

**EFEKTIVITAS INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR (FMA)
PADA PERTUMBUHAN KAYU PUTIH (*Melaleuca cajuputi*)**

SKRIPSI

Oleh
Rahima Anggraini
1658010035



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN RADEN FATAHPALEMBANG
2021**

**EFEKTIVITAS INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR (FMA)
PADA PERTUMBUHAN KAYU PUTIH (*Melaleuca cajuputi*)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Biologi

Oleh:

RAHIMA ANGGRAINI

1658010035



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) RADEN FATAH
PALEMBANG
2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN
TIM PENGUJI SKRIPSI**

Judul Skripsi : Efektivitas Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)
Pada Pertumbuhan Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*)
Nama : Rahima Anggraini
NIM : 1658010035
Program : S1 BIOLOGI

Telah disetujui Oleh Tim Penguji Sidang Skripsi

1. Ketua : Riri Novita Sunarti, M.Si
NIDN. 0219117701

[]

2. Sekretaris : Maliyana Ulfa, S.P., M.Sc
NIP. 197710072001122001

[]

3. Penguji I : Syarifah, M.Kes
NIP. 197504292009122001

[]

4. Penguji II : Ike Apriani, M.Si
NIDN. 2002048501

[]

Diuji di Palembang pada tanggal

Waktu : Jumat, 11 Juni 2021 pukul 11. 30 WIB
Hasil/IPK : 3.46
Predikat : Sangat Memuaskan

Dekan,

**Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Raden Fatah**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**EFTIVITAS INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR (FMA)
PADA PERTUMBUHAN KAYU PUTIH (*Melaleucacajuputi*)**

Oleh:

RAHIMA ANGGRAINI

1658010035

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji

Pada Tanggal 11 Juni 2021

Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains dalam bidang Biologi

Pembimbing I



Riri Novita Sunarti, M. Si

NIDN. 0219117701

Pembimbing II



Malivana Ulfa, S.P., M. Sc

NIP. 197710072001122001

Mengetahui

Ketua Program Studi Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Raden Fatah



Muhammad Lufika Tondi, M.Sc

NIP. 198410202014031001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahima Anggraini
NIM : 1658010035
Jurusan : Biologi
Penulis Skripsi berjudul : Efektivitas Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Pada Pertumbuhan Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*).

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termasuk di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan dapat dipertanggungjawabkan.

Palembang, 11 Juni 2021

Yang menyatakan



Rahima Anggraini

NIM. 1658010035

MOTTO

**“Segala hal yang merisaukanmu, sebenarnya adalah hal yang
kamu ciptakan sendiri”.**

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- ✚ Ayah dan Umi tercinta.
- ✚ Kakak Perempuan tercinta dan Kakak Ipar terbaikku
- ✚ Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan dan membimbing dalam penyusunan skripsi ini.
- ✚ Sahabat dalam suka dan duka, team wara-wiri sepertanahanku dan kawan-kawan seperjuangan Biologi 2016.
- ✚ Diri sendiri yang mampu menghadapi semua masalah baik suka dan duka dan mampu bertahan sampai sejauh ini.

ABSTRAK

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) adalah salah satu jamur mikoriza yang mampu berasosiasi simbiosis mutualistik dengan tanaman yang terjadi pada sistem perakaran. Kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) merupakan tanaman multifungsi yang mampu menjadi sumber obat dan juga merupakan tumbuhan pionir yang dapat tumbuh di lahan kritis, sehingga penting untuk dibekali dengan FMA agar memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas aplikasi FMA terhadap pertumbuhan kayu putih (*Melaleuca cajuputi*). Parameter pertumbuhan terdiri dari variabel pertambahan tinggi (cm), diameter (mm), dan persen hidup semai (%). Selain itu, juga diukur kualitas semai yaitu rasio pucuk-akar dan indeks kualitas semai. Infeksi FMA diukur berdasarkan perhitungan persentase terinfeksi FMA pada akar (%). Sterilisasi menggunakan autoklaf dan drum juga merupakan perlakuan untuk mengetahui bagaimana sterilisasi mendukung infeksi FMA. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan pola 2 x 2 x 5, terdiri dari 2 perlakuan FMA (diinokulasi dan tidak diinokulasi), 2 metode sterilisasi (autoklaf dan drum), dan 5 ulangan, dengan 20 individu semai. Setelah 3 bulan pengamatan di persemaian, inokulasi FMA secara signifikan meningkatkan tinggi, diameter, persentase kelangsungan hidup, dan semua parameter kualitas semai kayu putih. Media yang disterilisasi menggunakan drum juga signifikan lebih baik dalam mendukung pertumbuhan semai kayu putih, jika dibandingkan dengan semai kayu putih pada media yang disterilisasi menggunakan autoklaf, meskipun persentase infeksi FMA pada akar lebih rendah. Oleh karena itu, inokulasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan semai kayu putih dan sterilisasi drum dapat digunakan sebagai metode sterilisasi alternatif yang efektif di persemaian.

Kata kunci :fungi mikoriza arbuskular (FMA), pertumbuhan,*Melaleuca cajuputi*.

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is one of mycorrhizal fungi that able to associate mutualistic symbiosis with plants that occur in the root system. Eucalyptus (Melaleuca cajuputi) is a multifunctional plant that is capable of being a source of herbal medicine and is also a pioneer plant that can grow in critical land, so it is important to be equipped with AMF in order to have a high survival rate. This study has aimed to determine the effectiveness of AMF applications on the growth of eucalyptus (Melaleuca cajuputi). Growth parameters consisted of the variable height gain (cm), diameter (mm), and survival rate percentage (%). In addition, the quality of seedlings was also measured, namely the shoot-root ratio and the quality index of the seedlings. AMF infection was measured based on the calculation of the percentage of AMF infected roots (%). The sterilization using an autoclave and drum is also a treatment to determine how sterilization supports AMF infection. The method used in this study was a factorial randomized block design (RBD) with a 2 x 2 x 5 pattern, consisting of 2 AMF treatments (inoculated and not inoculated), 2 sterilization methods (autoclave and drum), and 5 replications, with 20 individuals seedlings. After 3 months of observation in the nursery, AMF inoculation significantly increased the height, diameter, survival rate percentage, and all the seedling quality parameters of eucalyptus seedlings. Media sterilized using drum was also significantly better at supporting the growth of eucalyptus seedlings, when compared to eucalyptus seedlings in media sterilized using autoclave, although the percentage of AMF infection at the roots was lower. Therefore, AMF inoculation can increase the growth of eucalyptus seedlings and drum sterilization can be used as an effective alternative method of sterilization in nurseries.

Keywords : *Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), growth, Melaleuca cajuputi.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Efektivitas Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Pertumbuhan Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*)”** dengan sangat baik. Shalawat seiring salam tak luput pula penulis sampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman nanti.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan doa, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Semua yang telah diberikan sangat membantu penulis dan menjadi kebahagiaan tersendiri bagi penulis. Dalam hal ini tidak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penyusunan skripsi ini kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Nyayu Khodijah, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Raden Fatah Palembang.
2. Bapak Dr. Munir, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Raden Fatah Palembang.
3. Bapak Muhammad Lufika Tondi, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Raden Fatah Palembang.
4. Ibu Riri Novita Sunarti M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu tulus dan ikhlas dalam membimbing penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Maliyana Ulfa, S.P., M.Sc. selaku Pembimbing II yang selalu tulus dan ikhlas dalam membimbing penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Syarifah, M.Kes. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini
7. Ibu Ike Apriani, M. Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Bapak Imam Muslimin, S.Hut., M.Sc. selaku Anggota Silvikultur BP2LHK (Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan), yang telah membantu dan memberikan arahan dalam melakukan penelitian.
9. Bapak/Ibu dosen Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi yang telah mengajar dan memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan di UIN Raden Fatah Palembang.
10. Orang tua dan saudara perempuan serta kakak ipar yang selalu memberikan bantuan moril dan materil. Serta doa, motivasi dan perhatian yang tiada hentinya diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
11. Keluarga Besar Bapak Ridar Yadi yang telah memberikan tempat berteduh dan bersandar selama masa perkuliahan di kota Palembang.
12. Sahabat-sahabatku Dwi Eki Rianti, Ismiyati, Riri Desti Ayuna, Desi Ratna Sari dan Nurul Afiatun Oktaviani sahabat seperjuangan dalam suka dan duka yang selalu ada sampai saat ini.
13. Terima kasih kepada Ibu Siti Maisaroh, Bapak Sholeh, Riska Agustin dan Gina Andini yang telah membantu dalam penelitian.
14. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini mulai dari persiapan sampai terselesainya skripsi ini.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik. Demikianlah skripsi ini penulis buat semoga dapat memberikan banyak manfaat bagi para pembaca.

Palembang, 11 Juni 2021

Penulis

Rahima Anggraini

NIM.1658010035

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
MOTTO	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	7
1.3. Batasan Masalah	7
1.4. Tujuan Penelitian	8
1.5. Manfaat Penelitian	9
1.6. Hipotesis Penelitian	9

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Klasifikasi Tanaman Kayu Putih (<i>Melaleuca cajuputi</i>).....	10
1.2. Morfologi Kayu Putih (<i>Melaleuca cajuputi</i>)	11
1.3. Manfaat Tanaman Kayu Putih (<i>Melaleuca cajuputi</i>).....	12
1.4. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	13

1.5. Identifikasi FMA.....	16
1.6. Faktor Pendukung Kolonisasi.....	17
1.7. Status Aplikasi FMA.....	20
1.8. Penelitian Relevan	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat	27
3.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	27
3.3. Tahapan Penelitian.....	28
a. Pembuatan Media Kecambah.....	28
b. Uji Efektivitas Inokulasi FMA Pada Kayu Putih di Persemaian	28
c. Analisis Infeksi FMA Pada Akar	30
d. Analisis Biomassa Tanaman Kayu Putih	31
e. Variabel di Ukur.....	32
f. Rencana Tata Waktu Pengukuran.....	33
g. Analisis Data.....	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pertambahan Tinggi dan Diameter Semai Kayu Putih	35
4.2. Persentase Hidup Semai Kayu Putih	39
4.3. Kualitas Pertumbuhan dan Indeks Mutu Bibit Semai Kayu Putih.....	42
4.4. Infeksi Akar Semai Kayu Putih	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53

DAFTAR PUSTAKA	54
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	63
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

1. <i>Melaleuca cajuputi</i> (Kayu Putih)	11
2. Struktur Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	14
3. Pengacakan perlakuan pada inokulasi FMA yang diaplikasikan pada tanaman kayu putih.....	33
4. Persentase pertambahan tinggi semai kayu putih.....	36
5. Persentase pertambahan diameter semai kayu putih.....	38
6. Grafik persentase hidup (%) pertumbuhan semai kayu putih	40
7. Infeksi FMA pada akar semai kayu putih Pada Perlakuan MyTa.....	47
8. Akar yang tidak terinfeksi FMA pada perlakuan M0Ta	48

DAFTAR TABEL

1. Penelitian Relevan.....	22
2. Kombinasi perlakuan aplikasi FMA pada kayu putih.....	30
3. Pengukuran tinggi, diameter, biomassa, persentase infeksi dan persen hidup bibit hidup.....	33
4. Sidik ragam respon pertumbuhan tinggi, diameter dan persen hidup semai kayu putih yang diinokulasi FMA dengan sterilisasi media yang berbeda.....	35
5. Kualitas pertumbuhan semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian	43
6. Rasio pucuk akar semai (RPA) dan Kekokohan semai (KS).....	44

DAFTAR LAMPIRAN

1. Proses penyiapan biji kayu putih yang akan di semai	63
2. Proses penyemaian bibit kayu putih.....	64
3. Proses inokulasi FMA pada bibit kayu putih	65
4. Semai kayu putih umur 1 bulan	67
5. Semai kayu putih umur 2 bulan	68
6. Semai kayu putih umur 3 bulan	69
7. Pengukuran tinggi dan diameter	71
8. Proses pewarnaan akar kayu putih	72
9. Proses penyetaraan biomassa	73
10. Data analisis anova.....	75
11. Data pengukuran tinggi, diameter, persen hidup dan biomassa.....	82

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara yang memiliki biodiversitas di dunia yang sangat beragam. Keanekaragaman flora dan fauna di dalam hutan sangat besar jumlah dan macam serta manfaatnya, yang dapat membantu keberlangsungan hidup. Selain flora dan fauna, Indonesia juga mempunyai keanekaragaman mikroba tanah, yang salah satunya adalah jamur. Jamur dapat menimbulkan kerugian dan manfaat dalam kehidupan, diantaranya sebagai dekomposer bahan organik, simbiosis bagi tanaman, menjadi sumber makanan alternatif, sebagai bahan obat-obatan, dan bahkan sebagai penyebab penyakit (Agustini dkk., 2010). Peran jamur sebagai simbiosis bagi tanaman dijumpai dalam mekanisme asosiasi mikoriza. Bentuk asosiasi tersebut merupakan asosiasi antara jamur pembentuk mikoriza yang berasosiasi pada akar tanaman, yang di dalamnya terjadi proses pertukaran energi yaitu tanaman mendapat transfer hara dan air serta perlindungan akar dari patogen tanah. Adapun jamur mikoriza mendapatkan karbon dari tanaman dalam asosiasi tersebut (Doudi dkk., 2018; Megawati dkk., 2018; Yusriadi, 2018).

Menurut Yeh dkk., (2019), peranan mikoriza adalah penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peran tersebut adalah ketika jamur memasok nutrisi mineral tanah, seperti nitrogen dan fosfor, ke tanaman inangnya

dengan imbalan sumber daya karbon. Tanaman mendapatkan sebanyak 80% dari kebutuhan nutrisi mineral dari jamur mikoriza, yang membentuk asosiasi dengan akar lebih dari 90% dari semua spesies tanaman (Bofante dan Genre, 2010). Menurut Doudi dkk.(2018), mikoriza yang terbentuk pada tumbuhan dapat dibedakan berdasarkan struktur tumbuh dan cara infeksi pada sistem perakaran inang yang dikelompokkan ke dalam tiga golongan besar antara lain yaitu ektomikoriza (ECM), endomikoriza (VMA dan FMA) dan ektendomikoriza. Endomikoriza adalah jamur mikoriza yang bagian pentingnya berada di dalam jaringan akar. Singh dan Jamaludin (2011) melaporkan bahwa asosiasi mikoriza dapat terbentuk oleh lebih dari 6.000 spesies jamur pada kurang lebih 240.000 spesies tanaman.

Pemanfaatan bioteknologi mikoriza merupakan salah satu alternatif teknologi dalam rangka meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman di lahan-lahan terdegradasi. Bentuk bioteknologi yang diaplikasikan adalah dalam bentuk inokulan FMA yang dihasilkan dari perbanyakan menggunakan tanaman inang. Inokulan FMA dapat berupa spora, akar yang terinfeksi FMA dan potongan hifa (Doudi dkk., 2018). Menurut Nusantara dkk.(2012), menyebutkan bahwa fungi mikoriza arbuskular (FMA) dapat diaplikasikan pada tanaman melalui proses inokulasi karena mempunyai 4 peran fungsional. Keempat peran fungsional tersebut adalah (1) sebagai bioprosesor terkait penyerapan hara; (2) bioprotektor karena mampu melindungi tanaman dari cekaman biotik dan abiotik; (3) bioaktivator, yang membantu meningkatkan simpanan karbon di

rhizosfer sehingga proses biogeokimia tetap berjalan; dan (4) Bioagregator karena mampu meningkatkan agregasi tanah.

Melaleuca cajuputi merupakan salah satu jenis tanaman yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat terutama sebagai obat herbal yang dapat bermanfaat untuk mengatasi pusing, mual, obat gatal dan juga sebagai penghangat badan. Bagian kayu putih yang paling berpotensi menghasilkan minyak kayu putih adalah daun. Daun kayu putih yang akan dijadikan bahan baku obat alami yang sudah di panen (diunduh), kemudian disuling untuk mendapatkan minyak kayu putih. Tanaman tersebut memiliki sistem percabangan yang tiap cabangnya memiliki banyak daun. Helai daun dari kayu putih berwarna hijau muda pada daun dari pohon yang berumur muda, dan hijau tua pada daun asal pohon yang berumur tua karena lebih banyak mengandung zat warna hijau. Daun memiliki tulang daun dalam jumlah yang bervariasi antara 3-5 buah, tepi daun rata dan permukaan daun dilapisi oleh bulu-bulu halus, terutama pada daun muda. Daun kayu putih mengandung cairan yang disebut minyak atsiri. Daun kayu putih jika diremas, cairan ini akan mengeluarkan bau (aroma) yang khas. Cairan inilah yang nantinya diproses untuk menjadi minyak kayu putih, yang di dalamnya terkandung dasineol, terpineol, pinena dan air (Widiyanto dan Siarudin, 2013).

Apituley dkk.(2014) menyatakan bahwa kayu putih merupakan salah satu bahan baku yang dapat digunakan dalam produksi asap cair. Asap cair merupakan salah satu cara teknologi alternatif dalam perbaikan pengolahan ikan asap. Bagian yang digunakan berupa batang atau daun ranting kayu putih. Pada

umumnya kayu putih lebih banyak dimanfaatkan bagian daunnya untuk dijadikan minyak yang disebut minyak atsiri, namun manfaat lain dari kayu putih yaitu sebagai antiseptik dan bakteri, insektisida, *decongestant* dan *expectorant*, bahan kosmetik dan analgesik.

Dengan adanya upaya rehabilitasi lahan, kayu putih termasuk tanaman pioner yang mampu tumbuh di lahan bekas tambang (Sari dan indrawati, 2019). Kondisi lahan pasca tambang yang heterogen, baik dalam hal karakter fisik, kimia dan biologi tanah, menjadi tanaman penting untuk dibekali jasad mikroba yang berperan sebagai agen hayati pencari hara untuk mendukung ketahanan tanaman yang hidup di lahan yang prospek untuk dijadikan tanaman revegetasi yang juga dibekali dengan jasad mikroba, yang dalam hal ini FMA.

Ada banyak tumbuhan yang memiliki berbagai macam manfaat, tidak hanya dijadikan sebagai bahan pangan namun dari segi yang lain seperti bahan industri, ekonomi dan dibidang kesehatan. Tumbuhan yang hidup di muka bumi ini juga membutuhkan energi seperti nutrisi, cahaya, dan air. Air hujan yang turun dari langit merupakan salah satu sumber energi untuk tumbuhan dan juga tanah. Selain itu mikroorganisme yang ada di dalam tanah seperti mikroba tanah yang salah satunya adalah jamur akan mampu bertahan hidup karena adanya kandungan air yang berada di dalam tanah. Sebagaimana dijelaskan dalam firman Allah SWT, dalam surat Al An'aam yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ
 فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِن
 طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ
 مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي
 ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

Artinya: Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami
 tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami
 keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan
 dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak dan dari mayang kurma
 mengurai tangkai-tangkai yang menjulai dan kebun-kebun anggur, dan (Kami
 keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa.
 Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah, dan (perhatikan pulalah) ke-
 matangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan
 Allah) bagi orang-orang yang beriman (QS: An'Aam ayat 99).

Menurut Tafsir Ibnu Katsir (2015), ayat tersebut menyatakan bahwa “*dan
 Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air
 itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka kami keluarkan dari tumbuh-
 tumbuhan itu tanaman yang menghijau, kami keluarkan dari tanaman yang*

menghijau itu butir yang banyak dan dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah pula buahnya di waktu pohonnya berbuah, dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman,” maksudnya Allah mengeluarkannya dari bumi, kepastian dalam keadaan diberkati sebagai rejeki buat hamba-hamba Allah, untuk menyuburkan, dan sebagai pertolongan buat semua makhluk hidup dan rahmat dari Allah untuk mereka semua.

Ayat di atas dapat disimpulkan bahwa perhatikanlah kekuasaan Pencipta-Nya yang telah menciptakan dari tidak ada menjadi ada. Salah satu contohnya adalah turunnya air hujan dari langit yang bermanfaat untuk makhluk cipta-Nya di bumi. Air yang diturunkan dari sangat membantu tumbuhan untuk mampu bertahan hidup, menjadi salah satu sumber energi di dalam tanah yaitu sebagai unsur hara. Tanah yang mengandung banyak air sangat baik untuk pertumbuhan mikroba tanah yang salah satunya adalah jamur. Peran jamur di dalam tanah sebagai dekomposer bahan organik dan sebagai simbiosis bagi tanaman dijumpai dalam mekanisme asosiasi mikoriza.

Berdasarkan uraian pada paragraf-paragraf tersebut di atas, maka penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui efektivitas inokulasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada tanaman kayu putih. Penelitian mengenai ini penting karena sampai saat ini belum ditemukan hasil mengenai efek inokulasi FMA pada tanaman kayu putih di tingkat persemaian. Bentuk teknologi yang aplikatif

bagi pelaku pembibitan memerlukan teknik aplikasi yang sederhana. Untuk itu, selain melakukan uji efektivitas FMA melalui tahapan penelitian yang memerlukan kondisi steril, penelitian juga akan menguji efektivitas FMA pada media sapih yang disterilisasikan dengan menggunakan metode yang sederhana (sterilisasi panas kering).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Apakah perlakuan inokulasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kayu putih?
- b. Apakah perlakuan inokulasi FMA dapat meningkatkan kualitas pertumbuhan dan indeks mutu bibit tanaman kayu putih?
- c. Apakah ada perbedaan hasil inokulasi FMA kayu putih ketika diaplikasikan menggunakan media tanah yang disterilisasi basah dan sterilisasi panas kering?

1.3. Batasan Masalah

Jenis tanaman yang akan diteliti adalah kayu putih (*M. cajuputi*) yang akan diinokulasi dengan FMA campuran yang dinamai Mycofer® oleh Laboratorium Penelitian Antar Universitas (PAU) Fahutan, IPB Bogor. Data pertumbuhan kayu meliputi tinggi, diameter dan biomassa tanaman. Selain itu, tanaman kayu putih yang telah diinokulasi merupakan objek penelitian dalam

rangka mengetahui peningkatan pertumbuhan berdasarkan diameter dan biomassa tanaman. Asosiasi mikoriza yang terbentuk berupa sampel akar tanaman merupakan objek penelitian yang akan diamati menggunakan mikroskop untuk mengetahui persentase akar yang terinfeksi, keberadaan hifa, arbuskular pada jaringan akar tanaman, yang dilanjutkan dengan pemotretan sebagai data kualitatif pendukung hasil penelitian.

1.4. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian bertujuan untuk mengetahui efek inokulasi FMA terhadap pertumbuhan kayu putih (*M. cajuputi*). Untuk mencapai tujuan tersebut maka penelitian dilaksanakan untuk mencapai tujuan khusus, sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui efek inokulasi FMA terhadap parameter pertumbuhan yaitu tinggi dan diameter serta persen hidup (%) semai kayu putih.
- b. Untuk mengetahui kualitas pertumbuhan semai kayu putih berdasarkan variabel rasio pucuk akar, berat kering total (BKT) pucuk dan akar serta indeks kualitas mutu bibit.
- c. Untuk mengetahui perbedaan hasil inokulasi FMA pada tanaman kayu putih ketika diaplikasikan menggunakan media yang disterilisasi basah dan disterilisasi kering.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Secara teoritis manfaat penelitian ini yaitu:

- a. Memberikan informasi mengenai inokulasi FMA (Fungi Mikoriza Arbuskular) pada tanaman kayu putih (*M. cajuputi*).
- b. Dapat dijadikan sebagai referensi dalam penelitian yang akan mendatang.

1.5.2. Secara praktis penelitian ini yaitu:

Penelitian ini dapat dijadikan sumber informasi bagi pelaksana reklamasi lahan bekas tambang, terutama untuk mendukung pertumbuhan tanaman revegetasi di lapangan.

1.6. Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

H₀ :Inokulasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan pada Kayu Putih (*M. cajuputi*).

H_a: Inokulasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) berpengaruh terhadap pertumbuhan pada Kayu Putih (*M. cajuputi*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi Tanaman Kayu Putih(*Melaleuca cajuputi*)

Tanaman kayu putih merupakan tanaman asli Indonesia yang pemanfaatannya sangat diperlukan dalam industri minyak kayu putih. Semenjak tahun 1924, Pemanfaatan minyak kayu putih secara komersial di Indonesia telah lama dilakukan, khususnya dalam skala industri besar yang berawal dari rehabilitasi lahan marginal. Sebaran tanaman kayu putih di Indonesia tersebar luas di daerah khususnya di kawasan Indonesia Timur seperti Maluku dan Papua yang menjadi habitat asli dari beberapa jenis kayu putih baik dari genus *Melaleuca* (Junaini dkk.,2015).

Menurut Tjitrosoepomo (2002), Klasifikasi tanaman Kayu Putih sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi :Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Myrtales

Familia : Myrtaceae

Genus : *Melaleuca*

Spesies :*Melaleuca cajuputi*



Gambar 1. *Melaleuca cajuputi* (Kayu Putih)

Sumber : Dianjursa (2017)

2.2. Morfologi Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*)

Tanaman Kayu Putih dapat tumbuh di daerah yang mengandung air garam, angin bertiup kencang, kering dan sejuk. Oleh karenanya, tanaman kayu putih juga dapat ditanam di daerah pantai dan pegunungan. Menurut Dalimartha (2008), Bahwa tanaman kayu putih (*M. cajuputi*) memiliki ciri-ciri morfologi sebagai berikut:

- a. Batang berkayu, bulat, kulit mudah mengelupas, bercabang, berwarna kuning kecoklatan. Pohon kayu putih mempunyai tinggi berkisar antara 10-20 M, kulit batangnya berlapis-lapis, berwarna putih keabu-abuan dengan permukaan kulit yang terkelupas tidak beraturan.
- b. Daun tunggal, bentuk lanset, ujung dan pangkal runcing, pada bagian tepi rata, permukaan berbulu, pertulangan sejajar, berwarna hijau. Daunnya agak tebal seperti kulit, bertangkai pendek, letak berseling. Helaian daun berbentuk jorong atau lanset, dengan panjang 4,5-15 cm, lebar 0,74-4 cm, ujung dan pangkal

daun runcing, tepi rata dan tulang daun hampir sejajar. Permukaan daun berambut, warna hijau kelabu sampai hijau kecoklatan.

- c. Bunga majemuk, bentuk bulir, panjang 7-8 cm, mahkota 5 helai, berwarna putih, bunga berbentuk seperti lonceng, kepala putih berwarna putih kekuningan, keluar di ujung percabangan.
- d. Buah berbentuk kotak, beruang 3, tiap ruang terdapat banyak biji, panjang 2,5-3 mm, lebar 3-4 mm dan berwarna coklat muda sampai coklat tua.

2.3. Manfaat Tanaman Kayu Putih (*M. cajuputi*)

Kayu putih telah dikenal sebagai obat-obatan tradisional untuk menyembuhkan beberapa penyakit misalnya sakit tenggorokan, gatal-gatal, radang usus, gangguan pernafasan dan sakit kepala serta tanaman kayu putih memiliki aktivitas antibakteri. Terapi yang biasanya menggunakan obat kimia dapat meningkatkan angka resistensi bakteri yang akan terus meningkat. Menurut Hakim dkk.(2019), pemanfaatan kayu putih sebagai obat dapat diperoleh dari mulai bagian daun, kulit batang, ranting dan buah. Daun kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) diketahui mengandung senyawa antibakteri yang dikenal oleh masyarakat sebagai obat herbal. Obat herbal ini masih banyak digunakan masyarakat karena dapat dimanfaatkan untuk menyembuhkan penyakit. Pengolahan daun kayu putih sebagai obat dapat dilakukan dengan cara menghaluskan daun kayu putih lalu diletakkan pada bagian yang terasa sakit atau dapat juga dalam bentuk air rebusan daun kayu putih.

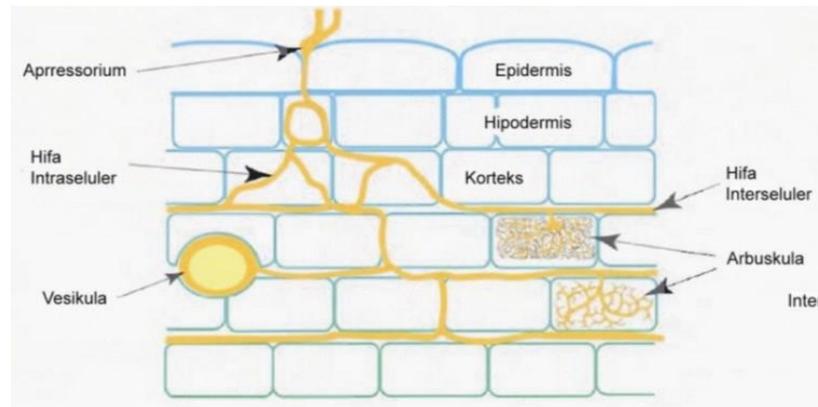
Senyawa aktif yang terkandung dalam daun kayu putih yang masih segar menunjukkan bahwa minyak atsiri mengandung 32 komponen, tujuh diantaranya merupakan komponen utama yaitu α -pinene (1,23%), sineol (26,28%), α -terpineol (9,77%), kariofilen (3,38%), α -kariofilen (2,76%), ledol (2,27%) dan El mol (3,14%). Adapun daun kayu putih kering mengandung 26 komponen, tujuh di antaranya merupakan komponen utama yaitu α -pinene (1,23%), sineol (32,15%), α -terpineol (8,87%), kariofilen (2,86%), α -kariofilen (2,31%), ledol (2,17%), dan El mol (3,11%) (Hakim dkk.,2019).

2.4. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Kata mikoriza berasal dari dua suku kata yaitu Miko "*Mykes*" yang berartidendawan dan katariza "*Rhyza*" yang berarti akar tanaman. Mikoriza merupakan bentuk suatu asosiasi simbiotik antara akar tumbuhan bertingkat tinggi dan miselium cendawan tertentu pada umumnya. Nama mikoriza pertama kali dikemukakan oleh ilmuwan Jerman Frank pada tanggal 17 April 1885 (Naulfa dkk.,2018).

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) adalah salah satu jenis mikoriza yang termasuk ke dalam kelompok endomikoriza (Masrikail dkk.,2019). Fungi Mikoriza Arbuskular juga merupakan salah satu jenis pupuk hayati yang di definisikan sebagai inokulan yang berbahan aktif organisme hidup yang memiliki fungsi untuk menambat zat hara tertentu atau memfasilitasikan ketersediaannya zat hara dalam tanah bagi tanaman (Purba dkk.,2014). Selain berfungsi sebagai inokulan aktif, fungi mikoriza arbuskular juga merupakan

mikro simbiosis yang mana selain dapat berfungsi dalam meningkatkan absorpsi hara, menstimulasi pertumbuhan, meningkatkan kualitas buah, juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap kekurangan air serta serangan patogen tanah (Muas dkk.,2019).



Gambar 2. Struktur Fungi Mikoriza Arbuskular

Sumber : Muas dkk (2019)

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dapat ditemukan pada daerah tanah, terutama daerah rhizosfer tanaman yang terdapat banyak jasad mikro yang berguna bagi tanaman. Salah satunya adalah fungi mikoriza arbuskular. Mikoriza dikenal sebagai jamur tanah karena habitatnya berbeda yaitu di area perakaran (rhizosfer). Tanah sebagai tempat tumbuh tanaman perlu di jaga kelestariannya karena dengan begitu keberadaan mikoriza tetap terjaga. Mikoriza bukan hanya mampu hidup pada tanah berdrainase yang baik, tetapi mikoriza juga terdapat pada lahan tergenang, lahan masam dan bahkan pada lingkungan yang sangat miskin kandungan hara atau lingkungan yang sudah sangat tercemar limbah berbahaya, mikoriza masih mampu memperlihatkan interaksinya (Mandjarara

dkk.,2019). Mikoriza memiliki karakteristik yang berbeda dan selalu berkolerasi erat dengan keadaan lingkungan lahan. Keanekaragaman dan penyebaran mikoriza sangat bervariasi, hal ini terjadi sebab kondisi lingkungan yang bervariasi. Faktor lingkungan yang mempengaruhi antara struktur tanah, unsur hara P, N, dalam tanah, kandungan C organik, air, pH dan suhu tanah (Liana dkk., 2018). Mikoriza juga berperan sebagai dekomposer dalam rantai makanan di daerah rhizosfer (Syamsiyah dan Yuliani, 2019).

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) juga merupakan kelompok fungi yang berasal dari filum *Glomeromycota* yang bersimbiosis mutualisme dengan sistem perakaran tanaman tingkat tinggi. Prinsip kerja dari mikoriza adalah dapat menginfeksi sistem perakaran tanaman inangnya, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang berkolonisasi mikoriza dapat mampu mengoptimalkan kapasitas dalam rangka penyerapan zat hara (Pereira dkk., 2018). Bentuk simbiosis yang terjadi yaitu terjadinya pertukaran antara karbohidrat dan hara, yaitu ketika jamur mikoriza memperoleh karbohidrat dari tanaman inang, begitupun sebaliknya mikoriza memberikan kepada tanaman inang dengan cara membantu tanaman menyerap unsur hara terutama unsur P (Mandjarara dkk.,2019). Selain itu, jamur mikoriza juga membantu dalam hal penyerapan air (Boutasknit dkk., 2020).

Naufal dkk.(2018) menjelaskan bahwa fungi mikoriza arbuskular hanya menginfeksi korteks primer dan tidak ditemukan pada jaringan vaskular, korteks sekunder atau akar tumbuhan yang tebal. Tanaman yang terinfeksi fungi ini dicirikan dengan adanya percabangan hifa yang dikenal dengan arbaskula pada

sel korteks. Selain itu juga, fungi ini juga mampu membentuk vesikel yang merupakan organel terikat membran dengan bentuk yang bervariasi di dalam setiap atau di luar sel-sel korteksnya.

2.5. Identifikasi FMA

Setiap jenis FMA mempunyai sifat morfologi dan fisiologi yang tidak sama, oleh karena itu sangat penting untuk mengetahui identitasnya. Proses identifikasi FMA sampai ke tingkat spesies memerlukan pengenalan secara menyeluruh terhadap 11 karakter spora yaitu (1) *spore arrangement*, (2) *spore shape*, (3) *spore development*, (4) *spore size*, (5) *spore wall layer*, (6) *spore color*, (7) *spore germination*, (8) *spore content*, (9) *surface texture*, (10) *auxiliary cell* dan (11) *subtending hyphae*.

Proses perkembangan spora *Glomus* adalah dari ujung hifa yang membesar sampai mencapai ukuran maksimal dan berbentuk spora. Spora yang berasal dari perkembangan hifa maka disebut *chlamydospora*, kadang-kadang hifa bercabang-cabang dan tiap cabang terbentuk *chlamydospora* dan membentuk *sporocarp*. Beberapa karakter spora yang membedakan spesies pada genus *Glomus* meliputi bentuk, ukuran, warna, dinding, dan tekstur permukaan spora. Proses perkembangan spora *Acaulospora* berawal dari ujung hifa (*subtending hyphae*) yang membesar seperti spora yang disebut *hyphal terminus*. Propagul yang muncul di antara *hyphal terminus* dan *subtending hyphae* adalah bulatan kecil yang semakin lama semakin membesar dan terbentuk spora. Dalam perkembangannya, hifa terminus akan rusak dan isinya akan masuk ke

spora. Rusaknya hifa terminus akan meninggalkan bekas lubang kecil yang disebut *Cicatric* (Hartoyodkk., 2011).

Jenis spora *Glomus* mempunyai bentuk spora yang relatif sama yaitu bulat dan permukaan spora relatif halus. Spora bulat, berwarna kuning, relatif kecil, permukaan halus, ukuran 50 μm , dinding spora berwarna lebih tua, diameter 5-7,5 μm , hifa berwarna kuning dan menebal pada tempat pelekatan. Sedangkan karakter yang membedakan antar spesies adalah ukuran dan warna spora, dinding dan ketebalan dinding spora. Jenis spora *Acaulospora* memiliki morfologi yaitu spora bulat, berwarna putih bening, permukaan spora halus, ukuran 48 μm , dinding spora beromamen (Hartoyo dkk., 2011).

2.6. Faktor Pendukung Kolonisasi

Pemberian pupuk anorganik akan berdampak nyata dengan menyediakan unsur hara yang banyak dan langsung diserap oleh tumbuhan dengan cepat. Namun demikian, dampak yang ditimbulkan dari pemakaian pupuk anorganik terus menerus yaitu dapat menyebabkan kerusakan struktur tanah seperti tanah akan menjadi lebih keras dan pH menjadi masam. Apabila penggunaan ini tidak segera dihentikan, maka akan berdampak buruk terhadap mikroorganisme yang ada di dalam tanah (Utama, 2019).

Dalam rangka untuk mengurangi dampak dari pemakaian pupuk anorganik, maka inokulasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) dapat dijadikan salah satu alternatif untuk rehabilitasi tanah yang rusak. Inokulasi FMA termasuk salah satu kerja sama antara jamur dan akar pada tanaman yang memiliki

kemampuan menyediakan unsur hara untuk tanaman, memperbaiki struktur tanah serta mempunyai potensi untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi tanah yang kurang menguntungkan terutama tanaman yang ditanam pada lahan-lahan marginal yang kurang subur atau bekas tambang dan industri (Indriani dkk., 2019).

Sahara dan Rahmawati (2019) menjelaskan bahwa penggunaan fungi mikoriza arbuskular (FMA) dalam masa perbaikan tanah memerlukan ketersediaan inokulum mikoriza arbuskular yang unggul terutama dari jenis lokal atau asli. Setiap tanah pasti memiliki kandungan bahan organik yang berbeda-beda sesuai dengan karakteristik tanahnya dan penggunaan lahannya. Perubahan vegetasi atau penggunaan lahan serta pola pengelolaan tanah yang berganti dapat menyebabkan perubahan kandungan bahan organik di dalam tanah.

Salah satu faktor yang menentukan tingkat keberhasilan dari pengaplikasian mikoriza yaitu penentuan waktu aplikasi. Penentuan waktu aplikasi merupakan salah satu syarat keberhasilan dalam penggunaan dan pemanfaatan mikoriza (Pratama dkk., 2015). Menurut Sari dkk. (2016), waktu untuk inokulasi mikoriza hanya dapat dilakukan pada saat tanaman masih tingkat semai, inokulasi yang dilakukan pada tanaman yang telah dewasa selain boros dalam penggunaan inokulum juga mampu mengurangi manfaat yang optimal. Ketepatan waktu dalam mengaplikasikan mikoriza dengan tanaman inang diharapkan mampu meningkatkan laju pertumbuhan semai dan lebih meningkatkan ketahanan tumbuhan terhadap serangan patogen dari luar lingkungan.

Penggunaan inokulum yang sesuai merupakan hal yang sangat penting untuk mencapai keberhasilan rehabilitasi lahan. Jika lahan yang direhabilitasi semakin luas maka ketersediaan inokulum dibutuhkan dalam jumlah besar sesuai dengan luasan tanah yang akan diperbaiki. Penyediaan inokulum mikoriza arbuskular dalam jumlah yang besar selalu menjadi kendala utama dalam pemanfaatan FMA sebagai agen hayati di lapangan. Salah satu cara yang biasa dilakukan untuk memperbanyak FMA dengan menggunakan kultur pot. Proses dari metode kultur pot yaitu inokulum awal FMA diinokulasikan pada tanaman inang tertentu pada medium padat yang sudah disterilkan dan istilah kultur pot biasanya dikenal juga dengan penangkaran (Indriani dkk.,2019).

Utama (2019) juga menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu penangkaran fungi mikoriza arbuskular(FMA) yaitu sumber inokulum awal (kedalaman pengambilan tanah) dan stimulan sporulasi. Selain itu, pemberian nutrisi terhadap tanaman pada masa penangkaran juga akan berpengaruh pada sporulasi FMA. Pemberian pemupukan P dengan takaran dan kelarutan yang tinggi dilaporkan dapat menurunkan daya kolonisasi dan efektivitas propagul FMA. Pemanfaatan jamur mikoriza diharapkan mampu membantu meningkatkan serapan unsur hara makro, terutama mampu membantu meningkatkan ketersediaan unsur P. Selain itu mikoriza juga dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman garam dengan cara melalui hubungan simbiosis antara sel tanaman inang dan jamur mikoriza dalam jumlah keseimbangan yang baik.

Suparno dkk.(2015) menyebutkan bahwa penggunaan dari fosfat alam krandalit secara langsung pernah dilakukan pada pembibitan kakao bersamaan dengan inokulasi FMA. Inokulasi FMA dapat meningkatkan potensi fosfat alam krandalit ayamaru yang diaplikasikan pada bibit kakao. Inokulasi FMA merupakan salah satu solusi yang mampu diaplikasikan ada lahan marginal dengan kondisi lahan yang kering, karena pada dasarnya karakteristik dari asosiasi mikoriza ini memungkinkan tanaman untuk mampu memperoleh air dan zat hara dalam kondisi lingkungan yang kering serta miskin hara. Jaringan hifa eksternal dari mikoriza akan mampu memperluas bidang serapan air serta hara. Ukuran hifa yang halus dari bulu-bulu akar dapat memungkinkan hifa bisa menyusup masuk ke dalam pori-pori tanah yang memiliki ukuran kecil (mikro) sehingga hifa mampu menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat minim (Jannah, 2011).

2.7. Status Aplikasi FMA

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan juga ilmu pengetahuan perlu dilakukan suatu pendekatan berupa stimulasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) dengan tujuan dapat meningkatkan produksi inokulum mikoriza arbuskular. Teknologi yang digunakan untuk produksi tanaman berkelanjutan sebaiknya: (1) mampu meningkatkan daya adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan dan ketersediaan hara yang sangat rendah serta adanya genangan, (2) memperbaiki sifat tanah yang menjadi salah satu faktor pembatas yaitu dengan dengan membenahi kemampuan tanah dalam menahan air dan kapasitas tukar

kation serta mampu mengoptimalkan ketersediaan hara bagi tanaman, (3) mengefisienkan dalam penggunaan input yang berbahan baku “*non renewable resources*” sebagai salah satu energi budidaya (Yahya, 2018).

Pemgplikasian biasanya antara fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan tanaman inang dilakukan pada bagian akar. Menurut Sari dan Indriwati (2019), kriteria infeksi fungi mikoriza arbuskular (FMA) yang tinggi terjadi pada penambahan dosis 5 gram dan 10 gram dengan persentase sangat tinggi di buktikan dengan perlakuan yang diberikan dosis 15 gram sebesar 80%. Pada perlakuan tanpa inokulasi juga mampu terinfeksi FMA, hal ini menunjukkan bahwa FMA tersedia pada tanah ultisol dengancara penambahan pupuk organik.

Dalam aplikasi FMA memiliki kapasitas untuk memfasilitasi sumber-sumber hara baik anorganik dan organik tanah, yaitu mampu meningkatkan serapan berbagai hara bagi tanaman, yang paling utama adalah P, N, K, Ca, Zn, Cu, Mn, dan Fe serta membantu penyediaan hara dari yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Kecepatan masuknya unsur P ke dalam hifa jamur FMA dapat mencapai enam kali lebih cepat daripada kecepatan masuknya P melalui rambut akar (Hartoyo dkk.,2015).

Prasetyo (2019) menjelaskan bahwa peranan FMA pada lahan bekas tambang yang mengandung bahan tailing adalah mampu memperbaiki lahan akibat adanya kegiatan penambangan yang dilakukan terus menerus. Peran FMA sebagai mikroorganisme pada lahan tailing ini sebagai bentuk dari salah satu reklamasi lahan yaitu sebagai mikroorganisme tanah yang memiliki peran penting dalam suatu ekosistem, termasuk di lahan marginal. Fungi mikoriza

menjadi salah satu kunci utama dalam memfasilitasi penyerapan unsur hara oleh tumbuhan, peningkatan pertumbuhan dan hasil produk tanaman (Dodd, 2000; Smith dan Read, 2008; Upadhyaya dkk.,2010).

Tidak hanya berperan untuk memfasilitasi penyerapan unsur hara, FMA juga membantu dalam pertumbuhan tunas terbaik dengan takaran dosis 25 gram/*polybag*. FMA dapat membantu tanaman inangnya yang hidup di lahan yang memiliki kandungan logam berat seperti pada lahan bekas tambang emas, FMA menyekresikan senyawa pengkelat logam berat (misalnya asam organik dan siderofor) ke dalam rhizosfer atau menghasilkan enzim metal reduktase sehingga dapat mengimobilisasi logam (Nurbaiti dkk., 2017). Palasta dan Rini (2017) melakukan aplikasi FMA pada kelapa sawit pengaplikasian FMA dilakukan pada saat kelapa sawit berumur 12 minggu pada saat dipindahtanamkan ke *main nursery*. Dari keempat jenis FMA yang digunakan untuk pertumbuhan kelapa sawit, *Glomus sp.* isolit MV 15 memberikan respon terbaik untuk tinggi bibit yakni 73,31 cm atau 25,87% lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.

2.8. Penelitian Relevan

Tabel 1. Penelitian-Penelitian terdahulu yang relevan:

Nama Penelitian dan Tahun	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
Maliyana Ulfa, Efendi Wahlyuo dan Edwin Martin, 2009.	Pengaruh Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular <i>Glomus clorum</i> , <i>Glomus</i>	Variabel Bebas: Jenis tanaman. Variabel terikat: tinggi, diameter,	Perlakuan inokulasi <i>Glomus clorum</i> , <i>Glomus etunicatum</i> dan

	<i>etunicatum</i> dan <i>Gigaspora</i> sp Terhadap Pertumbuhan Semai Mahoni dan Seru.	jumlah spora dan persentase infeksi.	<i>Gigaspora</i> sp mampu meningkatkan pertumbuhan seru di persemaian.
Suprih Wijayani, Herry Wirianata dan Anhar Burhanuddin, 2018.	Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pre Nursery Pada Dosis Pupuk Nitrogen Yang Berbeda.	Variabel Bebas: Bibit Kelapa sawit. Variabel Terikat: Inokulasi Tanpa FMA, Inokulasi saat tanam kecambah dan satu bulan setelah tanam kecambah.	Aplikasi FMA sebanyak 2 kali (saat dan satu bulan setelah tanam kecambah) menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang terbaik di <i>prenursery</i> . pemberian urea 0,5 gr/bibit (umur 5 dan 10 minggu setelah tanam kecambah) menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang terbaik di <i>prenursery</i> . aplikasi FMA 2 kali dan urea 0,5 gr/bibit menghasilkan inokulasi yang paling tinggi di perakaran bibit kelapa sawit di <i>prenursery</i> .
Yadi Setiadi dan Arief Setiawan, 2011.	Studi Status Fungi Mikoriza Arbuskular di Areal Rehabilitasi Pasca Penambangan Nikel (Studi kasus PT TINCO Tbk. Sorowako, Sulawesi Selatan).	Variabel Bebas: Areal pasca penambangan nikel. Variabel terikat: tanah dan akar, infeksi akar, ekstraksi dan identifikasi spora serta	Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa 3 genus FMA yang mendominasi areal rehabilitasi pasca penambangan nikel di PT TINCO Tbk,

		perhitungan spora.	yaitu <i>Glomus sp</i> , <i>Acaulospora sp</i> dan <i>Gigaspora sp</i> . Genus-genus tersebut terbukti berkembang baik pada areal rehabilitasi dan sangat potensial dikembangkan sebagai inokulasi untuk kegiatan rehabilitasi lahan pasca penambangan nikel.
Vita Ratri Cahyani, 2009.	Pengaruh Beberapa Metode Sterilisasi Tanah Terhadap Status Hara, Populasi Mikrobiota dan Pertumbuhan Tanaman.	Variabel Bebas: Metode sterilisasi Variabel terikat: status hara, populasi, mikrobiota, potensi infeksi mikoriza dan pertumbuhan tanaman.	Metode sterilisasi tanah yang mempunyai keefektifan total (efektif mematikan bakteri, fungi dan aktinomisetes) adalah metode sterilisasi pembakaran, autoklaf dan uap. Metode sterilisasi tanah yang selektif adalah metode sterilisasi formaldehida dengan tutup, yaitu hanya mematikan fungi. Metode sterilisasi yang lain (oven, metil bromide dan formaldehida (tanpa tutup) bersifat kurang efektif atau hanya berpengaruh

			menurunkan jumlah mikrobiota (dengan tingkat dan komposisi penurunan yang berbeda).
Irwan Muas, Jumjunidang dkk, 2019.	Efek Aplikasi Fungi Mikoriz Arbuskular dan Pupuk Kalium Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Pisang Ketan.	Variabel Bebas: Pupuk kalium dan pisang. Variabel Terikat: Inokulasi FMA.	Tidak terdapat pengaruh interaksi dari aplikasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan pupuk kalium terhadap parameter pertumbuhan, komponen produksi tanaman pisang. Aplikasi FMA, tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter pertumbuhan tetapi dapat memberikan pengaruh terhadap saat keluar jantung dan bobot buah per tandan.
Liana, Yosep, S. Patadungan, dan Danang Widjanto, 2018.	Identifikasi Morfologi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Pada Berbagai Jenis Tanaman Hortikultura di Lahan Pertanian Desa Nupabomba.	Variabel Bebas: jenis tanaman hortikultura. Variabel Terikat: FMA dan tanah.	Identifikasi morfologi (bentuk dan warna) maka genus FMA yang ditemukan terdiri dari empat genus yaitu <i>Glomus</i> , <i>Para glomus</i> , <i>Entrophospora</i> dan <i>Acaulospora</i> .

Karmen Mandjara, Yosep Sage Patadungan dan Abd. Rahim Thaha, 2019.	Karakteristik Morfologi Spora Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Daerah Perakaran Beberapa Tanaman Industri di Lahan Pertanian Desa Tindoli.	Variabel Bebas : Jenis Tanaman. Variabel terikat : FMA, sampel tanah, isolasi spora mikoriza dan identifikasi morfologi spora dan FMA.	Kepadatan spora terbanyak pada rizosfer tanaman lada dengan jumlah 204 spora per 10 gr tanah. Bentuk spora yang ditemukan pada umumnya bulat lonjong dan bylat pada setiap sampel tanah.
--	--	--	--

Berdasarkan Tabel 1, maka ditemukan poin penting penelitian yang belum dilaksanakan dan menjadi perbedaan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Perbedaan tersebut adalah jenis tanaman kehutanan yang diuji, yaitu jenis kayu putih (*M. cajuputi*) dan inokulan FMA yang diaplikasikan di tingkat persemaian. Selain itu, cara sterilisasi media juga belum diteliti terkait dengan penelitian inokulasi FMA pada semai kayu putih.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di persemaian Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BP2LHK) Palembang. Kegiatan di persemaian meliputi penyemaian biji, inokulasi, pemeliharaan, dan pengukuran variabel penelitian pada tanaman kayu putih (*Melaleuca cajuputi*). Analisis infeksi akar oleh FMA dan pengukuran biomassa akar dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BP2LHK) Palembang selama 4 bulan.

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah benih kayu putih, inokulan Mycofer® PAU Fahatan IPB Bogor, *top soil*, *polytube*, kutek transparan, tinta pena warna biru, H₂O₂ 5%, KOH 10% dan cuka 25%. Inokulan Mycofer® yaitu *Glomus manihotis*, *Acaulospora tuberculata*, *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita*.

Alat penelitian yang digunakan antara lain mikroskop, cawan petri, gelas ukur ukuran volume 50 ml dan 100 ml, spatula, pinset, cutter, gunting, plastik, karet, kaca preparat, kaca penutup objek, drum, tungku api, ayakan, timbangan, gerobak dorong, cangkul, dan sekop.

3.3. Tahapan Penelitian

a. Pembuatan Media Kecambah

Media yang digunakan adalah media pasir. Media pasir dipersiapkan untuk mengecambahkan benih-benih koleksi dan sebagai tempat tumbuh semai saphan, pasir yang digunakan telah diayak terlebih dahulu. Untuk keperluan sterilisasi, pasir disangrai di atas tungku api. Media pasir yang telah disangrai lalu didinginkan terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam bak tabur. Bak tabur yang akan digunakan disemprot dengan alkohol 70%.

Sementara itu, biji kayu putih direndam selama 10 menit dengan cairan hipoklorin agar biji ketika dikecambahkan tidak berjamur. Setelah direndam selama 10 menit, biji kayu putih dibilas menggunakan air biasa sampai bau cairan hipoklorinnya hilang. Biji kayu putih kemudian dikeringkan terlebih dahulu sebelum ditabur di atas media pasir. Selanjutnya media pasir dimasukkan ke dalam bak tabur lalu biji kayu putih ditaburkan di atasnya dan diberi sedikit pasir kembali untuk menutup biji yang telah ditabur. Siram media pasir dengan aquades dan tutup menggunakan plastik yang diikat dengan karet.

b. Uji Efektivitas Inokulasi FMA pada Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) di Persemaian

Penyaphan semai dilakukan setelah kecambah berumur 21 hari, dengan keadaan semai sudah berdaun 4. Sebanyak 400 individu semai dipindahkan ke dalam *polybag* yang berisi media tanah steril, sesuai dengan

perlakuan. Inokulasi FMA dilakukan tiga hari setelah penyapihan setelah semai melewati proses inokulasi dengan dosis 5 gram/tanaman.

Inokulasi dilakukan dengan cara inokulasi FMA termasuk salah satu kerja sama antara jamur, tanah dan akar pada tanaman yang memiliki kemampuan menyediakan unsur hara untuk tanaman, memperbaiki struktur tanah serta mempunyai potensi untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi tanah yang kurang menguntungkan terutama tanaman yang ditanam pada lahan-lahan marginal yang kurang subur atau bekas tambang atau industri (Indriani dkk., 2019).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan pola faktorial $2 \times 2 \times 5$. Faktor yang akan diujikan adalah perlakuan inokulasi FMA dan cara sterilisasi. Perlakuan inokulasi FMA berupa tanpa inokulasi/kontrol (M0) dan inokulasi FMA (My), yang kombinasi antar perlakuan ditampilkan pada Tabel 2. Adapun perlakuan media pembibitan adalah steril menggunakan autoclave (Ta) dan steril dengan menggunakan drum (Td). Setiap perlakuan akan mendapatkan 5 kali ulangan. Dalam setiap unit penelitian terdapat 20 individu perlakuan, sehingga nantinya jumlah individu perlakuan secara keseluruhan adalah 400 individu.

Tabel 2. Kombinasi perlakuan aplikasi FMA pada tanaman kayu putih.

Inokulasi Sterilisasi	Tidak Inokulasi (Mo)	Inokulasi (My)
Autoklaf (Ta)	M0Ta	MyTa
Steril Drum (Td)	M0Td	MyTd

Keterangan:

Tanpa inokulasi dan steril Autoklaf = M0Ta

Tanpa inokulasi dan steril Drum = M0Td

Inokulasi FMA dan steril Autoklaf = MyTa

Inokulasi FMA dan steril Drum = MyTd

Perlakuan-perlakuan pada Tabel 2 akan ditempatkan secara acak dengan pengaturan antar perlakuan sebagai berikut (Gambar 3).

BLOK	PERLAKUAN			
1	M0Ta	MyTa	M0Td	MyTd
2	MyTa	M0Ta	MyTd	M0Td
3	M0Td	MyTd	M0Ta	MyTa

Gambar 3. Pengacakan perlakuan pada inokulasi FMA yang diaplikasikan pada tanaman Kayu Putih.

c. Analisis Infeksi FMA Pada Akar

Analisis infeksi FMA pada akar tanaman kayu putih, dilakukan dengan cara pewarnaan akar. Pewarnaan akar menggunakan metode Phyllip dan Hyman (1970) yang pewarnaannya dimodifikasi menggunakan tinta dan cuka (Vierhelig dkk., 1998). Tahapan pewarnaan tersebut yaitu akar dari setiap tanaman dicuci dengan air sampai bersih, kemudian direndam dalam larutan KOH 10% selama 24 jam, sampai akar berwarna putih atau kuning bening. Akar dibilas dengan air bersih agar KOH-nya hilang. Kemudian

direndam dalam larutan H_2O_2 5% selama dua hari. Akar dibilas kembali dengan air bersih agar H_2O_2 hilang. Akar kemudian direndam dengan tinta isi ulang spidol (snowman®) dan cuka sampai akar berwarna biru. Pengamatan akar dilakukan dengan memotong akar sepanjang 5 cm yang telah direndam dengan larutan tinta cuka sebanyak 10 potong akar dan ditata di atas preparat serta ditutup dengan *cover glass*.

Pengamatan akar dilakukan setiap 6 bidang pandang dalam 1 cm akar yang ditaruh di preparat. Dengan memotong akar yang telah diwarnai sepanjang 1 cm, kemudian akar ditata di atas preparat dan ditutup dengan *cover glass*, jumlah setiap akar preparat sebanyak 10 potong. Infeksi akar dapat dilihat melalui adanya vesikula, arbuskula, hifa maupun spora yang ada menginfeksi akar.

d. Analisis Biomassa Tanaman Kayu Putih

Kegiatan penelitian dalam rangka analisis pengukuran biomassa akan dilakukan dengan penimbangan berat basah dan berat kering tanaman (Purwanto dkk., 2019). Akar kayu putih yang akan dilakukan penimbangan dicuci terlebih dahulu hingga bersih. Akar kemudian di oven selama 24 jam pada suhu $100^{\circ}C$. Hasil penimbangan digunakan untuk mengetahui mutu fisik bibit (kekokohan semai, berat kering total, rasio pucuk akar, dan indeks mutu benih). Khususnya mutu fisik bibit yang terdiri dari parameter sebagai berikut:

- Kekokohan semai (KS), yang diperoleh dari perbandingan tinggi dan diameter (Jayusman,2011).

$$KS = \frac{Tinggi\ semai\ (cm)}{Diameter\ semai\ (mm)}$$

- Berat Kering Total (BKTot), yang diperoleh dengan menjumlahkan secara langsung berat kering akar semai (Heriyanto dan Siregar, 2004).

$$BKT\ Tot = \text{Berat kering pucuk} + \text{berat kering akar}$$

- Rasio Pucuk Akar (RPA), yang diperoleh dengan membandingkan berat kering pucuk dan berat kering semai (Heriyanto dan Siregar, 2004).

$$RPA = \frac{Berat\ kering\ pucuk\ (g)}{Berat\ kering\ akar\ (g)}$$

- Indeks Mutu Bibit (IMB), merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan hidup bibit, yang dihitung menggunakan rumus Dickson (Kurniaty dkk., 2010).

$$IMB = \frac{Berat\ kering\ total\ semai\ (g)}{\frac{Tinggi\ semai\ (cm)}{Diameter\ semai\ (mm)} + \frac{Berat\ kering\ pucuk\ (g)}{Berat\ kering\ akar\ (g)}}$$

e. Variabel Diukur

Penelitian dilakukan dengan mengukur beberapa variabel, yaitu tinggi (cm), diameter (mm) dan biomassa tanaman. Variabel-variabel tersebut digunakan sebagai sumber data untuk mengetahui peningkatan pertumbuhan dan mutu fisik bibit. Peningkatan pertumbuhan diketahui dengan mengetahui selisih antara tinggi akhir dan tinggi awal, selain parameter tersebut, dilakukan

pula penentuan persen hidup bibit, yang diperoleh dari perbandingan jumlah bibit yang hidup dengan jumlah keseluruhan yang diuji pada akhir pengamatan.

$$\text{Persen hidup} = \frac{\text{Jumlah bibit yang hidup}}{\text{Jumlah bibit yang diuji tiap perlakuan}} \times 100\%$$

Efektivitas inokulasi FMA juga diteliti berdasarkan infeksi pada perakaran tanaman, yang ditunjukkan dengan adanya eksistensi hifa, arbuskular, dan/atau vesikular. Persentase akar terinfeksi diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\text{Persentase akar terinfeksi} = \frac{\text{Jumlah contoh akar terinfeksi}}{\text{Jumlah seluruh akar yang diamati}} \times 100\%$$

f. Rencana Tata Waktu Pengukuran

Pengukuran terhadap variabel pertumbuhan, yaitu tinggi dan diameter dilakukan per 3 minggu dalam kurun waktu 3 bulan. Biomassa tanaman yang diinokulasi diukur di akhir masa 3 bulan. Pada masa tersebut, juga dilakukan perhitungan persentase infeksi. Keseluruhan jadwal kegiatan pengukuran tersebut selengkapnya disampaikan pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Pengukuran tinggi, diameter, biomassa, persentase infeksi dan persen hidup bibit.

No.	Variabel yang diukur	Waktu Pengukuran											
		Bulan I				Bulan II				Bulan III			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Tinggi	X			X			X			X		
2.	Diameter	X			X			X			X		
3.	Biomassa												X

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pertambahan Tinggi dan Diameter Semai Kayu Putih

Inokulasi FMA pada semai kayu putih secara umum menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik jika dibandingkan dengan semai kayu putih yang tidak diinokulasi, baik pertambahan tinggi, diameter serta persentase hidup. Analisis data secara statistik dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial menghasilkan temuan yaitu inokulasi FMA pada semai kayu putih dan sterilisasi media menunjukkan efektivitas dalam mendukung pertumbuhan semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil analisis sidik ragam pada tingkat kepercayaan 1% dan 5%, yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Sidik ragam respon pertumbuhan tinggi, diameter, dan persen hidup (%) semai kayu putih yang diinokulasi FMA dengan sterilisasi media yang berbeda

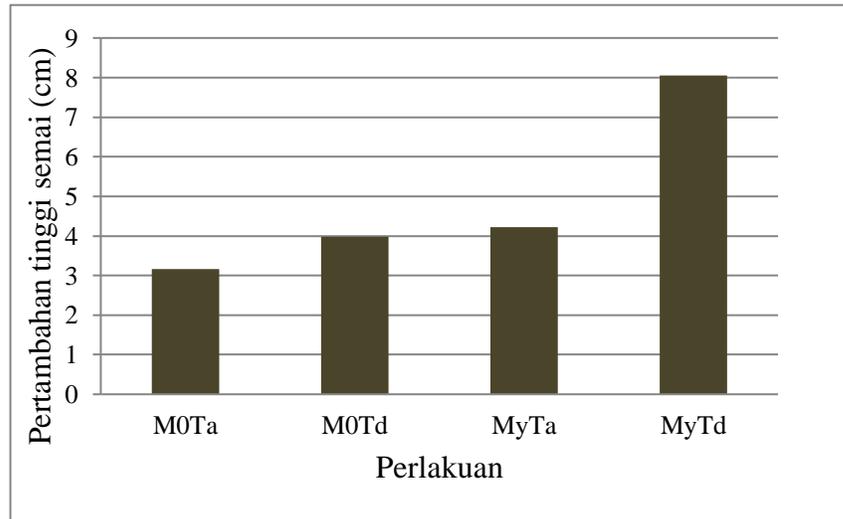
Perlakuan	Tinggi Semai (cm)	Diameter Semai (mm)	Persen Hidup Semai (%)
FMA			
1. Tidak diinokulasi	4,38 b	3,61 b	81,50 a
2. Diinokulasi	7,82 a	4,09 a	80,50 a
Sterilisasi			
1. Autoklaf	5,57 b	3,60 b	70,50 b
2. Drum	6,57 a	4,03 a	91,50 a
FMA x Sterilisasi			
M0Ta	4,22 c	3,43 c	75,00 b
M0Td	4,51 c	3,80 b	88,00 a
MyTa	6,80 b	3,84 b	66,00 b
MyTd	8,48 a	4,25 a	95,00 a

Keterangan:

M0Ta: Tanpa inokulasi dan steril autoklaf; M0Td: Tanpa inokulasi dan steril drum; MyTa: Inokulasi FMA dan steril autoklaf; MyTd: Inokulasi FMA dan steril drum.

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda dalam kolom menunjukkan berbeda nyata tetapi jika diikuti huruf yang sama dalam kolom menunjukkan tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 4, inokulasi FMA pada semai kayu putih secara signifikan mendukung pertumbuhan tinggi dan diameter semai kayu putih, dan sangat berbeda nyata jika dibandingkan dengan pertumbuhan semai kayu putih yang tidak diinokulasi. Hal ini berlaku pada semai kayu putih yang medianya disteriliasi menggunakan autoklaf (MyTa) maupun menggunakan drum (MyTd). Adapun sterilisasi menggunakan drum cenderung menunjukkan metode sterilisasi yang efektif terhadap pertumbuhan tinggi, diameter, dan persen hidup (%) semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian, yang ditunjukkan dengan hasil yang sangat berbeda nyata jika dibandingkan pertumbuhan semai kayu putih yang media tanahnya disteriliasi menggunakan autoklaf.



Keterangan:

M0Ta: Tanpa inokulasi dan steril autoklaf; M0Td: Tanpa inokulasi dan steril drum; MyTa: Inokulasi FMA dan steril autoklaf; MyTd: Inokulasi FMA dan steril drum.

Gambar 4. Grafik Persentase pertumbuhan tinggi semai kayu putih

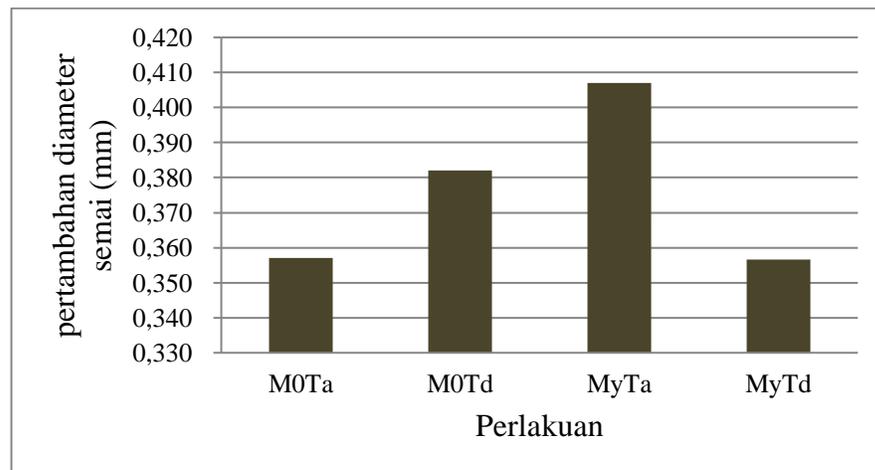
Berdasarkan Gambar 4, rata-rata tinggi semai kayu putih terbaik diperoleh pada inokulasi FMA yang media nya disterilisasi menggunakan drum (MyTd) yaitu 8,5 kemudian disusul oleh perlakuan inokulasi FMA pada media yang disterilisasi menggunakan autoklaf (MyTa) yaitu 6,8 cm. Pertambahan tinggi semai kayu putih yang lebih rendah ditemukan pada media yang tidak diinokulasi, baik pada media yang disterilisasi menggunakan drum (MOTd) yaitu 4,5 cm maupun media yang disterilisasi menggunakan autoklaf (MOTa) yaitu 4,2 cm.

Terdapat perbedaan untuk pertambahan tinggi dengan media yang disterilisasikan menggunakan autoklaf dan drum. Sterilisasi autoklaf yang dilakukan pada penelitian ini dengan uap panas pada suhu 121⁰C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Adapun untuk sterilisasi menggunakan drum (pembakaran) dilakukan selama 3 jam. Lamanya waktu pemanasan pada media tanah yang digunakan berpengaruh terhadap sifat fisik kimia dan biologi tanah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Cahyani (2009), penelitian tersebut menghasilkan temuan bahwa sterilisasi pembakaran sangat berpengaruh terhadap sifat fisik kimia dan biologi tanah. Pengaruh ini akan bertahan untuk jangka waktu yang lama. Sifat tanah seperti pH tanah, kandungan bahan organik, nilai total tanah biomassa mikrobia, jumlah dan komposisi populasi mikroba yaitu fungi, bakteri, aktinomisetes dan keberadaan mikroba tertentu sangat dipengaruhi oleh pembakaran.

Hasil temuan tersebut di atas, menunjukkan bahwa metode sterilisasi pembakaran merupakan metode yang paling efektif, karena jamur dan

ektinomisetes tidak ada yang mampu bertahan hidup, sedangkan bakteri ada tetapi jumlahnya sangat kecil. Berdasarkan hasil temuan Cahyani (2009), maka waktu pemanasan dan sterilisasi yang digunakan sterilisasi maka pembakaran menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap kondisi tanah.

Pemberian FMA pada semai kayu putih selama 3 bulan juga memberikan pengaruh terhadap penambahan diameter kayu putih. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 5, yang menunjukkan penambahan diameter semai pada perlakuan MyTa yaitu sebesar 4,25 mm, lebih tinggi dibandingkan penambahan diameter semai pada perlakuan MyTd, M0Td, dan M0Ta yang masing-masing adalah sebesar 3,84 mm, 3,80 mm dan 3,40 mm.



Keterangan:

M0Ta: Tanpa inokulasi dan steril autoklaf; M0Td: Tanpa inokulasi dan steril drum;
MyTa : Inokulasi FMA dan steril autoklaf; MyTd : Inokulasi FMA dan steril drum.

Gambar 5. Grafik persentase penambahan diameter semai kayu putih

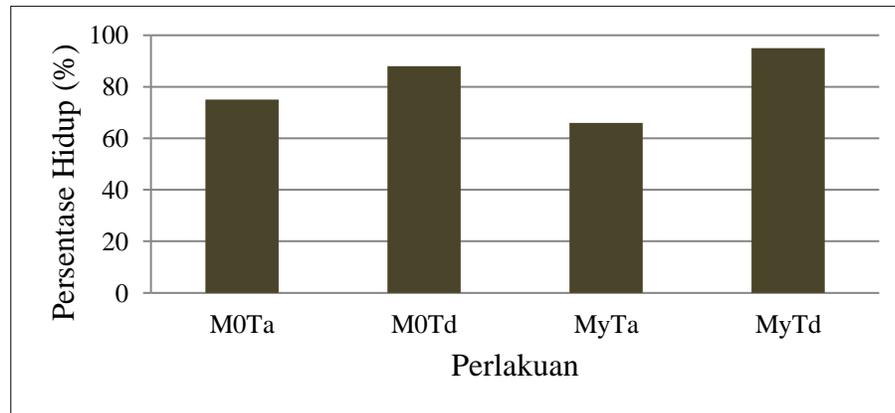
Berdasarkan Gambar 5 maka dapat diketahui bahwa penambahan diameter pada perlakuan MyTa lebih tinggi jika dibandingkan perlakuan yang

lainnya. Berbeda dengan pertambahan tinggi dengan metode sterilisasi drum lebih baik mendukung pertambahan tinggi, akan tetapi pada pertambahan diameter metode sterilisasi autoklaf lebih efektif dalam pertambahan diameter. Menurut Cahyani (2014), sterilisasi panas lembab dengan menggunakan autoklaf (uap bertekanan) merupakan cara yang efektif untuk mengendalikan organisme hidup yang dianggap merugikan. Panas lembab sangat efektif meskipun pada suhu yang tidak begitu tinggi, karena uap air berkondensasi pada bahan-bahan yang disterilkan, dilepaskan panas sebanyak 636 kalori per gram uap air pada suhu 121°C . Pada temuan ini didapatkan hasil bahwa metode sterilisasi yang efektif selanjutnya adalah metode sterilisasi autoklaf dan uap. Pada kedua metode ini, yang mati total adalah jamur, sedangkan bakteri dan aktinomisetes masih ada yang bertahan hidup, tetapi jumlahnya dapat diabaikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode sterilisasi autoklaf berpengaruh dalam pertambahan diameter pada semai kayu putih.

4.2. Persentase Hidup Semai Kayu Putih

Peningkatan pertumbuhan semai kayu putih karena adanya perlakuan FMA turut mendukung tingginya persen hidup pada perlakuan MyTd dan MyTa. Pada Gambar 6, persen hidup semai yang diinokulasi FMA pada media yang disterilisasi menggunakan drum (MyTd) yaitu 95% lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan yang disterilisasi menggunakan autoklaf (MyTa) yaitu 60%, sedangkan persen hidup semai kayu putih yang tidak diinokulasi pada perlakuan M0Ta adalah 65% dan M0Td adalah 80%. Adapun manfaat mikoriza

bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sebagai inangnya, adalah meningkatkan penyerapan unsur hara dari tanah, sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan meningkatkan hormon pemacu tumbuh (Yusriadi dkk, 2018).



Keterangan:

M0Ta: Tanpa inokulasi dan steril autoklaf; M0Td: Tanpa inokulasi dan steril drum; MyTa: Inokulasi FMA dan steril autoklaf; MyTd: Inokulasi FMA dan steril drum.

Gambar 6. Grafik persen hidup (%) pertumbuhan semai kayu putih

Tabel 4 juga menunjukkan bahwa persen hidup semai kayu putih yang diinokulasi dan tidak diinokulasi tidak menunjukkan berbeda nyata. Hasil temuan tersebut menunjukkan bahwa kayu putih umur 3 bulan di persemaian dalam masa penyapihan yang memerlukan pemeliharaan agar perlakuan inokulasi FMA dapat sepenuhnya mendukung persen hidup semai. Dalam Tabel 4 juga dapat diketahui bahwa sterilisasi menggunakan drum (pembakaran) cenderung efektif mendukung persen hidup semai kayu putih selama 3 bulan di persemaian.

Indriani dkk.(2011) menyatakan bahwa tingkat kemampuan inokulasi FMA dalam penyerapan unsur P ditentukan oleh spesies tanaman, kandungan P

tanah dan tingkat infeksi. Perkembangan FMA dipengaruhi oleh kepekaan tanaman inang terhadap infeksi, intensitas cahaya, temperatur, kadar air tanah, pH tanah, bahan organik, residu akar, ketersediaan hara, logam berat dan fungisida. Selain itu, bahwa kombinasi antar perlakuan dalam penelitian ini tidak signifikan menunjukkan berbeda nyata. Namun demikian, perlakuan MyTd cenderung menunjukkan perlakuan yang efektif mendukung pertumbuhan semai kayu putih, baik tinggi, diameter maupun persen hidup.

Inokulasi FMA pada semai jenis tanaman kehutanan yang ditanam pada media tanah yang disterilisasikan menggunakan drum juga dilakukan dalam upaya rehabilitasi lahan bekas tambang batubara yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Lizawati dkk.(2014). Penelitian tersebut menghasilkan temuan mengenai pengaruh pemberian kombinasi isolat FMA terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L) yang ditanam pada tanah bekas tambang batubara. Metode sterilisasi drum juga digunakan dalam sterilisasi media pembiakan jamur tiram. Salah satu teknik tersebut dengan cara mengukus media jamur tiram tersebut dengan drum. Sterilisasi media jamur tiram dengan teknik pengukusan, biasanya memakai kayu bakar, minyak tanah atau LPG sebagai bahan bakarnya (Puspita dkk., 2010).

Hasil penelitian menunjukkan adanya peran mikoriza dalam mendukung pertumbuhan tanaman, karena prinsip kerja dari mikoriza yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inangnya, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang berkolonisasi mikoriza dapat mampu mengoptimalkan kapasitas dalam rangka penyerapan zat hara terutama unsur P (Pareira dkk.,2018;

Mandjarara dkk., 2019). Unsur hara P membantu dalam membentuk protein dan mineral yang dibutuhkan bagi tanaman, bertugas mengedarkan energi ke seluruh bagian tanaman, merangsang pertumbuhan dan perkembangan akar (Kurniaty dkk.,2013). Dalam hal ini, P yang terserap oleh unsur lain karena rendahnya pH (Al atau Fe), menjadi tersedia dan siap diserap oleh akar yang bermikoriza. Saleh dan Atmaja (2017) menjelaskan bahwa hifa eksternal pada mikoriza dapat menyerap unsur fosfat dari dalam tanah dan diubah menjadi senyawa polifosfat. Selain itu, tanaman yang bermikoriza cenderung lebih tahan terhadap kekeringan dibandingkan tanaman yang tidak berasosiasi dengan mikoriza.

4.3. Kualitas Pertumbuhan dan Indeks Mutu Bibit Semai Kayu Putih

Selain parameter pertumbuhan yang meliputi variabel tinggi, diameter, dan persen hidupsemai kayu putih, penelitian juga mendapatkan informasi mengenai kualitas pertumbuhan semai umur 3 bulan di persemaian (Tabel 5). Indikator yang umumnya digunakan untuk menunjukkan kualitas pertumbuhan suatu tanaman adalah berat kering total (BKT) pucuk dan akar, yang merupakan gambaran efisiensi proses fisiologis di dalam tanaman. Menurut Tamin dan Puri (2020), nilai BKT berkorelasi positif dengan nilai biomassa suatu tanaman yang mempengaruhi pertumbuhannya.

Menurut Sitompul dan Guritno (1995), hasil fotosintesis tanaman digunakan dalam bentuk biomassa yang ditandai dengan penambahan tinggi, penambahan berat dan penambahan ukuran yang lainnya yang dinyatakan secara kuantitatif. Variabel berat kering pucuk sangat berhubungan erat dengan variabel

diameter tanaman, tinggi tanaman, jumlah daun tanaman, yang apabila variabel tersebut semakin besar maka akan semakin besar pula berat kering pucuknya, yang pada selanjutnya mendukung performa pertumbuhan suatu tanaman.

Tabel 5. Kualitas pertumbuhan semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian

Perlakuan	Berat Kering Pucuk Semai	Berat Kering Akar	Berat Kering Total (BKT) Semai	Persentase Infeksi Akar (%)
FMA				
1. Tidak diinokulasi	1,51 b	1,55 b	3,01 b	4,60 b
2. Diinokulasi	1,60 a	1,49 a	3,15 a	55,30 a
Sterilisasi				
1. Autoklaf	1,56 a	1,54 a	3,11 a	33,80 a
2. Drum	1,54 a	1,51 b	3,05 b	26,10 b
FMA x Sterilisasi				
1. MOTa	1,53 b	1,50 b	3,03 c	3,60 c
2. MOTd	1,49 b	1,49 b	2,98 c	5,60 c
3. MyTa	1,60 a	1,58 a	3,19 a	64,00 a
4. MyTd	1,59 a	1,52 b	3,11 b	46,60 b

Keterangan:

MOTa: Tanpa inokulasi dan steril autoklaf; MOTd: Tanpa inokulasi dan steril drum; MyTa: Inokulasi FMA dan steril autoklaf; MyTd: Inokulasi FMA dan steril drum.

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda dalam kolom menunjukkan berbeda nyata tetapi jika diikuti huruf yang sama dalam kolom menunjukkan tidak berbeda nyata.

Tabel 5 menunjukkan bahwa inokulasi FMA secara signifikan mendukung kualitas pertumbuhan semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian, yang ditunjukkan adanya beda nyata antara semai kayu putih yang diinokulasi dan tidak diinokulasi. Kecenderungan efektivitas sterilisasi media menggunakan autoklaf juga tampak pada kualitas pertumbuhan semai yang ditemukan, yang didukung adanya beda nyata pada berat kering BKT semai dan persen infeksi akar oleh FMA.

Pertumbuhan akar dan pucuk semai kayu putih dalam penelitian ini cenderung sama, yaitu ketika rasio pucuk akar yang relatif sama, yaitu berkisar pada angka 1 (Tabel 6). Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian mengalami pertumbuhan yang seimbang antara ke arah pucuk dan ke arah akar. Pertumbuhan yang seimbang menunjukkan masih terjadinya proses pertumbuhan sampai dengan semai siap untuk ditanam dan sesuai dengan kriteria bibit yang siap untuk ditanam.

Tabel 6. Rasio pucuk akar semai (RPA) dan Kekokohan Semai (KS).

Perlakuan	Rasio Pucuk Akar (RPA)	Kekokohan Semai (KS)
M0Ta	1,01	0,30
M0Td	1	0,26
MyTa	1,01	0,28
MyTd	1,04	0,13

Keterangan:

M0Ta: Tanpa inokulasi dan steril autoclave; M0Td: Tanpa inokulasi dan steril drum; MyTa: Inokulasi FMA dan steril autoclave; MyTd: Inokulasi FMA dan steril drum.

Berdasarkan hasil penelitian data berat kering total (BKT) semai, rasio pucuk akar (RPA), tinggi dan diameter semai kayu putih didapat hasil perhitungan indeks mutu bibit (kekokohan semai). Rerata indeks mutu bibit kayu putih dari setiap perlakuan dapat dilihat pada pada Tabel 5. Nilai IMB (Indeks Mutu Bibit) diperoleh dari parameter pertumbuhan tinggi, diameter, bobot kering akar dan bobot kering pucuk. IMB digunakan untuk mengetahui mutu bibit ataupun kualitas kemampuan untuk adaptasi terhadap lingkungan. IMB yang memenuhi standar agar dapat bertahan hidup dan siap di tanam di lapangan yaitu

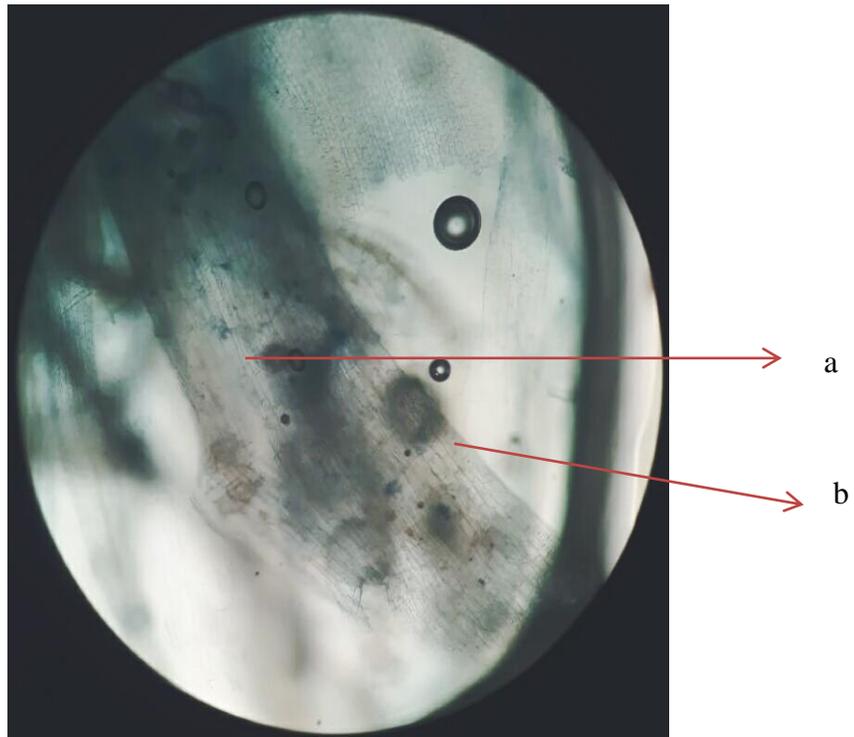
sebesar 0,09. Pada nilai tersebut bibit mempunyai kemampuan tumbuh yang lebih baik di lapangan (Mery dkk., 2019). Tabel 6 menunjukkan bahwa kekokohan semai pada setiap perlakuan belum memenuhi standar siap di tanam di lapangan sehingga masih memerlukan masa penyapihan di persemaian mengikuti standar mutu bibit. Mutu semai yang siap tanam apabila memenuhi kriteria nilai RPA ada pada kisaran 2-5 cm dan diameter kurang lebih dari 4 mm (Mindawati dan Yusnita, 2005). Berdasarkan temuan Mindawati dan Yusnita (2005), biomassa merupakan pertumbuhan berat kering total yang terdiri dari akar, batang dan daun. Rasio pucuk akar merupakan perbandingan antara berat kering pucuk dengan berat kering akar. Oleh karenanya, maka dapat diketahui bahwa semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian belum memenuhi standar siap tanam di lapangan karena belum memenuhi syarat nilai RPA.

4.4. Infeksi Akar Tanaman Kayu Putih

Efektivitas inokulasi FMA pada pertumbuhan semai kayu putih ditunjukkan pula dengan adanya infeksi yang terjadi di akar semai. Hal tersebut tampak pada Gambar 7, yang menunjukkan ada bentuk infeksi FMA yang berupa hifa yang paling mendominasi dan vesikula. Gambar 8 merupakan penampakan akar kayu putih yang tidak diinokulasi FMA sehingga tidak tampak infeksi yang terjadi di akar kayu putih.

Hifa merupakan salah satu struktur dari FMA berbentuk seperti benang-benang halus yang berfungsi sebagai penyerap unsur hara dari luar. Miselia merupakan kumpulan dari hifa. Vesikula adalah struktur menggelembung yang

dibentuk pada hifa-hifa utama yang berfungsi sebagai organ penyimpan. Struktur ini juga berfungsi sebagai spora istirahat. Adapun arbuskula merupakan unit kolonisasi yang telah mencapai sel korteks yang lebih dalam letaknya dan menembus dinding sel serta membentuk sistem percabangan hifa yang kompleks, tampak seperti pohon kecil yang mempunyai cabang-cabang. Dengan adanya satu atau lebih struktur FMA tersebut, maka dapat dikatakan terjadi infeksi oleh FMA (Setiadi dan Setiawan, 2011).



Gambar 7. Infeksi FMA pada akar semai kayu putih (*M. cajuputi*) pada perlakuan MyTa yang ditunjukkan oleh (a) hifa dan (b) vesikula (perbesaran 100 kali)

Sumber: Dokumentasi pribadi (2021)



Gambar 8. Akar kayu putih yang tidak terinfeksi FMA pada perlakuan M0Ta (perbesaran 100 kali)

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2021)

Tabel 5. menunjukkan bahwa pemberian dosis 5 gram memiliki persentase infeksi akar tertinggi terdapat pada perlakuan MyTa sebesar 64%, kemudian perlakuan MyTd sebesar 47%, M0Td sebesar 6% dan persentase infeksi akar terendah ditemukan di perlakuan M0Ta sebesar 4%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa persentase kolonisasi FMA pada semai kayu putih tergolong tinggi (64%), sedang (47%) dan rendah (6% dan 4%). Berdasarkan kategori O'Connor dkk. dalam Paulina dkk. (2020), persentase infeksi akar yang tinggi pada perlakuan MyTa disebabkan oleh telah sterilnya media sehingga akar lebih mudah terinfeksi, meskipun penambahan tinggi dan diameter semai pada tingkat kolonisasi FMA tidak berhubungan dengan peningkatan pertumbuhan

tanaman. Semakin tingginya persentase kolonisasi FMA tidak selalu diikuti dengan semakin tingginya respon pertumbuhan tanaman (Megawati dkk., 2018).

Rendahnya nilai persentase infeksi FMA pada akar semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian dapat disebabkan belum efektifnya FMA menginfeksi akar secara sempurna. Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa umumnya efektivitas inokulasi FMA pada tanaman kehutanan ditemukan pada umur semai 4 bulan di persemaian. Respon tanaman kehutanan seperti waru dan jarak pagar terhadap FMA dapat terlihat dalam jangka waktu 4 sampai 7 bulan. Pemberian FMA juga memperlihatkan pengaruh nyata terhadap tinggi dan diameter batang petai cina dalam waktu 5 bulan (Sari dkk., 2016). Penelitian Pulungan (2017) pada bibit jabon menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza selama 18 minggu setelah tanam belum mampu menginfeksi akar bibit jabon secara signifikan. Hal tersebut terlihat dari perkembangan infeksi hanya baru berbentuk hifa dan belum terbentuknya spora. Pada penelitian ini, inokulasi FMA pada semai kayu putih belum efektif menunjukkan infeksi secara sempurna pada akar karena waktu penyemaian hanya 3 bulan.

Menurut Sari dkk.(2016), mikoriza dapat meningkatkan efisiensi penerimaan nutrisi oleh tanaman sangat bergantung dari 3 proses, yaitu pengambilan nutrisi oleh miselium dari dalam tanah, translokasi hara dalam hifa ke struktur intraradikal mikoriza dari dalam tanah dan transfer hara dari mikoriza ke tanaman melewati permukaan yang kompleks diantara simbiosis. Oleh karena itu, tidak sempurnanya perkembangan dari mikoriza akan menurunkan efisiensi

dari mikoriza yang akibatnya akan menghambat penerimaan nutrisi oleh tanaman.

Dosis pemberian FMA diduga juga turut mendukung efektivitas inokulasi. Menurut Sari dan Indrawati (2019), kriteria infeksi fungi mikoriza arbuskular (FMA) yang tertinggi terjadi pada penambahan dosis 5 gram dan 10 gram dengan persentase sangat tinggi dibuktikan dengan perlakuan yang diberikan dosis 15 gram sebesar 80%. Semakin banyak inokulasi mikoriza yang diberikan maka akan semakin banyak juga persen infeksi akarnya.

Rendahnya persentase infeksi akar tidak menurunkan pentingnya inokulasi FMA untuk mendukung pertumbuhan kayu putih. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya kecenderungan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan tinggi semai kayu putih pada semai yang diinokulasi FMA. Selain itu, persen hidup semai kayu putih yang diinokulasi juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan semai kayu putih yang tidak diinokulasi. Dalam penelitian Putu (2021), pertumbuhan dan produksi kacang tanah yang diinokulasikan FMA meningkat karena meningkatnya persentase infeksi, yang diduga karena perlakuan yang diberikan mampu berinteraksi dengan mikroorganisme tanah dan perakaran tanaman dalam meningkatkan persentase infeksi CMA. Persentase infeksi mikoriza yang dapat memperbaiki sistem perakaran serta meningkatkan penyerapan unsur hara.

Sementara itu, sterilisasi penting untuk dilakukan untuk meminimalisir gangguan patogen tanah yang dapat menghambat inokulasi FMA pada akar. Meskipun demikian, perlakuan sterilisasi tanah menggunakan drum dalam

penelitian ini menjadi alternatif cara yang efektif untuk digunakan lebih luas kepada pihak pengguna. Berdasarkan hasil penelitian, semai kayu putih yang diinokulasi FMA dan ditanam pada media tanah yang disterilisasi menggunakan drum menunjukkan pertambahan tinggi yang lebih baik jika dibandingkan media tanah yang disterilisasi menggunakan autoklaf. Pertimbangan dalam hal biaya alat dan kepraktisan alat menjadikan drum dapat dijadikan alternatif sterilisasi media di tingkat petani atau pelaku pembibitan jika dipadukan dengan aplikasi FMA di persemaian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Inokulasi FMA mampu menunjukkan pertambahan tinggi, diameter dan persen hidup (%) semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian.
2. Rasio pucuk akar semai kayu putih pada setiap perlakuan, baik yang diinokulasi maupun yang tidak diinokulasi, menunjukkan adanya pertumbuhan semai yang baik di tingkat persemaian. Pertumbuhan pucuk akar semai kayu putih pada penelitian ini berkisar pada angka 1. Indeks mutu bibit semai kayu putih belum memenuhi syarat nilai rasio pucuk akar (RPA) karena tinggi kurang dari 2-5 cm dan diameter kurang lebih 4 mm.
3. Metode sterilisasi tanah menggunakan drum mampu mendukung pertumbuhan semai kayu putih yang diinokulasi FMA, yang ditunjukkan dengan pertambahan tinggi semai kayu putih umur 3 bulan di persemaian sebesar 8,5 cm dan persen hidup (%) sebesar 95%.

5.2. Saran

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, maka saran yang disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Perlunya penelitian mengenai efektivitas inokulasi FMA semai kayu putih berdasarkan pengamatan masa pasca inokulasi sampai dengan masa diperolehnya kualitas semai yang siap tanam.
2. Perlunya penelitian mengenai efektivitas inokulasi FMA pada semai kayu putih terkait dengan pengelolaan media yang efektif dan efisien untuk mendukung infeksi FMA dan pertumbuhan semai untuk pelaku pembibitan, misalnya dengan menggunakan sumber panas matahari bahkan kemungkinan menggunakan media yang tidak disterilkan.
3. Perlunya penelitian mengenai dosis FMA yang efektif untuk mendukung pertumbuhan semai kayu putih yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Apituley, D.A.N., Leiwakabessy, J., dan Nanholy, .E.E.E.M. 2014. Pemanfaatan Asap Cair Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) Sebagai Antioksidan Dalam Pengolahan Ikan Tuna Asap. *Joernal Chamica et Natura Acta*. 2 (2):145-151.
- Agustini, V., Suharno., Tanjung, R., H., R., dan Sufaati, S. 2010. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Yang Berasosiasi Dengan *Durio zibethinus* Di Kabupaten Manokwari, Papua Barat, Indonesia. *Jurnal Penelitian Tanaman Hutan*. 13 (2):61-69.
- Aryanto, AT., Karti P., dan Prihantoro, I. 2018. Evaluasi Produksi dan Kualitas Inokulum Fungi Mikoriza Arbuskula Yang Diproduksi Dengan Teknik Hidroponik Pada Rumput (*Brachiaria decumbens*). *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 16 (2):10-19.
- Boutasknit, A., Baslam, M., El-Mokhtar, M.A., Anli, M., Ben-Laouane, R., Douira, A., El Modafar, C., Mitsui, T., Wahbi, S., dan Meddich, A. 2020. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediate Drought Tolerance and Recovery in Two Contrasting Arabidopsis Stomatal, Water Relations and (In) Organic Adjustments. *Journal Plants*. 9 (80).
- Bofante, P dan Genre, A. 2010. Mechanisms Underlying Beneficial Plant- Fungus Interactions In Mycorrhizal Symbiosis, Nature Communication. *Journal Plants*. 36 (2):1321-1327.
- Cahyani, V. R. 2009. Pengaruh Beberapa Metode Sterilisasi Tanah Terhadap Status Hara, Populasi Mikrobiota, Potensi Infeksi Mikoriza dan Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*. 6 (1).

- Cahyani, V. R. 2014. *Petunjuk Praktikum Mikrobiologi Pangan*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Dalimartha, S. 2008. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Vol 2*. Jakarta : Niaga Swadaya.
- Doudi, M., Hidayat, M., dan N. Mahdi.2018. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Di Kawasan Ie Suum Kecamatan Masjid Raya Kabupaten Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional 2018.5* (1):474-482.
- Hakim, R.I., Wilson, W., Darmawati, S. 2019. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Ethanol Daun Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) Terhadap Pertumbuhan *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA).*Prosiding Mahasiswa Nasional Unimus*.ISSN: 2654-766X. 2.
- Hartoyo, B., Ghulamahdi, M., Darusman., L.K., Aziz, S.A., Mansur, I., 2011. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Pada Rizosfer Tanaman Pegagan (*Centella asiatica L*). *Jurnal Litri*. ISSN: 0853-8212. 17 (1).
- Hartoyo, B., Trisilawati, O., dan Ghulamahdi, M. 2015. Tanggap Pertumbuhan Dan Biomasa Pegagan (*Centella asiatica (l.) urban*) Pada Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula Dan Pemupukan Di Tanah Andosol. *Jurnal Buletin Littro*.26 (2).
- Indriani, P.N., Mansyur., Susilawati, I., dan Islami, Z., R. 2011. Peningkatan Produktivitas Tanaman Pakan Melalui Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). *Jurnal Pastura*.1 (1).
- Indriani, P., N., Mansyur., dan Susilawati, I., dan Islami, Z., R. 2019. Karakterisitik Beberapa Sifat Kimia dan Fisika Tanah Pada Lahan Bekas Tambang Timah.*Jurnal Penelitian Sains*. 19 (1):14-20.

- Indriani, S., Ekamawanti, dan Burhanuddin, H.A. 2019. Produksi Inokulum Mikoriza Arbuskula Dari Kedalaman Gambut Berbeda Yang Diberi Cuka Organik Dengan Inang Jagung (*Zea mays*). *Jurnal Hutan Lestari*. 7 (2):822-834.
- Jannah, Hj.H. 2011. Respon Tanaman Kedelai Terhadap Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskular Di Lahan Kering. *Jurnal Biologi*. 5 (2).
- Junaini, E., Winara, A., Siarudun, M., Indrajaya, Y., dan Widiyanto, A. 2015. Sebaran Spasial Tumbuhan Penghasil Minyak Kayu Putih Di Taman Nasional Wasur. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 4 (2).
- Kurniaty, R., Bustomi, S., Widyati, E. 2013. Penggunaan Rhizobium dan Mikoriza Dalam Pertumbuhan Bibit Kalindra (*Callindra callothysus*) Umur 5 Bulan. *Jurnal Pembenihan Tanaman Hutan*. 1 (2):71-81.
- Liana., Patadungan, Y.S., dan Widjajanto, D. 2018. Identifikasi Morfologi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Berbagai Jenis Tanaman Hortikultura Di Lahan Pertanian Desa Nupabomba. *Jurnal Agrotekbis*. 6 (5):677-686.
- Lizawati, Kartika, E., Alia, Y., Handayani, R. 2014. Pengaruh Pemberian Kombinasi Isolat Fungi Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcus L.*) Yang Ditanam Pada Tanah Bekas Tambang Batu Bara. *Jurnal Biospecies*. 7 (1):14-21.
- Mindawati, N., dan Yusnita, S. 2005. Pengaruh Macam Media Terhadap Pertumbuhan Semai *Acacia mangium willd.* *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 2 (1):53-59.
- Malina., Susana., dan Kausa, F.C.M. 2010. Kemampuan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Dalam Menekan Perkembangan *Colletotrichum capsici* Penyebab Antraknosa Pada Cabai Merah (*capsicum annum*). *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains*. 12 (2):37-42.

- Masrikail, M. Z., Patadungan, Y.S., dan Isrun. 2019. Analisis Kepadatan dan Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Beberapa Tanaman Perkebunan di Desa Bakubakulu Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. *Jurnal Agrotekbis*. 7 (1):1-9.
- Mandjarara, K., Pata'dungan, Y.S., dan Thaha, R.A. 2019. Karakterisasi Morfologi Spora Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Daerah Perakaran Beberapa Tanaman Industri Di Lahan Pertanian Desa Tindoli. *Jurnal Agrotekbis*. 7 (1):37-43.
- Mansur , I. dan Kadaraisman, M.I. 2019. Teknik Pembibitan Kayu Putih (*melaleuca cajuputi*) Secara Vegetatif Di Persemaian Perusahaan Batubara PT Bukit Asam (Persero) TBK. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 10 (1):21-28.
- Megawati, K., Budi, SW., Mansur, I. 2018. Uji Efektivitas Inokulum Fungi Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Bibit Jati (*Tectona glandis Linn.F*). *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. 9 (3):587-595.
- Mery, F. Ekamawanti, A. H dan Astiani, D. 2019. Respon Pertumbuhan Bibit Pulaui (*Alstonia scholaris*) Terhadap Cuka Kayu dan Naungan. *Jurnal Hutan*. 7 (3):1321-1327.
- Muas, I., Jumjunidang., Hendri.,Emilda, D., dan Fatria, D. 2019. Efek Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Pupuk Kalium Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Pisang Ketan.*Jurnal Hortikultura*.29 (1).
- Naufal, N., Ufra., Jasmida, U. dan Mulyadi. 2018. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Beberapa Jenis Pohon Di Kawasan Hutan Primer Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar.*Prosiding Seminar Nasional Biotik*. ISBN.978-602-60401-9-0.

- Nurbaity, A., Herdiyantoro, D., Mulyani, O. 2017. Pemanfaatan Bahan Organik Sebagai Bahan Pembawa Inokulan Fungi Mikoriza Arbuskula. *Jurnal Biologi*. 1 (2):11-17.
- Nusantara, A.D., Bertham, R.Y.H., dan Mansur, H.I. 2012. *Bekerja Dengan Fungi Mikoriza Arbuskular*. Bogor : Seameo Biotrop.
- Oktaviani, D., Hasannah, Y., dan Barus, A. 2014. Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max L.*) Dengan Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Dan Konsorsium Mikroba. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2 (2):905-918.
- Palasta, A., dan Rini, M., N. 2017. Pemanfaatan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) Di Lahan Pasca Tambang Batubara. *Jurnal Silviculture Tropika*. 9 (3):160-166.
- Paulina, M., Mansur, I., dan Junaedi, A. 2020. Evaluasi Pertumbuhan Bibit Aren (*Arenga piñata- (wurmb) (Merr)* Terhadap Pemupukan P dan Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula. *Jurnal Sains*. 10 (2):74-86 ISSN 2354-6379 EISSN 2686-3510.
- Pareira, M.S., Mansur, I., dan Wulandari, D. 2018. Pemanfaatan FMA dan Tanaman Inang Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Cendana (*Santalum album Linn.*). *Jurnal Silviculture Tropika*. 9 (3):151-159.
- Pratama, R., E., Mardhiansyah, M., dan Oktorini, Y., 2015. Waktu Potensial Aplikasi Mikoriza dan *Trichoderma spp* Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai *Acacia mangium*. *Jurnal Faperta*. 2 (1):1-11.

- Purwowidodo. 1991. *Gatra Tanah Dalam Perbangunan Hutan Tanaman*. Bogor : IPB Press.
- Puspita, R.D., Desna, A.D, Husin., Irzaman., H.Darmasetiawan., Siswandi. 2010. Tungku Sekam Sebagai Bahan Bakar A; Alternatif Pada Sterilisasi Media Jamur Tiram. *Jurnal Berkala Fisika*. 13 (2):45-48.
- Putu, I, S., Dulur, D., Wayan N., dan Sutrisno. 2021. Pengaruh Pemberian Mikoriza Arbuskular, Pupuk Urea dan Pupuk Organik Cair Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah. *Prosiding Sainstek*.3. ISSN: 2774-8057.
- Prasetyo, R., Sasli, I., dan Ramadhan, T.H. 2019. Identifikasi Vegetasi dan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Pada Lahan Bekas Tambang. *Jurnal Agroekoteknologi*. 47 (3):217-223.
- Pulungan, I.A. 2017. Pengaruh Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Terhadap Pertumbuhan Bibit Jabon (*Anthocephalus macrophyllus* ROXB Havi). *Skripsi*. Fakultas Kehutanan. Universitas Jambi.
- Purba, P.R.O., Rahmawati, N., Kardhinata, E.H., dan Sahar, A. 2014. Efektivitas Beberapa Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Tanaman Karet (*Hevea brassiliensis*) di Pembibitan. *Jurnal Agroekoteknologi*. 2 (2):919-932.
- Rumondang, J. dan Setiadi, Y. 2011. Evaluasi Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dan Respon Pertumbuhannya Terhadap Jati (*Tectona grandis* Linn. F.) di Persemaian. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 2 (3):194-197.

- Salim, A., Noly, dan Z.A., Suwirmen.2015. Pertumbuhan Bibit Karet (*Hevea brasiliensis*)Setelah Pemberian Beberapa Dosis Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Indigineous Dari Hutan Pendidikan Dan Penelitian Biologi (HPPB) Universitas Andalas Padang. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 4 (1):31-37.
- Saleh,I., dan Atmaja, I.S.W. 2017. Efektivitas Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) Terhadap Produksi Bawang Merah Dengan Teknik Pengairan Berbeda. *Jurnal Hortikultura Indonesia*.8 (2):120-127.
- Sari, A.Z. Noli dan Suwiren.2016. Pertumbuhan Bibit Surian (*Toona sinensis*) Yang Diinokulasi Mikoriza Pada Media Tanam Tanah Ultisol. *Jurnal Al-Kaunyah Jurnal Biologi*. 9 (1):1-9.
- Sari, S dan Indrawati, W. 2019.Aplikasi Berbagai Jenis Pupuk Organik Terhadap Karakter FMA Pada Rhizosfer Tebu Bud Chip.*Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 17 (3):1-10.
- Sahara, N., Wardah., dan Rahmawati. 2019. Populasi Fungi Dan Bakteri Tanah Di Hutan Pegunungan Dan Dataran Rendah Di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah.*Jurnal Forest Sains*.16 (2):85-93.
- Setiadi, Y dan Setiawan, A. 2011.Studi Status Fungi Mikoriza Arbuskula di Areal Rehabilitasi Pasca Penambangan Nikel (Studi Kasus PT INCO Tbk. Sorowako, Sulawesi Selatan). *Jurnal Silvikultur Tropika*.03 (1):88-95.
- Singh dan Jamaludin. 2011. Role Of Microba Inoculant On Growth And Establishment Of Plantasion And Natural Regeneration In Limestone Mined Spoils. *Journal Of Agricultural Science*.6 (6):707-712.

- Sitompul, S.M dan Guritmo, B. 1995.*Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Syamsiyah, F., dan Yuliani.2019. Kepadatan Spora dan Status Infeksi Mikoriza Vesikula Arbuskula di Rizosfer Tembakau (*Nicotiana tabacum L.*)Varietas Lokal Jawa Timur Pada Lahan Cekaman Kekeringan. *Jurnal Biologi*. ISSN. 2252-3979.
- Septiyeni, W., Yeliyanti, U., dan Murni, P. 2016.Pengaruh Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Terhadap Pertumbuhan Bibit Jelutung Rawa (*Dyera lowii HOOK.F.*).*Jurnal Biospecies*. 9 (2):12-17.
- Suparno., Sirenden, R.,T., dan Winerungan, S.,A.,J. 2015. Hasil Tanaman Melon (*Cucumis melo L*) Setelah Pemupukan Posfor Dan Gandasil B. Pada Tanah Gambut Pedalaman..*Jurnal Agri Peat*. 16 (1):28-35.
- Tamin, P.R dan Puri, R.S. 2020.Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskular Dan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Pertumbuhan Bibit Aren Pada Tanah Ultisol..*Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*. ISSN: 2580-2240. 4:99-109
- Tjitrosoepomo, G. 2002. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Utama, S. 2019. Respon Pemberian Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Mikoriza Vesikular Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Kedelai (*Glycine max (L) Merr*) Di Tanah Ultisol..*Skripsi*. Program Studi Pertanian. Universitas Sumatera Utara : Medan.

- Updhayaya, H., Panda, S., K., Bhattacharjee, MK., dan Duta, S. 2010. Role Arbuscular In Heavy Metal Tolerance In Plants : Prospect For Phytoremediation. *Journal Phytol.*2 (7): 16-27.
- Widiyanto, A., dan Siarudin, M. 2013.Karakteristik Daun dan Rendemen Minyak Atsiri Lima Jenis Tumbuhan Kayu Putih.*Jurnal Penelitian Hasil Hutan.* 31 (4): 235-241.
- Yahya, S. 2018. Pengembangan Teknologi Produksi Tanaman Berkelanjutan. *Jurnal Buletin Pengembangan Berkelanjutan.* 2 (1).
- Yeh, C., H., Wang, Y., S dan Yieh, K. 2019.Respon Pertumbuhan Bibit Pulai (*Alstonia scholaris*) Terhadap Cuka Kayu Dan Naungan.*Jurnal Hutan Lsetari.* 7 (3): 1321-1327.
- Yusriadi., Pata'dungan, Y.S., Hasanah, U. 2018. Kepadatan dan Keragaman Spora Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Daerah Perakaran Beberapa Tanaman Pangan Di Lahan Pertanian Desa Sidera.*Jurnal Agroland.* 25 (1): 64-73.

LAMPIRAN

1. Proses penyiapan biji kayu putih yang akan disemai



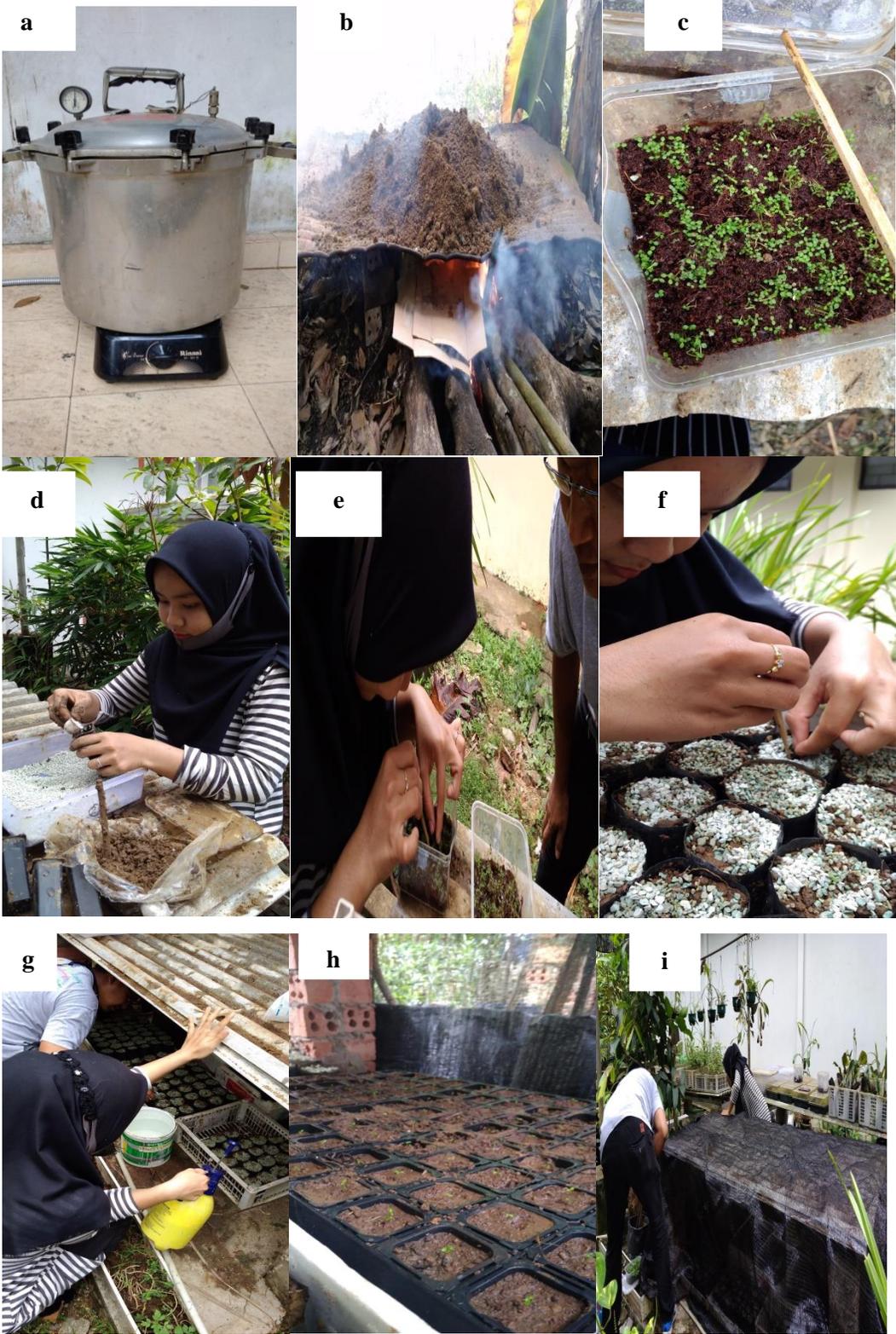
Keterangan:Penjemuran biji kayu putih hari pertama (a) dan hari kedua (b); penyaringan biji yang telah kering (c); dan biji yang siap semai (d).

2. Proses penyemaian bibit kayu putih



Keterangan:Penyemaian dilakukan dengan menyaring pasir ke dalam bak tabur (a); penyiraman media pasir agar keadaan tetap lembab (b); sterilisasi biji (c); dan penutupan bak tabur menggunakan plastik selama 30 hari (d).

3. Proses inokulasi FMA pada semai kayu putih



Keterangan: Inokulasi FMA pada semai kayu putih dilakukan dengan tahapan sterilisasi media semai menggunakan autoklaf (a), drum (b); penyiapan semai (c); penyiapan media semai steril (d); pengambilan semai (e); inokulasi FMA pada semai kayu putih di media dalam polibag (f); pemeliharaan hanya menyiram (g); kondisi semai setelah inokulasi (h); pemasangan waring.

4. Semai kayu putih 1 bulan di persemaian.



Keterangan: Semai kayu putih di persemaian umur 1 bulan setelah inokulasi dengan perlakuan M0Ta (a); MyTa (b); M0Td (c); dan MyTd (d).

5. Semai kayu putih 2 bulan di persemaian.



Keterangan: Semai kayu putih di persemaian umur 2 bulan setelah inokulasi dengan perlakuan M0Ta (a); MyTa (b); M0Td (c); dan MyTd (d).

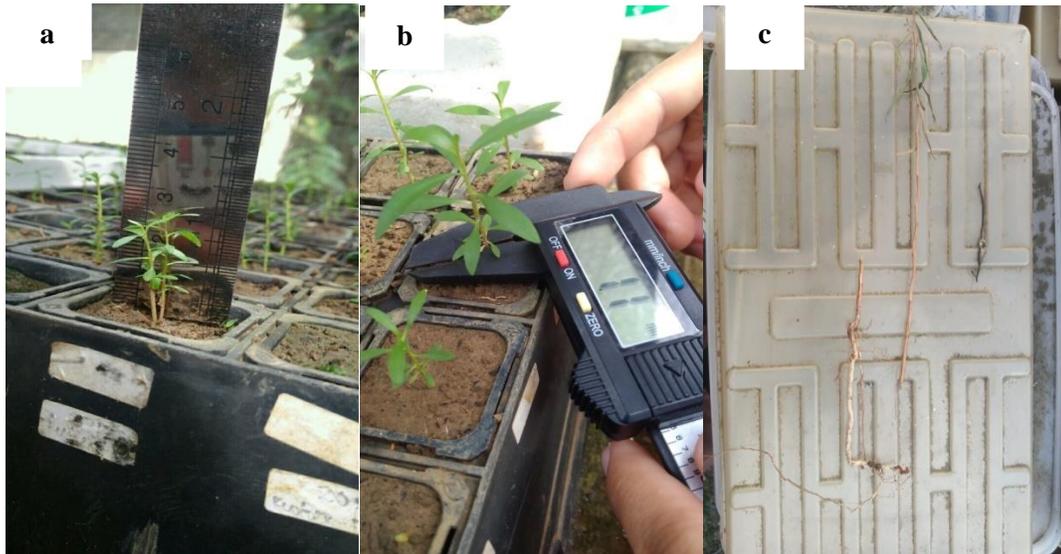
6. Semai kayu putih 3 bulan di persemaian.





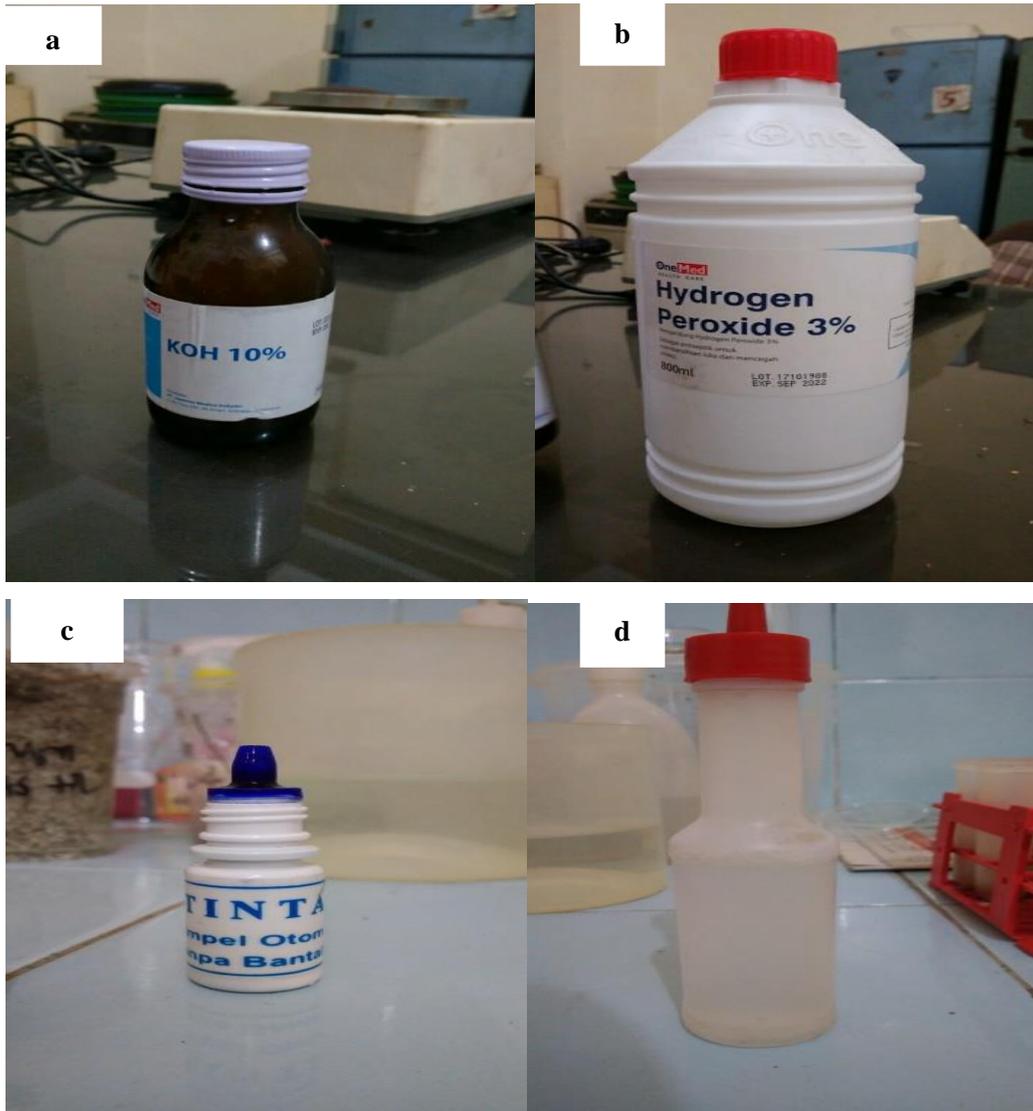
Keterangan: Semai kayu putih di persemaian umur 3 bulan setelah inokulasi dengan perlakuan M0Ta (a); MyTa (b); M0Td (c); dan MyTd (d); serta perbandingan pertumbuhan umur 3 bulan setelah inokulasi (e dan f).

7. Pengukuran tinggi dan diameter



Keterangan: Tahapan pengukuran tinggi semai kayu putih dengan menggunakan mistar (cm) dan diameter semai kayu putih menggunakan kaliper (mm) (a dan b); batas pucuk x akar yang akan dilakukan penyetaraan biomassa (c).

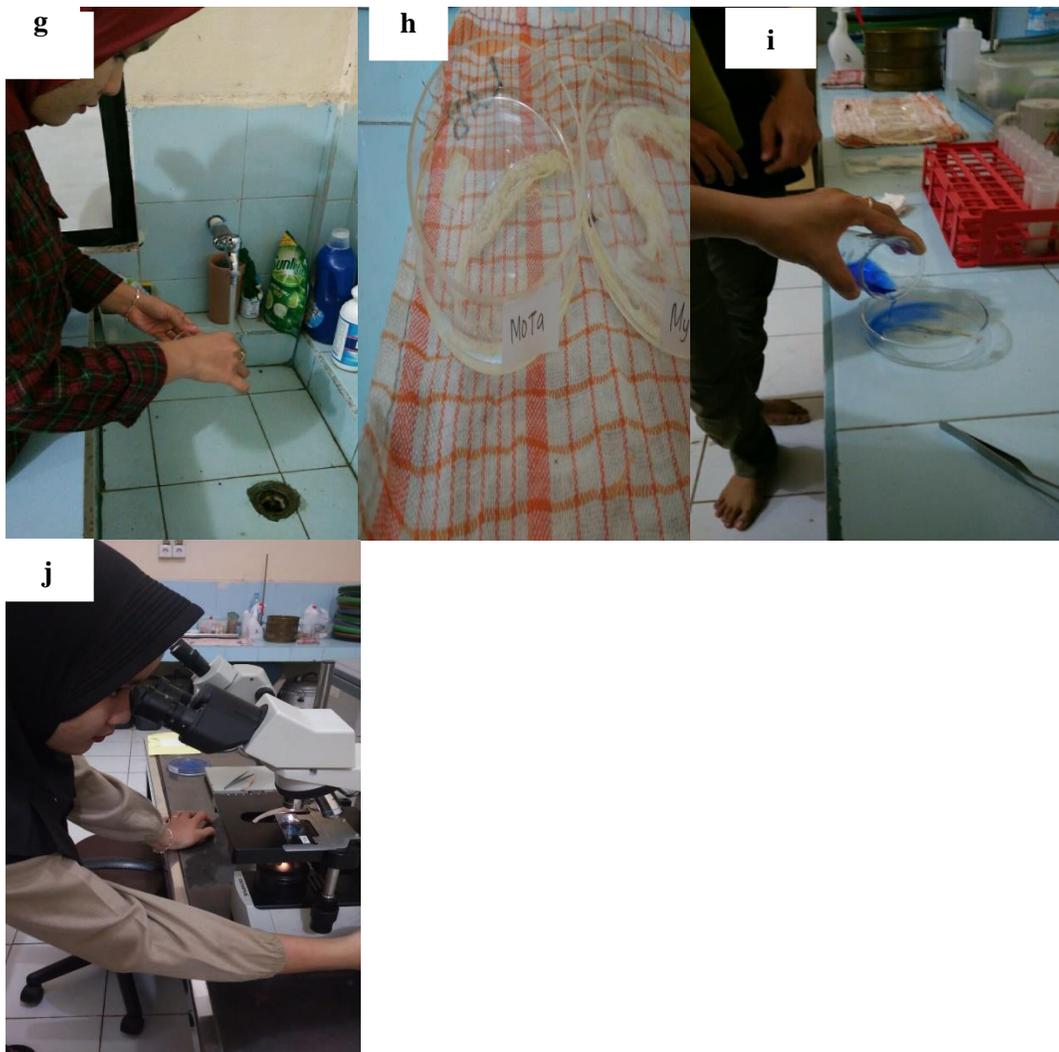
8. Proses pewarnaan akar kayu putih



Keterangan: Bahan kimia yang digunakan adalah KOH 10% (a); H_2O_2 3% (b); tinta pena (c); cuka (d).

9. Proses penyetaraan biomassa





Keterangan: Penyetaraan biomassa dilakukan melalui tahapan penimbangan bahan akar x pucuk semai kayu putih (a); penyiapan oven (b); dan memasukkan sampel akar x pucuk dalam amplop semai dengan perlakuan dalam penelitian (c); akar yang direndam dengan bahan kimia (d); bahan akar yang diamati di rendam dalam KOH (e x f); dicuci dengan air mengalir (g); perendaman akar dalam H_2O_2 3% (h); perendaman dalam larutan cuka dan tinta pena (i); dan pengamatan infeksi akar pada akar yang telah diwarnai (j).

RIWAYAT HIDUP



Nama : Rahima Anggraini
TTL : Dumai, 20 Desember 1997
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Perempuan
Kewarganegaraan : Indonesia
Status : Belum Menikah
Alamat : Jln. Gubernur H.A. Bastari Perum Taman Ogan Permai (TOP)
Blok E.3 No. 18 RT 29 RW 08 Sebrang Ulu 1 Palembang
Sumatera Selatan
Email : rahima.anggraini20@gmail.com.

Riwayat Pendidikan

- 2004-2010 SD NEGERI 014 DAHRUL IKHSAN- DUMAI
- 2010-2013 SMP NEGERI 6 PRABUMULIH
- 2013-2016 SMA NEGERI 1 LEMBAK
- 2016-2021 UIN RADEN FATAH PALEMBANG