

**RESPONS PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
TERHADAP PEMBERIAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN
CEKAMAN AIR**

(Skripsi)

Oleh
USNAQUL EFRIYANI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

RESPONS PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) TERHADAP PEMBERIAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN CEKAMAN AIR

Oleh

Usnaqul Efriyani

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang penting di Indonesia. Kelapa sawit, baik berupa bahan mentah maupun hasil olahannya memiliki peluang bisnis yang besar dan dapat membuka kesempatan kerja serta sebagai sumber devisa negara. Ketersediaan air merupakan salah satu faktor pembatas utama bagi pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit. Ketersediaan air yang sedikit akan membuat tanaman kelapa sawit mengalami cekaman air yang akan berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan dan produksinya. Salah satu alternatif yang mungkin bisa dilakukan adalah dengan pemanfaatan fungi mikoriza arbuskular (FMA).

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui apakah aplikasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit, (2) mengetahui apakah cekaman air berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit, (3) mengetahui apakah aplikasi FMA mempengaruhi respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap

cekaman air, dan (4) menentukan lamanya ketahanan bibit kelapa sawit yang diaplikasikan FMA dan tidak diaplikasikan FMA terhadap kondisi cekaman air. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung dengan sistem pembibitan dua tahap, yaitu pembibitan awal (pre nursery) menggunakan polybag berukuran 20 x 15 cm dengan media tanah steril dan pembibitan utama (main nursery) menggunakan polybag berukuran 30 x 35 cm dengan media tanah tidak steril, dengan terlebih dahulu kecambah kelapa sawit disemai pada media pasir steril. Perlakuan disusun secara faktorial 2x5 dalam rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS) dengan lima ulangan. Faktor pertama adalah aplikasi FMA, yaitu kontrol (tanpa FMA) dan diberi FMA (campuran *Glomus* sp., *Entropospora* sp., dan *Gigaspora* sp.). Faktor kedua adalah lamanya cekaman air, yaitu 0, 7, 14, 21, dan 28 hari tanpa disiram sebelum penelitian dihentikan. Data yang diperoleh diuji kesamaan ragam antar perlakuannya dengan Uji Bartlett dan kemenambahan modelnya dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi, ragam homogen, dan data bersifat menambah, maka data dianalisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf α sebesar 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi FMA meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit melalui peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar primer, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, dan persen infeksi akar. Lamanya cekaman air menurunkan pertumbuhan bibit kelapa sawit melalui penurunan semua variabel pengamatan, kecuali persen infeksi akar. Ketahanan bibit kelapa sawit terhadap cekaman air tidak ditentukan oleh aplikasi FMA, karena tanggapan bibit kelapa sawit tanpa aplikasi FMA dan dengan aplikasi FMA tidak berbeda

pada berbagai kondisi cekaman air. Ketahanan maksimum bibit kelapa sawit terhadap kondisi cekaman air adalah 7 hari, setelah itu pertumbuhan bibit kelapa sawit mengalami penurunan, baik tanpa aplikasi FMA maupun dengan aplikasi FMA.

Kata kunci: Bibit kelapa sawit, cekaman air, fungi mikoriza arbuskular (FMA)

**RESPONS PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
TERHADAP PEMBERIAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN
CEKAMAN AIR**

Oleh

USNAQUL EFRIYANI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **Respons Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit
(*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap Pemberian
Fungi Mikoriza Arbuskular dan Cekaman Air**

Nama Mahasiswa : **Usnaqul Efriyani**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1114121194**

Jurusan : **Agroteknologi**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.
NIP 196603041990122001



Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.
NIP 196108261986031001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi



Dr. Ir Kuswanta F. Hidayat, M.P.
NIP 196411181989021002

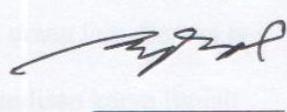
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

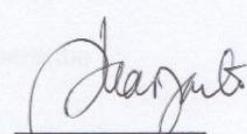
Ketua : **Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.**



Sekretaris : **Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Maret 2016

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul, **“Respons Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular dan Cekaman Air”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, April 2016
Penulis,



Usnaqul Efriyani
NPM 1114121194

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Bumi, 2 Maret 1993 sebagai anak ketiga dari empat bersaudara pasangan Bapak Tukiyo Abdul Azis dan Ibu Siti Nur Alfiyah (almh).

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 1997 di Taman Kanak-kanak Sabilussa'adah Kecamatan Pakuan Ratu, Way Kanan. Tahun 1999 penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 1 Bhakti Negara Kecamatan Pakuan Ratu, Way Kanan hingga kelas 3 caturwulan pertama, kemudian dilanjutkan di Sekolah Dasar Negeri 1 Sri Pendowo Kecamatan Ketapang, Lampung Selatan hingga selesai. Penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Ketapang Kecamatan Ketapang, Lampung Selatan pada tahun 2005. Pada tahun 2008, penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kalianda Kota Kalianda, Lampung Selatan. Pada tahun 2011, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung Jurusan Agroteknologi melalui jalur penerimaan Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Undangan.

Pada tahun 2014, penulis melaksanakan kegiatan Praktek Umum di Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor, Jawa Barat dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin, Pesawaran. Penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Fisiologi

Tumbuhan pada tahun 2014, Pembibitan Kelapa Sawit pada tahun 2015, serta Panen dan Pascapanen Kelapa Sawit pada tahun 2015. Penulis juga aktif di organisasi internal kampus yaitu Unit Kegiatan Mahasiswa Pramuka pada tahun 2011-2015.

“...seperti benih yang mengeluarkan tunasnya, kemudian tunas itu semakin kuat, lalu menjadi besar dan tegak lurus di atas batangnya; tanaman itu menyenangkan hati penanam-penanamnya...”
(QS Al-Fath [48]: 29)

" Tidak diperbolehkan iri kecuali pada dua hal; Seorang laki-laki yang Allah karuniai harta lantas ia membelanjakannya di jalan yang benar dan seorang yang Allah karuniai hikmah (ilmu) lantas ia beramal dengannya serta mengajarkannya."
(H.R. Bukhari & Muslim)

“Jangan menjelaskan tentang dirimu kepada siapapun. Karena yang menyukaimu tidak butuh itu, dan yang membencimu tidak percaya itu.”
(Ali bin Abi Thalib)

**Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT, penulis
mempersembahkan karya ini kepada Bapak dan Almarhumah Ibu
tersayang.**

SANWACANA

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam penulis sanjung agungkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW. Dengan selesainya skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc. selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, saran, dan arahan kepada penulis dalam membimbing penulis selama penelitian hingga menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S. selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, saran, dan arahan selama penulis melakukan penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc. selaku penguji atas segala saran dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Yusnita, M. Sc. selaku dosen pemimbing akademik atas segala bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan studi di Jurusan Agroteknologi Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Ir. Kuswanta F. Hidayat, M.P. selaku ketua Jurusan Agroteknologi.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
7. Kedua orang tua, kakak dan adik penulis tercinta, terima kasih atas kasih sayang, do'a, dukungan dan perhatian yang diberikan selama ini.

8. Teman-teman dan Teknisi Laboratorium: Mba Anggun Dewi P.S., S.P., Mba Retta Ramadhina, S.P., Mba Novri Damayanti, S.P., Lugito, S.P., Rahmad Saputra, S.P., Lita Andryyani, S.P., Anggun Fiolita, S.P., Desna Herawati, S.P., dan Mei Faria atas kebersamaan, dukungan dan bantuan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.
9. Keluarga Besar Agroteknologi Tahun 2011, 2012, 2013 dan 2014 atas bantuan dan kebersamaannya.
10. Pihak – pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan dukungan selama penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, April 2016

Penulis

Usnaqul Efriyani

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Landasan Teori.....	4
1.4 Kerangka Pemikiran	7
1.5 Hipotesis.....	9
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Botani Kelapa Sawit.....	10
2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit.....	12
2.3 Fungi Mikoriza Arbuskular	13
2.4 Peranan Air bagi Tanaman	14
2.5 Cekaman Air pada Tanaman Kelapa Sawit	15
III. BAHAN DAN METODE.....	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Bahan dan Alat.....	17
3.3 Metode Penelitian.....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.5 Pengamatan	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Penelitian	25
4.2 Pembahasan	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jadwal perlakuan cekaman air	21
2. Dosis pupuk NPK (N: P: K: Mg = 15: 15: 6: 4) rekomendasi untuk pembibitan kelapa sawit.....	22
3. Rekapitulasi analisis ragam data penelitian	25
4. Pengaruh FMA dan cekaman air pada tinggi tanaman (TT), jumlah daun (JD), jumlah akar primer (JAP), dan volume akar (VA) bibit kelapa sawit umur 26 minggu	26
5. Pengaruh FMA dan cekaman air pada bobot basah tajuk (BBT), bobot basah akar (BBA), bobot kering tajuk (BKT), dan bobot kering akar (BKA) bibit kelapa sawit umur 26 minggu.....	28
6. Pengaruh FMA dan cekaman air pada kadar air tanaman (KA tanaman), kadar air relatif daun (KAR daun), kadar air tanah (KA tanah), dan persen infeksi akar (% IA) bibit kelapa sawit umur 26 minggu.....	30
7. Rekapitulasi Uji Bartlett untuk homogenitas ragam antar perlakuan	45
8. Data tinggi bibit kelapa sawit (cm)	45
9. Analisis ragam untuk tinggi tanaman bibit kelapa sawit	46
10. Data jumlah daun bibit kelapa sawit (helai)	46
11. Analisis ragam untuk jumlah daun bibit kelapa sawit	47
12. Data jumlah akar primer bibit kelapa sawit (helai)	47
13. Analisis ragam untuk jumlah akar primer bibit kelapa sawit	48
14. Data bobot basah tajuk bibit kelapa sawit (g)	48
15. Data bobot basah tajuk bibit kelapa sawit (g) setelah ditransformasi dengan $\log x$	49

16. Analisis ragam untuk bobot basah tajuk bibit kelapa sawit setelah ditransformasi dengan $\log x$	49
17. Data bobot basah akar bibit kelapa sawit (g)	50
18. Data bobot basah akar bibit kelapa sawit (g) setelah ditransformasi dengan $\log x$	50
19. Analisis ragam untuk bobot basah akar bibit kelapa sawit setelah ditransformasi dengan $\log x$	51
20. Data volume akar bibit kelapa sawit (ml)	51
21. Data Bobot kering tajuk bibit kelapa sawit (g)	52
22. Analisis ragam untuk bobot kering tajuk bibit kelapa sawit	52
23. Data bobot kering akar bibit kelapa sawit (g)	53
24. Analisis ragam untuk bobot kering akar bibit kelapa sawit	53
25. Data kadar air tanaman bibit kelapa sawit (%).....	54
26. Analisis ragam untuk kadar air tanaman bibit kelapa sawit.....	54
27. Data kadar air relatif daun bibit kelapa sawit (g)	55
28. Analisis ragam untuk kadar air relatif daun bibit kelapa sawit	55
29. Data kadar air tanah (%).....	56
30. Data persen infeksi akar bibit kelapa sawit (%).....	56
31. Analisis ragam untuk persen infeksi akar bibit kelapa sawit	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata letak satuan percobaan di rumah kaca	19
2. Inokulasi FMA ke akar bibit kelapa sawit.....	20
3. Bibit kelapa sawit (A) dan kondisi ketegaran daun bibit kelapa sawit (B) yang tidak diaplikasikan FMA dan diaplikasikan FMA tanpa cekaman air	33
4. Akar bibit kelapa sawit yang tidak diaplikasikan FMA dan diaplikasikan FMA tanpa cekaman air	34
5. Bibit kelapa sawit tanpa cekaman air (s0), cekaman air 7 hari (s1), 14 hari (s2), 21 hari (s3), dan 28 hari (s4) dengan aplikasi FMA	36

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang penting di Indonesia. Kelapa sawit menghasilkan minyak nabati yang penting bagi keperluan industri pangan maupun untuk bahan bakar (biodiesel). Menurut Asmono (2007), tanaman ini menghasilkan minyak tertinggi per satuan luasnya dibandingkan jenis tanaman lainnya dengan potensi minyak sekitar 6-7 ton/ha/tahun. Kelapa sawit, baik berupa bahan mentah maupun hasil olahannya memiliki peluang bisnis yang besar dan dapat membuka kesempatan kerja serta sebagai sumber devisa negara (Setyamidjaja, 2006). Tanaman kelapa sawit juga dianggap sebagai salah satu sumber mata pencaharian yang mampu mensejahterakan kehidupan pemiliknya.

Pengembangan kelapa sawit memerlukan lahan sebagai aspek yang cukup penting. Kelapa sawit memiliki syarat kesesuaian lahan agar dapat berproduksi secara optimum. Namun, kecenderungan praktik perkebunan yang semakin terdesak ke arah lahan marginal, menuntut pengembangan teknologi agar kelapa sawit tetap dapat berproduksi optimum di lahan marginal tersebut (Pahan, 2011).

Tanaman kelapa sawit dapat tumbuh, berkembang, dan berproduksi dengan baik jika air tanah tersedia sepanjang waktu dalam jumlah yang cukup. Kelapa sawit

menghendaki curah hujan sebanyak 1.750-3.000 mm/tahun tanpa bulan kering per tahunnya. Ketersediaan air merupakan salah satu faktor pembatas utama bagi pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit. Pada fase vegetatif, kurangnya ketersediaan air dapat menyebabkan kerusakan jaringan tanaman, sedangkan pada fase generatif dapat menurunkan produksi tanaman kelapa sawit akibat terhambatnya pembentukan bunga, meningkatnya jumlah bunga jantan, pembuahan terganggu, gugur buah muda, bentuk buah kecil, dan rendemen minyak buah rendah (Hidayat *et al.*, 2013). Menurut Toruan-mathius *et al.* (2001), kekurangan ketersediaan air juga dapat menghambat pembukaan pelepah daun muda, merusak hijau daun yang menyebabkan daun tampak menguning dan mengering, pelepah daun terkulai dan pupus patah.

Mikoriza merupakan salah satu bentuk simbiosis mutualisme antara fungi tertentu dengan akar tanaman. Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan salah satu jenis mikoriza yang telah diketahui dapat membantu serapan unsur hara (terutama P). Selain meningkatkan penyerapan unsur hara, hifa FMA yang berkembang dan menyebar di dalam tanah dapat membantu penyerapan air oleh tanaman sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hifa FMA masih mampu menyerap air dari pori-pori tanah pada saat akar tanaman sudah kesulitan (Setiadi, 1989). Oleh sebab itu, diperlukan suatu penelitian untuk mengetahui pemanfaatan fungi mikoriza arbuskular pada tanaman kelapa sawit yang mengalami cekaman air.

Berdasarkan latar belakang dan masalah, perlu dilaksanakan suatu penelitian untuk menjawab permasalahan yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Apakah aplikasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit?
2. Apakah cekaman air berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit?
3. Apakah respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap cekaman air ditentukan oleh aplikasi FMA?
4. Berapa lama maksimum bibit kelapa sawit yang diaplikasikan FMA dan tidak diaplikasikan FMA tahan terhadap kondisi cekaman air?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, tujuan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengetahui apakah aplikasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit.
2. Mengetahui apakah cekaman air berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit.
3. Mengetahui apakah aplikasi FMA mempengaruhi respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap cekaman air.
4. Menentukan lamanya ketahanan bibit kelapa sawit yang diaplikasikan FMA dan tidak diaplikasikan FMA terhadap kondisi cekaman air.

1.3 Landasan Teori

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

Air sangat dibutuhkan oleh tanaman karena merupakan komponen utama dalam sel-sel penyusun jaringan tanaman. Dalam larutan sel terdapat ion-ion dan molekul yang diperlukan untuk melaksanakan fungsinya dalam proses difusi, osmosis, transpor aktif, dan dalam reaksi biokimia seperti fotosintesis, transpirasi, dan lain-lain (Hidayat *et al.*, 2013). Pada fase vegetatif, tanaman menggunakan air untuk pembelahan dan pembesaran sel yang dapat dilihat melalui pertambahan tinggi tanaman, pembesaran diameter, perbanyak daun, dan pertumbuhan akar.

Akar tanaman memiliki peranan yang sangat penting bagi penyerapan air dari dalam tanah oleh tanaman. Bila ketersediaan air pada fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman tidak terpenuhi, maka terjadi cekaman. Cekaman air merupakan suatu kondisi yang sangat mengganggu keseimbangan pertumbuhan tanaman. Cekaman air terjadi ketika tanaman tidak mampu menyerap air untuk menggantikan kehilangan air akibat transpirasi sehingga terjadi kelayuan, gangguan pertumbuhan, bahkan kematian. Cekaman kekeringan merupakan istilah untuk menyatakan suatu tanaman mengalami kekurangan air akibat keterbatasan air dari lingkungannya yaitu media tanam (Hidayat *et al.*, 2013).

Menurut Jaleel *et al.* (2008), cekaman kekeringan ditunjukkan dengan penurunan kandungan air, turgor, pelayuan, penutupan stomata, dan penurunan luas daun, serta pertumbuhan sel. Cekaman kekeringan yang parah dapat menyebabkan

fotosintesis terhenti. Hal ini dapat menghambat metabolisme tanaman dan akhirnya mati. Selain menurunkan laju fotosintesis, kekeringan juga menyebabkan penurunan laju pertumbuhan karena rendahnya potensial air dan turgor tumbuhan (Tezara *et al.*, 2002).

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan fungi yang populer karena kemampuan asosiasinya yang luas. Sebagian besar tanaman di dunia berasosiasi dengan fungi ini. Aplikasi FMA telah terbukti berperan bagi tanaman dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan dan patogen akar, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Halid, 2013).

FMA memiliki fungsi yang cukup banyak di dalam tanah. FMA melalui hifanya dapat membantu dalam pembentukan struktur tanah yang lebih baik sehingga meningkatkan kemampuan tanah memegang air. Kandungan air dalam tanah tersebut menjaga kelembaban tanah sehingga menjadi tempat hidup yang baik bagi mikroorganisme tanah (St.John, 2005 dalam Indriani, 2011).

Kelapa sawit adalah tanaman yang secara alami dapat bersimbiosis dengan FMA (Widiastuti *et al.*, 2005). Pada tanaman yang bermikoriza, respons tanaman yang mengalami cekaman kekeringan cenderung lebih dapat dipertahankan dari kerusakan korteks dibandingkan dengan tanaman tanpa mikoriza. Mikoriza memiliki peranan langsung terhadap tanaman yaitu membantu akar dalam meningkatkan penyerapan air. Peningkatan penyerapan air ini disebabkan hifa fungi mikoriza masih mampu menyerap air dari pori-pori tanah pada saat akar tanaman sudah mengalami kesulitan menyerap air (Setiadi, 1989).

Simbiosis FMA dengan akar tanaman dimulai dengan perkecambahan spora di dalam tanah. Tanaman mengeluarkan eksudat akar berupa gula, asam organik, dan asam amino yang menjadi daya tarik bagi FMA karena berfungsi sebagai makanan. Hifa FMA akan masuk ke dalam akar melalui celah antar sel atau menembus sel epidermis, kemudian hifa akan tersebar secara intraseluler di dalam jaringan korteks sepanjang akar dan sebagian membentuk arbuskular. Arbuskular adalah struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon kecil dan membentuk pola dikotom yang berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dan fungi. Struktur ini mulai terbentuk 2-3 hari setelah infeksi dengan diawali penetrasi cabang hifa lateral yang dibentuk oleh hifa intraseluler ke dalam dinding sel inang (Simanungkalit, 2004).

Selain di dalam akar, hifa FMA juga tersebar di luar akar membentuk hifa eksternal. Hifa ini menyebar di sekitar rhizosfer sehingga memperluas sistem perakaran tanaman yang selanjutnya berfungsi sebagai alat absorpsi unsur hara dan air serta mampu melarutkan fosfat dalam tanah yang semula berada dalam bentuk yang tidak dapat diserap oleh akar tanaman (Brundrett, 2004).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan FMA dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan. Hasil penelitian Halid (2013) menunjukkan bahwa pada perlakuan interval penyiraman 1, 2, 3, dan 4 hari sekali, rata-rata pertumbuhan bibit kakao yang diinokulasi FMA lebih baik dari pada bibit kakao yang tidak diinokulasi FMA. Hal ini disebabkan hifa fungi mampu menyerap air yang ada pada pori-pori tanah saat akar tanaman tidak mampu lagi menyerap air. Selain itu, hifa yang sangat luas di dalam tanah menyebabkan

jumlah air yang diambil meningkat. Pada media tanah gambut, penelitian Kartika (2010) menunjukkan inokulasi FMA meningkatkan daya adaptasi bibit kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan. Mekanisme adaptasi bibit kelapa sawit yang bersimbiosis dengan FMA terhadap cekaman kekeringan adalah melalui mekanisme penghindaran (perbaikan penyerapan hara, peningkatan kemampuan penyerapan air melalui perbaikan sistem perakaran, pengurangan luas permukaan transpirasi, pengaturan penutupan stomata melalui akumulasi kadar ABA daun), dan mekanisme toleransi (osmoregulasi dengan memproduksi senyawa-senyawa osmotikum glisina-betaina dan prolina daun, serta pengaturan turgor sel melalui akumulasi kadar ABA daun). Tanpa FMA, mekanisme adaptasi yang dominan pada bibit kelapa sawit adalah melalui mekanisme toleransi.

1.4 Kerangka Pemikiran

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

Fungi mikoriza arbuskular diaplikasikan pada akar bibit kelapa sawit. Akar bibit kelapa sawit mengeluarkan eksudat akar yaitu berupa gula, asam organik, dan asam amino. Spora FMA yang berkecambah memanfaatkan eksudat akar ini sebagai makanan untuk pertumbuhan hifa dan memulai infeksi pada akar tanaman. Infeksi dimulai dengan pembentukan appresorium yaitu struktur yang berupa penebalan massa hifa lalu menyempit seperti tanduk. Hifa yang dibantu oleh appresorium menembus ruang sel epidermis melalui permukaan akar atau rambut akar secara mekanis dan enzimatis, masuk ke lapisan korteks, menyebar di dalam dan diantara sel-sel korteks, kemudian membentuk cabang-cabang

mengelompok yang disebut arbuskular. Arbuskular ini menjembatani transfer unsur hara dan air antara fungi dengan tanaman kelapa sawit. Hifa di luar akar juga terus berkembang sehingga memiliki jangkauan yang luas daripada akar tanaman kelapa sawit. Setelah simbiosis terjadi, hifa eksternal yang telah berkembang ini akan meningkatkan kemampuan penyerapan air dan hara oleh tanaman sehingga pertumbuhan bibit kelapa sawit meningkat.

Bibit kelapa sawit pada kondisi cekaman air akan terhambat pertumbuhannya. Hal ini disebabkan rendahnya ketersediaan air di tanah yang sudah tidak mampu diserap oleh akar tanaman. Tanaman yang kekurangan air menyebabkan turgor pada sel tanaman menurun sehingga proses fisiologi menurun. Hal ini menyebabkan stomata menutup sehingga serapan CO_2 oleh daun menurun. Rendahnya ketersediaan air dan CO_2 pada tanaman kelapa sawit akan menyebabkan menurunnya laju fotosintesis sehingga asupan tanaman untuk pertumbuhan akan berkurang yang mengakibatkan menurunnya pembelahan dan pembesaran sel. Pertumbuhan bibit kelapa sawit menjadi tidak optimal karena menurunnya bobot kering brangkasan sebagai akibat dari rendahnya akumulasi bahan organik pada jaringan tanaman. Selain itu, cekaman air yang berlangsung dalam waktu yang cukup lama dapat menyebabkan fotosintesis tanaman terhenti, metabolisme tanaman terhambat, dan akhirnya mati.

FMA memiliki fungsi-fungsi tertentu sehingga mampu meningkatkan serapan air tanaman. Hifa-hifa fungi mikoriza dapat mengikat partikel-partikel tanah sehingga dapat memperbaiki dan memantapkan struktur tanah. Struktur tanah yang mantap akan memperbaiki aerasi tanah dan kapasitas menahan air. Hifa-hifa

yang halus ini juga akan memperluas bidang serapan air dan hara hingga ke pori-pori tanah pada saat akar bibit kelapa sawit sudah mengalami kesulitan untuk menyerapnya, sehingga bibit kelapa sawit yang bersimbiosis dengan FMA akan memiliki ketahanan terhadap cekaman air lebih tinggi daripada bibit kelapa sawit yang tidak bersimbiosis dengan FMA.

1.5 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran yang telah dikemukakan dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

1. Aplikasi FMA akan meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit.
2. Cekaman air akan berpengaruh pada pertumbuhan bibit kelapa sawit.
3. Ketahanan bibit kelapa sawit terhadap cekaman air ditentukan oleh aplikasi FMA.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit termasuk ke dalam Divisi Embryophyta Siphonagama, Kelas Angiospermae, Ordo Monocotyledonae, Family Arecaceae (dahulu disebut Palmae), Subfamili Cocoidae, Genus *Elaeis*, dan Spesies *Elaeis guineensis* Jacq. (Pahan, 2011).

Bagian tanaman kelapa sawit dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bagian vegetatif dan generatif. Bagian vegetatif meliputi daun, batang, dan akar; sedangkan bagian generatif meliputi bunga dan buah.

Daun kelapa sawit terdiri dari beberapa bagian yaitu kumpulan anak daun (*leaflets*), *rachis* (tempat anak daun melekat), tangkai daun (*petiole*), dan seludang daun (*sheath*). Daun dihasilkan dengan urutan yang teratur. Luas daun pada umur yang sama beragam dari satu daerah ke daerah lain, tergantung dari beberapa faktor, seperti kesuburan tanah, kelembaban tanah, dan tingkat stres air yang berhubungan dengan penutupan stomata (Pahan, 2011). Pada tanah yang subur, daun cepat membuka sehingga lebih efektif untuk melakukan fungsinya sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis dan sebagai alat respirasi. Semakin lama proses fotosintesis berlangsung maka semakin banyak fotosintat yang terbentuk sehingga produksi akan cenderung meningkat (Fauzi *et al.*, 2012).

Tanaman kelapa sawit memiliki batang yang lurus melawan arah gravitas bumi. Dalam beberapa kondisi, batang kelapa sawit juga dapat bercabang. Tinggi batang bertambah sekitar 45 cm/ tahun. Dalam kondisi lingkungan yang sesuai, pertambahan tinggi batang kelapa sawit dapat mencapai 100 cm/ tahun (Lubis dan Widanarko, 2011). Batang kelapa sawit diselimuti oleh pangkal pelepah daun tua sampai kira-kira umur 11-15 tahun. Fungsi utama batang adalah sebagai struktur yang mendukung daun, bunga, dan buah; sebagai sistem pembuluh yang mengangkut air dan hara mineral dari akar ke atas serta hasil fotosintesis dari daun ke bawah; serta berfungsi sebagai organ penimbunan zat makanan (Pahan, 2011).

Kecambah kelapa sawit yang baru tumbuh memiliki akar tunggang, tetapi akar ini mudah mati dan segera digantikan dengan akar serabut. Sebagian akar serabut tumbuh ke bawah dan sebagian lainnya tumbuh mendatar ke samping (Sastrosayono, 2003). Fungsi utama akar adalah untuk menunjang struktur batang di atas tanah, menyerap air dan unsur-unsur hara dari dalam tanah, dan sebagai salah satu alat respirasi. Kelapa sawit memiliki sistem perakaran serabut yang terdiri dari akar primer, sekunder, tersier, dan kuarterner (Pahan, 2011).

Kelapa sawit merupakan tanaman *monoecious* (berumah satu). Bunga muncul dari ketiak daun. Setiap ketiak daun hanya dapat menghasilkan satu infloresen (bunga majemuk). Bunga kelapa sawit terdiri kumpulan *spikelet* dan tersusun dalam infloresen yang berbentuk spiral (Pahan, 2011). Tanaman kelapa sawit mulai berbunga setelah berumur 2,5 tahun, tapi pada umumnya bunga tersebut gugur pada fase pertumbuhan awal generatifnya (Lubis dan Widanarko, 2011).

Tanaman kelapa sawit melakukan penyerbukan silang (Sunarko, 2007).

Buah kelapa sawit termasuk drupe, terdiri dari *pericarp* (daging buah) yang terbungkus oleh *exocarp* (kulit), *mesocarp*, dan *endocarp* (cangkang) yang membungkus 1-4 inti/kernel. Sementara itu, inti memiliki testa (kulit), *endosperm*, dan sebuag embrio (Pahan, 2011). Pada umumnya, jika kondisi lingkungan sesuai, tanaman kelapa sawit mulai menghasilkan buah setelah berumur 3,5 tahun. Buah kelapa sawit memiliki dua jenis minyak yang dihasilkan, yaitu CPO (*crude palm oil*) dari bagian *mesocarp* dan PKO (*palm kernel oil*) dari bagian endosperm yang secara komersial diekstrak secara terpisah karena kandungan dan kegunaannya pun berbeda (Fauzi *et al.*, 2012).

2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis (15° LU dan 15° LS). Tanaman ini tumbuh baik di daerah dengan ketinggian 0-500 m di atas permukaan laut dengan kelembaban 80-90% (Setyamidjaja, 2006). Kelapa sawit menghendaki curah hujan sebanyak 1.750-3.000 mm/tahun dengan distribusi merata sepanjang tahun tanpa bulan kering berkepanjangan (Hidayat *et al.*, 2013). Suhu optimum untuk pertumbuhan kelapa sawit adalah $29-30^{\circ}\text{C}$. Intensitas penyinaran cahaya matahari sekitar 5-7 jam/hari. Kelembaban optimum yang ideal sekitar 80-90%. Kelapa sawit dapat tumbuh pada jenis tanah podzolik, latosol, hidromorfik kelabu, alluvial, atau regosol. Nilai pH optimum yang dikehendaki tanaman kelapa sawit adalah 5,0-5,5. Kelapa sawit baik ditanam pada tanah yang gembur, subur, datar, berdrainase baik, dan memiliki lapisan solum yang dalam tanpa lapisan padas. Kondisi topografi pertanaman kelapa

sawit sebaiknya tidak lebih dari kelerengan 25%, artinya perbedaan ketinggian antara dua titik yang berjarak 10 meter tidak lebih dari 25 meter (Pahan, 2015).

2.3 Fungi Mikoriza Arbuskular

Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara fungi (Myces) dan perakaran (Rhiza) tumbuhan tingkat tinggi. Berdasarkan struktur tumbuh dan cara infeksi pada sistem perakaran tanaman inang, mikoriza dikelompokkan dalam dua golongan besar, yaitu ektomikoriza dan endomikorisa. Di dalam kelompok endomikoriza terdapat enam subtype, yaitu: mikoriza arbuskular, ectendo, arbutoid, monotropoid, ericoid, dan orchid (Setiadi, 2006). Endomikoriza memiliki 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 bentukan khusus yang berbentuk oval yang disebut vesikel dan sistem percabangan hifa yang dikotomus disebut arbuskular (Kabirun, 1994 dalam Saputra, 2011).

Menurut Setiadi (2006), tipe arbuskular akhir-akhir ini menjadi perhatian para ahli lingkungan dan biologis, karena fungsinya dalam membantu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman pada lahan-lahan marginal.

Fungi mikoriza arbuskular yang bersimbiosis dengan akar tanaman akan membentuk struktur khusus yang disebut arbuskular. Arbuskular merupakan percabangan hifa yang terbentuk secara dikotomi yang berulang-ulang sehingga menyerupai pohon dalam inang. Terdapat tujuh genus fungi mikoriza arbuskular yang dapat bersimbiosis dengan akar tanaman, yaitu *Glomus*, *Paraglomus*,

Gigaspora, Scutellospora, Acaulospora, Archeospora, dan Entrophospora (Suhardi, 1989). FMA merupakan tipe asosiasi mikoriza yang tersebar sangat luas dan ada pada sebagian besar ekosistem yang menghubungkan tanaman dengan rizosfer. Lebih dari 200.000 spesies angiospermae atau lebih dari 90% dari 300.000 spesies tanaman dapat berasosiasi dengan FMA secara alami. Simbiosis terjadi dalam akar tanaman dimana fungi mengkolonisasi apoplast dan sel korteks untuk memperoleh karbon dari hasil fotosintesis tanaman (Delvian, 2005).

2.4 Peranan Air bagi Tanaman

Air merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Ketersediaan air dipengaruhi oleh curah hujan, irigasi, dan kapasitas menahan air oleh tanah. Tanaman sangat peka terhadap kekurangan air yang dapat mengakibatkan berkurangnya pembentukan dan luas daun. Hal ini dapat mengganggu fotosintesis dan akan menurunkan produktivitas tanaman (Hidayat *et al.*, 2013).

Hidayat *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa bila persediaan air dalam tanah sedikit, maka akar tanaman juga akan menyerap air dalam jumlah yang sedikit sehingga kebutuhan air tanaman tidak terpenuhi. Air juga berperan dalam menjaga turgiditas tanaman yang penting bagi pembesaran sel dan pertumbuhan tanaman. Turgor berperan dalam membuka dan menutupnya stomata dan pergerakan daun. Kekurangan air yang dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan berkurangnya tekanan turgor pada pertumbuhan vegetatif tanaman.

Tanaman yang mengalami cekaman air akan berusaha untuk melakukan perubahan-perubahan fisiologi sebagai bentuk adaptasinya. Salah satu bentuk adaptasi tersebut adalah kemampuan tanaman untuk mempertahankan tekanan turgor atau penyesuaian osmotik. Tekanan turgor perlu dipertahankan karena beberapa penelitian menunjukkan bahwa penurunan tekanan turgor lebih merusak tanaman dibanding penurunan tekanan osmotik. Perubahan tekanan turgor akan mempengaruhi proses fisiologi dan biokimia dalam tumbuhan, antara lain dengan mengakumulasi senyawa-senyawa terlarut yang meliputi gula, asam amino, prolin dan glisin betain (Salisbury dan Ross, 1995).

2.5 Cekaman Air pada Tanaman Kelapa Sawit

Dibandingkan dengan tanaman keras lainnya atau perkebunan lainnya, kelapa sawit termasuk tanaman yang membutuhkan air dalam jumlah yang banyak. Ketersediaan air merupakan salah satu faktor pembatas utama bagi produksi kelapa sawit. Pada fase vegetatif, kekeringan pada tanaman kelapa sawit ditandai dengan daun tombak yang tidak membuka dan terhambatnya produksi pelepah bahkan dalam keadaan yang parah dapat menyebabkan kerusakan jaringan tanaman yang nampak pada daun pucuk dan pelepah yang mudah patah. Pada fase generatif, kekeringan menyebabkan penurunan produksi akibat terhambatnya pembentukan bunga, meningkatnya jumlah bunga jantan, pembuahan terganggu, gugur buah muda, bentuk buah kecil, dan rendemen buah rendah (Hidayat *et al.*, 2013).

Musim kemarau yang panjang menyebabkan terjadinya kekurangan air di dalam tanah sehingga pertumbuhan dan produksi kelapa sawit terganggu. Akibat dari

kekurangan air ini tidak hanya dirasakan pada tahun yang bersangkutan, tetapi berdampak hingga 2-3 tahun kemudian (Setyamidjaja, 2006).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari bulan Oktober 2014 sampai dengan Mei 2015.

3.2 Bahan dan Alat

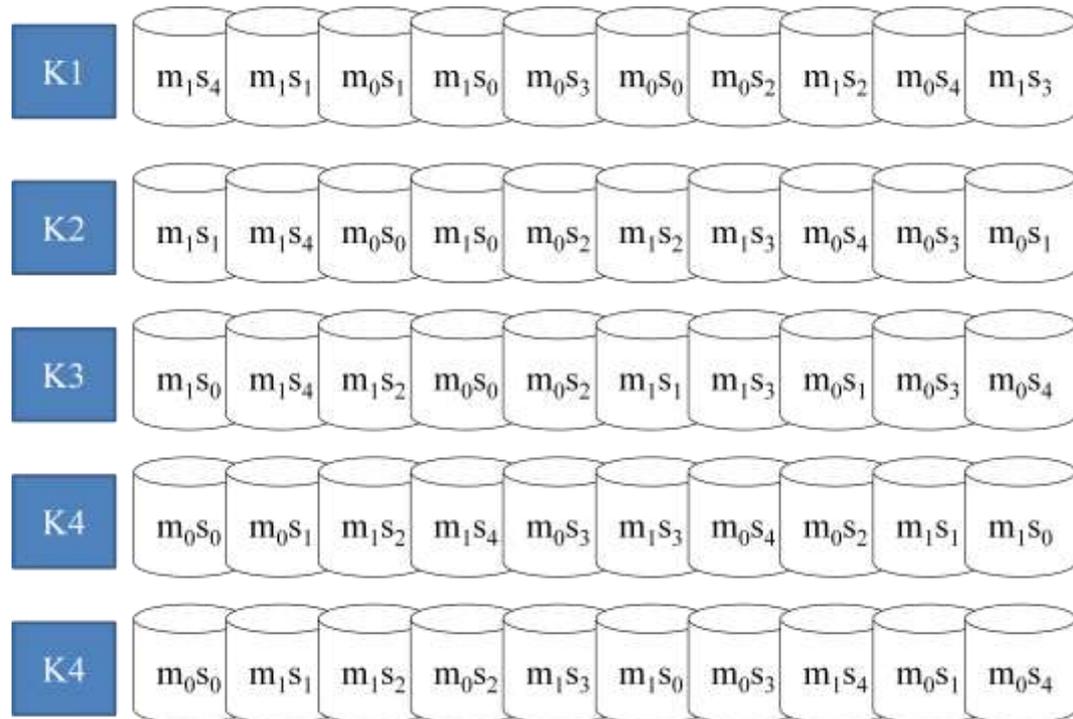
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kelapa sawit (*germinated seed*) dari PT Sampoerna Agro jenis Tenera (D x P) varietas SJ.1, inokulum FMA campuran *Glomus* sp., *Entropospora* sp., dan *Gigaspora* sp. yang diperoleh dari koleksi Dr. Maria Viva Rini di Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, pupuk dasar NPK, urea, media pasir steril, media tanah steril, media tanah tidak steril, aquades, glycerol, tryphan blue, KOH 10%, dan HCl 1%.

Alat yang digunakan adalah neraca, gelas ukur, mistar, polybag, oven, autoklaf, mikroskop majemuk, mikroskop stereo, *waterbath*, pinset, gunting, tabung plastik 35 mm (tabung film), kantong plastik tahan panas, kaca preparat, *cover glass*, nampan plastik, dan alat tulis.

3.3 Metode Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan dalam perumusan dan untuk menguji hipotesis, digunakan rancangan perlakuan faktorial 2x5. Faktor pertama adalah aplikasi FMA yang terdiri dari dua taraf, yaitu kontrol (tanpa FMA) dan diberi FMA (campuran *Glomus* sp., *Entropospora* sp., dan *Gigaspora* sp.). Faktor kedua adalah lamanya cekaman air yang terdiri dari lima taraf, yaitu 0, 7, 14, 21, dan 28 hari tanpa disiram sebelum penelitian dihentikan.

Perlakuan diterapkan pada petak percobaan dalam rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS). Pengelompokan berdasarkan keseragaman bibit kelapa sawit dan waktu pelaksanaan (Gambar 1). Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak lima kali dengan setiap satuan percobaan terdiri atas satu polybag yang masing-masing berisi satu bibit kelapa sawit. Kesamaan ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Bartlett dan kemenambahan model diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi, ragam homogen, dan data bersifat menambah, maka data dianalisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Peluang untuk melakukan kesalahan jenis pertama ditentukan sebesar 0,05.



Gambar 1. Tata letak satuan percobaan di rumah kaca.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

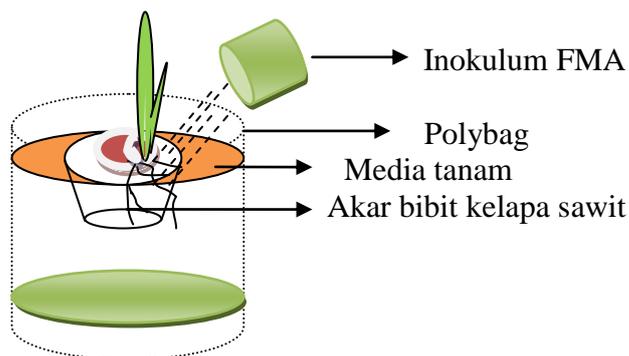
3.4.1 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan pada penyemaian adalah pasir steril, pada *pre nursery* adalah tanah campuran *top soil* dan *sub soil* steril, sedangkan pada *main nursery* adalah tanah campuran *top soil* dan *sub soil* tidak steril. Sterilisasi media tanam dilakukan dengan autoklaf sebanyak 2 kali (suhu 121 °C selama 60 menit) dengan interval satu hari.

3.4.2 Penyemaian dan *Pre Nursery* Bibit Kelapa Sawit

Benih kelapa sawit yang akan digunakan disemai terlebih dahulu selama satu bulan di rumah kaca. Penyemaian dilakukan di dalam bak semai menggunakan media pasir steril. Setelah satu bulan di pindahkan ke polybag *pre nursery* yang

berukuran 20 x 15 cm. Pada saat transplanting dilakukan pemberian FMA dengan memberikan inokulum (media pasir yang mengandung ± 500 spora) ke bagian akar kelapa sawit (Gambar 2). Inokulasi dilakukan dengan cara menaburkan sebagian inokulum ke dalam lubang tanam dan sebagian lagi ditaburkan di sekeliling perakaran bibit.



Gambar 2. Inokulasi FMA ke akar bibit kelapa sawit.

Pada saat di *pre nursery*, dilakukan pemeliharaan agar bibit kelapa sawit tumbuh dengan baik. Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman, pengendalian hama dan penyakit, dan pemupukan. Bibit kelapa sawit dipupuk menggunakan pupuk urea dengan konsentrasi 2 g/l untuk 100 bibit kelapa sawit atau 10 ml/polybag setiap minggu sampai bibit berumur 2,5 bulan.

3.4.3 *Main Nursery*

Setelah 2,5 bulan di *pre nursery*, bibit kelapa sawit dipindahkan ke *main nursery* dengan memindahkan bibit ke dalam polybag yang lebih besar berukuran 30 x 35 cm. Setelah dua bulan di *main nursery* (4,5 bulan perlakuan mikoriza), dilakukan perlakuan cekaman air (tanaman tidak disiram) yaitu 0, 7, 14, 21, dan 28 hari sebelum penelitian dihentikan (Tabel 1).

Tabel 1. Jadwal perlakuan cekaman air.

Perlakuan	Hari Ke-																														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
m0s0	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	P
m1s0	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	E
m0s1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	N
m1s1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	G
m0s2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	A
m1s2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	M
m0s3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	A
m1s3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	T
m0s4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	A
m1s4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	N

Keterangan:

■ = disiram

■ = tidak disiram

m0 = tanpa aplikasi FMA

m1 = dengan aplikasi FMA

s0 = disiram setiap hari

s1 = cekaman air 7 hari

s2 = cekaman air 14 hari

s3 = cekaman air 21 hari

s4 = cekaman air 28 hari

3.4.4 Pemeliharaan Tanaman di *Main Nursery*

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman, pemupukan, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman. Penyiraman dilakukan selama di *pre nursery* hingga dua bulan setelah *main nursery* (sebelum dimulai perlakuan cekaman air). Setelah transplanting, pemupukan dilakukan dengan dosis sesuai rekomendasi dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Tabel 2).

Tabel 2. Dosis pupuk NPK (N: P: K: Mg = 15: 15: 6: 4) rekomendasi untuk pembibitan kelapa sawit.

Umur bibit (minggu)	Dosis per bibit (gram)
14-15	2,5
16-17	5
18-20	7,5
22-24	10

Sumber: Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2009.

3.5 Pengamatan

Untuk menguji kesahihan kerangka pemikiran dan hipotesis, dilakukan pengamatan terhadap komponen pertumbuhan dan beberapa hal yang menyangkut kondisi air pada tanaman kelapa sawit pada umur 26 minggu yang meliputi:

3.5.1 Tinggi tanaman: diukur dari pangkal batang sampai daun tertinggi.

3.5.2 Jumlah daun: dihitung seluruh daun yang sudah membuka sempurna.

3.5.3 Jumlah akar primer: dihitung akar yang keluar dari pangkal batang.

3.5.4 Bobot basah tajuk: diukur dengan menimbang tajuk segar.

3.5.5 Bobot basah akar: diukur dengan menimbang akar segar yang telah dibersihkan dari tanah.

3.5.6 Volume akar: dihitung dengan cara memotong bagian akar bibit kelapa sawit kemudian dibersihkan. Akar tersebut dikeringanginkan kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur 1000 ml yang berisi air 250 ml (Volume 1), sehingga didapatkan penambahan volume (Volume 2). Volume akar dapat diperoleh dengan rumus :

$$\text{Volume akar} = \text{Volume 2} - \text{Volume 1}$$

3.5.7 Bobot kering tajuk: diukur dengan mengeringkan batang dan daun dalam oven yang bersuhu 70⁰C sampai bobotnya konstan kemudian ditimbang.

3.5.8 Bobot kering akar: diukur dengan mengeringkan akar dalam oven yang bersuhu 70⁰C sampai bobotnya konstan kemudian ditimbang.

3.5.9 Kadar air tanaman: dihitung dengan rumus

$$\text{Kadar air tanaman} = \frac{\text{bobot basah tanaman} - \text{bobot kering tanaman}}{\text{bobot basah tanaman}} \times 100\%$$

3.5.10 *Leaf relative water content* (kadar air relatif daun): dihitung dengan mengambil sepuluh bagian daun seluas 10 cm² dari setiap perlakuan kemudian ditimbang (bobot segar). Sampel potongan daun selanjutnya direndam dalam akuades selama 20 jam dan bobot dalam keadaan turgid ditimbang (bobot turgid). Sampel potongan daun kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 65⁰C hingga bobotnya konstan lalu ditimbang (bobot kering). Kadar air relatif dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air relatif daun} = \frac{\text{bobot segar} - \text{bobot kering}}{\text{bobot turgid} - \text{bobot kering}} \times 100\%$$

3.5.11 Kadar air tanah: dihitung berdasarkan metode gravimetrik yaitu

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{bobot basah} - \text{bobot kering}}{\text{bobot kering}} \times 100\%$$

Sampel tanah diambil dari tiga bagian polybag, yaitu atas, tengah, dan bawah kemudian diaduk dan diambil sebanyak 10 g. Dihitung pada akhir penelitian.

3.5.12 Persen infeksi akar: sampel akar sekunder diambil sebanyak 1 g, dicuci, kemudian dimasukkan ke dalam botol film. Akar yang telah ada di botol film direndam dengan KOH 10% kemudian dikukus dalam *water bath* dengan suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ selama ± 20 menit. Setelah pengukusan selesai, larutan KOH dibuang dan akar dicuci dengan air hingga bersih. Sampel akar

selanjutnya direndam dengan larutan HCl 1%, dikukus kembali dalam *water bath* dengan suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ selama ± 20 menit. Larutan HCl dibuang dan sampel akar direndam dengan larutan *trypan blue* 0,05% selama satu hari. Akar yang telah diwarnai dipotong sepanjang 2 cm, kemudian diletakkan di atas preparat untuk diamati di bawah mikroskop majemuk. Persen infeksi akar dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persen infeksi akar} = \frac{\text{jumlah bagian pengamatan yang terinfeksi}}{\text{total pengamatan}} \times 100\%$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi FMA meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit melalui peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar primer, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, dan persen infeksi akar.
2. Lamanya cekaman air menurunkan pertumbuhan bibit kelapa sawit melalui penurunan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar primer, bobot basah tajuk, bobot basah akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar, kadar air tanaman, dan kadar air relatif daun.
3. Katahanan bibit kelapa sawit terhadap cekaman air tidak ditentukan oleh aplikasi FMA, karena tanggapan bibit kelapa sawit tanpa aplikasi FMA dan dengan aplikasi FMA tidak berbeda pada berbagai kondisi cekaman air.
4. Ketahanan maksimum bibit kelapa sawit terhadap kondisi cekaman air adalah 7 hari, setelah itu pertumbuhan bibit kelapa sawit mengalami penurunan, baik tanpa aplikasi FMA maupun dengan aplikasi FMA.

5.2 Saran

Disarankan untuk membuat perlakuan dengan interval waktu penyiraman, memperkecil interval waktu cekaman air, membedakan volume air yang di siramkan, dan membuat kondisi kapasitas lapang sebelum cekaman air dilakukan untuk lebih mengetahui batas ketahanan bibit kelapa sawit terhadap cekaman air dan kemampuan FMA dalam membantu bibit kelapa sawit memulihkan diri setelah mengalami cekaman air.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, M. F. 2001. Modeling arbuscular mycorrhizal infection: is % infection an appropriate variable?. *Mycorrhiza*. 10: 255–258.
- Asmono, D. 2007. Perkembangan dan pemuliaan kelapa sawit. *Media Perkebunan*. 60: 18-19.
- Brundrett, M. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal association. *Biology review*. 79 : 473-495.
- Choironi, M. E. 2002. Pengaruh Cekaman Air pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Soba (*Fagopyrum Esculentum* Moench.). (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 20 hlm.
- Delvian. 2005. *Respon Pertumbuhan dan Perkembangan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Tanaman Terhadap Salinitas Tanah*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Dewi, S.P. 2009. Status asosiasi cendawan mikoriza arbuskula pada beberapa jenis pohon tropis Indonesia. *Wana Mukti Forestry Research Journal*. 10(1) : 27-38.
- Fauzi, Y., Y. E. Widyastuti, I. Satyawibawa, dan R. H. Paeru. 2012. *Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta. 236 hlm.
- Halid, E. 2013. Peningkatan resistensi bibit kakao terhadap cekaman kekeringan dengan pemanfaatan cendawan mikoriza arbuskula. *Jurnal Ilmiah Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Perkebunan AgroPlantae*. 2(1) : 85-92.
- Harwati, T. 2007. Pengaruh kekurangan air (*water deficit*) terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman tembakau. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 6(1) : 44-51
- Hidayat, T.C., I.Y. Harahap, Y. Pangaribuan, S. Rahutomo, W.A. Harsanto, dan W.R. Fauzi. 2013. *Air dan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan. 47 hlm.

- Indriani, N. P., Mansyur, I. Susilawati, dan R.Z. Islami. 2011. Peningkatan produktivitas tanaman pakan melalui pemberian fungi mikoriza arbuskular (FMA). *Jurnal Pastura*. 1 (1): 27-30.
- Jaleel, C.A., P. Manivannan, G.M.A. Lakshmanan, M. Gomathinayagam, and R. Panneerselvam. 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *catharanthus roseus* under soil water deficits. *Colloids surf. B: Biointerfaces*. 61: 298–303.
- Kartika, E. 2010. Peranan cendawan mikoriza arbuskular dalam meningkatkan daya adaptasi bibit kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan pada media tanah gambut bekas hutan. *Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat*. Bengkulu. 475-482.
- Lakitan, B. 2012. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 206 hlm.
- Lubis, R. E., dan A. Widanarko. 2011. *Buku Pintar Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 296 hlm.
- Munawar, A. 2010. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. Bogor. 240 hlm.
- Pahan, I. 2011. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta. 286 hlm.
- , 2015. *Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit untuk Praktisi Kebun*. Penebar Swadaya. Jakarta. 116 hlm.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2009. *Petunjuk Teknis Pembibitan Kelapa Sawit*. Medan.
- Reksa, A. 2007. Perubahan pola pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan pemberian ZPT atonik pada media campuran pasir dan blotong tebu di pre nursery. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan. 68 hlm.
- Salisbury, F.B. dan C. W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan. Terjemahan D. R. Lukman dan Sumaryono*. Penerbit ITB. Bandung.
- Saputra, H. 2011. Pengaruh dua jenis fungi mikoriza arbuskular dan berbagai kondisi cekaman air pada pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 82 hlm.

- Sastrosayono, S. 2003. *Budidaya Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 64 hlm.
- Setiadi, Y. 1989. *Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan*. PAU Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- , 2006. Pengembangan cendawan mikoriza arbuskular untuk merehabilitasi lahan marginal. *Prosiding Workshop Mikoriza Teknologi Baru dengan Cendawan Mikoriza*. Bogor.
- Setyamidjaja, D. 2006. *Kelapa Sawit, Teknik Budidaya, Panen, dan Pengolahan*. Kanisius. Yogyakarta. 86 hlm.
- Simanungkalit, R.D.M. 2004. Fungi mikoriza arbuskular di bidang pertanian. *Prosiding Workshop Mikoriza "Teknik Produksi Bibit Tanaman Bermikoriza"*. Bogor.
- Sopandie, D. 2014. *Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika*. IPB Press. Bogor. 228 hlm.
- Suhardi. 1989. *Pedoman Kuliah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)*. Pau-Bioteknologi Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 43 hlm.
- Sunarko. 2007. *Petunjuk Praktis Budidaya dan Pengolahan Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 70 hlm.
- Talanca, A. H. dan A. M. Adnan. 2005. Mikoriza dan manfaatnya pada tanaman. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda Sulawesi Selatan*. 311-315.
- Tezara, W., V. Mitchell, S.P. Driscoll, and D.W. Lawlor. 2002. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. *J. Exp. Bot.* 375 (53): 1781-1791.
- Tirta I.G. 2006. Pengaruh kalium dan mikoriza terhadap pertumbuhan bibit panili (*Vanilla planifolia Andrew*). *Jurnal Biodiversitas*. 7:171-174.
- Turuan-mathius, N., G. Wijaya, E. Guharja, H. Aswidinnoor, S. Yahya, dan Subronto . 2001. Respon tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) terhadap cekaman kekeringan. *Menara Perkebunan*. 69(2): 29-45.
- Widiastuti, H., N. Sukarno, L.K. Darusman, D.H. Goenadi, S. Smith, dan E. Guhardja. 2005. Penggunaan spora cendawan mikoriza arbuskular sebagai inokulum untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. I (73): 26-34.