektomikoriza mempunyai sifat antara lain akar yang terkena infeksi membesar, bercabang, rambut-rambut akar tidak ada, hifa menjorok ke luar dan berfungsi

sebagai alat yang efektif dalam menyerap unsur hara dan air, hifa tidak masuk ke dalam sel tetapi hanya berkembang di antara dinding-dinding sel jaringan korteks membentuk struktur seperti pada jaringan Hartiq.

2. Ektendomikoriza

Ektendomikoriza merupakan bentuk antara (intermediet) kedua mikoriza yang lain. Ciri-cirinya antara lain adanya selubung akar yang tipis berupa jaringan hartiq, hifa dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteknya. Penyebarannya terbatas dalam tanah-tanah hutan sehingga pengetahuan tentang mikoiza tipe ini sangat terbatas.

3. Endomikoriza

Endomokoriza mempunyai sifat-sifat antara lain akar yang terkena infeksi tidak membesar, lapisan hifa pada permukaan akar tipis, hifa masuk ke dalam individu sel jaringan korteks, adanya bentuk khusus yang berbentuk oval yang disebut vasikular (vesikel) dan sistem percabangan hifa yang dikotomus disebut arbuskular (arbuskul).

Fungi mikoriza arbuskular termasuk golongan endomikoriza yang mempunyai struktur hifa yang tidak bersekat. Fungi mikoriza arbuskular mempunyai dua organ penting yang terdapat dalam jaringan akar terinfeksi, yaitu arbuskular dan vesikel. Arbuskular merupakan bentuk percabangan yang kompleks dari hifa interseluler. Arbuskular merupakan tempat kontak dan transfer hara mineral antara fungi dan tanaman inang di dalam jaringan korteks akar. Adanya arbuskular sangat penting untuk mengidentifikasi bahwa telah terjadi simbiosis pada akar. Vesikel berbentuk globosa yang berasal dari menggelembungnya hifa

internal FMA dan ditemukan di akar dalam bentuk interseluler dengan ukuran yang berbeda-beda (Suhardi, 1989).

Fungi mikoriza arbuskular membentuk simbiosis yang saling menguntungkan dengan hampir semua tanaman. Fungi mikoriza arbuskular memperoleh makanan dalam bentuk fotosintat dari tanaman inang, sebaliknya FMA membantu akar tanaman menyerap unsur hara yang tidak mobil dalam tanah seperti P, Fe, dan Zn, serta air dari tanah (Suhardi, 1989).

Menurut Imas *et al.* (1989), beberapa manfaat FMA bagi tanaman adalah

1. Meningkatkan penyerapan unsur hara.
2. Meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan. Hifa eksternal dapat berkembang sampai 10 cm dari akar sehingga dapat meningkatkan volume air dan hara yang dapat diserap akar.
3. Tahan terhadap serangan pathogen. Aplikasi FMA dapat mengurangi kerusakan tanaman akibat serangan patogen, meskipun tidak mengurangi serangan patogen.

Fungi mikoriza arbuskular dapat memperluas serapan hara terutama unsur fosfor melalui hifa eksternal. Hifa eksternal berfungsi menyerap unsur hara dan air langsung dari tanah untuk diberikan kepada tanaman inang. Hifa eksternal dapat memperluas serapan hara, dan memperpendek jarak antara akar dan unsur hara (Suhardi, 1989). Hifa eksternal dapat memasuki ruang pori tanah yang lebih kecil sehingga mampu mengikat unsur hara yang terjebak oleh partikel tanah, seperti unsur fosfor.

2.3 Pupuk NPK

Unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang relatif besar (di atas 1.000 ppm) bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Foth, 1984). Ketiga unsur hara tersebut terdapat dalam pupuk NPK yang merupakan pupuk majemuk, yaitu pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur hara tanaman (Prihmantoro, 1996).

Nitrogen sebagai salah satu unsur hara yang terkandung dalam NPK merupakan bahan penyusun protein, klorofil, koenzim dan asam-asam nukleat (Foth, 1984). Menurut Hakim *et al.* (1986), nitrogen merupakan bahan penyusun setiap sel hidup serta bagian dari penyusun enzim dan molekul klorofil.

Kekurangan unsur N menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu (kerdil), daun berwarna pucat dan ukuran luas daun lebih kecil dari ukuran normal. Sebaliknya keberadaan N pada tanaman dalam jumlah besar berakibat pada lemahnya batang dan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan kualitas hasil menjadi rendah (Buckman dan Brady, 1982). Menurut Soepardi (1979), tanda-tanda tanaman kelebihan N terlihat pada warna daun yang hijau gelap dan pertumbuhan vegetatif yang berlebihan, sehingga tanaman tampak lemah dan mudah terserang penyakit dan tertundanya proses pematangan serta menurunkan kualitas hasil.

Fosfor merupakan unsur yang berperan dalam transfer energi sebagai bagian dari ATP (Foth, 1984). Menurut Agustina (1990), fosfor berperan dalam pembentukan membran sel serta meningkatkan efisiensi fungsi dan penggunaan

nitrogen. Menurut Hakim *et al.* (1986), unsur fosfor sangat penting dalam proses pembelahan sel dan perkembangan jaringan meristem sehingga akan merangsang pembentukan akar pada tanaman. Pertumbuhan akar yang baik memungkinkan serapan hara oleh tanaman lebih banyak sehingga mendukung pertumbuhan dengan baik. Kekurangan fosfor berakibat buruk bagi tanaman karena dapat mempengaruhi proses metabolisme penting tanaman khususnya fotosintesis (Ashari, 1995). Menurut Indranada (1986), laju respirasi dan fotosintesis akan menurun ketika ketersediaan fosfor tidak memadai karena unsur fosfor berperan dalam pembentukan energy ATP yang dibutuhkan bagi rangkaian proses yang terjadi pada fotosintesis dan respirasi.

Kalium secara khusus tidak disintesis menjadi senyawa organik oleh tumbuhan, sehingga unsur ini tetap sebagai ion di dalam tanaman. Kalium berperan sebagai aktivator dari berbagai enzim yang penting dalam reaksi-reaksi fotosintesis dan respirasi, serta untuk enzim yang terlibat dalam sintesis protein dan pati (Lakitan, 2000).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca, Laboratorium Produksi Tanaman, dan Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung mulai bulan Februari sampai dengan Juli 2011

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: polibag, cangkul, ember, oven, timbangan, alat tulis, label, mikroskop, cawan petri, *hand sprayer*, pinset, dan gelas preparat.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lima jenis mikoriza yaitu *Glomus* sp. 1, *Glomus* sp. 2, *Glomus* sp. 3, *Entrophospora* sp. 1, *Entrphospora* sp. 2 (deskripsi masing-masing FMA dapat dilihat pada Tabel 41), aquades, air, larutan HCl 1%, larutan KOH 10%. larutan *trypan blue*, dan gliserol.

3.3 Metode Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan dalam perumusan masalah dan untuk menguji hipotesis maka rancangan perlakuan yang digunakan adalah faktorial (6x2) dengan 5 ulangan. Jenis FMA adalah faktor pertama yang terdiri atas 6 taraf yaitu tanpa FMA sebagai kontrol (m_0), *Glomus* sp. 1 (m_1), *Glomus* sp. 2 (m_2), *Glomus* sp. 3 (m_3), *Entrophospora* sp. 1 (m_4), dan *Entrophospora* sp. 2 (m_5). Dosis pupuk NPK sebagai faktor kedua terdiri atas setengah dosis pupuk anjuran (p_1) dan sesuai dengan dosis pupuk anjuran (p_2). Perlakuan diterapkan pada petak percobaan dalam rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS). Jumlah tanaman per satuan percobaan adalah 1 tanaman dengan total pengamatan adalah 60 tanaman.

Kehomogenan ragam antarperlakuan diuji dengan uji Bartlett dilanjutkan dengan uji Tukey untuk melihat sifat kemenambahan data. Bila kedua uji tidak nyata, data dianalisis ragam. Pemisahan nilai tengah dilakukan dengan uji BNJ pada taraf nyata 5%.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

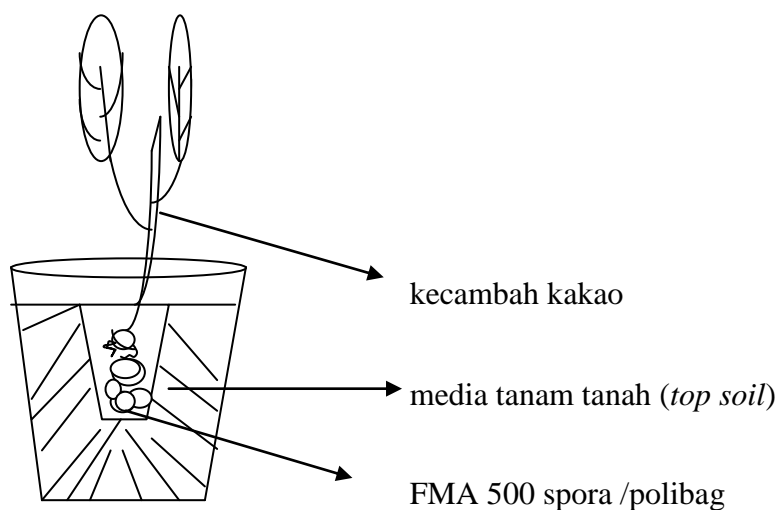
3.4.1 Media tanam

Media tanam yang digunakan untuk mengisi polibag berupa tanah lapisan atas (*top soil*) yang di saring untuk mendapatkan ukuran yang sama.

3.4.2 Penanaman Benih Kakao

Benih kakao ditanam pada polibag 2 kg yang telah diisi dengan tanah yang telah disaring. Jumlah polibag untuk seluruh perlakuan adalah 60 buah. Sebelum dilakukan penanaman, terlebih dahulu dilakukan penyemaian benih kakao dengan jarak tanam 10 x 10 cm pada bak semai selama 3 minggu dengan menggunakan media tanam berupa pasir steril lalu dipindahkan ke polibag dengan cara membuat lubang tanam di tengah polibag, kemudian pemberian inokulum FMA 500 spora/polibag sesuai dengan jenis FMA nya yang diberikan di dasar lubang tanam. Setelah itu, di atas inokulum FMA diletakkan bibit kakao yang telah tumbuh dari media persemaian dengan melakukan transplanting, selanjutnya bibit kakao ditutup tanah

(Gambar 1).



Gambar 1. Penanaman bibit kakao dan inokulasi FMA pada saat tanam.

3.4.3 Pemupukan

Pemupukan NPK sesuai dosis anjuran dan setelah anjuran diaplikasikan sebanyak 4 kali dimulai pada 2 minggu setelah transplanting dan kemudian dilakukan pemupukan kembali 4, 8, dan 12 minggu berikutnya. Pemupukan dilakukan dengan cara membuat lubang pupuk di sekitar tanaman, pupuk kemudian dimasukkan ke dalam lubang pupuk lalu ditutup kembali. Dosis pupuk NPK tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Dosis pupuk NPK yang digunakan selama penelitian.

| Dosis Pupuk NPK | Minggu setelah transplanting | | | |
|---------------------|------------------------------|-----|-----|-----|
| | 2 | 4 | 8 | 12 |
| (p2) Sesuai anjuran | 1 g | 2 g | 4 g | 8 g |
| (p1) ½ anjuran | 0,5 g | 1 g | 2 g | 4 g |

3.4.4 Pemeliharaan

Pemeliharaan kakao meliputi penyiraman, penyiangan gulma, pengendalian hama penyakit, dan pemupukan. Penyiraman dilakukan secara teratur untuk menjaga kelembaban tanah dan memenuhi kebutuhan tanaman akan air agar tidak mengalami kekeringan. Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan cara mencabut gulma yang tumbuh di dalam polibag yang menjadi pesaing bagi tanaman yang dapat mengganggu pertumbuhan kakao.

3.5 Pengamatan

Untuk menguji keabsahan kerangka pemikiran dilakukan pengamatan tanaman terhadap peubah-peubah sebagai berikut, setelah tanaman berumur 4 bulan setelah transplanting.

(1) Tinggi tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dimulai dari tumbuhnya kotiledon pada batang tanaman kakao sampai titik tumbuh batang kakao dengan satuan cm.

(2) Jumlah daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan menghitung setiap daun yang sudah membuka sempurna pada setiap sampel tanaman dengan satuan helai.

(3) Diameter batang

Pengamatan diameter batang dilakukan 5 cm di atas permukaan tanah pada bagian batang utama kakao dengan cara menggunakan jangka sorong dengan satuan cm.

(4) Bobot basah tajuk

Pengamatan ini dilakukan dengan menimbang bagian tajuk hingga leher akar yang masih segar dengan satuan g.

(5) Bobot kering tajuk

Pengamatan ini dilakukan dengan menimbang batang dan daun tanaman setelah dikeringkan dalam oven dengan suhu 70 °C selama 48 jam hingga bobotnya konstan dengan satuan g.

(6) Bobot basah akar

Pengamatan ini dilakukan dengan menimbang akar yaitu bagian leher akar hingga ujung akar yang masih segar dengan satuan g.

(7) Bobot kering akar

Pengamatan dilakukan dengan menimbang akar tanaman yang telah dioven dengan suhu 70 °C selama 48 jam hingga bobotnya konstan dengan satuan g.

(8) Volume akar

Pengamatan dilakukan dengan cara memasukkan akar ke dalam gelas ukur yang telah terisi air. Selisih volume air setelah akar dimasukan merupakan volume akar dengan satuan ml.

(9) Panjang akar primer

Pengamatan dilakukan dengan mengukur panjang akar primer menggunakan mistar yang dimulai dari leher akar sampai ujung akar primer dengan satuan cm.

(10) Jumlah akar sekunder

Pengamatan dilakukan dengan menghitung seluruh akar sekunder yang tumbuh pada akar primer dengan satuan helai.

(11) Rasio tajuk dengan akar

Pengamatan dilakukan setelah panen dengan terlebih dahulu dilakukan pengamatan bobot kering tajuk dan bobot kering akar. Rasio akar dengan tajuk dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rasio tajuk dengan akar} = \frac{\text{Berat kering tajuk tanama}}{\text{Berat kering akar tanaman}}$$

(12) Persentase infeksi akar oleh FMA

Persentase infeksi akar dihitung dengan cara mengambil sampel akar secara acak pada setiap perlakuan. Akar dicuci sampai bersih dan dimasukkan ke dalam botol film. Botol yang telah berisi akar diisi dengan larutan KOH 10 % sampai seluruh akar terendam dan dikukus selama ± 30 menit pada suhu 80 °C untuk membersihkan akar dari sitoplasma. Kemudian larutan KOH dibuang dan akar dicuci kembali dengan air sampai bersih. Sampel akar yang telah dicuci bersih tersebut kemudian direndam dalam larutan HCl 1 % selama satu hari. Setelah itu larutan HCl dibuang dan akar dapat diwarnai dengan merendamnya dalam larutan Trypan blue 0.05 % (0.5 g *Trypan blue* dalam 450 ml *glycerol* + 50 ml HCl 1% + 500 ml aquades) selama satu hari. Akar yang sudah diwarnai dipotong-potong sepanjang ± 2 cm, kemudian diletakkan di atas preparat dan diamati di bawah mikroskop majemuk dengan pembesaran 100 kali. Rumus yang digunakan untuk menghitung % infeksi akar oleh FMA adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ infeksi akar} = \frac{\sum \text{bagian akar yang terinfeksi}}{\text{Total pengamatan}} \times 100 \%$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil rekapitulasi analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis FMA pada pembibitan kakao berpengaruh nyata hanya pada bobot basah akar dan infeksi akar. Dosis pupuk NPK untuk pembibitan kakao berpengaruh nyata hanya pada tinggi tanaman dan bobot basah akar. Pengaruh interaksi antara jenis FMA dan dosis pupuk NPK tidak nyata pada semua variabel pengamatan kecuali pada variabel tinggi tanaman (Tabel 3).

Tabel 3. Rekapitulasi analisis ragam data penelitian

| Variabel Pengamatan | Jenis FMA (A) | Dosis pupuk NPK (B) | A x B |
|-------------------------|---------------|---------------------|-------|
| Tinggi tanaman | tn | * | * |
| Diameter batang | tn | tn | tn |
| Jumlah daun | tn | tn | tn |
| Bobot basah tajuk | tn | tn | tn |
| Bobot basah akar | * | * | tn |
| Bobot kering tajuk | tn | tn | tn |
| Bobot kering akar | tn | tn | tn |
| Volume akar | tn | tn | tn |
| Panjang akar primer | tn | tn | tn |
| Jumlah akar sekunder | tn | tn | tn |
| Rasio tajuk dengan akar | tn | tn | tn |
| Infeksi akar | * | tn | tn |

Keterangan:

* = nyata pada $\alpha = 5\%$

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$.

4.1.1 Tinggi tanaman

Tinggi tanaman bibit kakao yang dipupuk NPK $\frac{1}{2}$ dosis anjuran secara nyata lebih tinggi daripada yang dipupuk dosis anjuran pada jenis FMA *Glomus* sp. 1 dan *Glomus* sp. 2, tetapi tidak berbeda nyata pada jenis FMA yang lain (Tabel 4).

Dari Tabel 4 juga terlihat bahwa tinggi tanaman tertinggi yang dipupuk dengan NPK $\frac{1}{2}$ dosis anjuran dihasilkan jenis FMA *Glomus* sp. 2 tetapi tidak berbeda nyata dengan *Glomus* sp. 1. Sedangkan tinggi tanaman tertinggi pada pemupukan NPK dosis anjuran dihasilkan pada jenis *Glomus* sp. 3 tetapi tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Tabel 4. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada tinggi tanaman bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | NPK $\frac{1}{2}$ dosis anjuran | NPK dosis anjuran |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------|
| | cm | |
| Kontrol | 32,60 b (a) | 33,72 ab (a) |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 36,32 ab (a) | 30,82 b (b) |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 39,42 a (a) | 30,74 b (b) |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 33,94 b (a) | 37,04 a (a) |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 34,70 b (a) | 30,58 b (a) |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 33,60 b (a) | 32,54 b (a) |
| BNJ 5% | 4,27 | |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama dalam kolom (tanpa tanda kurung) atau baris (dengan tanda kurung) tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.2 Diameter batang

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada diameter batang bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah diameter batang cm |
|-----------------------------|--|
| Kontrol | 0,75 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 0,78 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 0,76 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 0,77 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 0,79 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 0,76 a |
| BNJ 5% | 0,06 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 0,78 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 0,76 a |
| BNJ 5% | 0,02 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.3 Jumlah daun

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada jumlah daun bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah jumlah daunhelai..... |
|------------------------------|---|
| Kontrol | 18,9 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 20,4 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 18,8 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 17,9 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 18,6 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 18,0 a |
| BNJ 5% | 2,84 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 19,1 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 18,3 a |
| BNJ 5% | 1,11 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

Tabel 7. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada bobot basah tajuk bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah bobot basah tajukg..... |
|-----------------------------|---|
| Kontrol | 22,2 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 23,5 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 22,1 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 24,2 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 23,5 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 22,1 a |
| BNJ 5% | 4,2 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 23,5 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 22,4 a |
| BNJ 5% | 1,6 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.4 Bobot basah tajuk

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap bobot basah tajuk (Tabel 7).

4.1.5 Bobot kering tajuk

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk (Tabel 8).

Tabel 8. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada bobot kering tajuk bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah bobot kering tajuk |
|-----------------------------|---------------------------------|
| | g |
| Kontrol | 7,43 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 7,96 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 7,57 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 8,36 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 8,21 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 7,71 a |
| BNJ 5% | 1,27 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 8,01 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 7,73 a |
| BNJ 5% | 0,49 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.6 Bobot basah akar

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa jenis FMA berpengaruh sama terhadap bobot basah akar. Sedangkan dosis pupuk NPK memberikan pengaruh yang berbeda terhadap bobot basah akar. Tabel 9 memperlihatkan bahwa pemberian pupuk NPK $\frac{1}{2}$ dosis anjuran menghasilkan bobot basah akar tertinggi yaitu sebesar 5,20 g dibandingkan dengan pemberian pupuk NPK dosis anjuran yang menghasilkan bobot basah akar hanya sebesar 4,56 g.

Tabel 9. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada bobot basah akar bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah bobot basah akarg |
|--|---|
| Kontrol | 4,41 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 5,19 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 4,37 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 5,38 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 5,21 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 4,72 a |
| BNJ 5% | 1,12 |
| pupuk NPK ($\frac{1}{2}$ dosis anjuran) | 5,20 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 4,56 b |
| BNJ 5% | 0,43 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.7 Bobot kering akar

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar (Tabel 10).

Tabel 10. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada bobot kering akar bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah bobot kering akar g |
|-----------------------------|---|
| Kontrol | 1,36 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 1,45 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 1,29 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 1,59 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 1,59 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 1,47 a |
| BNJ 5% | 0,38 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 1,49 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 1,43 a |
| BNJ 5% | 0,14 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

Tabel 11. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada volume akar bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah volume akar ml |
|-----------------------------|--|
| Kontrol | 4,60 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 4,70 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 4,80 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 5,20 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 5,40 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 4,80 a |
| BNJ 5% | 1,10 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 4,86 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 4,96 a |
| BNJ 5% | 0,43 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.8 Volume akar

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap volume akar (Tabel 11).

4.1.9 Panjang akar primer

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar primer (Tabel 12).

Tabel 12. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada panjang akar primer bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah panjang akar primer cm |
|-----------------------------|--|
| Kontrol | 22,1 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 24,1 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 23,4 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 23,9 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 26,1 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 28,1 a |
| BNJ 5% | 7,62 |
| Pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 25,0 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 24,4 a |
| BNJ 5% | 2,97 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.10 Jumlah akar sekunder

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah akar sekunder (Tabel 13).

Tabel 13. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada jumlah akar sekunder bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah jumlah akar sekunder helai |
|-----------------------------|--|
| Kontrol | 86,6 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 87,0 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 92,3 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 79,6 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 83,8 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 88,8 a |
| BNJ 5% | 21,2 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 86,4 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 86,3 a |
| BNJ 5% | 8,28 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.11 Rasio tajuk dengan akar

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa baik jenis FMA, dosis pupuk NPK, maupun pengaruh interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap rasio tajuk dengan akar (Tabel 14).

Tabel 14. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada rasio tajuk dengan akar bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah rasio tajuk dengan akar |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Kontrol | 5,75 a |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 5,24 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 5,91 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 5,31 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 5,35 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 5,31 a |
| BNJ 5% | 1,37 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 5,41 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 5,54 a |
| BNJ 5% | 0,53 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

Tabel 15. Pengaruh jenis FMA dan dosis pupuk NPK pada infeksi akar bibit kakao umur 4 bulan.

| Perlakuan | Nilai tengah infeksi akar |
|-----------------------------|---------------------------|
| | % |
| Kontrol | 36,9 b |
| <i>Glomus</i> sp. 1 | 72,6 a |
| <i>Glomus</i> sp. 2 | 73,9 a |
| <i>Glomus</i> sp. 3 | 69,9 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 74,4 a |
| <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 68,2 a |
| BNJ 5% | 1,64 |
| pupuk NPK (½ dosis anjuran) | 66,7 a |
| pupuk NPK (dosis anjuran) | 65,3 a |
| BNJ 5% | 6,42 |

Keterangan: Dua nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda menurut Uji BNJ 5%.

4.1.12 Persentase infeksi akar

Hasil Uji BNJ menunjukkan bahwa persentase infeksi akar tertinggi dihasilkan FMA jenis *Entrophospora* sp. 1 yaitu sebesar 74,4%, tetapi tidak berbeda nyata dengan semua perlakuan jenis FMA yang lain, kecuali dengan kontrol (Tabel 15).

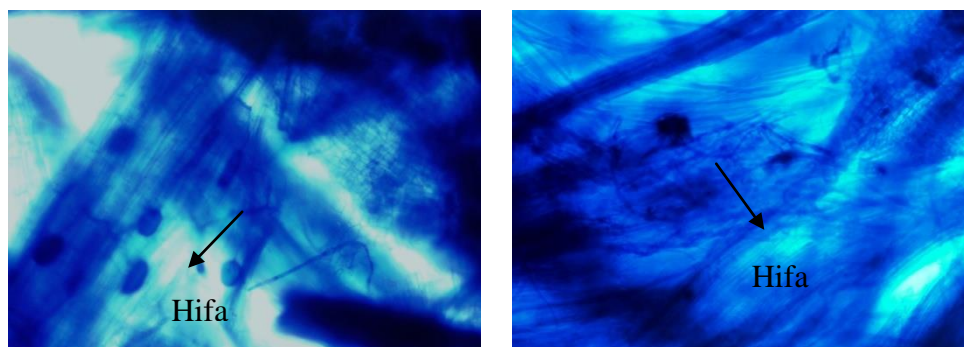
4.2 Pembahasan

Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan inokulasi FMA dalam pembibitan kakao adalah pemilihan jenis FMA yang sesuai dengan bibit kakao. Perbedaan jenis FMA mempengaruhi populasi FMA dan pengaruh yang bermacam-macam terhadap suatu tanaman inang (Pujianto, 2001).

Fungi mikoriza arbuskular dapat berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman, tiap jenis tanaman juga dapat berasosiasi dengan satu atau lebih jenis FMA. Walaupun demikian, tidak semua jenis tanaman dapat memberikan respons pertumbuhan positif terhadap inokulasi FMA. Hal ini terjadi akibat ketidaksesuaian tanaman dengan jenis FMA-nya maupun lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis FMA berpengaruh positif pada infeksi akar. Semua jenis FMA baik *Glomus* maupun *Entrophospora* yang diujikan memperlihatkan persen infeksi akar yang lebih baik dibandingkan dengan bibit kakao yang tidak diinokulasi FMA. Hal ini diduga karena tanaman kakao merupakan tanaman inang yang cocok untuk berkembangnya berbagai jenis FMA baik *Glomus* sp. maupun *Entrophospora* sp., termasuk pada tanaman yang tidak diinokulasipun (kontrol) infeksi akar yang terjadi cukup tinggi yaitu dengan infeksi sebesar 36,9% (Gambar 2). Hal ini terjadi karena media yang digunakan tidak disterilisasi sehingga FMA yang berasal dari media yang digunakan (dari

alam) masih dapat menginfeksi akar bibit kakao. Berdasarkan hasil analisis terhadap media yang digunakan, terdapat 4 spora per 25 g media atau 320 spora tiap 2 kg media yang digunakan.



Gambar 2. Infeksi akar bibit kakao pada kontrol (kiri) dan jenis mikoriza *Entrophospora* sp. 1 (kanan)

Tanaman kakao merupakan tanaman yang mempunyai sifat ketergantungan yang tinggi (*mycorrhiza dependent*) terhadap keberadaan FMA. Tanaman yang mempunyai tingkat ketergantungan pada keberadaan FMA biasanya akan menunjukkan respons pertumbuhan yang nyata terhadap inokulasi jenis FMA. Menurut Brundrett *et al.* (1996), ketergantungan tanaman akan mikoriza adalah relatif di mana tanaman tergantung pada keberadaan FMA untuk mencapai pertumbuhan yang maksimum pada tingkat kesuburan tanah tertentu. Tanaman yang mempunyai tingkat ketergantungan yang tinggi pada keberadaan FMA biasanya akan menunjukkan respons pertumbuhan yang positif terhadap inokulasi FMA. Hal ini yang menyebabkan antara kontrol dengan perlakuan FMA memberikan pengaruh yang sama terhadap beberapa variabel pertumbuhan yang di amati, karna tanaman yang tidak diinokulasi (kontrol) pun terinfeksi oleh FMA yang terdapat dalam media (36,9%).

Hasil analisis pH media tanam yang digunakan menunjukkan nilai pH 5,4. Besaran pH tanah tersebut bersifat sudah mendekati pH normal sehingga unsur hara pada tanah tersebut masih tersedia dan dapat diserap dengan baik oleh tanaman kakao. Menurut Santosa (1989), pada reaksi tanah yang netral, yaitu pH 6,6 – 7,5 maka unsur hara tersedia dalam jumlah yang banyak. Sedangkan tanaman dapat tumbuh dengan baik antara pH 5,0 – 7,0, sehingga dapat dikatakan bahwa media yang digunakan dengan pH 5,4 menyebabkan tanaman kakao sudah mampu menyerap unsur hara dengan baik terutama fosfor. Pada tanah masam unsur fosfor tidak dapat diserap tanaman karena diikat atau difiksasi oleh unsur Al dan Fe sedangkan pada tanah alkalis unsur fosfor juga tidak dapat diserap tanaman karena difiksasi oleh Ca. Pada pH tanah < 5.0 , unsur Fe, Al dan Mn berada dalam bentuk ion-ion Fe^{2+} , Al^{3+} dan Mn^{2+} . Jumlah ini meningkat dengan menurunnya nilai pH tanah. Menurut Buckman dan Brady (1984), bentuk ion tersebut dapat bertindak sebagai pencegah ketersediaan fosfor bagi tanaman melalui reaksi yang menghasilkan suatu endapan yang sukar larut, sehingga fosfor tidak tersedia bagi tanaman. Sehingga dapat dikatakan pada pH 5,4 dengan perlakuan pemberian pupuk NPK $\frac{1}{2}$ dosis anjuran pun tanaman sudah mampu menyerap unsur hara secara optimal pada tanaman kakao tersebut.

Perkembangan FMA juga dipengaruhi oleh dosis pemupukan fosfor. Kandungan fosfor tersedia yang tinggi di dalam tanah akan menghambat pertumbuhan FMA karena akar tanaman mampu menyerap hara yang ada di sekitarnya tanpa perlu bantuan dari FMA lagi. Fungi mikoriza arbuskular yang menginfeksi akar menjadi tidak berfungsi dan tidak bekerja dalam penyerapan unsur hara, dan akibatnya FMA yang diberikan tidak efektif.

Hasil penelitian juga menunjukkan (hasil analisis ragam) bahwa jenis FMA dan dosis pupuk NPK berpengaruh nyata pada bobot basah akar namun jika dilihat dari hasil Uji BNP pengaruh jenis mikoriza tidak berbeda. Hal ini dapat terjadi karena adanya kekurangan dari Uji BNP yaitu perlindungan terhadap β rendah sehingga jika hasil analisis tidak berbeda maka kemungkinan besar di populasi terjadi perbedaan artinya dikatakan menerima H_0 padahal H_0 salah. Pengaruh FMA pada bobot basah akar nyata berdasarkan hasil analisis ragam tetapi tidak untuk bobot keringnya. Hal ini berarti memungkinkan adanya kandungan air yang banyak yang berada di akar tersebut. Menurut Heddy (1990), bahwa akar tanaman merupakan organ penyerap yang mengambil air dan garam mineral dari tanah dan menyalurkan ke batang dan sebagai organ penyimpanan bahan makanan. Bila air yang diserap oleh akar tanaman tinggi maka bobot basah akar pada tanaman kakao akan meningkat. Selain itu, FMA membentuk jaringan hifa eksternal yang dapat memperluas bidang serapan akar terhadap air. Ukuran hifa yang sangat halus pada bulu-bulu akar memungkinkan hifa dapat memasuki pori-pori tanah yang paling halus sehingga hifa dapat menyerap air lebih banyak.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Tidak dapat ditentukan jenis FMA yang terbaik karena tanaman kontrol pun terinfeksi FMA.
2. Pemberian FMA tidak mengurangi dosis pupuk NPK pada pertumbuhan bibit kakao.
3. Respons pertumbuhan bibit kakao terhadap jenis FMA tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk NPK.

5.2 Saran

1. Media tanam yang digunakan sebaiknya disterilisasi terlebih dahulu agar tidak ada pengaruh FMA dari luar perlakuan (dari alam).

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L. 1990. *Dasar-dasar Nutrisi Tanaman*. Rineka Cipta. Jakarta. 69 hlm.
- Ashari, S. 1995. *Hortikultura Aspek Budidaya*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. 485 hlm.
- Boan, J.B. 2004. *Peranan mikoriza dalam melestarikan sumberdaya tanah pertanian*. *Edisi Khusus Balitkabi* No. 10. Hlm. 314—321.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1985. *Physiology of development and germination*. In *Seeds*. Plenum Press. Newyork and London. 445 hlm.
- Badan Pusat Statistik. 2010. *Survei Pertanian Produksi Tanaman Perkebunan Propinsi Lampung*. Jakarta. Katalog BPS.
- Buckman, H. O. dan N. C. Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. Diterjemahkan oleh Soegiman. Bhratara Karya Aksara. Jakarta. 788 hlm.
- Brundett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., dan Malajczuk, N. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. ACIAR Monograph 32. Canberra, Australia. 374 pp..
- Darmawijaya, M. I. 1997. *Klasifikasi Tanah*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Delvian. 2006. *Dinamika Sporulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular*. <http://www.google.com>. Universitas Sumatera Utara. Diakses pada tanggal pada tanggal 13 Januari 2010. 25 hlm.
- Dinas Perkebunan Jawa Barat. 2010. *Coklat (Theobroma cacao L.)*. [Http: www.google.com-coklat](http://www.google.com-coklat). 4 hlm. 5 januari 2011.
- Foth, H. D. 1984. *Dasar-dasar ilmu Tanah*. Diterjemahkan oleh Purbayanti, Lukiwati, Trimulatsih. Diedit oleh Hudoyo. Gajah mada University Press. Yogyakarta. Indonesia. 782 hlm.
- Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A. M. Lubis, S. G. Nugroho, M. R. Saul, M. A. Diha, Go Ban Hong, dan H. H. Bailey, 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Badan Penerbit Universitas lampung. Indonesia. 488 hlm.

- Haryantini, B.A. dan M. Santoso. 2000. Pertumbuhan dan Hasil Cabai Merah yang Diberi Mikoriza, Pupuk Fosfor, dan Zat Pengatur Tumbuh. http://digilib.brawijaya.ac.id/virtual_library/malang_warintek/pdf/. 9 hlm.
- Heddy, S. 1990. *Biologi Pertanian: Tinjauan Singkat tentang Anatomi, Fisiologi, Sistematika, dan Genetika Dasar Tumbuh-tumbuhan*. Rajawali Press. Jakarta. 282 hlm.
- Imas, T., R.S. Hadiatomo, A.W. Gunawan, dan Y. Setiadi. 1989. *Mikrobiologi Tanah II*. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat. 144 hlm.
- Indranada, H. 1986. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Bumi Aksara. Jakarta. 90 hlm.
- INVAM . 2006. Classification of Glomeromycota. <http://invam.caf.wdu.edu/fungi/taxonomy/>. Diakses pada tanggal 15 September 2011. 1 hlm.
- Justice, O.L. dan L.N. Bass. 1994. *Prinsip Penyimpanan Benih*. Diterjemahkan oleh Rennie Roesly. CV Rajawali. Jakarta. 446 hlm.
- Lakitan, B. 2000. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT. Raja Gafindo Persada. Jakarta. 203 hlm.
- Novriani dan Madjid. 2009. *Peran dan Prospek Mikoriza*. Universitas Sriwijaya : Palembang. <http://www.scribd.com/doc/22391846/Peran-Dan-Prospek-Mikoriza>. diakses pada tanggal 10 April 2010.
- Paul, E.A., and F.E. Clark. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press Inc., UK.
- Pujianto. 2001. Pemanfaatan jasad mikro jamur mikoriza dan bakteri dalam sistem pertanian berkelanjutan di Indonesia. <http://www.hayati-ip6.com/rudyet/indiv2001/pujianto.htm>. Diakses pada tanggal 10 April 2010.
- Poedjiwidodo, Y. 1996. *Sambung Samping Kakao*. Trubus Agriwidya. Jakarta. 127 hlm.
- Safriansyah, D. 2010. Sifat Kimia Tanah. Diakses tanggal 6 November 2011 dari <http://dsafriansyah.blogspot.com/2010/04/sifat-kimia-tanah.html>.
- Sastrahidayat, I.R, K. Wakidah, dan Syekhfani. 1998. *Pengaruh mikoriza vesikula arbuskular terhadap peningkatan enzim fosfatase, beberapa asam organik, dan pertumbuhan kapas (Gossypium hirsutum L.) pada Vertisol dan Alfisol*. *Agrivita*. 21 (1): 10—31.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jili I*. Penerbit Institut Teknologi Bandung. 241 hlm.

- Simanungkalit, R. D. M. 1999. *Teknologi cendawan mikoriza arbuskular: Produksi Inokulum dan Pengawasan Mutunya*. Prosiding Seminar Mikoriza yang berjudul *Teknologi dan Pemanfaatan Inokulum Endo-Ekotomikoriza untuk pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan* tanggal 16 September 2003. Universitas Padjadjaran. Bandung. Hlm. 7—17.
- Simarmata, T. 2004. *Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulum Endo-ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan*. Universitas Padjadjaran Bandung. Bandung. 135 hlm.
- Santosa, Dwi Andreas. 1989. *Teknik dan Metode Penelitian Mikorisa Vesikular-Arbuskular*. Laboratorium Biologi Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sieverding, E. 1991. *Vesicular Arbuskular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn Germany. 371 pp.
- Siregar, T.H.S., Slamet Riyadi dan Laeli Nuraeni. 2000. *Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Cokelat*. Cet 11. Penebar Swadaya. Jakarta. 157 hlm.
- Soepardi, Goeswono. 1979. *Sifat dan Ciri Tanah*. Diktat Kuliah. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian IPB. Bogor: Hlm 415-434.
- Subiksa, I.G.M. 2002. *Pemanfaatan Mikoriza untuk Penanggulangan Lahan Kritis*. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suhardi. 1989. *Pedoman Kuliah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 178 hlm.
- Susanto, F.X. 1994. *Tanaman Kakao : Budidaya dan Pengolahan Hasil*. Kanisius. Yogyakarta. 183 hlm.
- Sunanto, H. 1992. *Cokelat : Budidaya, Pengolahan Hasil dan Aspek Ekonominya*. Kanisius. Yogyakarta. 130 hlm.
- Suhartinianti, S. 1998. *Studi hubungan kadar air dengan viabilitas dan asam lemak bebas benih kakao (Theobroma cacao L.) pada Beberapa Cara Pengeringan Benih*. Skripsi. Fakultas Pertanian Insitut Pertanian Bogor. Bogor. 91 hlm.

LAMPIRAN

Tabel 16. Rekapitulasi Uji Bartlett untuk pupuk kehomogenan ragam antarpelakuan.

| Variabel Pengamatan | Khi-kuadrat | DK | Peluang |
|-------------------------|-------------|----|-----------|
| Tinggi tanaman | 16,70 | 11 | 0,1172 tn |
| Diameter batang | 7,31 | 11 | 0,7732 tn |
| Jumlah daun | 9,68 | 11 | 0,5592 tn |
| Bobot basah tajuk | 10,25 | 11 | 0,5084 tn |
| Bobot basah akar | 4,57 | 11 | 0,9500 tn |
| Bobot kering tajuk | 14,56 | 11 | 0,2033 tn |
| Bobot kering akar | 5,68 | 11 | 0,8938 tn |
| Volume akar | 11,62 | 11 | 0,3928 tn |
| Panjang akar primer | 12,45 | 11 | 0,3305 tn |
| Jumlah akar sekunder | 19,06 | 11 | 0,0601 tn |
| Rasio tajuk dengan akar | 9,06 | 11 | 0,6160 tn |
| Infeksi akar | 5,93 | 11 | 0,8782 tn |

Keterangan :

DK = derajat kebebasan

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$ (nilai tengah antarpelakuan homogen)

Tabel 17. Data tinggi tanaman bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|--------------------|----------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| cm | | | | | | | | |
| ½ dosis anjurán | Kontrol | 33,4 | 28,1 | 33,4 | 35,5 | 32,6 | 163 | 32,60 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 31,2 | 39,4 | 35,1 | 35,4 | 40,5 | 181,6 | 36,32 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 36,9 | 41,5 | 35,8 | 45,7 | 37,2 | 197,1 | 39,42 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 36,6 | 29,0 | 37,3 | 33,6 | 33,2 | 169,7 | 33,94 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 38,9 | 32,7 | 25,1 | 38,4 | 38,4 | 173,5 | 34,70 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 30,2 | 27,4 | 30,4 | 39,2 | 40,8 | 168 | 33,60 |
| Dosis anjurán | Kontrol | 35,6 | 27,1 | 32,9 | 40,8 | 32,2 | 168,6 | 33,72 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 32,1 | 32,6 | 26,5 | 35,4 | 27,5 | 154,1 | 30,82 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 31,1 | 33,4 | 27,3 | 31,5 | 30,4 | 153,7 | 30,74 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 36,6 | 38,1 | 36,5 | 37,6 | 36,4 | 185,2 | 37,04 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 24,0 | 26,3 | 31,7 | 32,2 | 38,7 | 152,9 | 30,58 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 25,1 | 32,9 | 34,3 | 32,2 | 38,2 | 162,7 | 32,54 |
| Total | | 391,7 | 388,5 | 386,3 | 437,5 | 426,1 | | |
| Rata-rata | | 32,64 | 32,38 | 32,19 | 36,46 | 35,51 | | |

Tabel 18. Analisis ragam untuk tinggi tanaman bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|----|---------|--------|----------|---------|
| Kelompok | 4 | 196,49 | 49,12 | 3,14 | 0,02 * |
| Perlakuan | 11 | 417,90 | 37,99 | 2,43 | 0,01 * |
| Mikoriza (A) | 5 | 61,84 | 12,37 | 0,79 | 0,56 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 89,79 | 89,79 | 5,75 | 0,02 * |
| A x B | 5 | 266,26 | 53,25 | 3,41 | 0,01 * |
| Galat | 44 | 687,57 | 15,626 | | |
| Takmenambah | 1 | 0,04 | | 0,00 | 0,95 tn |
| Sisa | 43 | 687,52 | | | |
| Total | 59 | 1301,97 | | | |
| KK = | | 13,91 | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$ * = nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 19. Data batang bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|--------------------|----------------------------|----------|------|------|------|------|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| cm | | | | | | | | |
| ½ Dosis anjanan | Kontrol | 0,83 | 0,75 | 0,74 | 0,72 | 0,79 | 3,83 | 0,77 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 0,86 | 0,86 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 4,09 | 0,82 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 0,76 | 0,78 | 0,74 | 0,78 | 0,82 | 3,88 | 0,78 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 0,75 | 0,76 | 0,76 | 0,71 | 0,83 | 3,81 | 0,76 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 0,80 | 0,84 | 0,77 | 0,77 | 0,87 | 4,05 | 0,81 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 0,72 | 0,87 | 0,72 | 0,71 | 0,74 | 3,76 | 0,75 |
| Dosis anjanan | Kontrol | 0,81 | 0,62 | 0,75 | 0,75 | 0,81 | 3,74 | 0,75 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 0,80 | 0,75 | 0,71 | 0,70 | 0,84 | 3,80 | 0,76 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 0,79 | 0,80 | 0,70 | 0,77 | 0,74 | 3,80 | 0,76 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 0,89 | 0,71 | 0,73 | 0,80 | 0,83 | 3,96 | 0,79 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 0,84 | 0,76 | 0,80 | 0,70 | 0,75 | 3,85 | 0,77 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 0,78 | 0,80 | 0,74 | 0,74 | 0,82 | 3,88 | 0,78 |
| Total | | 9,63 | 9,30 | 8,94 | 8,94 | 9,64 | | |
| Rata-rata | | 0,80 | 0,76 | 0,75 | 0,75 | 0,80 | | |

Tabel 20. Analisis ragam untuk diameter batang bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| Kelompok | 4 | 0,040 | 0,010 | 4,76 | 0,003 * |
| Perlakuan | 11 | 0,026 | 0,002 | 1,15 | 0,350 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 0,009 | 0,002 | 0,86 | 0,512 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 0,002 | 0,002 | 1,20 | 0,280 tn |
| A x B | 5 | 0,015 | 0,003 | 1,42 | 0,236 tn |
| Galat | 44 | 0,093 | 0,002 | | |
| Takmenambah | 1 | 9,677 | | 0,04 | 0,833 tn |
| Sisa | 43 | 0,093 | | | |
| Total | 59 | 0,160 | | | |
| KK = | 6,728 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$ * = nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 21. Data jumlah daun bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|------------------|----------------------------|-------------------|------|------|------|------|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| | | helai | | | | | | |
| ½ dosis anjur | Kontrol | 24 | 16 | 19 | 20 | 18 | 27 | 19,4 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 23 | 18 | 23 | 20 | 22 | 106 | 21,2 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 22 | 19 | 18 | 19 | 23 | 101 | 20,2 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 18 | 16 | 21 | 19 | 20 | 94 | 18,8 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 17 | 16 | 18 | 17 | 22 | 90 | 18,0 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 19 | 16 | 17 | 16 | 19 | 87 | 17,4 |
| Dosis anjur | Kontrol | 20 | 17 | 15 | 21 | 19 | 92 | 18,8 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 21 | 17 | 19 | 20 | 21 | 98 | 19,6 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 13 | 18 | 18 | 18 | 20 | 87 | 17,4 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 16 | 18 | 17 | 17 | 17 | 85 | 17,0 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 24 | 17 | 21 | 15 | 19 | 96 | 19,2 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 15 | 19 | 20 | 20 | 19 | 93 | 18,6 |
| Total | | 232 | 207 | 242 | 222 | 239 | | |
| Rata-rata | | 19,3 | 17,3 | 20,3 | 18,5 | 19,9 | | |

Tabel 22. Analisis ragam untuk jumlah daun bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|-------|--------|-------|----------|---------|
| Kelompok | 4 | 48,23 | 12,06 | 2,65 | 0,04 * |
| Perlakuan | 11 | 84,33 | 7,67 | 1,69 | 0,10 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 40,53 | 8,11 | 1,78 | 0,14 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 9,60 | 9,60 | 2,11 | 0,15 tn |
| A x B | 5 | 34,20 | 6,84 | 1,50 | 0,21 tn |
| Galat | 44 | 200,16 | 4,54 | | |
| Takmenambah | 1 | 13,06 | | 3,00 | 0,09 tn |
| Sisa | 43 | 187,10 | | | |
| Total | 59 | 332,10 | | | |
| KK = | 12,65 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$ * = nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 23. Data bobot basah tajuk bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah Rata-rata | |
|-----------------|----------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| | | g | | | | | | |
| ½ dosis anjuran | Kontrol | 28,64 | 21,14 | 20,67 | 20,14 | 27,88 | 118,5 | 23,7 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 26,38 | 26,97 | 24,49 | 21,44 | 27,24 | 126,5 | 25,3 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 25,96 | 21,23 | 20,30 | 21,26 | 28,18 | 116,9 | 23,4 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 22,00 | 22,29 | 19,48 | 23,14 | 26,91 | 113,8 | 22,8 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 25,47 | 26,02 | 23,35 | 23,74 | 28,56 | 127,1 | 25,4 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 22,85 | 25,04 | 24,76 | 23,50 | 21,02 | 117,2 | 23,4 |
| Dosis anjuran | Kontrol | 24,38 | 15,36 | 17,28 | 22,80 | 24,29 | 104,1 | 20,8 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 27,66 | 19,13 | 16,11 | 21,57 | 22,35 | 106,8 | 21,4 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 22,00 | 24,82 | 13,31 | 21,23 | 22,55 | 103,9 | 20,8 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 25,50 | 25,16 | 25,82 | 28,01 | 24,49 | 129,0 | 25,8 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 25,55 | 20,87 | 23,22 | 16,19 | 23,25 | 109,0 | 21,8 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 18,09 | 20,17 | 23,96 | 21,80 | 25,90 | 109,9 | 22,0 |
| Total | | 294,5 | 268,2 | 252,8 | 264,8 | 302,6 | | |
| Rata-rata | | 24,5 | 22,4 | 21,1 | 22,1 | 25,2 | | |

Tabel 24. Analisis ragam untuk bobot basah tajuk bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|------|-------|-------|----------|---------|
| Kelompok | 4 | 159,3 | 39,83 | 4,00 | 0,00 * |
| Perlakuan | 11 | 134,8 | 12,26 | 1,23 | 0,29 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 43,0 | 8,60 | 0,86 | 0,51 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 15,6 | 15,70 | 1,58 | 0,22 tn |
| A x B | 5 | 76,1 | 15,22 | 1,53 | 0,20 tn |
| Galat | 44 | 438,3 | 9,96 | | |
| Takmenambah | 1 | 6,7 | | 0,67 | 0,41 tn |
| Sisa | 43 | 431,7 | | | |
| Total | 59 | 732,6 | | | |
| KK = | 15,3 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$ * = nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 25. Data bobot kering tajuk bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|--------------------|----------------------------|----------|------|------|------|-------|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| g | | | | | | | | |
| ½ Dosis anjanan | Kontrol | 8,11 | 6,87 | 7,57 | 7,39 | 8,64 | 38,6 | 7,72 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 9,17 | 9,11 | 8,08 | 7,11 | 8,84 | 42,3 | 8,46 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 8,15 | 7,05 | 6,82 | 7,71 | 9,67 | 39,4 | 7,88 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 7,66 | 7,31 | 7,04 | 7,89 | 8,70 | 38,6 | 7,72 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 8,40 | 9,11 | 8,05 | 8,19 | 9,64 | 43,4 | 8,68 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 7,75 | 7,44 | 8,05 | 7,90 | 7,16 | 38,3 | 7,66 |
| Dosis anjanan | Kontrol | 8,59 | 5,20 | 6,76 | 7,96 | 7,28 | 35,8 | 7,16 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 9,40 | 6,71 | 5,31 | 7,71 | 8,18 | 37,3 | 7,46 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 8,23 | 8,01 | 4,37 | 7,60 | 8,16 | 36,4 | 7,27 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 8,80 | 8,52 | 9,10 | 9,93 | 8,69 | 45,0 | 9,01 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 8,99 | 7,71 | 8,47 | 5,69 | 7,86 | 38,7 | 7,74 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 6,54 | 7,19 | 8,60 | 7,75 | 8,80 | 38,9 | 7,78 |
| Total | | 99,8 | 90,2 | 88,2 | 92,8 | 101,6 | | |
| Rata-rata | | 8,32 | 7,52 | 7,35 | 7,74 | 8,47 | | |

Tabel 26. Analisis ragam untuk bobot kering tajuk bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|-------|-------|------|----------|---------|
| Kelompok | 4 | 11,59 | 2,89 | 3,15 | 0,02 * |
| Perlakuan | 11 | 17,21 | 1,56 | 1,70 | 0,10 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 6,64 | 1,32 | 1,44 | 0,22 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 1,19 | 1,19 | 1,30 | 0,26 tn |
| A x B | 5 | 9,36 | 1,87 | 2,03 | 0,09 tn |
| Galat | 44 | 40,54 | 0,92 | | |
| Takmenambah | 1 | 2,99 | | 3,43 | 0,07 tn |
| Sisa | 43 | 37,55 | | | |
| Total | 59 | 69,34 | | | |
| KK = | 13,76 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$ * = nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 27. Data bobot basah akar bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|-------------------|----------------------------|---------------|------|------|------|------|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| | | g | | | | | | |
| ½ Dosis anjuan | Kontrol | 6,32 | 4,31 | 3,37 | 4,27 | 5,92 | 24,2 | 4,84 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 6,74 | 6,06 | 4,30 | 5,46 | 5,53 | 28,1 | 5,62 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 4,91 | 3,65 | 4,29 | 4,70 | 5,31 | 22,9 | 4,57 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 5,99 | 4,84 | 4,21 | 6,60 | 5,20 | 26,9 | 5,37 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 4,84 | 6,70 | 5,95 | 5,76 | 6,18 | 29,4 | 5,87 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 4,03 | 5,82 | 4,40 | 5,58 | 3,78 | 23,6 | 4,72 |
| Dosis anjuan | Kontrol | 4,65 | 2,24 | 3,35 | 4,12 | 5,63 | 20,0 | 4,00 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 5,48 | 4,49 | 3,09 | 5,93 | 4,86 | 23,9 | 4,78 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 5,19 | 4,15 | 2,87 | 3,71 | 3,92 | 19,8 | 3,97 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 5,18 | 5,26 | 5,48 | 4,81 | 6,26 | 27,0 | 5,40 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 5,36 | 5,77 | 3,08 | 4,32 | 4,16 | 22,7 | 4,54 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 5,47 | 4,17 | 4,78 | 3,80 | 5,43 | 23,7 | 4,74 |
| Total | | 64,2 | 57,5 | 49,2 | 59,1 | 62,2 | | |
| Rata-rata | | 5,35 | 4,79 | 4,10 | 4,92 | 5,18 | | |

Tabel 28. Analisis ragam untuk Bobot basah akar bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| Kelompok | 4 | 12,19 | 3,047 | 4,31 | 0,005 * |
| Perlakuan | 11 | 19,31 | 1,757 | 2,48 | 0,016 * |
| Mikoriza (A) | 5 | 9,59 | 1,918 | 2,71 | 0,032 * |
| Pupuk (B) | 1 | 6,02 | 6,023 | 8,51 | 0,005 * |
| A x B | 5 | 3,70 | 0,740 | 1,05 | 0,403 tn |
| Galat | 44 | 31,12 | 0,707 | | |
| Takmenambah | 1 | 1,53 | | 2,22 | 0,143 tn |
| Sisa | 43 | 29,60 | | | |
| Total | 59 | 62,63 | | | |
| KK = | 21,09 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$ * = nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 29. Data bobot kering akar bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|------------------|----------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| g | | | | | | | | |
| ½ Dosis anjur | Kontrol | 1,96 | 1,39 | 1,08 | 1,28 | 1,93 | 7,64 | 1,53 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 1,90 | 1,86 | 1,31 | 1,52 | 1,40 | 7,99 | 1,60 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 1,44 | 1,07 | 1,36 | 1,31 | 1,56 | 6,74 | 1,35 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 1,76 | 1,41 | 1,28 | 1,47 | 1,58 | 7,50 | 1,50 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 1,81 | 2,01 | 1,82 | 1,93 | 1,15 | 8,72 | 1,75 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 1,18 | 1,65 | 1,63 | 1,66 | 1,09 | 7,21 | 1,44 |
| Dosis anjur | Kontrol | 1,58 | 0,77 | 1,25 | 1,10 | 1,35 | 6,05 | 1,21 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 1,69 | 1,45 | 0,89 | 2,04 | 1,46 | 7,53 | 1,51 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 1,57 | 1,03 | 0,94 | 1,14 | 1,50 | 6,18 | 1,24 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 2,05 | 1,46 | 1,38 | 1,80 | 1,81 | 8,50 | 1,70 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 1,51 | 1,99 | 1,39 | 1,23 | 1,13 | 7,25 | 1,45 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 1,79 | 1,32 | 1,56 | 1,25 | 1,61 | 7,53 | 1,51 |
| Total | | 20,24 | 17,41 | 15,89 | 17,73 | 17,57 | | |
| Rata-rata | | 1,67 | 1,45 | 1,32 | 1,48 | 1,46 | | |

Tabel 30. Analisis ragam untuk bobot kering akar bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|--------|-------|-------|----------|----------|
| Kelompok | 4 | 0,951 | 0,238 | 2,87 | 0,033 tn |
| Perlakuan | 11 | 1,376 | 0,125 | 1,51 | 0,162 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 0,742 | 0,148 | 1,79 | 0,134 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 0,053 | 0,053 | 0,64 | 0,426 tn |
| A x B | 5 | 0,580 | 0,116 | 1,40 | 0,243 tn |
| Galat | 44 | 3,649 | 0,082 | | |
| Takmenambah | 1 | 0,021 | | 0,25 | 0,616 tn |
| Sisa | 43 | 3,627 | | | |
| Total | 59 | 5,977 | | | |
| KK = | 21,748 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 31. Data volume akar bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|------------------|----------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| ml..... | | | | | | | | |
| ½ dosis anjur | Kontrol | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 21 | 4,2 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 | 25 | 5,0 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 | 25 | 5,0 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 | 25 | 5,0 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 4 | 6 | 5 | 6 | 7 | 28 | 5,6 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 22 | 4,4 |
| Dosis anjur | Kontrol | 5 | 4 | 5 | 6 | 5 | 25 | 5,0 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 6 | 4 | 3 | 6 | 3 | 22 | 4,4 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 23 | 4,6 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 27 | 5,4 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 22 | 4,4 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 26 | 5,2 |
| Total | | 60 | 61 | 55 | 61 | 58 | | |
| Rata-rata | | 5 | 5,1 | 4,6 | 5,1 | 4,8 | | |

Tabel 32. Analisis ragam untuk volume akar bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|--------|--------|-------|----------|----------|
| Kelompok | 4 | 2,166 | 0,542 | 0,79 | 0,539 tn |
| Perlakuan | 11 | 10,183 | 0,926 | 1,35 | 0,232 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 4,883 | 0,977 | 1,42 | 0,235 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 0,150 | 0,150 | 0,22 | 0,642 tn |
| A x B | 5 | 5,150 | 1,030 | 1,50 | 0,209 tn |
| Galat | 44 | 30,233 | 0,687 | | |
| Takmenambah | 1 | 0,371 | | 0,53 | 0,468 tn |
| Sisa | 43 | 29,862 | | | |
| Total | 59 | 42,583 | | | |
| KK = | 17,279 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 33. Data panjang akar primer bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|------------------|----------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| cm | | | | | | | | |
| ½ dosis anjur | Kontrol | 24,2 | 22,3 | 25,2 | 20,5 | 15,8 | 108,0 | 21,60 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 28,6 | 32,0 | 19,2 | 22,5 | 26,3 | 128,6 | 27,72 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 28,6 | 21,5 | 20,9 | 25,5 | 16,4 | 112,9 | 22,58 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 26,6 | 28,8 | 16,0 | 24,5 | 20,5 | 116,4 | 23,28 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 30,4 | 20,8 | 23,2 | 30,8 | 26,6 | 131,8 | 26,36 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 17,9 | 27,4 | 27,6 | 31,2 | 48,6 | 152,7 | 30,54 |
| Dosis anjur | Kontrol | 24,8 | 29,4 | 16,5 | 22,4 | 20,3 | 113,4 | 22,68 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 22,3 | 19,2 | 16,8 | 25,9 | 32,3 | 116,5 | 23,30 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 22,5 | 22,9 | 27,8 | 26,4 | 22,3 | 121,9 | 24,38 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 33,8 | 22,6 | 20,4 | 29,2 | 16,6 | 122,6 | 24,52 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 19,5 | 28,9 | 32,3 | 23,2 | 25,4 | 129,3 | 25,86 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 30,2 | 26,9 | 21,9 | 22,5 | 27,3 | 128,8 | 25,76 |
| Total | | 309,4 | 302,7 | 267,8 | 304,6 | 298,4 | | |
| Rata-rata | | 25,78 | 25,23 | 22,32 | 25,38 | 24,87 | | |

Tabel 34. Analisis ragam untuk panjang akar primer bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|-------|---------|-------|----------|---------|
| Kelompok | 4 | 91,47 | 22,86 | 0,70 | 0,59 tn |
| Perlakuan | 11 | 313,32 | 28,48 | 0,87 | 0,57 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 226,07 | 45,21 | 1,38 | 0,25 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 5,34 | 5,34 | 0,16 | 0,68 tn |
| A x B | 5 | 81,90 | 16,38 | 0,50 | 0,77 tn |
| Galat | 44 | 1443,06 | 32,79 | | |
| Takmenambah | 1 | 21,11 | | 0,64 | 0,42 tn |
| Sisa | 43 | 1421,94 | | | |
| Total | 59 | 1847,86 | | | |
| KK = | 22,64 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 35. Data jumlah Akar sekunder bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | | Jumlah | Rata-rata |
|------------------|----------------------------|-------------------|--------|-------|-----|-------|--------|-----------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| | | helai | | | | | | |
| ½ dosis anjur | Kontrol | 91 | 52 | 94 | 69 | 109 | 415 | 83,0 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 89 | 86 | 105 | 105 | 75 | 460 | 92,0 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 104 | 116 | 89 | 72 | 89 | 470 | 94,4 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 78 | 71 | 84 | 71 | 73 | 337 | 75,4 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 99 | 72 | 95 | 98 | 84 | 448 | 89,6 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 80 | 85 | 82 | 84 | 88 | 419 | 83,8 |
| Dosis anjur | Kontrol | 116 | 83 | 73 | 87 | 92 | 451 | 90,2 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 112 | 79 | 78 | 73 | 68 | 410 | 82,0 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 114 | 67 | 117 | 70 | 85 | 453 | 90,6 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 94 | 70 | 115 | 51 | 89 | 419 | 83,8 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 89 | 109 | 80 | 57 | 55 | 390 | 78,0 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 124 | 72 | 87 | 99 | 87 | 469 | 93,8 |
| Total | | 1.190 | 962 | 1.099 | 936 | 994 | | |
| Rata-rata | | 99,167 | 80,167 | 91,58 | 78 | 82,83 | | |

Tabel 36. Analisis ragam untuk jumlah akar skunder bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|-------|---------|-------|----------|----------|
| Kelompok | 4 | 3743,7 | 935,9 | 3,69 | 0,011 tn |
| Perlakuan | 11 | 2110,8 | 191,9 | 0,76 | 0,680 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 939,5 | 187,9 | 0,74 | 0,590 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,00 | 0,980 tn |
| A x B | 5 | 1171,1 | 234,2 | 0,92 | 0,475 tn |
| Galat | 44 | 11175,1 | 253,9 | | |
| Takmenambah | 1 | 21,2 | | 0,08 | 0,776 tn |
| Sisa | 43 | 11153,8 | | | |
| Total | 59 | 17029,7 | | | |
| KK = | 19,67 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 37. Data rasio tajuk dengan akar bulan bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | Jumlah | Rata-rata | |
|-------------------|----------------------------|----------|------|------|------|--------|-----------|------|
| | | I | II | III | IV | | | V |
| ½ dosis anjuan | Kontrol | 5,12 | 4,94 | 7,00 | 5,77 | 4,48 | 27,3 | 5,46 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 4,82 | 4,90 | 6,17 | 4,68 | 6,31 | 26,9 | 5,38 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 5,66 | 6,59 | 5,01 | 5,89 | 6,20 | 29,4 | 5,87 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 4,35 | 5,18 | 5,50 | 5,37 | 5,51 | 25,9 | 5,18 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 4,64 | 4,53 | 4,42 | 4,24 | 8,38 | 26,2 | 5,24 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 6,56 | 4,51 | 4,94 | 4,76 | 6,57 | 27,3 | 5,47 |
| Dosis anjuan | Kontrol | 5,44 | 6,75 | 5,41 | 7,24 | 5,39 | 30,2 | 6,05 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 5,56 | 4,63 | 5,97 | 3,78 | 5,60 | 25,5 | 5,11 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 5,24 | 7,78 | 4,65 | 6,67 | 5,44 | 29,8 | 5,96 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 4,29 | 5,84 | 6,59 | 5,52 | 4,80 | 27,1 | 5,41 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 5,95 | 3,87 | 6,09 | 4,63 | 6,96 | 27,5 | 5,50 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 3,65 | 5,45 | 5,51 | 6,20 | 5,47 | 26,3 | 5,26 |
| Total | | 61,3 | 65,0 | 67,3 | 64,8 | 71,1 | | |
| Rata-rata | | 5,11 | 5,41 | 5,61 | 5,40 | 5,92 | | |

Tabel 38. Analisis ragam untuk rasio tajuk dengan akar bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|--------|--------|-------|----------|----------|
| Kelompok | 4 | 4,423 | 1,105 | 1,03 | 0,402 tn |
| Perlakuan | 11 | 5,392 | 0,490 | 0,46 | 0,919 tn |
| Mikoriza (A) | 5 | 3,961 | 0,792 | 0,74 | 0,598 tn |
| Pupuk (B) | 1 | 0,266 | 0,267 | 0,25 | 0,620 tn |
| A x B | 5 | 1,165 | 0,233 | 0,22 | 0,953 tn |
| Galat | 44 | 47,197 | 1,072 | | |
| Takmenambah | 1 | 3,506 | | 3,45 | 0,070 tn |
| Sisa | 43 | 43,691 | | | |
| Total | 59 | 57,014 | | | |
| KK = | 17,942 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$

Tabel 39. Data Infeksi akar bibit kakao umur 4 bulan.

| NPK | FMA | Kelompok | | | | Jumlah Rata-rata | | |
|--------------------|----------------------------|----------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| | | I | II | III | IV | V | | |
| % | | | | | | | | |
| ½ dosis anjuran | Kontrol | 23,44 | 23,19 | 30,00 | 50,98 | 50,00 | 177,6 | 35,52 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 85,48 | 90,16 | 83,02 | 75,81 | 76,79 | 411,3 | 82,25 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 59,38 | 82,35 | 78,46 | 64,06 | 68,63 | 352,9 | 70,58 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 93,96 | 71,43 | 50,81 | 73,77 | 68,63 | 358,6 | 71,72 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 86,76 | 68,75 | 83,02 | 68,18 | 85,71 | 392,4 | 78,48 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 58,20 | 51,56 | 67,61 | 53,85 | 77,97 | 309,2 | 61,84 |
| Dosis anjuran | Kontrol | 47,14 | 46,27 | 23,53 | 44,83 | 30,00 | 191,8 | 38,35 |
| | <i>Glomus</i> sp. 1 | 91,54 | 61,84 | 60,29 | 45,76 | 55,32 | 314,8 | 62,95 |
| | <i>Glomus</i> sp. 2 | 66,15 | 92,54 | 90,48 | 57,89 | 79,63 | 386,7 | 77,34 |
| | <i>Glomus</i> sp. 3 | 76,56 | 54,84 | 63,64 | 78,46 | 67,31 | 340,8 | 68,16 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 1 | 61,11 | 86,96 | 79,49 | 63,93 | 60,37 | 351,7 | 70,37 |
| | <i>Entrophospora</i> sp. 2 | 67,14 | 84,38 | 66,67 | 66,67 | 88,26 | 373,1 | 74,62 |
| Total | | 816,9 | 814,3 | 777,0 | 744,2 | 808,6 | | |
| Rata-rata | | 68,07 | 67,85 | 64,75 | 62,01 | 67,38 | | |

Tabel 40. Analisis ragam untuk infeksi akar bibit kakao umur 4 bulan.

| SK | DK | JK | KNT | F-hitung | Peluang |
|--------------|--------|---------|---------|----------|----------|
| Kelompok | 4 | 325,0 | 81,25 | 0,53 | 0,712 tn |
| Perlakuan | 11 | 12100,9 | 1100,08 | 7,20 | 0,000 * |
| Mikoriza (A) | 5 | 10430,3 | 2086,05 | 13,66 | 0,000 * |
| Pupuk (B) | 1 | 30,7 | 30,75 | 0,20 | 0,655 tn |
| A x B | 5 | 1639,8 | 327,97 | 2,15 | 0,077 tn |
| Galat | 44 | 6721,1 | 152,75 | | |
| Takmenambah | 1 | 314,4 | | 2,11 | 0,153 tn |
| Sisa | 43 | 6406,7 | | | |
| Total | 59 | 19147,1 | | | |
| KK = | 27,288 | | | | |

Keterangan :

SK = sumber keragaman

DK = derajat kebebasan


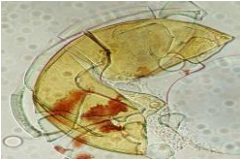

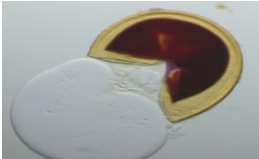

JK = Jumlah kuadrat

KNT = kuadrat nilai tengah

tn = tidak nyata pada $\alpha = 5\%$

* = nyata pada $\alpha = 5\%$

Tebel 41. Deskripsi jenis FMA yang diuji

| Uraian | Glomus sp. 1 | Glomus sp.2 | Glomus sp.3 | Entrophospora sp.1 | Entrophospora sp. 2 |
|--|--|---|--|--|--|
| 1. Ciri-ciri spora | Warna kuning tua Ukuran kecil Bentuk bulat | kuning muda kecil bulat | kuning muda kecil bulat | kuning kecil bulat | kuning muda kecil bulat |
| 2. Reaksi terhadap melzer | Spora tidak berubah warna | Spora tidak berubah warna | Spora tidak berubah warna | bagian tengah spora berwarna lebih gelap dari pada bagian tepi | bagian tengah spora berwarna lebih gelap dari pada bagian tepi |
| 3. Asal | Kebun kelapa sawit di Sumatra Utara | Kebun jarak Jawa Timur dan Bali Notonegoro | Kebun jarak Jawa Timur dan bali Gludengan | Kebun kelapa sawit bentar gersik Sumatra Utara | Kebun kelapa sawit Medan Sumatra Bentar Gresik |
| 4. Media | Campuran pasir sungai dan zeolit P-3 | Campuran pasir sungai dan zeolit P-3 | Campuran pasir sungai dan zeolit P-3 | Pasir sungai | Campuran pasir sungai dan zeolit P-3 |
| 5. Tanaman inang | Jagung (<i>Zea Mays</i> L) | CJ (<i>Clotalaria Juncea</i>) PJ (<i>Pueraria Javanica</i>) | Rumput gajah (<i>Axonopos compresus</i>) | PJ (<i>Pueraria Javanica</i>) | Jagung, dan PJ (<i>Pueraria Javanica</i>) |
| 6. Gambar reaksi spora terhadap melzer |  |  |  |  |  |