APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR *Glomus* sp. DAN *Gigaspora margarita* UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BIBIT GAHARU (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)

(Skripsi)

Oleh

ENDAH SUSILOWATI

JURUSAN KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
2019

ABSTRAK

APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR *Glomus* sp. DAN *Gigaspora margarita* UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BIBIT GAHARU (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)

Oleh

ENDAH SUSILOWATI

Aquilaria malaccensis (gaharu) adalah salah satu pohon penghasil resin wangi dengan nilai ekonomis yang tinggi. Namun tergolong ke dalam tanaman yang memiliki pertumbuhan lambat. Penggunaan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) *Glomus* sp. dan *Gigaspora margarita* merupakan cara yang baik untuk meningkatkan pertumbuhan gaharu. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pemberian FMA tunggal *Glomus* sp., *Gi. margarita* maupun campuran dari keduanya terhadap pertumbuhan gaharu serta menentukan isolat yang mampu menghasilkan pertumbuhan bibit gaharu lebih baik. Penelitian ini menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) yang terdiri dari empat perlakuan yaitu tanpa inokulasi FMA (N), *Glomus* sp. (G), Gi. *margarita* (Gi) dan campuran *Glomus* sp. dan *Gi. margarita* (GGi) dan 8 ulangan. FMA yang digunakan pada setiap tanaman memiliki kepadatan ±300 spora dan diinokulasikan bersamaan dengan proses pemindahan bibit kedalam *polybag (transplanting)*. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi FMA meningkatkan pertumbuhan bibit gaharu melalui peningkatan tinggi bibit, diameter bibit, luas daun, volume akar, nisbah tajuk akar, bobot kering total dan persen kolonisasi akar. Pemberian inokulum FMA baik tunggal maupun campuran terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan bibit gaharu dan isolat yang terbaik adalah FMA campuran.

Kata Kunci: *A. malaccensis*, FMA, gaharu, *Gi. margarita*, *Glomus* sp.

ABSTRACT

APPLICATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI *Glomus sp.* AND *Gigaspora margarita* TO INCREASE GROWTH OF AGARWOOD SEEDLING *(Aquilaria malaccensis* Lamk.*)*

By

ENDAH SUSILOWATI

Aquilaria malaccensis (agarwood) is one of the fragrant resin producing trees with high economic value. This plant was slow growing. Using of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) *Glomus* sp. and *Gigaspora margarita* was a way to increase gaharu growth. The purpose of this study was to understanding the effect of a single AMF *Glomus* sp., *Gi. margarita* and a mixture of both to agarwood growth and determining the better isolate to increase the growth agarwood. This study used Completely Randomized Design (CRD) with four treatments, namely without AMF inoculation (N), *Glomus* sp. (G), *Gi. margarita* (Gi) and a mixture of *Glomus* sp. and *Gi. margarita* (GGi) and 8 replications. AMF used in each plant has density of ± 300 spores and inoculated together with the process of transferring seedlings into polybags (transplanting). Data were analyzed using analysis of variance and continued with Least Significant Difference Test (LSD). The results showed that the application of AMF increased the growth of agarwood seedlings by increasing seedling height, seedling diameter, leaf area, root volume, root shoot ratio, total dry weight and percent root colonization. All AMF

treatment (single and mixed) increased the growth of agarwood seedlings and the best isolates were mixed AMF inoculum.

Keywords: *A. malaccensis*, agarwood, AMF, *Gi. margarita, Glomus* sp.

APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR *Glomus* sp. DAN *Gigaspora margarita* UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BIBIT GAHARU (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)

Oleh

ENDAH SUSILOWATI

Skripsi

sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN

pada

Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

Judul Skripsi	:	**APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR *Glomus* sp. DAN *Gigaspora margarita* UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BIBIT GAHARU (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)**
Nama Mahasiswa	:	Endah Susilowati
Nomor Pokok Mahasiswa	:	1514151077
Jurusan/ Program Studi	:	Kehutanan
Fakultas	:	Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Melya Riniarti, S.P., MSi.
NIP. 197705032002122002

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

2. Ketua Jurusan

Dr. Melya Riniarti, S.P., MSi.
NIP. 197705032002122002

Scanned by CamScanner

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.** .....

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Drs. Afif Bintoro, M.P.** .....

2. Dekan Fakultas Pertanian

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **07 Agustus 2019**

Scanned by CamScanner

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Trans Suka Maju Provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 2 Mei 1997, putri pertama dari tiga bersaudara, anak dari pasangan Bapak Heri Prayitno dan Ibu Suningsih. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK PGRI Tri Sinar tahun 2002 – 2003, Sekolah Dasar di SD Negeri 8 Talang Ubi tahun 2003 – 2006 dan SD Negeri Surya Bumi Agro Langgeng tahun 2006 – 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMP YKPP Pendopo tahun 2009 – 2012 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Talang Ubi Pendopo tahun 2012 – 2015.

Tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Ujian Masuk Lokal (UML) dan mendapatkan Beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik (PPA) selama 2 tahun. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Kehutanan (Himasylva) Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai Anggota Utama, penulis juga aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Universitas Lampung Periode 2016 dan 2017 sebagai anggota Sekretaris Kabinet.

Penulis dipercayai menjadi salah satu Tutor Forum Ilmiah Mahasiswa (Filma) Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian pada tahun 2017. Penulis juga dipercayai menjadi asisten dosen pada mata kuliah Silvika tahun 2018 – 2019, Silvikultur

tahun 2017 – 2019, Biometrika Hutan tahun 2018, Statistika Dasar tahun 2018, Pembangunan Kehutanan tahun 2018 dan Bioteknologi Hutan tahun 2019.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Kunyayan, Kecamatan Wonosobo, Kabupaten Tanggamus pada bulan Januari hingga Maret 2018 selama 40 hari. Penulis juga melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Banyumas Barat Perum Perhutani Divisi Regional Unit I Jawa Tengah pada bulan Juli hingga Agustus 2018 selama 40 hari.

Bismillahirrahmanirrahim

Kupersembahkan karya sederhana untuk ibu ayah dan kedua adikku tercinta

SANWACANA

Alhamdulillahirrabil'alamiin, puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengeluarkan manusia dari zaman kebodohan ke zaman yang penuh ilmu pengetahuan.

Skripsi dengan judul **"Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular *Glomus* sp. dan *Gigaspora margarita* untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)"** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Kehutanan di Universitas Lampung.

Terwujudnya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Unila sekaligus Pembimbing Akademik atas semua kritik dan saran, serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis;
2. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kehutanan Unila sekaligus pembimbing utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, ilmu, ide, kritik dan saran, serta banyak motivasi dengan penuh

kesabaran selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Unila hingga proses skripsi ini terselesaikan;

3. Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc., selaku pembimbing kedua atas ketersedian waktunya untuk memberikan bimbingan, ilmu, ide, kritik dan saran, serta banyak motivasi kepada penulis dengan penuh kesabaran selama proses penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Drs. Afif Bintoro, M.P., selaku pembahas atau penguji atas semua kritik dan saran, serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis untuk kesempurnaan skripsi ini;
5. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si., selaku ketua tim percepatan skripsi dan seluruh tim percepatan skripsi yang telah mencurahkan waktu, pikiran dan motivasi kepada penulis untuk mewujudkan skripsi berjalan dengan lancar dan lulus tepat waktu;
6. Bapak dan Ibu Dosen Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan dan pengalaman selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Unila;
7. Bapak dan Ibu tenaga kependidikan Jurusan Kehutanan maupun Fakultas Pertanian Unila yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proses administrasi;
8. Kedua orangtua tercinta Ayah Heri Prayitno dan Ibu Suningsih yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, do'a, dukungan, arahan dengan penuh kesabaran yang tiada henti hingga penulis bisa melangkah sejauh ini;

9. Kedua adik penulis Intan Diah Ayu Lestari dan Surya Adi Pratama yang selalu memberikan kasih sayang, do'a, dan semangat yang tak henti-hentinya selama penulis mengenyam pendidikan;
10. Teman seperjuangan Kehutanan 2015 "TW15TER", Budidaya *squad,* KPH Banyumas Barat *squad* khususnya Ani Fitriyani, Dewi Purnamasari, Dewi Ira Rahmawati, S. Hut, Deya Puspa A., Eka Yuniyanti, Veronika Rekno D.M., Wiwik Oktaviani, Prila Idayanti, S.Hut. dan Ulfa Luthfiana, S.Hut atas segala bantuan, dukungan dan kebersamaan yang telah kalian berikan;
11. Teman-teman penulis di Laboratorium Produksi Perkebunan : mbak Anggun Dewi Puspitasari, S.P., mbak Retta Ramadhani Rias, S.P., mbak Nopri Dwi Damayanti, S.P., mas Ahmad, Masnur, Anding, Suyadi, Kusmayudi atas segala dukungan, saran, dan kebersamaan yang telah mereka berikan;
12. Semua sahabat penulis atas semua dukungan yang diberikan selama ini;
13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu penulis dalam proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini selesai.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas setiap amal kebaikan kalian. Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 2019
Penulis,

Endah Susilowati

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR GAMBAR x

I. PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Tujuan Penelitian 3
C. Manfaat Penelitian 3
D. Kerangka Pemikiran 3
E. Hipotesis 7

II. TINJAUAN PUSTAKA 8
A. Mikoriza 8
1. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) 9
2. Karakteristik FMA *Glomus* sp. dan *Gi. margarita* 10
3. Manfaat FMA 12
B. Tanaman Gaharu (*A. malaccensis* Lamk) 12

III. METODE PENELITIAN 15
A. Waktu dan Tempat 15
B. Alat dan Bahan 15
C. Prosedur Penelitian 16
D. Pelaksanaan Penelitian 17
E. Pengumpulan Data 20
F. Analisis Data 23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 26
A. Hasil Penelitian 26
1. Tinggi Tanaman 27
2. Diameter Batang Tanaman 28
3. Luas Daun 29
4. Volume Akar 29
5. Nisbah Tajuk dan Akar 30
6. Bobot Kering Total (BKT) 32
7. Persen Kolonisasi Akar (%) 32
B. Pembahasan 34

V. SIMPULAN DAN SARAN 40

Halaman
A. Simpulan 40
B. Saran 40

DAFTAR PUSTAKA 41

LAMPIRAN 47

Tabel 14 – 37 ..... 47 - 55

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Deskripsi FMA Fungi Mikoriza Arbuskular yang digunakan pada penelitian	16
2.	Uji Bartlett pertumbuhan bibit gaharu	24
3.	Analisis ragam pertumbuhan bibit gaharu	24
4.	Rekapitulasi hasil Fhitung untuk seluruh variabel penelitian Pengaruh FMA terhadap pertumbuhan bibit gaharu	27
5.	Pengaruh perlakuan jenis FMA terhadap pertambahan tinggi bibit gaharu umur 3 bulan	27
6.	Pengaruh perlakuan jenis FMA terhadap penambahan diameter Batang umur 3 bulan	28
7.	Pengaruh perlakuan jenis FMA terhadap luas daun bibit gaharu umur 3 bulan	29
8.	Pengaruh perlakuan jenis FMA terhadap volume akar bibit gaharu umur 3 bulan	30
9.	Pengaruh perlakuan jenis FMA terhadap berat kering tajuk dan akar pada bibit gaharu umur 3 bulan	31
10.	Pengaruh perlakuan jenis FMA terhadap nisbah tajuk dan akar bibit gaharu umur 3 bulan	31
11.	Pengaruh perlakuan jenis FMA terhadap bobot kering total bibit gaharu umur 3 bulan	32
12.	Pengaruh perlakuan jenis FMA terhadap persen kolonisasi akar bibit gaharu umur 3 bulan	33
13.	Rekapitulasi hasil uji Bartlett untuk homogenitas ragam antar perlakuan	47

Halaman

14. Data pertambahan tinggi bibit gaharu umur 3 bulan 47

15. Analisis ragam untuk pertambahan tinggi bibit gaharu umur 3 bulan 47

16. Data penambahan diameter batang bibit gaharu umur 3 bulan 48

17. Analisis ragam untuk penambahan diameter batang bibit gaharu umur 3 bulan 48

18. Data pertambahan jumlah daun bibit gaharu umur 3 bulan..... 48

19. Analisis ragam untuk pertambahan jumlah daun bibit gaharu umur 3 bulan 49

20. Data luas daun bibit gaharu umur 3 bulan 49

21. Analisis ragam untuk luas daun bibit gaharu umur 3 bulan 49

22. Data panjang akar utama bibit gaharu umur 3 bulan..... 50

23. Analisis ragam untuk panjang akar utama bibit gaharu umur 3 bulan 50

24. Data jumlah akar lateral bibit gaharu umur 3 bulan 50

25. Analisis ragam untuk jumlah akar lateral bibit gaharu umur 3 bulan 51

26. Data volume akar bibit gaharu umur 3 bulan 51

27. Analisis ragam untuk volume akar bibit gaharu umur 3 bulan..... 51

28. Data bobot kering tajuk bibit gaharu umur 3 bulan..... 52

29. Analisis ragam untuk bobot kering tajuk bibit gaharu umur 3 bulan 52

30. Data bobot kering akar bibit gaharu umur 3 bulan..... 52

31. Analisis ragam untuk bobot kering akar bibit gaharu umur 3 bulan 53

32. Data nisbah tajuk dan akar bibit gaharu umur 3 bulan..... 53

33. Analisis ragam untuk nisbah tajuk dan akar bibit gaharu umur 3 bulan 53

Halaman

34. Data bobot kering total bibit gaharu umur 3 bulan..... 54

35. Analisis ragam untuk bobot kering total bibit gaharu umur 3 bulan 54

36. Data persen kolonisasi akar bibit gaharu umur 3 bulan..... 54

37. Analisis ragam untuk persen kolonisasi akar bibit gaharu umur 3 bulan..... 55

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	Diagram alir kerangka pemikiran	6
2.	Tata letak percobaan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	17
3.	Penempatan inokulan FMA pada bibit gaharu.....	19
4.	Bibit gaharu umur 3 bulan dengan perlakuan N (tanpa FMA) G (*Glomus* sp.), Gi (*Gi. margarita)* dan GGi (campuran *Glomus* sp. dan *Gi. margarita*).	28
5.	Tajuk dan akar bibit umur 3 bulan yang diberi perlakuan N (tanpa FMA),G (*Glomus* sp.), Gi (*Gi. margarita)* dan GGi (campuran *Glomus* sp.dan *Gi. margarita*) sebelum dikeringkan.....	31
6.	Akar bibit gaharu yang (1) tidak terinfeksi FMA dan (2a dan 2b) terinfeksi FMA.....	33
7.	Akar yang terkolonisasi (1) *Glomus* sp., (2) *Gi. margarita* dan (3) campuran	34

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman gaharu (*Aquilaria* sp.) yang dikenal dengan nama tanaman karas merupakan salah satu hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang menghasilkan gaharu. Gaharu adalah resin wangi berwarna coklat hingga hitam gelap yang terjadi akibat mekanisme pertahanan pohon terhadap infeksi (Monggoot dkk., 2017) secara alamiah maupun buatan. Gaharu sudah lama dikenal dan diperdagangkan oleh masyarakat lokal maupun masyarakat internasional (Chhipa dkk., 2017). Hal ini karena harga gubal gaharu dapat mencapai 58 juta per batang (Wuysang dkk., 2015).

Indonesia memiliki keanekaragaman jenis tanaman penghasil gaharu (Setyaningrum dan Saparinto, 2014). Ada tujuh genus yang tersebar di hutan alam yaitu *Aetoxylon, Aquilaria, Enkleia, Gonystylus, Gyrinops, Phaleria* dan *Wikstroemia* (Susilo dkk., 2014). Eksploitasi tanaman ini semakin meningkat setiap tahun. Sehingga keberadaan jenis gaharu terutama *Aquilaria* dan *Gyrinops* semakin menurun dan mengkhawatirkan (Faizal dkk., 2017). Hal ini menyebabkan *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES) sejak tahun 1994 menetapkan genus *Aquilaria* masuk dalam *Apendix II,* yaitu populasinya tidak terancam punah, namun akan terancam

punah jika perdagangannya terus berlanjut. Penetapan tersebut bertujuan untuk membatasi eksploitasi gaharu di hutan alam karena populasinya yang semakin menurun (CITES, 2017).

Penyelamatan dalam bentuk perbaikan di hutan alam dan hutan tanaman telah memasuki tahap percobaan konservasi jenis. Upaya penyelamatan tersebut dilakukan dengan cara penggunaan teknologi pembenihan yang baik (Yuniarti dkk., 2009). Salah satu teknologi yang dianjurkan adalah dengan memanfaatkan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA).

FMA merupakan fungi yang memiliki kemampuan bersimbiosis mutualisme dengan tanaman (Santoso dkk., 2007). Penggunaan FMA selain lebih murah dan ramah lingkungan (Huda dkk., 2015), juga berpotensi meningkatkan pertumbuhan awal bibit. Selain itu dapat meningkatkan penyerapan unsur hara dan air oleh bibit, melindungi tanaman dari serangan patogen tanah serta menghasilkan hormon-hormon pertumbuhan (*phytohormones*) (Irianto, 2015; Ulfa dkk., 2009), yang bermanfaat untuk membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman. FMA juga mampu melestarikan sumberdaya lahan, baik secara fisik, kimia, maupun biologi sehingga keseimbangan biologis selalu terpelihara (Sarina dkk., 2016).

Tanaman inang yang dipilih oleh FMA tidak spesifik, namun tingkat populasi, komposisi jenis dan efektivitasnya dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan faktor lingkungan (Muzakkir dkk., 2010). Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa ada asosiasi antara FMA dengan tanaman gaharu. FMA tersebut ber-genus *Glomus* dan *Gigaspora* (Nurbaiti dkk., 2016). Penggunaan *Glomus clarum* dan

Gigaspora decipiens mampu meningkatkan pertumbuhan bibit *A. microcarpa* (Santoso dkk., 2007) dan *A. malaccensis* (Turjaman dkk., 2006) menjadi lebih cepat. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan diuji penggunaan FMA berjenis lain secara tunggal dan campuran pada bibit gaharu (*A. malaccensis).*

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah.

1. Mengetahui pengaruh aplikasi *Glomus* sp., *Gigaspora margarita* dan campuran keduanya terhadap pertumbuhan bibit gaharu.
2. Menentukan isolat *Glomus* sp., *Gi. margarita* atau campuran keduanya yang menghasilkan pertumbuhan bibit gaharu lebih baik.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah.

1. Memperoleh isolat FMA yang tepat untuk pertumbuhan bibit *A. malaccensis*.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi sumber informasi dasar untuk pengembangan mikoriza sebagai salah satu teknologi alternatif guna meningkatkan produktivitas *A. malaccensis*.

D. Kerangka Pemikiran

A. malaccensis adalah salah satu pohon penghasil gaharu yang berasal dari famili *Thymelaeaceae* (Siah dkk., 2016). Jenis ini banyak dibudidayakan karena menghasilkan gubal berkualitas tinggi (Munawir dan Soempoerno, 2016).

Kegiatan budidaya dapat terlaksana dengan baik jika didukung dengan bibit yang baik.

Pertumbuhan bibit gaharu dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal berupa faktor yang yang berada dalam tanaman itu sendiri seperti genetik, hormon, ketahanan terhadap tekanan iklim, tanah dan biologis, laju fotosintetik, respirasi, klorofil, tipe dan letak meristem serta aktivitas enzim. Sedangkan faktor eksternal adalah faktor luar dapat berupa iklim (cahaya, temperatur, air, panjang hari, angin dan gas), edafik/tanah (tekstur, struktur, bahan organik, kapasitas tukar kation, pH, kejenuhan basa dan ketersediaan nutrien secara keseluruhan) dan biologis (gulma, serangga, organisme penyebab penyakit, *nematode* dan mikroorganisme) (Dewi, 2013).

Tanaman gaharu memiliki pertumbuhan cukup lambat (Suhartati, 2013), sehingga membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk membentuk gubal gaharu (Chung dan Chen, 2018). Sementara itu, permintaan gaharu semakin meningkat setiap tahunnya, sehingga diperlukan suatu teknik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman ini. Salah satunya dengan penambahan FMA.

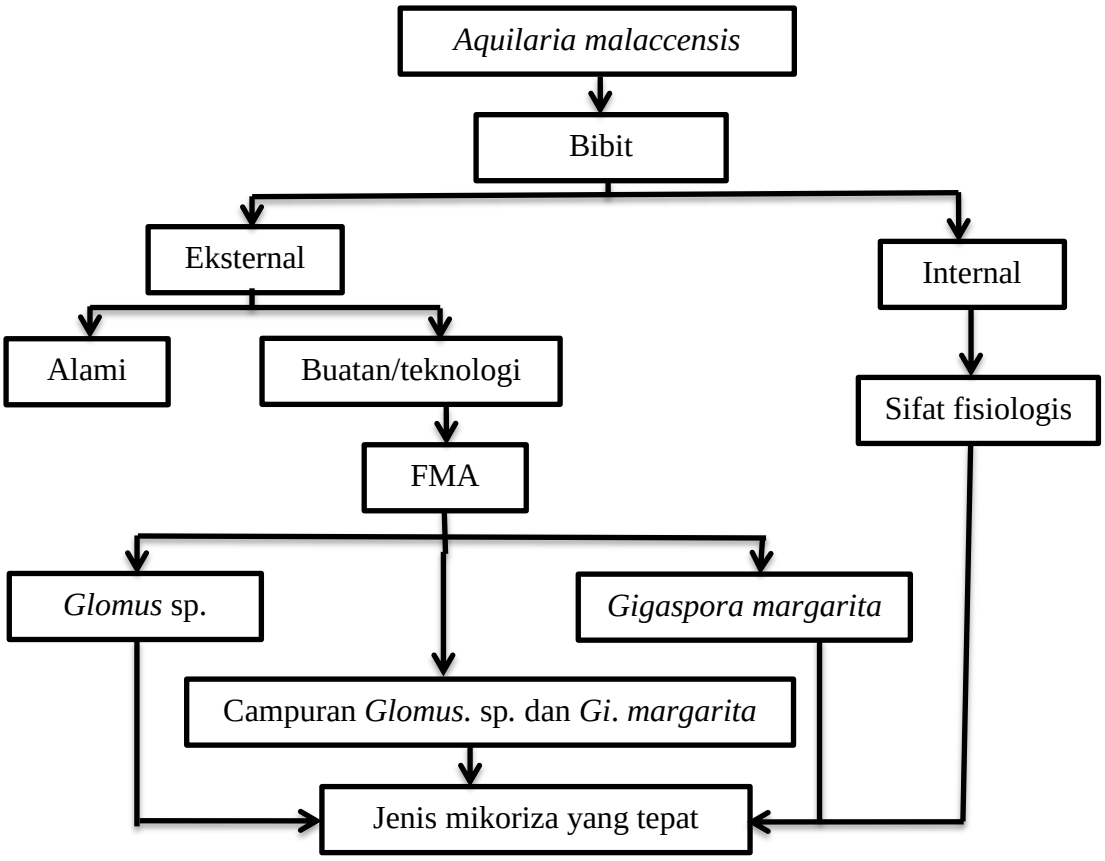
FMA adalah jamur multifungsi (Liu dan Yang, 2008; Indriyanto, 2013), membentuk kelompok biotrof obligat akar yang saling bertukar manfaat dengan sekitar 80% tanaman *terestrial* (Scheublin dkk., 2010; Berruti dkk., 2016) dan hanya tumbuh di tanaman hidup. Penelitian yang telah dilakukan oleh Sarina dkk. (2016) memperlihatkan bahwa FMA dapat berasosiasi dengan tanaman gaharu. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya spora FMA bergenus *Glomus* dan *Gigaspora* pada akar *A. malaccensis* (Huda dkk., 2015). Penelitian Fitriana dkk.

(2017) membuktikan bahwa tanaman *Aquilaria* sp. yang diinokulasi FMA mengalami peningkatan pertumbuhan tinggi yang lebih cepat dibandingkan dengan yang tidak diinokulasi dengan FMA pada umur 10 minggu. Bahkan pemberian mikoriza pada tanah ultisol meningkatkan pertambahan diameter terbaik pada bibit *Aquilaria* sp. (Nurbaiti dkk., 2016).

Penelitian Turjaman dkk. (2006) membuktikan bahwa pemberian *Glomus* dan *Gigapora* 5 gram dalam media tanah mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman *A. malaccensis.* Pemberian *Glomus* mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi sebesar 22,33 cm, penambahan diameter batang sebesar 3,26 mm dan daya hidup bibit hingga 93%. Sedangkan pemberian *Gigaspora* mampu meningkatkan pertambahan tinggi sebesar 21,91 cm dan penambahan diameter batang sebesar 3,02 mm serta meningkatkan daya hidup sebesar 100 %. Penelitian yang dilakukan oleh Irianto (2015) juga menunjukkan bahwa inokulasi tunggal *Glomus* sp. sebanyak 75 spora per lubang tanam dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman muda *A. crassna* hingga 81 cm dan 76 mm dibandingkan dengan kontrol.

Kolonisasi FMA dengan akar tanaman mampu meningkatkan serapan N, P dan K pada *Aquilaria* dibandingkan semai yang tidak diinokulasi. Sehingga, aplikasi FMA memberikan pengaruh pada peningkatan dari parameter pertumbuhan *Aquilaria*. Penelitian Santoso dkk. (2007) menunjukkan bahwa *A. microcarpa* yang diinokulasi 10 gr *Glomus clarum* dapat berkolonisasi dengan akar sampai dengan 53% pada minggu ke-15 dan dengan inokulasi *Gigaspora decipiens* dapat berkolonisasi dengan akar sampai dengan 65% pada minggu ke-15.

Penelitian yang dilakukan oleh Muzakkir dkk. (2010) pada tanaman jarak pagar menunjukkan bahwa pemberian *Glomus* sp_2 mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi bibit sebesar 20, 63 cm sedangkan *Gigaspora* sp_1 dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi hingga 18,20 cm dan campuran *Glomus* serta *Gigaspora* mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi hingga 23,06 cm. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan campuran *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. akan mampu meningkatkan pertumbuhan bibit gaharu menjadi lebih baik. Kerangka pemikiran ini secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran.

E. Hipotesis

Dugaan sementara dalam penelitian ini adalah.

1. Pertumbuhan bibit gaharu yang diberi FMA baik secara tunggal maupun campuran lebih baik dibandingkan dengan bibit tanpa diberi FMA.
2. FMA yang paling baik untuk pertumbuhan bibit gaharu adalah campuran *Glomus* sp. dan *Gi. margarita*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Mikoriza

Mikoriza adalah suatu bentuk asosiasi yang saling menguntungkan di dalam sistem perakaran antara cendawan (*Mices*) dan perakaran (*Rhiza*) tumbuhan tingkat tinggi (Indriyanto, 2013). Asosiasi ini hanya akan saling menguntungkan jika fungi mikoriza dan akar tanaman saling sesuai (*compatible*) (Prasad dkk., 2017). Penyebaran mikoriza sangat luas karena dapat ditemukan hampir pada semua ekosistem.

Mikoriza memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap pertumbuhan dan komponen produksi tanaman dibandingkan tanaman yang tidak bermikoriza (Suryanti dkk., 2017). Kelangsungan simbiosis antara tanaman dan mikoriza akan berpengaruh terhadap proses-proses metabolisme tanaman, mempengaruhi pembentukan akar-akar baru dan meningkatkan permeabilitas membran akar. Selanjutnya dinyatakan pula bahwa akar yang bermikoriza mempunyai kandungan auksin yang lebih tinggi yang memungkinkan peningkatan pertumbuhan akar (Rinti dkk., 2015).

Mikoriza secara umum dikelompokkan menjadi 3, yakni endomikoriza, ektomikoriza dan ektendomikoriza. Endomikoriza atau mikoriza arbuskula adalah

bentuk simbiosis mutualisme antara fungi dengan akar tanaman yang hanya berkembang di sel korteks akar dan membentuk arbuskul atau vasikula serta tidak membentuk selubung hifa pada akar. Ektomikoriza adalah bentuk interaksi yang saling menguntungkan antara fungi dengan akar tanaman dengan membentuk selubung hifa yang mampu menutupi permukaan akar (mantel). Sedangkan ektendomikoriza merupakan struktur mikoriza yang mirip ektomikoriza namun terjadi penetrasi hifa kedalam sel-sel akar (Prasad dkk., 2017).

1. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

FMA merupakan salah satu bagian dari endomikoriza, yang termasuk dalam ordo *Glomeromycetes* dan terdiri dari empat sub-ordo, yaitu *Paraglomerales, Archaeosporales, Glomerales* dan *Diversisporales*. *Paraglomerales* terdiri dari famili *Paraglomeraceae* dengan genus *Paraglomus*. Sub-ordo *Archaeosporales* terdiri dari famili *Ambisporaceae*, *Geosiphonaceae* dan *Archaeosporaceae*. Sub-ordo *Glomerales* terdiri dari famili *Glomeraceae* dan *Claroideoglomeraceae.* Sub-ordo *Diversisporales* terdiri dari 5 famili, yakni *Gigasporaceae, Pacisporaceae, Sacculosporaceae, Acaulosporaceae* dan *Diversisporaceae* (Redecker dkk., 2013).

FMA adalah mikroorganisme multifungsi (Liu dan Yang, 2008) yang membentuk kelompok biotrof obligat akar yang saling bertukar manfaat dengan sekitar 80% tanaman terestrial (Scheublin dkk., 2010; Berruti dkk., 2016) dan hanya tumbuh ditanaman hidup. FMA adalah beberapa mikroorganisme yang paling luas dan dapat membentuk simbion dengan lebih dari dua pertiga tanaman vaskular di

ekosistem alami atau buatan. FMA dianggap sebagai *biofertilizers* alami, karena mampu menyediakan air, nutrisi dan perlindungan patogen untuk tanaman inang (Berruti dkk., 2016). Landasan simbiosis mikoriza adalah kemampuan FMA menggunakan hifa-hifa mereka, untuk menyediakan nutrisi (terutama fosfor) bagi tanaman inang dengan jarak yang jauh (Song dkk., 2015).

Struktur utama FMA adalah arbuskular, vesikular, hifa eksternal dan spora. Arbuskular merupakan struktur hifa yang berbentuk cabang-cabang membentuk pola dikotom, berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tumbuhan inang dengan fungi. Vesikular adalah struktur berdinding tipis yang terbentuk dari pembengkakan pada ujung hifa di dalam sel korteks akar, berfungsi sebagai organ penyimpan (Prasad dkk., 2017) berbagai zat yang telah diserap akar untuk selanjutnya ditransfer ke dalam sel-sel tumbuhan inang (Muryati dkk., 2016). Hifa ekternal adalah struktur lain dari FMA yang berkembang di luar akar. Hifa ini berfungsi memperluas jangkauan akar untuk menyerap air dan hara dari dalam tanah (Rini dan Efriyani, 2016). Sedangkan spora merupakan propagul yang mampu bertahan hidup lebih lama dibandingkan dengan hifa yang ada di dalam akar dan tanah (Mosse, 1991 dalam Rias, 2014). Struktur yang terbentuk ini berfungsi dalam menjalankan peranan penting dalam asosiasi akar tanaman dengan FMA (Muryati dkk., 2016).

2. Karakteristik FMA *Glomus* sp. dan *Gi. margarita*

FMA *Glomus* sp. dan *Gi. margarita* memiliki karakteristik yang berbeda. Spora *Glomus* sp. berbentuk bulat sampai lonjong. Warna sporanya mulai dari *hyaline*

(transparan), kuning, merah kecoklatan coklat sampai hitam (Anggreiny dkk., 2017). Spora ini berasal dari perkembangan hifa yang disebut *chlamydospora.* Pada jenis ini vesikel dan arbuskular akan ditemukan didalam sel akar (Widyaningrum dkk., 2016). Taksonomi *Glomus* sp. secara botanis menurut Redecker dkk. (2013) sebagai berikut.

Kingdom : Fungi

Divisio : Glomeromycota

Class : Glomeromycetes

Ordo : Glomerales

Family : Glomeraceae

Genus : *Glomus*

Spesies : *Glomus* sp.

Gigaspora sp. berasal dari famili *Gigasporaceae* (Redecker dkk., 2013). Spora ini berkembang dari hifa *substending bulbous* (Widyaningrum dkk., 2016). Bentuk spora ini mulai dari bulat sampai tidak beraturan. Warna dari sporanya kuning kecoklatan (Anggreiny dkk., 2017). Taksonomi *Gi. margarita* secara botanis menurut Redacker dkk. (2013) sebagai berikut.

Kingdom : Fungi

Divisio : Glomeromycota

Class : Glomeromycetes

Ordo : Diversisprorales

Family : Gigasporaceae

Genus : *Gigaspora*

Spesies : *Gigaspora margarita*

3. Manfaat FMA

Kehadiran FMA menyebabkan tanaman inang tumbuh lebih efisien karena FMA mampu melindungi tanaman inang terhadap beragam tekanan biotik dan abiotik serta mempromosikan biodegradasi berbagai kontaminan (Song dkk., 2016). Adanya asosiasi akar tanaman dengan FMA dapat menguntungkan tanaman karena memperluas jangkauan akar efektif (Ramadhani dkk., 2016) untuk memperoleh nutrisi seperti fosfor (P), nitrogen, (N) dan seng (Zn) (Hodge dan Storer, 2015). Selain itu, FMA juga berguna untuk memperbaiki struktur tanah (Scheublin dkk., 2010), meningkatkan unsur hara dalam tanah melalui pengekstrakan beberapa unsur yang umumnya tidak ada dalam pupuk buatan, menjaga siklus hara serta memperbaiki kesuburan tanah (Annisah, 2014). FMA mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres yang disebabkan oleh faktor lingkungan seperti kekeringan (Hairu dkk., 2012), salinitas, tektur tanah serta kontaminasi logam berat. Akibatnya, FMA memiliki peran penting dalam mempengaruhi kondisi komunitas tumbuhan, produktivitas ekosistem dan produktivitas pertanian potensial (Williams dan Cavagnaro, 2015).

B. Tanaman Gaharu (*A. malaccensis* Lamk)

A. malaccensis Lamk adalah pohon tropis yang menghasilkan gubal gaharu sehingga dikenal sebagai tanaman penghasil gaharu (Suhartati, 2013) atau karas (Jayaraman dkk., 2014). Dalam perdagangan internasional, gaharu dikenal sebagai *aloewood* atau *agarwood* dengan bentuk produk berupa cacahan, serutan,

abu atau potongan yang diperdagangkan dalam satuan bobot (berat) dalam satuan gram, ons atau kilogram (Dewi, 2013).

Taksonomi tanaman *A. malaccensis* secara botanis menurut Susilo dkk. (2014), sebagai berikut.

Regnum : Plantae

Divisio : Spermatophyta

Sub-Divisio : Angiospermae

Class : Dicotyledoneae

Sub-Class : Dialypetalae

Ordo : Myrtales

Family : Thymeleaceae

Genus : *Aquilaria*

Spesies : *Aquilaria malaccensis* Lamk.

Biji gaharu bersifat rekalsitran, sehingga tidak dapat disimpan dalam waktu yang lama, karena dapat menurunkan daya hidup kecambahnya. Secara alami keberhasilan perkecambahan bijinya sangat rendah dan memerlukan waktu yang lama (Kosmiatin dkk., 2005).

Tanaman gaharu tergolong kedalam jenis potensial untuk dikembangkan dan memiliki kualitas yang baik. Kualitas gaharu dapat dilihat dari ciri dan sifat fisik serta morfologisnya. Ciri-ciri tersebut dipengaruhi oleh faktor kondisi lahan, lingkungan, iklim serta curah hujan setempat (Susilo dkk., 2014).

Daerah sebaran tumbuh pohon penghasil gaharu di Indonesia dijumpai di hutan Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Irian Jaya dan Nusa Tenggara. Secara ekologis tanaman ini berada pada ketinggian 0 – 2400 mdpl, pada daerah beriklim panas dengan suhu antara 28º – 34 º C, berkelembaban sekitar 80 % dan bercurah hujan antara 1000 – 2000 mm/th. Lahan tempat tumbuh pada berbagai variasi kondisi struktur dan tekstur tanah, baik pada lahan subur, sedang hingga lahan marginal. Tanaman gaharu dapat dijumpai pada ekosistem hutan rawa, gambut, hutan dataran rendah atau hutan pegunungan, bahkan dijumpai pada lahan berpasir berbatu yang ekstrim (Yana, 2012).

III. METODE PENELITIAN

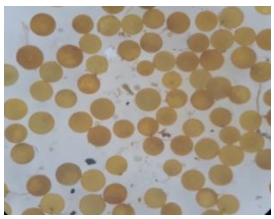
A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2018 – Mei 2019 yang dilakukan di rumah kaca untuk pengamatan pertumbuhan bibit. Pengukuran parameter pertumbuhan dilakukan di Laboratorium Produksi Perkebunan dan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaliper digital, timbangan digital, saringan mikro berukuran 500 µm, 180 µm dan 45 µm, mikroskop streo dan mikroskop majemuk, *leaf area meter*, *waterbath* dan oven listrik. Sedangkan bahan yang digunakan adalah biji gaharu (*A. malaccensis)*, *Glomus* sp., *Gi. margarita* (deskripsi masing-masing FMA dapat dilihat pada Tabel 1), *polybag* ukuran 12 cm x 19 cm, pasir, *top* soil, pupuk Urea, pupuk NPK, larutan KOH 10%, larutan H_2O_2 3,5%, larutan HCl 2%, *trypan blue* dan *gliserol.*

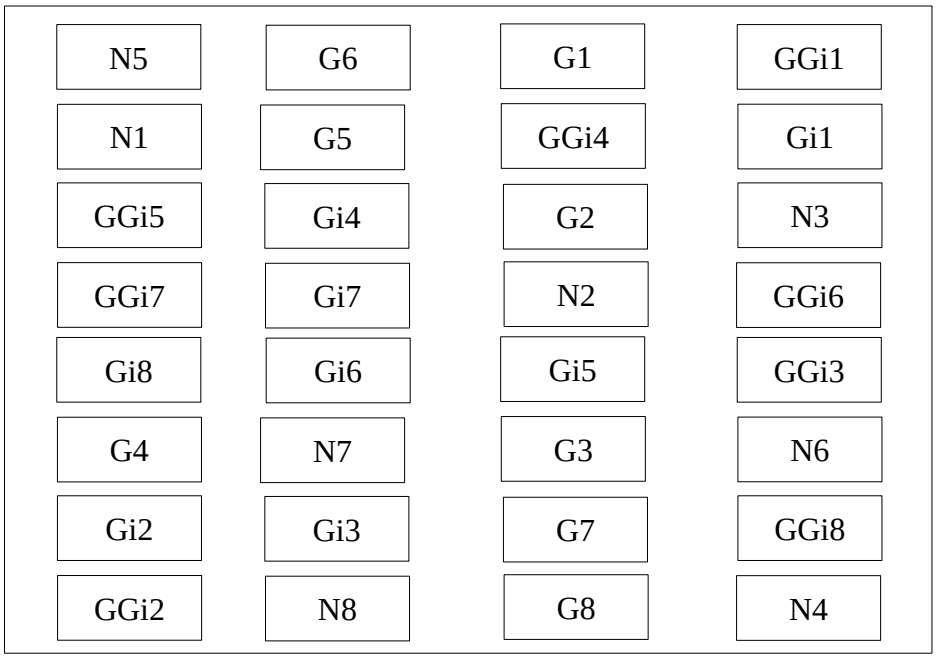
Tabel 1. Deskripsi FMA Fungi Mikoriza Arbuskular yang digunakan pada penelitian

	Ciri-ciri Spora	*Glomus* sp.	*Gi. margarita*
1	Bentuk	Bulat	Bulat-tidak beraturan
2	Ukuran	Kecil	Besar
3	Warna	Kuning	Kuning
4	Sporocarp	Tidak ada	Tidak ada
5	Bulbose suspensor	Tidak ada	Ada
6	Spora di dalam/ di luar akar atau keduanya	Di luar akar	Di luar akar
7	Reaksi terhadap melzer	Negatif	Positif
8	Gambar spora		
9	Gambar spora dalam PVLG		
10	Gambar reaksi spora terhadap melzer		

C. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan (N = tanpa FMA, G = *Glomus* sp., Gi = *Gi. Margarita* dan GGi = campuran *Glomus* sp. dan Gi = *Gi. margarita*) dengan masing-masing perlakuan terdiri dari 8 ulangan dan masing-masing satuan percobaan terdiri dari 2

tanaman, sehingga total keseluruhannya adalah 64 satuan percobaan. Tata letak percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tata letak percobaan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Keterangan:
N = Tanpa FMA (kontrol)
G = Pemberian *Glomus* sp.
Gi = Pemberian *Gi. margarita*
GGi = Pemberian *Glomus* sp dan *Gi. margarita* (campuran)
Angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 = Ulangan

D. Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dilakukan antara lain adalah.

1. Persiapan semai

Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji gaharu yang diperoleh dari budidaya tanaman gaharu di daerah Simpang Tais, Sumatera Selatan. Benih

kemudian disemaikan ke dalam bak kecambah, menggunakan media pasir yang sebelumnya telah disterilisasi dengan cara disangrai. Bak kecambah ini diletakkan di dalam rumah kaca dan kelembaban media tersebut dijaga dengan cara penyiraman air pada sore hari menggunakan *handsprayer*.

2. Persiapan media tumbuh

Media yang digunakan berupa *top soil* dan pasir. *Top soil* yang digunakan berasal dari Laboratorium Lapang Terpadu Universitas Lampung. Pengambilan *topsoil* dilakukan hingga kedalaman 30 – 40 cm dengan menggunakan cangkul. *Top soil* lalu dibersihkan dari kotoran dan batu serta diayak untuk mendapatkan tekstur media yang halus dan seragam. Hal ini bertujuan agar *top soil* lebih kompak dan tidak mudah mengalami penggumpalan. Setelah itu *top soil* dan pasir disterilkan dengan cara dikukus selama ±2 jam (Cahyani, 2009). Pasir dan *top soil* lalu dicampurkan dengan perbandingan 1:1. Media tumbuh ini kemudian dimasukkan ke dalam *polybag* yang berukuran 12 cm x 19 cm, lalu ditutup rapat dengan plastik transparan selama dua minggu. Penutupan media sapih dengan plastik transparan dilakukan untuk mencegah kemungkinan adanya kontaminan yang masuk ke dalam media sebelum media digunakan saat penyapihan bibit.

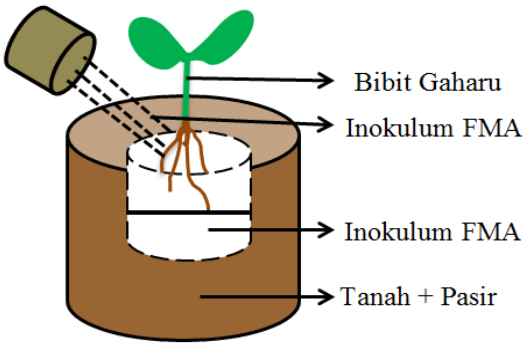
3. Penyapihan

Penyemaian dilakukan selama satu bulan dengan ciri-ciri bibit telah memiliki minimal 2 helai daun, kondisi yang sehat (bebas dari hama dan penyakit), memiliki pertumbuhan yang normal dan memiliki tinggi yang seragam. Bibit kemudian dipindahkan ke *polybag* yang berisi media tanam yang telah disiram

terlebih dahulu. Proses penyapihan dilakukan pada sore hari, hal ini bertujuan untuk mengurangi laju evapotranspirasi.

4. Aplikasi FMA

Inokulum FMA yang digunakan berupa pasir yang bercampur dengan spora. Pengaplikasian FMA pada bibit gaharu dilakukan bersamaan dengan pemindahan semai ke dalam *polybag*. *Polybag* yang telah diisi tanah, dibuat lubang tanam. Lalu bibit dimasukkan ke dalam lubang tanam. Kemudian FMA dengan kepadatan ± 300 spora diaplikasikan dengan cara diletakkan di dasar lubang tanam dan ditaburkan secara merata dan perlahan di sekitar akar bibit seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penempatan inokulan FMA pada bibit gaharu.

5. Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan untuk memberikan kondisi yang baik bagi pertumbuhan gaharu. Kegiatan yang dilakukan yaitu penyiraman, pengendalian gulma dan pemupukan dengan Urea dan NPK. Penyiraman dilakukan pada pagi hari. Pengendalian gulma dilakukan setiap seminggu sekali dengan membersihkan media tumbuh dari tumbuhan yang tidak diharapkan tumbuh bersama dengan

bibit. Pemupukan Urea 2 gram/liter sehingga setiap tanaman mendapatkan 10 ml. Pemupukan urea dilakukan pada minggu ke-2 setelah *transplanting*. Pemupukan urea ini dilakukan dua kali dalam seminggu sampai bibit berusia satu bulan. Kemudian dilanjutkan dengan pemberian pupuk NPK (16:16:16) 1 g/ tanaman.

E. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer. Data primer didapatkan dari pengamatan langsung pada objek penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan mengamati perubahan pertumbuhan bibit setelah *transplanting* sampai bibit berumur 3 bulan. Perubahan yang diamati yaitu.

1. Pertambahan tinggi tanaman (cm)

Pengukuran tinggi dimulai dari kolet sampai dengan buku-buku batang (nodus) teratas dengan menggunakan penggaris. Kolet adalah daerah perbatasan antara hipokotil dengan akar semai yang merupakan tempat letaknya kotiledon. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada awal *transplanting* dan akhir penelitian.

2. Penambahan diameter batang (mm)

Diameter batang diukur 3 cm dari kolet dengan menggunakan kaliper. Pengukuran diameter tanaman dilakukan pada awal *transplanting* dan akhir penelitian.

3. Pertambahan jumlah daun (helai)

Jumlah daun dihitung pada awal (saat proses *transplanting*) dan akhir penelitian. Daun yang dihitung adalah daun yang telah terbuka karena daun yang membuka sempurna dapat berfotosintesis lebih optimal, sedangkan daun muda masih menggulung.

4. Luas daun (cm^2)

Luas daun dihitung pada akhir penelitian. Pengukuran luas daun dilakukan dengan menggunakan alat *leaf areameter*. Daun bibit dipisahkan terlebih dahulu dari tangkainya kemudian dimasukkan ke alat satu persatu. Satu kali pengukuran sebanyak satu tanaman.

5. Panjang akar utama (cm)

Panjang akar diukur dari kolet sampai dengan ujung akar terpanjang dengan menggunakan benang dengan mengikuti bentuk akar dan kemudian benang diukur dengan penggaris 30 cm. Pengukuran dilakukan saat akhir penelitian.

6. Jumlah akar lateral

Jumlah akar lateral dihitung dari akar lateral yang berada disekitar kolet sampai dengan ujung akar primer. Perhitungan akar lateral dilakukan secara manual diakhir penelitian.

7. Volume akar (ml)

Volume akar diukur dengan cara mamasukkan akar yang telah dipisahkan dengan batang kedalam gelas ukur. Gelas ukur yang digunakan terlebih dahulu diisi dengan air. Setelah semua akar masuk kedalam gelas ukur, maka pertambahan

volume air yang dicatat sebagai volume akar. Pengukuran volume akar dilakukan diakhir penelitian.

8. Nisbah tajuk dan akar bibit (gram)

Pengukuran berat kering dilakukan pada akhir penelitian. Bagian tajuk dan akar dipisahkan dengan cara memotong bibit pada bagian tempat pengukuran diameter. Sebelum dioven kedua bagian tersebut ditimbang menggunakan timbangan analitik terlebih dahulu untuk mengetahui bobot basahnya. Selanjutnya kedua bagian tersebut dioven dengan suhu 80^{o}C hingga tercapai bobot konstan. Setelah konstan, bagian tersebut kemudian ditimbang kembali dengan menggunakan timbangan digital. Hasil dari penimbangan bobot kering dapat digunakan untuk menghitung ratio tajuk dan akar bibit dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\textbf{Nisbah Tajuk dan Akar} = \frac{\textbf{Bobot Kering Tajuk}}{\textbf{Bobot Kering Akar}}$$

9. Bobot Kering Total (BKT) (gram)

Pengukuran bobot kering bibit dilakukan di akhir pengamatan. Bobot kering dihitung untuk mengetahui biomassa tanaman. BKT diperoleh dengan cara menjumlahkan bobot kering tajuk dan akar. Rumus perhitungan BKT adalah.

Bobot Kering Total = Bobot Kering Tajuk + Bobot Kering Akar

10. Persen Kolonisasi (%K)

Persen kolonisasi dihitung pada akhir penelitian. Pengamatan kolonisasi FMA pada jaringan akar dilakukan dengan cara pewarnaan akar (*staining*). Sampel akar dicuci bersih lalu dimasukkan ke dalam botol *film*. Kemudian ditambahkan KOH 10% dan dikukus menggunakan *waterbath* bersuhu 70^{o}C selama 20 menit.

Setelah itu larutan KOH 10% dibuang lalu diganti dengan larutan H_2O_2 3,5% dan dikukus selama 8 menit. Lalu akar dicuci bersih dengan air mengalir sampai akar berwarna putih bersih. Setelah dicuci akar diberi larutan HCl 2% dan dikukus selama 3 menit. Larutan HCl 2 % dibuang dan diganti dengan larutan *trypan blue* lalu dikukus selama 3 menit. Akar yang telah direndam dengan larutan *trypan blue* lalu dipotong – potong sepanjang ± 1 cm dan diletakkan diatas gelas objek. Setiap 5 potong akar ditetesi dengan *glyserol* dan ditutup dengan *cover glass* lalu diamati menggunakan mikroskop majemuk dengan perbesaran 100 kali. Akar yang terinfeksi akan nampak struktur pembentuk mikoriza (hifa, vesikel dan arbuskular) pada jaringan akar. Persentase kolonisasi FMA dihitung menggunakan rumus berikut (Nusantara dkk., 2012).

$$\textbf{\% Kolonisasi Akar} = \frac{\Sigma \textbf{Potongan Akar Terkolonisasi}}{\Sigma \textbf{Akar yang Diamati}} \textbf{ x 100\%}$$

F. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan untuk mengolah data adalah.

1. Uji Homogenitas Ragam (Uji Bartlett)

Pengujian satuan percobaan yang digunakan untuk mengetahui varians percoban seragam. Hasil uji Bartlett disajikan dalam Tabel 2. Lalu dilanjutkan dengan perhitungan menggunakan rumus berikut.

$$\mathbf{S^2} = \frac{\Sigma(\mathbf{ni-1})\mathbf{si2}}{\Sigma(\mathbf{n-1})}$$

$$\mathbf{B = (\log S^2)\ \Sigma(n_i - 1)}$$

$$\mathbf{X^2 = (\ln 10)\ \{B - \Sigma(n - 1)\ \log S^2}$$

Keterangan : S^2 : Ragam variasi
B : Nilai chi square hitung
n : Jumlah sampel

Tabel 2. Uji Bartlett pertumbuhan bibit gaharu

Sampel ke-	Db	1/db	s_i^2	log s_i^2	db log (s_i^2)
1	n_1-1	1/(n_1-1)	s_1^2	log s_1^2	(n_1-1) log s_1^2
2	n_2-1	1/(n_2-1)	s_2^2	log s_2^2	(n_2-1) log s_2^2
K	n_k-1	1/(n_k-1)	s_k^2	log s_k^2	(n_k-1) log s_k^2

Keterangan :
db : derajat bebas
s_i^2 : varians data untuk setiap kelompok ke-i
Jika $X^2_{hitung} > X^2_{tabel,}$ maka data yang diperoleh tidak homogen, sehingga perlu dilakukan transformasi data menggunakan $\sqrt{Y+1}$. Sedangkan jika $X^2_{hitung} < X^2_{tabel,}$ maka ragam homogenitas dapat dilanjutkan dengan analisis ragam (Anova).

2. Analisis Ragam (Anova)

Analisis data yang dilakukan yaitu dengan analisis ragam atau Uji-F pada taraf ketelitian (selang kepercayaan) sebesar 95%. Anova dilakukan untuk menguji hipotesis tentang faktor perlakuan terhadap keragaman data hasil percobaan atau untuk menyelidiki ada tidaknya pengaruh perlakuan terhadap keragaman data hasil penelitian. Anova dari penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Analisis ragam pertumbuhan bibit gaharu (*A. malacensis*)

SK	Db	JK	KT	F_{hit}	F_{tabel} 0.05
Perlakuan	p-1	JKP	JKP/dbP		
Galat	(up-1)-(p-1)	JKG	JKG/dbG	$\frac{KTP}{KTG}$	
Total	up-1	JKT			

Keterangan :
SK : Sumber Keragaman
db : derajat bebas ; P : Perlakuan ; G : Galat
JK : Jumlah Kuadrat ; P : Perlakuan ; G : Galat ; T : Total
KT : Kuadrat Tengah
p : jumlah perlakuan yang digunakan dalam penelitian
u : jumlah ulangan yang digunakan dalam penelitian

Jika Fhitung > Ftabel, maka terdapat pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan, dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5 %. Namun jika Fhitung < Ftabel maka tidak ada pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan, sehingga tidak perlu dilakukan pemisahan nilai tengah.

3. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Pemisahan nilai tengah perlakuan menggunakan uji BNT. Uji ini digunakan untuk mengetahui jenis FMA yang paling baik untuk pertumbuhan bibit gaharu. Semua perhitungan dilakukan pada taraf nyata 5% (Hanafiah, 2011). Rumus yang digunakan adalah :

BNT : $t_{\alpha}\sqrt{S_d}$

Sd : $\sqrt{\frac{2\ KNT}{r}}$

Keterangan :
t_{α} : Nilai baku student pada taraf α
Sd : Standar deviasi
KNT : Kuadrat Nilai Tengah
r : Replikasi

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Simpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini adalah.

1. FMA tunggal *Glomus* sp., *Gi. margarita* dan campuran keduanya yang diinokulasi ke bibit gaharu (*A. malaccensis)* terbukti mampu meningkatkan pertumbuhannya.
2. Inokulan FMA yang paling baik untuk pertumbuhan bibit gaharu adalah campuran *Glomus* sp. dan *Gi. margarita*.

B. Saran

Pemberian FMA *Glomus* sp. dan *Gi*. *margarita* pada tanaman gaharu terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan bibit gaharu, namun persen kolonisasi bibit dengan FMA masih rendah. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya disarankan agar waktu penelitian yang digunakan lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Anggreiny, Y., Nazip, K. dan Santri, D. J. 2017. Identifikasi fungi mikoriza arbuskula (fma) pada rhizosfir tanaman di kawasan revegetasi lahan penambangan timah di kecamatan merawang kabupaten Bangka dan sumbanganya pada pembelajaran biologi sma. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*. 391 – 403.

Annisah, L. 2014. *Kajian Pustaka Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Tanaman Kehutanan Jenis Non Dipterocarpaceae.* Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 53 *p.*

Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R. dan Bianciotto, V. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers : let's benefit from past successes. *Frontiers in Microbiology*. 6: 1 – 13.

Bucking, H., Liepold, E. dan Ambilwade, P. 2012. The role of the mychorrizal symbiosis in nutrient uptake of plants and the regulatory mechanisms underlying these transport processes. *Plant Science.* 107 – 137.

Budi, S. W., Saputri, T. E. dan Turjaman, M. 2014. Pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula (fma) dan arang tempurung kelapa untuk meningkatkan pertumbuhan semai gmelina arborea roxb. dan ochroma bicolor rowlee. di persemaian. *J. Silvikultur Tropika*. 1 (5): 24 – 32.

Cahyani, V. R. 2009. Pengaruh beberapa metode sterilisasi tanah terhadap status hara, populasi mikrobiota, potensi infeksi mikorisa dan pertumbuhan tanaman. *J. Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi.* 6 (1): 43 – 52.

Chhipa, H., Chowdhary, K. dan Kaushik, N. 2017. Artificial production of agarwood oil in aquilaria sp. by fungi : a review. *Phytochem Rev*. 16: 835 – 860.

Chung, J. dan Chen, K. 2018. Developing an in vitro quasi-symbiotic culture system of aquilaria malaccensis with potentially beneficial microbes on agarwood resinous formation. *Plant Cell, Tissue dan Organ Culture (PCTOC)*. 133: 193 – 202.

CITES. 2017. Appendix II of convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora. *http://www.cites.org/eng/app/appendices. php*. Diakses pada Jumat, 13 April 2018.

Delvian. 2008. Efektivitas mikoriza arbuskula dan naungan pada pertumbuhan bibit jati (tectona grandis). *Agrista.* 12(2): 86 – 89.

Dewi, I. F. 2013. Pertumbuhan diameter dan tinggi bibit gaharu (aquilaria malaccensis lamk.) 15 bulan setelah ditanam di arboretum poltanesa. *Karya Ilmiah*. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Samarinda. 42 *p.*

Faizal, A., Esyanti, R. R., Aulianisa, E. N., Iriawati., Santoso, E. dan Turjaman, M. 2017. Formation of agarwood from aquilaria malaccensis in response to inoculation of local strains of fusarium solani. *Trees*. 31: 189 – 197.

Fitriana, N., Muin, A. dan Fahrizal. 2017. Pertumbuhan tanaman gaharu (aquilaria spp) yang diinokulasi fungi mikoriza arbuskula (fma) di bawah tiga kondisi naungan. *J. Hutan Lestari.* 5 (2): 514 – 520.

Ginting, I. F., Yusnaini, S., Dermiyati dan Rini, M. V. 2018. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskular dan penambahan bahan organik pada tanah pasca penambangan galian c terhadap pertumbuhan dan serapan hara P tanaman jagung (zea mays l.). *J. Agrotek Tropika.* 6(2): 110 – 118.

Hairu, J., Jie, L., Jing, L. dan Xiaowei, H. 2012. Forms of nitrogen uptake, translocation dantransfer via arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Science China Life Science*. 55 (6): 474 – 482.

Hanafiah, K. A. 2011. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Buku. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 259 *p.*

Hodge, A. dan Storer, K. 2015. Arbuscular mycorrhiza and nitrogen: implications for individual plants through to ecosystems. *Plant Soil*. 386: 1 – 19.

Huda, N., Muin, A. dan Fahrizal. 2015. Asosiasi fungi mikoriza arbuskula (fma) pada tanaman gaharu aquilaria spp di desa laman satong kabupaten ketapang. *J. Hutan Lestari*. 4 (1): 72 – 81.

Indriyanto. 2013. *Teknik dan Manajemen Persemaian*. Buku. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 270 *p*.

Irianto, R. S. B. 2015. Efektifitas fungi mikoriza arbuskula dan plant growth promoting bacteria terhadap pertumbuhan aquillaria crassna. *J. Pemuliaan Tanaman Hutan.* 9 (3): 149 – 158.

Jayaraman, S., Daud, N. H., Halis, R. dan Mohamed, R. 2014. Effects of plant growth regulators, carbon sources and ph values on callus induction in

Aquilaria malaccensis leaf explants dancharacteristics of the resultant calli. *Journal of Forestry Research.* 25 (3): 535 – 540.

Kosmiatin, M., Husni, A. dan Mariska, I. 2005. Perkecambahan dan perbanyakan gaharu secara in vitro. *J. Agri Biogen*. 1 (2): 62 – 67.

Liu, W. K. dan Yang, Q. C. 2008. Integration of mycorrhization and photoautotrophic micropropagation in vitro: feasibility analysis for mass production of mycorrhizal transplants and inoculants of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Cell Tiss Organ Cult*. 95: 131 – 239.

Lizawati, Kartika, E., Alia, Y. dan Handayani, R. 2014. Pengaruh pemberian kombinasi isolat fungi mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman jarak pagar (jatropha curcas l.) yang ditanam pada tanah bekas tambang batu bara. *Biospecies.* 7(1): 14 – 21.

Mansur, I. 2013. *Teknik Silvikultur untuk Reklamasi Lahan Bekas Tambang.* Buku. SEAMEO BIOTROP. Bogor. 126 *p*.

Monggoot, S., Popluechai, S., Gentekaki, E. dan Pripdeevech, P. 2017. Fungal endophytes: an alternative source for production of volatile compounds from agarwood oil of aquilaria subintegra. *Microb Ecol*. 74: 54 – 61.

Munawir dan Soempoerno. 2016. Aplikasi dosis pupuk vermikompos pada bibit tanaman gaharu (aquilaria malaccensis lamk). *Jom Faperta*. 3 (2): 1 – 10.

Muryati, S., Mansur, I. dan Budi, S. W. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (fma) pada rhizosfer desmodium spp. asal pt. cibaliung sumberdaya, banten. *J. Silvikultur Tropika*. 7(3): 188 – 197.

Muzakkir, Husin, E. F., Agustina dan Syarif, A. 2010. Efektivitas berbagai fungi mikoriza arbuskular indigenus terhadap serapan hara p dan pertumbuhan tanaman jarak pagar (jatropha curcas l.). *J. Solum*. 2 (7): 137 – 143.

Nurbaiti,S., Muin, A. dan Fahrizal. 2016. Pertumbuhan tanaman gaharu aquilaria spp dengan pemberian mikoriza dan mulsa pada lahan terbuka di tanah ultisol. *J. Hutan Lestari.* 4 (4): 552 – 563.

Nusantara, A. D., Bertham, Y. H. dan Mansur, I. 2012. Bekerja dengan Fungi Mikoriza Arbuskula. Buku. IPB Press. Bogor. 85 *p.*

Palasta, R. dan Rini, M. V. Pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan aplikasi fungi mikoriza arbuskular dan beberapa dosis pupuk fosfat. *J. Agro Industri Perkebunan*. 5(2): 97 – 106.

Prasad, R., Gupta, N., Satti, U., Wang, S., Ahmed, A.I.S. dan Varma, A. 2017. Management of fungal pathogens by mycorrhiza. *Mycorrhiza*. 179 – 194.

Ramadhani, V.K., Kasmiyati, S. dan Hastuti, S. P. 2016. Aplikasi mikoriza glomus fasciculatum dan glomus mosae dengan tumbuhan sorghum bicolor dalam penyerapan cr v1. *Proceeding Biology Education Conference (ISSN: 2528-5742).* 13 (1): 637-642.

Redecker, D., Schubler, A., Stockinger, H., Stiirmer, S. L., Morton, J. B. dan Walker, C. 2013. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (glomeromycota). *Mycorrhiza*. 23: 515 – 531.

Rias, R. R. 2014. *Seleksi Lima Isolat Fungi Mikoriza Arbuskular untuk Pembibitan Kelapa Sawit (Elaeis guineensis* Jacq.) *Pada Dua Dosis Pupuk NPK.* Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 85 *p.*

Rini, M. V. dan Efriyani, U. 2016. Respons bibit kelapa sawit (elaeis guineensis jacq.) terhadap pemberian fungi mikoriza arbuskular dan cekaman air. *Menara Perkebunan*. 84(2): 106 – 114.

Rinti, D. K., Yusran. dan Irmasari. 2015. Respon pertumbuhan semai kemiri (aleurites moluccana willd.) terhadap inokulasi beberapa spesies fungi mikoriza arbuskular. *Warta Rimba*. 3 (2) : 49 – 56.

Rodiansyah, Muin, A. dan Iskandar. 2016. Pengaruh frekuensi pemberian dan dosis pupuk organic air terhadap pertumbuhan dan indeks mutu bibit gaharu (aquilaria malaccensis lamk) di persemaian. *J. Hutan Lesstari.* 4(2):185 – 192.

Santoso, E., Gunawan, A.W. dan Turjaman, M. 2007. Kolonisasi cendawan mikoriza arbuskula pada bibit tanaman penghasil gaharu aquilaria microcarpa baill. *J. Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 4(5): 499 – 509.

Sarina, Burhanuddin, dan Suryantini, R. 2016. Asosiasi fungi mikoriza (FMA) arbuskula pada tanaman penghasil gaharu (aquilaria malaccensis). *J. Hutan Lestari*. 4 (1): 91 – 99.

Scheublin, T. R., Sanders, I. R., Keel, C. dan Meer, J. R. V. D. 2010. Characterisation of microbial communities colonising the hyphal surfaces of arbuscular mycorrhizal fungi. *The ISME Journal*. 4: 752 – 763.

Setyaningrum, H. D. dan Saparinto, C. 2014. *Panduan Lengkap Gaharu*. Buku. Penebar Swadaya. Semarang. 172 *p.*

Siah, A, H., Namasivayam, P. dan Mohamed, R. 2016. Transcriptome reveals senescing callus tissue of aquilaria malaccensis, an endangered tropical tree, triggers similar response as wounding with respect to terpenoid biosynthesis. *Tree Genetics danGenomes*. 12 (32): 1 – 10.

Song, F., Li, J., Fan, X., Zhang, Q., Chang, W., Yang, F. dan Geng, G. 2016. Transcriptome analysis of glomus mosseae/medicago sativa mycorrhiza on atrazine stress. *Scientific Reports.* 6: 1 – 11.

Song, F., Qi, D., Liu, X., Kong, X., Gao, Y., Zhoi, Z. dan Wu, Q. 2015. Proteomic analysis of symbiotic proteins of glomus mosseae and amorpha fruticosa. *Scientific Reports*. 5: 1 – 10.

Suhartati. 2013. Budidaya tanaman gaharu (aquilaria malaccensis lamk.) di lahan kebun kelapa sawit dengan aplikasi teknik silvikultur. *Info Teknis EBONI*. 10 (1): 37 – 47.

Suryaningrum, R., Purwanto, E. dan Sumiyati. 2016. Analisis pertumbuhan beberapa varietas kedelai pada perbedaan intensitas cekaman kekeringan. *Agrosains*. 18(2): 33 – 37.

Suryanti, S., Indradewa, D. dan Widada, J. 2017. Inokulasi mikoriza dan distribusi asimilat pada tanaman kedelai. *Agroista Jurnal Agroteknologi.* 1(2): 147 – 154.

Susilo, A., Kalima, T. dan Santoso, E. 2014. *Panduan Lapangan Pengenalan Jenis Pohon Penghasil Gaharu Aquilaria spp. di Indonesia*. Buku. IPB Press. Bogor. 50 *p.*

Tabin, T., Arunachalam, A., Shirivastava, K. dan Arunachalam, K., 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on damping-off disease in aquilaria agallocha roxb. seedling. *Tropical Ecology*. 50(2): 243 – 248.

Turjaman, M., Santoso, E. dan Sumarna, Y. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi increased early growth of gaharu wood of aquilaria malaccensis and a. Crasna under greenhouse conditions. *Journal of Forestry Research.* 3 (2): 139 – 148.

Ulfa, M., Waluyo, E. A. dan Martin, E. 2009. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula glomus clorum, glomus etunicatum dan gigaspora sp. terhadap pertumbuhan semai mahoni dan seru. *J. Penelitian Hutan Tanaman*. 6 (5): 273 – 280.

Widyaningrum, N., Rakhmawati, A. dan Aminatun, T. 2016. Eksplorasi mikoriza vesikular arbuskular (mva) pada rizosfer gulma siam (chromolaena odorata) (l.) r.m. king and h. robinson. *J. Biologi.* 5(8): 28 – 38.

Williams, A. J. W. dan Cavagnaro, T. R. 2015. Using mycorrhiza-defective mutant genotypes of non-legume plant species to study the formation and functioning of arbuscular mycorrhiza: a review. *Mycorrhiza.* 25: 587 – 597.

Wuysang, J. L., Gafur, S. dan Yurisinthae, E. 2015. Analisis finansial usahatani gaharu (aquilaria malaccensis lamk.) di kabupaten sanggau. *J. Social Economic of Agriculture.* 4 (2): 70 – 82.

Yana, S. 2012. Budidaya jenis pohon penghasil gaharu. Penelitian Kelompok Peneliti. Pusat Penelitian dan Pengembangan Produktivitas Hutan. Bogor. 20 *p*.

Yelianti, U., Kasim, M. dan Husin, E. F. 2009. Biodiversity of arbuscular mychorrizal fungi (amf) in potatos rhizospheree and it potential as biofertilizer. *Sainstek*. 7(1): 59 – 64.

Yuniarti, N., Syamsuwida, D., Suita, E., Rohani, E. dan Rahmat, A. 2009. Pemilihan teknik pengemasan yang tepat untuk mempertahankan viabilitas benih gaharu (aquilaria malaccensis lamk.). *J. Tekno Hutan Tanaman.* 2 (2): 53 - 58.