

TA/TL/2020/1239

TUGAS AKHIR

**POTENSI CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR
UNTUK RESTORASI KAWASAN KARST**

: Studi kasus di persemaian Bukit Plencing

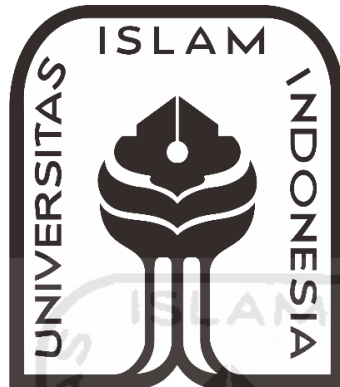
**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**ZEHAN FARANDI
16513141**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020**

TUGAS AKHIR
POTENSI CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR
UNTUK RESTORASI KAWASAN KARST
: Studi kasus di persemaian Bukit Plencing
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

ZEHAN FARANDI
16513141

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Jumi Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

NIK. 165131306

Tanggal: 11 November 2020

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

NIK. 185130401

Tanggal: 12 November 2020

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 18 November 2020

HALAMAN PENGESAHAN

**POTENSI CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR
UNTUK RESTORASI KAWASAN KARST
: Studi kasus di persemaian Bukit Plencing**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu
Tanggal : 18 November 2020

Disusun Oleh:

ZEHAN FARANDI
16513141

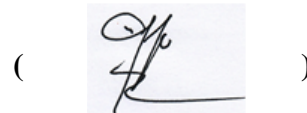


Tim Penguji :

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

()

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

()

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 18 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Zehan Farandi

NIM: 16513141

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskular Untuk Restorasi Kawasan Karst : Studi kasus di persemaian Bukit Plencing”** ini yang dilaksanakan terhitung mulai Juli 2019.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. yang berkat nikmat sehat, kekuatan, dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas ini.
2. Kedua orangtua yang senantiasa mendukung dan mendoakan kami untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing I atas bimbingan dan arahan mulai dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. sebagai dosen pembimbing II atas bimbingan dan arahan mulai dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak ibu laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan atas dampingan dan bimbingannya selama melakukan penelitian di laboratorium.
6. Laboratorium SEAMEO Biotrop Bogor yang telah membantu dalam menganalisis sampe penelitian.
7. Teman-teman seperjuangan penelitian ini yaitu Tri, Dinda, Puspa, Aim, Nindy, Adib, dan Naufal atas bantuannya dan dukungan penuh.
8. Sahabat dan teman-teman Program Studi Teknik Lingkungan angkatan 2016 atas doa dan dukungannya selama ini.
9. Pihak Panti Yatim Kreatif Mandiri, Imogiri, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta atas ketersediaan tempat dan waktunya dalam menunjang keberhasilan penelitian ini.
10. Semua pihak yang telah membantu sampai pada saat ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi menjadikan laporan tugas akhir ini lebih baik. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan sebagai referensi penelitian berikutnya.

Yogyakarta, 20 Juli 2020

Zehan Farandi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



ABSTRAK

ZEHAN FARANDI. Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskular Untuk Restorasi Kawasan Karst : Studi kasus di persemaian Bukit Plencing. Dibimbing oleh Dr. JONI ALDILA FAJRI, S.T., M.Eng dan DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Desertifikasi Bebatuan Karst atau Karst Rocky Desertification (KRD) adalah bentuk akhir yang menyebabkan penurunan kualitas tanah di kawasan karst. Untuk menanggulangi Desertifikasi Bebatuan Karst di wilayah Bukit Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta perlu dilakukan restorasi dengan cara penanaman pohon disertai penambahan mikroorganisme pada tanaman. Salah satu opsi yaitu dengan menanam tanaman *Melaleuca leucadendron* dengan ditambahkan mikroorganisme Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) jenis *Glomus sp.* Selain menambahkan mikroorganisme dilakukan tiga perlakuan pada media tanam yaitu Media 1 dengan campuran lime rock dan lime soil, Media 2 dengan campuran pupuk kandang kambing, batu kapur, dan tanah kapur, dan Media 3 dengan campuran pupuk kandang kambing, arang aktif, lime rock dan lime soil. Penambahan pembenah tanah dan mikroorganisme digunakan untuk membantu pertumbuhan tanaman pada area Karst yang memiliki unsur hara yang rendah dan yang memiliki kadar air yang rendah. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah pembenah tanah dan mikroorganisme dapat membantu pertumbuhan tanaman di area Karst. Hasil dari penelitian ini menghasilkan Media 2 sebagai media yang paling optimum untuk pertumbuhan tanaman dan Media 1 sebagai media yang hasilnya paling bagus pada pertumbuhan dengan CMA.

Kata kunci: Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA), Karst, *Melaleuca leucadendron*

ABSTRACT

ZEHAN FARANDI. *Potential of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Restoration of Karst Area: Case study in the Plencing Hill nursery. Supervised by Dr. JONI ALDILA FAJRI, S.T., M.Eng and DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D.*

*Karst Rocky Desertification (KRD) is the final form that causes a decrease in soil quality in karst areas. To overcome the desertification of Karst rocks in the Mount Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta needs restoration by planting trees along with the addition of microorganisms to plants. One option is to plant *Melaleuca leucadendron* plants with the addition of the Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) microorganism type *Glomus sp.* In addition to adding microorganisms, three treatments were carried out on the planting medium, namely Media 1 with a mixture of lime rock and lime soil, Media 2 with a mixture of goat manure, limestone and lime soil, and Media 3 with a mixture of goat manure, activated charcoal, lime rock and lime soil. The addition of soil repairers and microorganisms is used to help plant growth in the Karst area which has low nutrient content and which has low water content. This aims to determine whether soil repairers and microorganisms can help plant growth in the Karst area. The results of this study resulted in Media 2 as the most optimum medium for plant growth and Media 1 as the medium with the most good results on growth with AMF.*

Keywords: *Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), Karst, *Melaleuca leucadendron**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
DAFTAR NOTASI.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah,	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Wilayah Karst.....	5
2.2 Restorasi Lahan	6
2.3 Tanaman Uji	8
2.3.1 <i>Melaleuca leucadendron</i>	8
2.4 Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA).....	8
2.5 Penelitian Terdahulu.....	10
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	13
3.2 Tahapan Penelitian.....	13
3.2.1 Pembuatan Media.....	14
3.2.2 Karakterisasi Tanah.....	15
3.2.3 Inokulasi Mikoriza	16
3.2.4 Penanaman	17
3.2.5 Penyiraman dan Perawatan	19
3.2.6 Sampling Pertumbuhan Tanaman	19
3.2.7 Pemanenan dan Pengambilan Sampel.....	20
3.3 Prosedur Analisis Data	20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian.....	21

4.2.1 Karakteristik Tanah Sebelum Penanaman.....	21
4.3 Hasil dan Analisis Pertumbuhan Tanaman Dengan Perlakuan dan Kontrol	23
4.3.1 Tinggi Tanaman	23
4.3.2 Diameter Tanaman	23
4.3.3 Jumlah Daun.....	24
4.3.4 Jumlah Tunas.....	25
4.3.5 Berat Jaringan Akar Basah.....	27
4.3.6 Berat Jaringan Atas Basah.....	28
4.3.7 Berat Jaringan Akar Kering.....	28
4.3.8 Berat Jaringan Atas Kering	29
4.4 Analisis Pengaruh Media Tanam Dengan Inokulasi <i>Glomus sp.</i> Terhadap Pertumbuhan Tanaman	30
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
Daftar Pustaka.....	35
Lampiran.....	39
RIWAYAT HIDUP	52



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kajian Penelitian Terdahulu	9
Tabel 2 Pelabelan Tanaman	17
Tabel 3 Karakteristik Tanah Media 1 Sebelum Tanam	21
Tabel 4 Karakteristik Tanah Media 2 Sebelum Tanam	21
Tabel 4 Karakteristik Tanah Media 3 Sebelum Tanam	22



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pertukaran unsur hara dalam tanah dan akar tanaman dengan bantuan CMA	7
Gambar 2. Kerja Arang Aktif pada Serapan Hara Tanaman.....	7
Gambar 3. Lokasi Penelitian	13
Gambar 4. Tahapan Penelitian	14
Gambar 5. Pembuatan Media	15
Gambar 6. Karakterisasi Tanah	16
Gambar 7. Inokulasi Mikoriza	17
Gambar 8. Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman <i>Melaleuca leucadendron</i>	23
Gambar 9. Grafik Pertumbuhan Diameter Tanaman <i>Melaleuca leucadendron</i>	24
Gambar 10. Grafik Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman <i>Melaleuca leucadendron</i> ...	25
Gambar 11. Grafik Pertumbuhan Jumlah Tunas Tanaman <i>Melaleuca leucadendron</i> .	26
Gambar 12. Grafik Berat Jaringan Akar Basah	27
Gambar 13. Grafik Berat Jaringan Atas Basah	28
Gambar 14. Grafik Berat Jaringan Akar Kering	29
Gambar 15. Grafik Berat Jaringan Atas Kering	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat.....	36
Lampiran 2. Bahan	37
Lampiran 3. Foto Pertumbuhan Tanaman	38
Lampiran 4. Hasil uji Anova Berat Jaringan Akar Basah tanaman Kayuputih Mikoriza dan Kontrol.....	44
Lampiran 5. Hasil uji Anova Berat Jaringan Atas Basah tanaman Kayuputih Mikoriza dan Kontrol.....	46
Lampiran 6. Hasil uji Anova Berat Jaringan Akar Kering tanaman Kayuputih Mikoriza dan Kontrol.....	48
Lampiran 7. Hasil uji Anova Berat Jaringan Atas Kering tanaman Kayuputih Mikoriza dan Kontrol.....	50



DAFTAR NOTASI

M1 = Media 1

M2 = Media 2

M3 = Media 3



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bentang alam karst adalah salah satu bentang utama alam alami yang ada di dunia. Secara menyeluruh wilayah karst telah mencapai > 22 juta km² (Ford dan Williams, 2013). Wilayah karst menempati sekitar 15% dari total luas daratan di dunia dan memasok sekitar 20-25% sumber daya air tawar di dunia (Parise *et al.*, 2015; Sweeting, 1992). Disebabkan oleh latar belakang geologi yang unik dan aktivitas manusia, degradasi batuan karst dengan erosi tanah yang serius, paparan batuan dasar, dan penurunan produktivitas menjadi suatu permasalahan dan terjadi di barat daya Cina, bagian utara dan sentral Vietnam, dan pulau Jawa yang ada di Indonesia (Durringer *et al.*, 2012; Kiernan, 2010; Stas *et al.*, 2017; Yuan, 2001). Salah satu kawasan karst di Indonesia yaitu Kawasan Karst Gunung Sewu yang dimana daerah ini memiliki topografi Karst yang terbentuk oleh proses pelarutan batuan kapur (Hanang Samodra, 2001). Bentang alam kawasan karst Gunung Sewu meliputi beberapa Kabupaten antara lain Kabupaten Pacitan, Kabupaten Gunung Kidul, Kabupaten Bantul, dan Kabupaten Wonogiri. Bukit Plencing masuk ke dalam Kecamatan Imogiri yang merupakan bagian dari bentangan karst Gunung Sewu di Kabupaten Bantul bersamaan dengan Kecamatan Dlingo. Selain Kecamatan Imogiri dan Kecamatan Dlingo tidak termasuk dalam bentang alam karst Gunung Sewu (Kep.Men. Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia No : 3045 K/40/MEM/2014).

Desertifikasi Bebatuan Karst atau Karst Rocky Desertification (KRD) adalah bentuk akhir yang menyebabkan penurunan kualitas tanah di kawasan karst (Chen *et al.*, 2011). Destruksi vegetasi adalah salah satu penyebab paling penting terjadinya perkembangan KRD (Gutiérrez *et al.*, 2014; Jiang, Lian and Qin, 2014; Lu *et al.*, 2014). Sehingga restorasi vegetasi adalah salah satu langkah paling efektif untuk mencegah penggurunan batuan karst (Li *et al.*, 2018). Restorasi vegetasi di daerah KRD dihadapkan dengan permasalahan fragmentasi habitat, lapisan tanah permukaan dangkal, nutrisi tanah yang relatif buruk, pasokan air tanah yang tidak mencukupi, dan banyak pembatas lain pada pertumbuhan tanaman (Jiang *et al.*, 2014).

Berdasarkan permasalahan Karst Rocky Desertification (KRD) yang berpotensi muncul di daerah karst, restorasi merupakan langkah penting untuk memecahkan permasalahan tersebut. Restorasi akan dilakukan pada area karst di Bukit Plencing (Bagian Gunung Sewu) dengan menggunakan pendekatan tanah dengan penambahan pupuk kandang dan arang aktif. Arang aktif merupakan produk kayu karbon yang terurai secara termal yang diperoleh yang membentuk *sink* signifikan jangka panjang. Efek menguntungkan yang di dapatkan dari penambahan arang aktif adalah peningkatan kesuburan tanah dan siklus hara pada tanah. Ini berfungsi sebagai perlindungan bagi koloni jamur dan komunitas bakteri, serta memberi mereka perlindungan terhadap predator tanah alami. Dalam penelitian ini mikroorganisme yang digunakan merupakan Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA). CMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil panen terutama di tanah (asam) yang kekurangan nutrisi dan dapat menjadi pengganti pupuk kimia. CMA yang digunakan dalam restorasi ini adalah *Glomus clarum*. (Aggangan *et al.*, 2019).

Sedangkan untuk tanaman yang digunakan restorasi adalah *Melaleuca leucadendron* yang mana tanaman tersebut merupakan inang bagi CMA yang penggunaannya akan lebih optimal karena pada bagian akar dapat terinfeksi oleh CMA. Selain itu *Melaleuca leucadendron* merupakan tanaman tingkat tinggi yang mana cocok dalam penerapan CMA untuk restorasi. Penggunaan tanaman *Melaleuca leucadendron* juga sesuai dengan kondisi area penelitian yang mana merupakan area karst yang cenderung kering . Restorasi vegetasi sendiri mencari tanaman yang dapat hidup dalam kondisi lingkungan karst dan dengan umur yang panjang sehingga dapat mempertahankan kondisi tanah dari permasalahan Desertifikasi Bebatuan Karst (KRD). Selain itu *Melaleuca leucadendron* memiliki nilai ekonomis untuk masyarakat sekitar seperti daunnya dapat di panen secara berkala untuk kebutuhan industri contohnya industri minyak (Darwo, 1997; Lutony, 1994). Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya KRD serta memiliki dampak positif pada lingkungan dan masyarakat. Penelitian ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Aggangan *et al* (2019) dengan mengganti lokasi penelitian dan jenis tanaman yang digunakan yang awalnya menggunakan *Theobroma cacao L* (Kakao) menjadi *Melaleuca leucadendron*. Penelitian ini dilakukan dalam skala persemaian.

1.2 Perumusan Masalah,

Degradasi / desertifikasi di area karst Bukit Plencing (Gunung Sewu) masih menjadi masalah yang belum terselesaikan, sehingga dibutuhkan solusi berupa restorasi tahap awal yang akan membantu dalam penyelesaian masalah. Adapun rumusan masalah antara lain ;

1. Bagaimana pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendron* dengan pembenahan tanah di Lahan Karst Bukit Plencing dalam skala persemaian ?
2. Bagaimana pengaruh Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) jenis *Glomus clarum* terhadap pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendron* dengan pembenahan tanah di Lahan Karst Bukit Plencing dalam skala persemaian ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian di Lahan Karst Bukit Plencing (Gunung Sewu) ini antara lain ;

1. Mempelajari pengaruh pembenah tanah terhadap pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendron* di Lahan Karst Bukit Plencing skala persemaian.
2. Mempelajari pengaruh Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) jenis *Glomus clarum* terhadap pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendron* dengan pembenahan tanah di Lahan Karst Bukit Plencing skala persemaian.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah;

1. Pengembangan ilmu teknik lingkungan terutama di bidang restorasi/ perbaikan dan pemanfaatan lahan dengan pendekatan bahan pembenah tanah dengan inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) jenis *Glomus clarum* pada tanaman *Melaleuca leucadendron* di Area Karst Bukit Plencing skala persemaian.
2. Memberikan Informasi mengenai pengaplikasian / penerapan restorasi dengan pendekatan bahan pembenah tanah dengan inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) jenis *Glomus clarum* pada tanaman *Melaleuca leucadendron* di Area Karst Bukit Plencing

3. Menjadi bahan acuan dalam melakukan restorasi pada area Karst dengan metode yang sama dan dapat menjadi acuan untuk penelitian serupa.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dalam penelitian ini adalah

1. Penelitian ini dilakukan di Bukit Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta yang merupakan pengunungan dengan batuan Karst.
2. Motode yang digunakan adalah dengan menanam tanaman *Melaleuca leucadendron* di Area Karst Bukit Plencing dengan perlakuan tiga media dengan komposisi: Media satu batu kapur (*lime rock*) dan tanah kapur (*lime soil*); Media dua dengan campuran batu kapur (*lime stone*), tanah kapur (*lime soil*), dan pupuk kandang; Media tiga dengan campuran batu kapur (*lime stone*), tanah kapur (*lime soil*), pupuk kandang, dan biochar. Dengan penambahan Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) jenis *Glomus clarum*,
3. Pengamatan dan pelaksanaan dilakukan sekala persemaian (nursery).
4. Parameter penelitian yang diamati meliputi karakteristik kimiawi media tanam (pH, EC, N, P-tersedia, K, Ca, Mg) dan pertumbuhan tanaman atau parameter fisik ((kadar air tanah, tinggi batang, diameter batang, jumlah daun, berat basah, dan berat kering)
5. Waktu Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan selama 6 bulan.



“Halaman ini Sengaja di kosongkan”



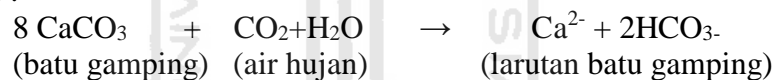
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Wilayah Karst

Karst merupakan bentang alam yang yang dari permukaan maupun bawah permukaan bumi, yang mana dibentuk melalui pelarutan dan pengendapan batuan karbonat oleh aliran air tanah. Proses pelarutan umumnya bersamaan dengan proses-proses lainnya seperti transport larutan pada saluran bawah tana, runtuh, longsoran serta amblesan di permukaan tanah. Proses tersebut dinamakan proses krastifikasi yang berlangsung selama jutaan tahun dan menghasilkan bentang alam karst seperti saat ini. (Ibnu maryanto, 2006). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia karst adalah daerah yang terdiri atas batuan kapur yang berpori sehingga air di permukaan tanah selalu merembes dan menghilang ke dalam tanah (permukaan tanah selalu gundul karena kurang vegetasi).

Fenomena lahan karst terjadi pada daerah yang disusun serta dibentuk dari endapan batuan karbonat yang larut dengan mineral kalsit (CaCO_3), aragonite (CaCO_3), dan dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) namun dapat terjadi pada jenis batuan lain yang terbentuk dari mineral yang mudah larut oleh air seperti halit (NaCl), gypsum ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit (CaSO_4), batuan-batuan sedimen kalsit dengan semen yang mudah larut, maupun bantuan lainnya yang proses pelarutannya sangat mudah. (Ibnu Maryanto, 2006).

Menurut Hanang Samodra (2001) Proses utama dalam terbentuknya bentangan alat karst merupakan pelarutan batuan. Batuan gamping dan bantuan dolomit mudah larut oleh air. Pelarutan yang terjadi dengan terus menerus akan menciptakan bentukan alam yang beraneka ragam. Proses pelarutan yang terjadi dapat digambarkan dalam reaksi kimia yaitu :



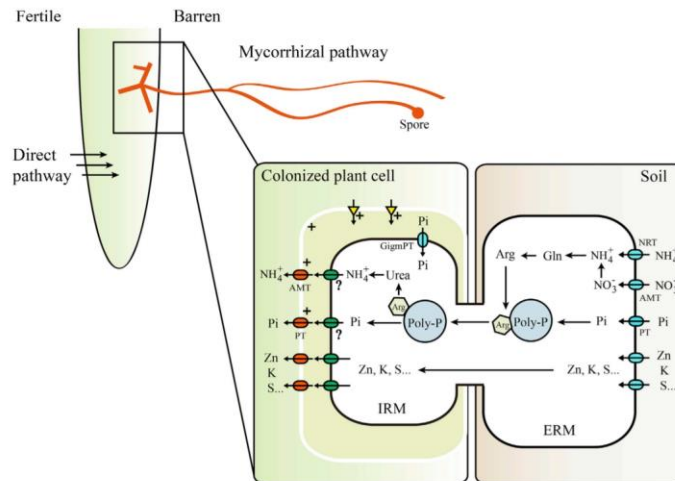
Kawasan karst memiliki karakteristik fisik, kimia dan biologi pada tanahnya. Karakteristik fisik tanah pada kawasan karst memiliki struktur tanah berupa gumpal, memiliki konsistensi tanah lembab teguh dan konsistensi basah lekat dan plastis, memiliki warna tanah cenderung coklat sampai kuning kemerahan, serta memiliki tekstur liat berdebu (Sitinjak *et al.*, 2019). Karakteristik Kimia tanah pada kawasan karst memiliki pH pada landform karst berkisar netral sampai agak alkalis (Wiyono *et al.*, 2006), memiliki kapasitas tukar kation $> 150 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$, dan memiliki nilai kejenuhan basa di atas 50% (Sitinjak *et al.*, 2019). Karakteristik biologi pada kawasan karst cenderung memiliki mikroorganisme tanah yang rendah, kondisi lingkungan kawasan karst tidak mendukung mikroorganisme untuk hidup (Rohmah *et al.*, 2013)

Wilayah karst juga memiliki berbagai macam permasalahan yang menyebabkan karbon tersimpan dalam karst teremisikan atau menghilang. Beberapa gejala umum yang sering terjadi dan menyebabkan permasalahan pada lingkungan di wilayah karst adalah kerusakan kawasan perbukitan karst akibat pertambangan kapur ilegal yang mengambil bantuan kapur dengan meghilangkan tumbuhan yang ada di permukaan yang menyebabkan ancaman degradasi keanekaragaman hayati, perubahan bentang lahan, penurunan kuantitas air tanah, dan penurunan kualitas sabuk hijau. Maka dari itu, sangat diperlukan pelestarian wilayah karst seperti restorasi tanah dan revegetasi. Tujuannya untuk memperbaiki struktur tanah sehingga meningkatkan produktivitas tanah (Surata, 2009)

2.2 Restorasi Lahan

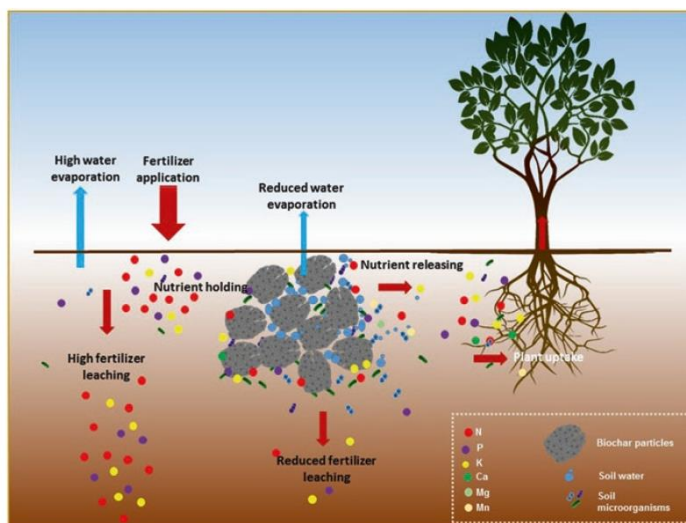
Indrawan *et al.*, (2007) menyatakan bahwa Restorasi ekologi bertujuan untuk mengembalikan kondisi struktur, keanekaragaman, fungsi, serta dinamikanya dari ekosistem terkait. Pengetahuan akan struktur, komposisi, dan fungsi dari hutan alami, serta nilai rata-rata dan variasi kisaran, sangat dibutuhkan untuk menetapkan tujuan restorasi dan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan suatu kegiatan restorasi (Kuuluvainen *et al.*, 2002). Sehingga dalam kegiatan restorasi ekologi dibutuhkan adanya ekosistem acuan yang bisa digunakan untuk menetapkan tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan restorasi tersebut (Kamada, 2005). *Society for Ecological Restoration International and IUCN Commission on Ecosystem Management* (2004) mendefinisikan ekosistem acuan sebagai ekosistem yang sesungguhnya atau model konseptual dari suatu ekosistem yang digunakan untuk menetapkan suatu tujuan dan perencanaan dari suatu proyek restorasi, serta evaluasinya.

Desertifikasi Bebatuan Karst atau Karst Rocky Desertification (KRD) adalah bentuk akhir yang menyebabkan penurunan kualitas tanah di kawasan karst (Chen *et al.*, 2011). Bagaimana mencegah kerusakan tanah dan meningkatkan kualitas tanah adalah tugas utama keselamatan ekologis di daerah tersebut. Destruksi vegetasi adalah salah satu penyebab paling penting terjadinya dan perkembangan KRD (Gutiérrez *et al.*, 2014; Jiang *et al.*, 2014; Lu *et al.*, 2014). Restorasi vegetasi adalah salah satu langkah paling efektif untuk mencegah penggurunan batuan karst (Li *et al.*, 2018). Upaya dalam penanganan masalah pada lahan kering karst adalah dengan pengaplikasian bahan pembenah tanah di dalamnya. Beberapa bahan pembenah tanah yang sering digunakan adalah kapur, abu, dan pupuk kandang. Bahan-bahan ini merupakan bahan organik yang mudah ditemukan di sekitar lingkungan kita, sehingga efektif dan dapat berkelanjutan (Nurida, 2014). Pemberian pupuk kandang pada tanah terbukti berpengaruh pada perbaikan sifat fisik tanah regosol yang didominasi fraksi pasir. Jumlah optimum pemberian pupuk kandang pada tanah adalah 20 ton/ha (Agusni *et al.*, 2014). Pada penyerapan unsur hara, jalur langsung terjadi pada tanah akar dimana tanaman dapat langsung menyerap P/N dari tanah. Pada mikoriza Phosphorus (Pi) diserap oleh miselium ekstraseluler (ERM) dari tanah sekitarnya oleh pembawa masuk atau importir fungsi fosfat. Amonium (NH_4^+) dan / Nitrate (NO_3^-) diambil oleh ERM dan diasimilasi menjadi glutamin (Gln) dan menjadi arginine (Arg^+). K, Ca, Mg, S dan Ion logam diserap oleh ERM; transporter metalion pada tanaman inang. CMA dapat meningkatkan serapan tanaman inang K, dan memodulasi respon tanaman terhadap batasan K jangka panjang (Wang *et al.*, 2017). Penyerapan pada akar dan tanah ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Pertukaran unsur hara dalam tanah dan akar tanaman dengan bantuan CMA (Wang *et al*, 2017)

Arang aktif merupakan produk kayu karbon yang terurai secara termal yang diperoleh yang membentuk sink signifikan dalam jangka panjang. Efek menguntungkan yang diperoleh termasuk peningkatan kesuburan tanah dan siklus hara. Ini berfungsi memberikan perlindungan bagi koloni jamur dan komunitas bakteri yang ada, serta memberi mereka perlindungan terhadap predator tanah alami. Selain itu, aplikasi arang aktif pada tanah masam menghasilkan kimia tanah dan lingkungan biologis yang lebih baik, yang secara positif mempengaruhi pertumbuhan dan hasil panen dari tanaman tersebut. Arang aktif juga bermanfaat bagi sistem pertanian dan pertanian di tanah masam dengan nutrisi rendah, terutama di negara tropis. Arang aktif telah diketahui memiliki waktu tinggal rata-rata di tanah kurang lebih 10.000 tahun (Aggangan *et al*, 2019). Arang aktif juga berfungsi sebagai pengikat air dan unsur hara dalam pupuk agar tidak langsung larut dan turun ke dalam tanah serta menahan air untuk tidak cepat menguap. Arang aktif juga mengikat dan menjaga mikroorganisme tanah sehingga tidak ikut larut dengan rembesan air (Gunarathne *et al*, 2017). Berikut merupakan gambaran fungsi arang aktif pada tanah yang di tunjukan pada gambar 2.



Gambar 2. Kerja Arang Aktif pada Serapan Hara Tanaman (Gunarathne *et al*, 2017)

2.3 Tanaman Uji

2.3.1 *Melaleuca leucadendron*

Tumbuhan *Melaleuca leucadendron* (L.) L, merupakan tumbuhan yang menghasilkan minyak atsiri yang mana daun pada tumbuhan ini mengandung minyak atsiri sekitar 0,5 -1,5% tergantung efektivitas dari penyulingan dan kadar minyak yang terkandung terhadap bahan yang disuling. Sistematika taksonomi tumbuhan ini adalah sebagai berikut: Kingdom : *Plantae*, Divisio : *Spermatophyta*, Kelas : *Dicotyledonae*, Ordo : *Myrtales*, Family : *Myrtaceae*, Genus : *Melaleuca*, Spesies : *Melaleuca leucadendron*, (L.) L (Lutony, 1994).

Tanaman *Melaleuca leucadendron* atau kayu putih merupakan tumbuhan perdu yang mempunyai batang pohon kecil dengan banyak anak cabang yang menggantung ke bawah. Daunnya memiliki bentuk lancip dengan tulang daun yang sejajar. Bunga *Melaleuca leucadendron* berwarna merah, sedangkan kulit batang kayunya berlapis-lapis dengan permukaan batang terkelupas. Keunggulan tanaman ini adalah mampu bertahan hidup di tempat yang kering, di tanah yang berair, atau di daerah yang banyak memperoleh guncangan angin atau sentuhan air laut. Tanaman ini tumbuh liar di daerah yang berhawa panas. Tanaman *Melaleuca leucadendron* tidak memiliki persyaratan tumbuh yang spesifik. Pohon *Melaleuca leucadendron* dapat mencapai ketinggian 45 kaki atau 13-14 meter. Dari ketinggian antara 5 - 450 m di atas permukaan laut, terbukti bahwa tanaman yang satu ini memiliki toleransi yang cukup baik untuk hidup pada daerah apapun (Lutony, 1994). *Melaleuca leucadendron* dapat tumbuh dalam keadaan solum yang tipis sehingga daya dukung yang ada di lahan lapangan sudah cukup untuk pertumbuhan tanaman tersebut (Surata, 2009).

2.4 Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA)

Mikoriza disebut sebagai jamur tanah, karena hifa dan sporanya berada di dalam tanah terutama di area rhizosfer tanaman. Berdasarkan pada bentuk morfologi hifa mikoriza yang mengkolonisasi akar cendawan mikoriza dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu ektomikoriza, endomikoriza, dan ektendomikoriza (Brundrett *et al.*, 1996).

Cendawan ektomikoriza memiliki ciri-ciri yaitu terbentuknya jaringan hifa di luar korteks akar tanaman, akar yang terinfeksi akan semakin membesar, dan tampak hifa yang membentuk struktur seperti jala atau jarring di antara dinding sel jaringan korteks yang biasa disebut dengan hartig net. Endomikoriza merupakan cendawan yang mampu membentuk hifa eksternal dan internal, kolonisasi hifa internal berkembang di dalam korteks akar dengan membentuk vesikel dan atau arbuskula. Ektendomikoriza adalah cendawan mikoriza yang memiliki ciri-ciri antara ektomikoriza dan mikoriza. Hifa yang terbentuk baik eksternal maupun internal sangat sedikit, penyebarannya yang terbatas dalam tanah-tanah hutan sehingga pengetahuan tentang ektendomikoriza masih sangat terbatas. Salah satu contoh cendawan endomikoriza adalah Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) (Widiastuti and Sukarno, 2005).

Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara jamur (*myces*) dengan akar (*rhiza*) pada tanaman tingkat tinggi. Cendawan memperoleh nutrisi berupa karbohidrat dalam bentuk gula sederhana (glukosa) dari tanaman. Sebaliknya, cendawan menyalurkan air dan hara tanah ke dalam tumbuhan (Hesti. L dan Tata, 2009). Menurut Hapsah (2008), CMA dapat berasosiasi dengan hampir 90% spesies tanaman tingkat tinggi. Tanaman kedelai, jagung, gandum, dan

beberapa tanaman perkebunan seperti pepaya, tebu, palem, tembakau, teh, kapas, karet, kopi, jeruk, mente, dan apel merupakan contoh tanaman yang dapat terkolonisasi efektif dengan mikoriza.

Struktur utama CMA adalah arbuskula, vesikula, hifa eksternal dan hifa internal. Arbuskula adalah struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pepohonan kecil di dalam korteks akar inang / tanaman. Arbuskula memiliki fungsi sebagai tempat pertukaran zat-zat metabolit primer antara cendawan mikoriza dan akar tanaman inang (Brundrett *et al.*, 1996). Menurut Hapsah (2008), arbuskula memiliki peran yang sangat penting, yaitu sebagai tempat masuknya unsur hara yang didapatkan dari tanah yang diabsorpsi oleh akar dan hifa mikoriza ke dalam sel inang.

Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap perkembangan pertumbuhan CMA, terdapat faktor lingkungan abiotik dan biotik yang mempengaruhi penyebaran CMA di alam. Faktor biotik meliputi tanaman inang dan mikroorganisme asli tanah, sedangkan faktor abiotik mencakup suhu, intensitas cahaya, kadar air tanah, bahan organik, logam berat, tekstur tanah, ketersediaan hara tanah, dan fungisida. Cendawan mikoriza umumnya mempunyai ketahanan hidup yang baik pada rentang faktor lingkungan fisik yang luas. Cendawan ini dapat hidup dalam tanah yang berdrainase baik hingga yang tergenang seperti lahan persawah, bahkan pada lingkungan yang sangat miskin unsur hara serta lingkungan yang tercemar limbah, cendawan mikoriza masih mampu memperlihatkan eksistensinya. Sifat cendawan mikoriza ini dapat digunakan sebagai upaya dalam bioremediasi lahan-lahan kritis (Smith dan Read, 2008).

Terdapat tiga fase perkembangan / pertumbuhan cendawan mikoriza arbuskula pada tanaman pangan yang tumbuh di lingkungan yang dikontrol. Fase pertama, terjadi pada hari ke 20-25 dengan menunjukkan pertumbuhan akar yang cepat saat terjadi perkecambahan spora, dan penembusan endogen ke tanaman inang. Fase kedua, 30- 35 hari terjadi perkembangan CMA ditandai dengan pertumbuhan pucuk tanaman yang sangat banyak. Fase ketiga atau fase terakhir, terjadi ketika perbandingan akar antara mikoriza dan non mikoriza (kontrol) berbeda nyata dan terus sampai menuju produksi (Fakuara, 1988).

Adanya cendawan mikoriza pada tanaman inang akan meningkatkan kapasitas akar dalam menyerap air, fosfat, mineral, dan nutrisi lainnya yang diperlukan oleh tanaman, sementara tanaman akan memberikan gula (glukosa) dan karbon untuk pertumbuhan cendawan mikoriza (Smith *et al.*, 2010).

Abdullah *et al.* (2005), menyatakan bahwa akar yang bersimbiosis mutualisme dengan mikoriza akan dapat menyerap nutrisi dalam tanah yang memiliki jarak yang jauh dari akar, kemudian akan mengakumulasi dan mendistribusikan ke semua jaringan tanaman. Selain itu, manfaat keberadaan cendawan mikoriza bagi perumbuhan bibit yang disemai adalah mikoriza mampu memperbaiki kondisi pada tanah, meningkatkan daya hidup tanaman, kualitas, serta laju pertumbuhan bibit tanaman (Fakuara dan Setiadi, 1990). Pada lahan yang terdegradasi, aktivitas CMA di sekitar rizosfer sangat membantu perbaikan kesuburan pada tanah dan memberikan dampak positif pada peningkatan kualitas dan kuantitas produksi tanaman (Chauhan *et al.* 2013). Keunggulan yang diperoleh dengan pemanfaatan CMA adalah pemakaiannya yang aman (tidak menyebabkan pencemaran pada lingkungan), berperan aktif dalam siklus unsur hara dan sekaligus tanaman terinfeksi CMA manfaatnya akan diperoleh selama waktu hidup tanaman tersebut (Chauhan *et al.* 2013; Odigie dan Elziashi, 2013).

CMA termasuk kelompok fungi endomikoriza, membentuk vesikular dan arbuskular yang besar di dalam sel korteks dapat dijumpai pada *Glomus clarum* (Dewi, 2007). Pertumbuhan *Glomus clarum* paling banyak dijumpai bersimbiosis dengan akar berbagai jenis tanaman (Navarro *et al.* 2012). *Glomus clarum* mempunyai tingkat adaptasi yang cukup tinggi terhadap lingkungan tanah yang masam dan tanah yang kritis unsur hara. Perkembangan spora *Glomus clarum* adalah dari ujung hifa. Ujung hifa akan tumbuh membesar sampai mencapai ukuran maksimal dan terbentuk spora. Karena sporanya berasal dari perkembangan hifa maka disebut chlamydospora. Hifa bercabang-cabang dan tiap cabang terbentuk chlamydiospora dan membentuk sporokarp (Sasli *et al.*, 2012).

2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam menunjang pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan, berikut merupakan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hal-hal yang berkaitan meliputi metode pelaksanaan penelitian, mikroorganisme yang digunakan, bahan pembenah tanah, serta tanaman yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Kajian Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tema Penelitian	Metode	Hasil
1	Nelly S. Aggangan, Angelbert D. Cortes, dan Consorcia E. Reano	Respon pertumbuhan tanaman kakao (<i>Theobroma cacao L.</i>) dipengaruhi oleh arang aktif bambu dan Cendana Mikoriza Arbuskular di tanah yang steril dan tidak steril.	Dua percobaan bersamaan dengan parameter pertumbuhan tinggi dan diameter batang sedangkan parameter lainnya menggunakan tiga ulangan. Percobaan ini dilakukan di sebuah rumah kaca Rumah kaca tertutup).	Pertumbuhan keseluruhan tanaman kakao berumur 15 bulan diubah secara positif oleh CMA dan Arang aktif bambu, efek dari perawatan ini bervariasi di tanah yang disterilkan dan tidak disterilkan. Jumlah spora mikoriza pada akar dan tanah meningkat setelah pengobatan. Sifat-sifat kimia tanah umumnya dipengaruhi oleh amandemen biochar.
2	Youjin Yan ^a , Quanhou Dai ^a , Xiangdong Wang, Li Jin ^a , dan Lina Meia	Respon kualitas tanah fisura karst dangkal terhadap suksesi sekunder di daerah karst terdegradasi di barat daya Cina	Dalam studi ini, metode baru diadopsi untuk mengumpulkan sampel tanah melalui kombinasi "ruang permukaan + ruang celah" dan untuk menilai kualitas tanah permukaan dan tanah SKF selama suksesi sekunder dengan indeks kualitas tanah.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan signifikan ditemukan antara sifat-sifat tanah antara permukaan dan tanah SKF. Dibandingkan dengan tanah permukaan, sifat fisik tanah SKF menunjukkan kualitas struktur yang lebih buruk tetapi kondisi air yang lebih baik dan lapisan tanah yang lebih tebal. Selain itu, nilai SQI dari tanah permukaan sedikit lebih tinggi daripada nilai tanah SKF. Namun,

				dengan suksesi sekunder, sifat-sifat tanah dan kualitas tanah pada permukaan dan tanah SKF meningkat secara signifikan.
4	Olawuyi O. J., Ezekiel-Adewoyin D. T., Odebode, A. C., Aina. D. A. and Esenbamen. G. E..	Pengaruh mikoriza arbuskular (<i>Glomus clarum</i>) dan pupuk organomineral terhadap pertumbuhan dan kinerja hasil okra (<i>Abelmoschus esculentus</i>)	Data tentang parameter pertumbuhan yang dikumpulkan adalah tinggi tanaman (cm), jumlah daun per tanaman, dan ketebalan batang (mm). Sampel tanah juga diambil untuk analisis pasca panen untuk memastikan kandungan hara.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang diperlakukan dengan 5 g / tanaman CMA menghasilkan berat kumulatif rata-rata lebih tinggi dari buah yang dipanen (7,71 g / tanaman) yang secara signifikan berbeda dari perlakuan lainnya. Selain itu, di antara perlakuan dengan pupuk Organo-mineral, hasil kumulatif rata-rata tertinggi 4,75 g / tanaman diperoleh dari tanaman yang diolah dengan 15 g / tanaman OMF.
5	Daniel Bini, Cristiane Alcantara dos Santos, Mylenne Calciolari Pinheiro da Silva, Joice Andrade Bonfim, Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso	Tumpangsari Acacia mangium merangsang kolonisasi AMF dan aktivitas fosfatase tanah di <i>Eucalyptus grandis</i>	Percobaan ini dipasang cara menanamkan tanaman dan tumpangsari, yang terdiri dari serangkaian tiga blok acak dengan perlakuan pohon.. Pohon diberi jarak 3 m × 3 m di setiap perlakuan.	Peningkatan kolonisasi CMA memiliki efek positif tambahan, seperti mempromosikan aktivitas asam fosfatase dan alkali fosfatase di perkebunan tumpang sari dan perkebunan murni.

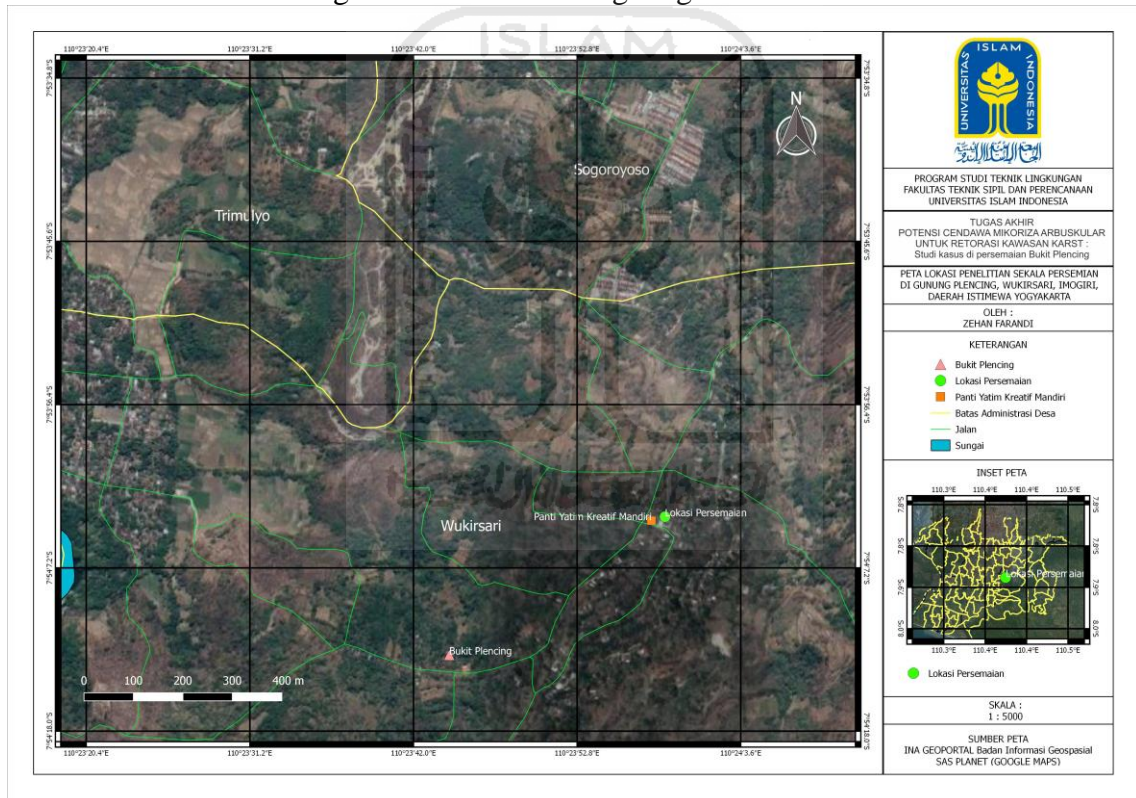
“Halaman ini Sengaja di kosongkan”



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

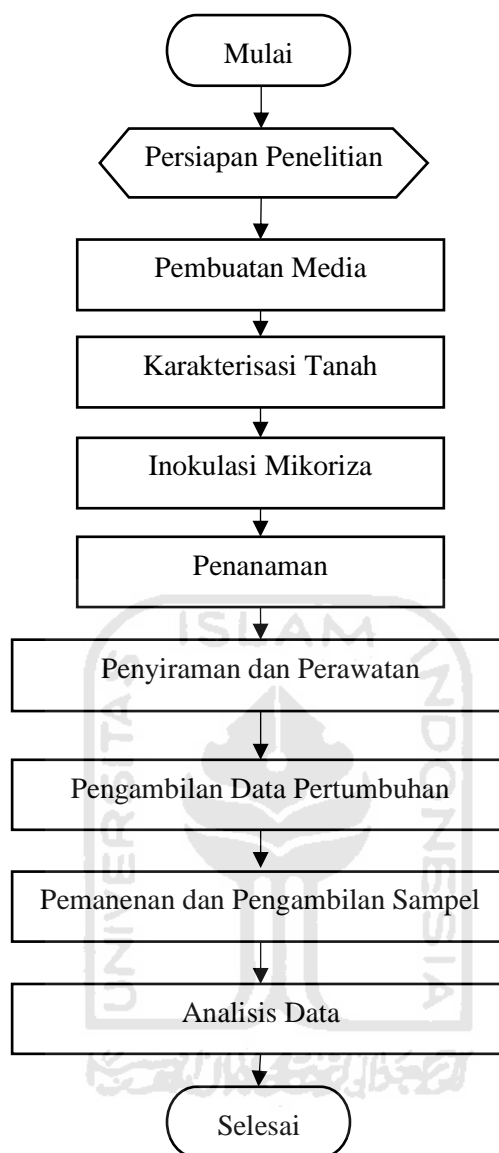
Penelitian ini dilakukan di Bukit Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta dengan koordinat $7^{\circ}54'04.2''S$ $110^{\circ}23'55.7''E$ yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam penelitian ini tidak mempertimbangkan karakteristik dari *micro climate* karena lokasi persemaian sudah berada di kawasan karst sehingga kondisi lingkungan penelitian telah menyesuaikan dengan kondisi sebenarnya di kawasan karst. Penelitian dilakukan dalam skala persemaian dengan ukuran luas area persemaian sebesar 70.4 m². Persemaian tanaman dilakukan pada *bench bamboo* dengan ketinggian 0.4 m. Penelitian dimulai dari pembuatan media tanam hingga berakhir pada analisis data sampel yang diambil. Pembuatan media tanam, penanaman *Melaleuca leucadendron*, pengambilan sampel data, dan pemanenan *Melaleuca leucadendron*. Selanjutnya analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

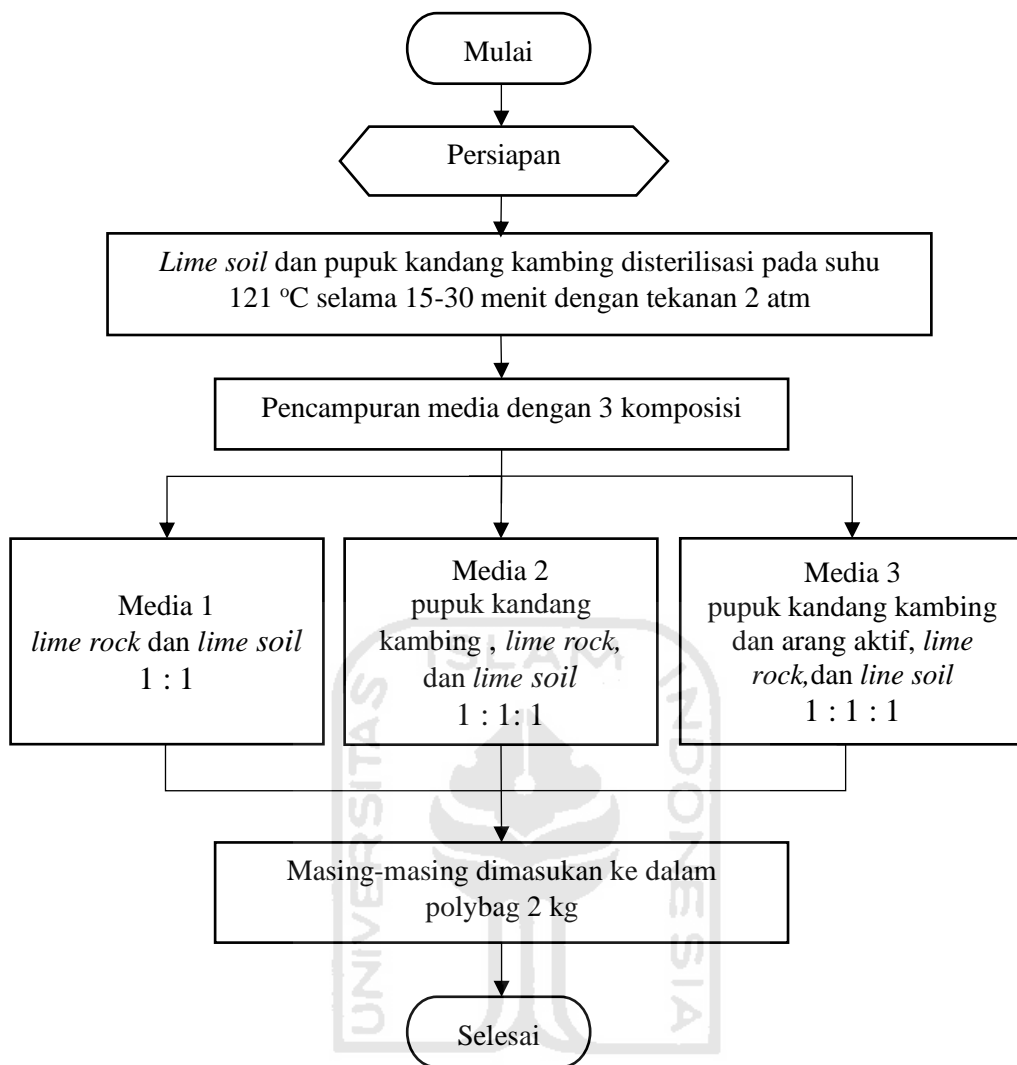
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan penelitian yang disajikan dalam diagram alir pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 4. Tahapan Penelitian

3.2.1 Pembuatan Media

Media yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 3 media. Pertama bahan Pembuatan media disterilisasi dengan autoclaf terlebih dahulu pada suhu 121°C selama 15-30 menit (Aggangan *et al*, 2019). Lalu bahan dicampur dengan komposisi media pertama merupakan media 1 yang berisikan campuran *lime rock* dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1. Selanjutnya untuk media 2 berisikan campuran *lime rock*, *lime soil*, dan pupuk kandang kambing dengan perbandingan 1 : 1 : 1. Sedangkan untuk media ke 3 berisikan campuran *lime rock*, *lime soil*, pupuk kandang kambing, dan arang aktif dengan perbandingan 1 : 1 : 1 : 1. Media dicampur dalam ember lalu setelah tercampur dipindahkan kedalam polybag. Media yang di buat berjumlah 10 polibag per media dengan total 30 polibag yang berukuran 2kg. Diagram alir pembuatan media ditunjukkan pada gambar 3.



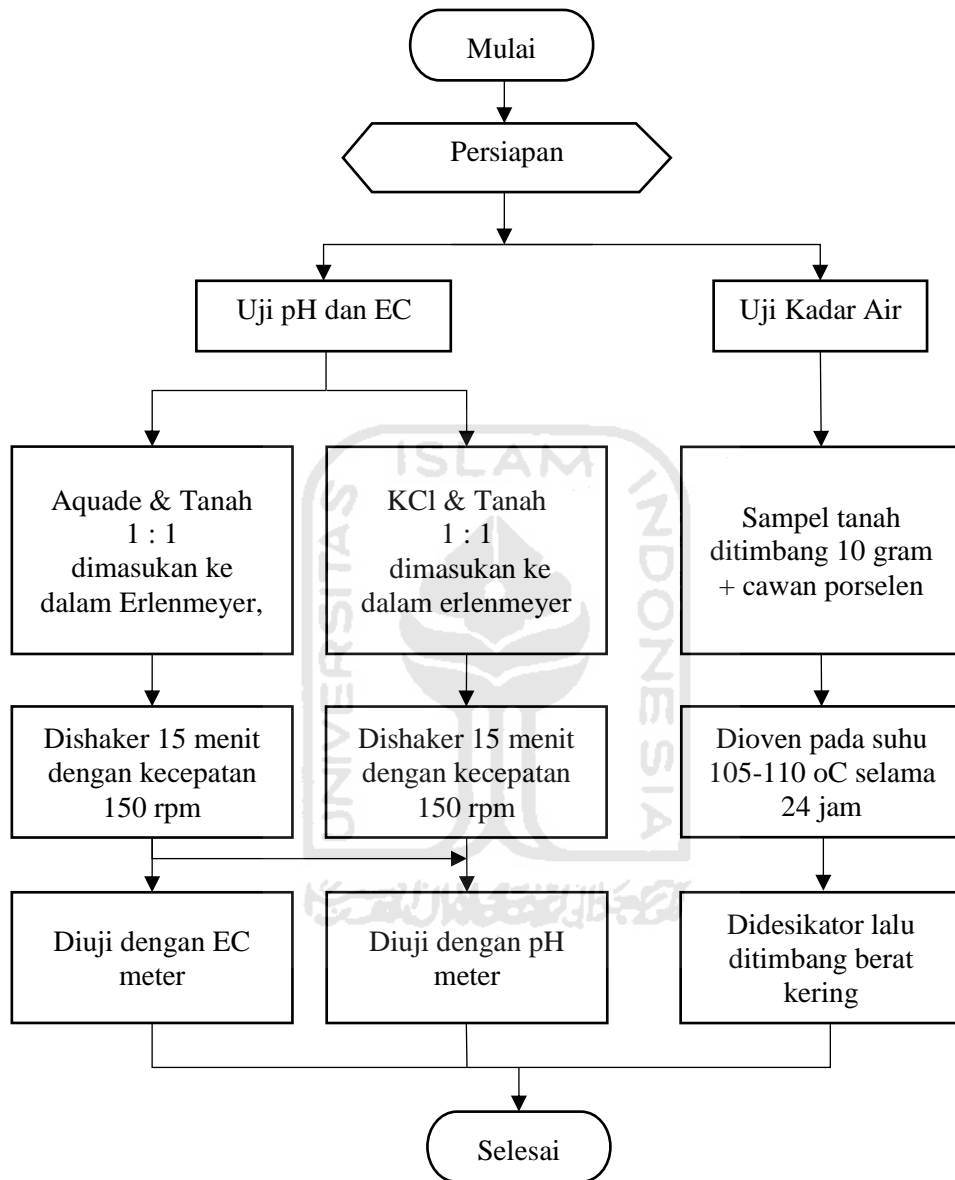
Gambar 5. Pembuatan Media

3.2.2 Karakterisasi Tanah

Pengujian tanah meliputi pH, EC, dan Kadar air dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia sedangkan untuk pengujian N, P, K, Ca, dan Mg pada tanah dilakukan di Laboratorium SEAMEO BIOTROP Bogor. Pengujian tanah pH yakni meliputi pH aktual (pH H₂O) dan pH potensial (pH KCl) dengan cara melakukan pengujian dengan tanah dan akuades 1 : 1. Setelah itu melakukan pengujian dengan tanah dan KCl 1 N dengan perbandingan 1 : 1. Sampel dan akuades atau KCl dimasukkan ke erlemeyer 250 ml lalu di shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 15 menit. Setelah itu pH diukur menggunakan probe pH pada pH dan EC meter pada setiap larutan tanah dengan akuades maupun KCL. Untuk EC dapat langsung diukur dengan larutan akuades dengan prober EC pada pH dan EC meter dengan merek PHT-027 Sing One Monitor (AC 230V).

Untuk pengukuran kadar air tanah dilakukan dengan metode gravimetric. Sampel Tanah di masukan 10 gr ke dalam cawan porselen. Lalu di timbang berat

basah pada tanah tersebut. Lalu tanah di oven dengan suhu 105-110° C selama 24 jam. Setelah itu dimasukkan ke dalam desikator. Setelah itu tanah ditimbang untuk memperoleh berat keringnya. Pengujian tersebut digunakan hanya untuk mengetahui kondisi atau karakteristik tanah di lokasi persemaian. Diagram alir karakterisasi tanah ditunjukkan pada gambar 4.

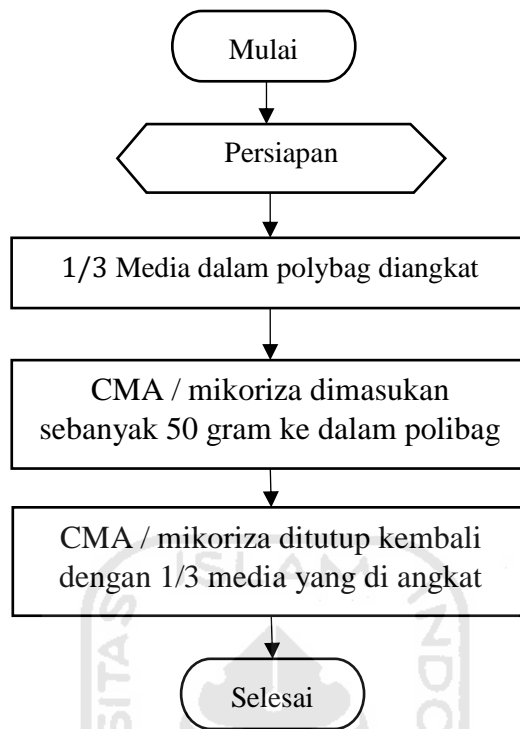


Gambar 6. Karakterisasi Tanah

3.2.3 Inokulasi Mikoriza

Inokulasi dilakukan dengan memasukan jamur mikoriza pada tanah. Cara memasukannya yaitu mengangkat 1/3 lapisan tanah atas lalu memasukan 50 gram dengan jumlah spora 105 spora/ 5 gram. Mikoriza padat setelah itu tutup kembali dengan 1/3 tanah yang sebelumnya. Ini bertujuan agar akar tanaman berdekatan dengan mikoriza padat / CMA yang dimasukan (Aggangan *et al*, 2019). Inokulum yang digunakan yaitu *Glomus clarum* yang berasal dari Laboratorium Silvikultur

SEAMEO BIOTROP Bogor. Diagram alir inokulasi mikoriza ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 7. Inokulasi Mikoriza

3.2.4 Penanaman

Penanaman dilakukan pada saat pagi hari agar tanaman tidak layu saat di pindah ke media. Tanaman yang digunakan yaitu *Melaleuca leucadendron* dengan umur 1.5 bulan yang berasal dari SEAMEO BIOTROP Bogor . Tanaman ditanam pada setiap media sebanyak 5 tanaman (5 replikasi). Berikut merupakan pelabelan pada setiap tanaman ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Pelabelan Tanaman

Kode Tanaman	Perlakuan	Media	Vegetasi	Replikasi
GM1ML1	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	1
GM1ML2	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	2
GM1ML3	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	3
GM1ML4	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	4

GM1ML5	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	5
GM2ML1	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	1
GM2ML2	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	2
GM2ML3	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	3
GM2ML4	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	4
GM2ML5	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	5
GM3ML1	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	1
GM3ML2	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	2
GM3ML3	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	3
GM3ML4	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	4
GM3ML5	Mikoriza (<i>Glomus clarum</i>)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	5
CM1ML1	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	1
CM1ML2	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	2
CM1ML3	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	3
CM1ML4	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	4

CM1ML5	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	1	<i>Melaleuca leucadendron</i>	5
CM2ML1	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	1
CM2ML2	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	2
CM2ML3	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	3
CM2ML4	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	4
CM2ML5	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	2	<i>Melaleuca leucadendron</i>	5
CM3ML1	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	1
CM3ML2	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	2
CM3ML3	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	3
CM3ML4	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	4
CM3ML5	Tanpa Perlakuan (Kontrol)	3	<i>Melaleuca leucadendron</i>	5

3.2.5 Penyiraman dan Perawatan

Penyiraman dilakukan setiap hari pada saat pagi pukul 08.00 WIB dan sore pukul 15.00 dengan air biasa tanpa penambahan pupuk. Perawatan dilakukan dengan mencabut rumput-rumut liar yang tumbuh di polybag. Perawatan yang lainnya dengan memberikan pembatas pada area persemaian agar binatang tidak masuk dan merusak tanaman.

3.2.6 Sampling Pertumbuhan Tanaman

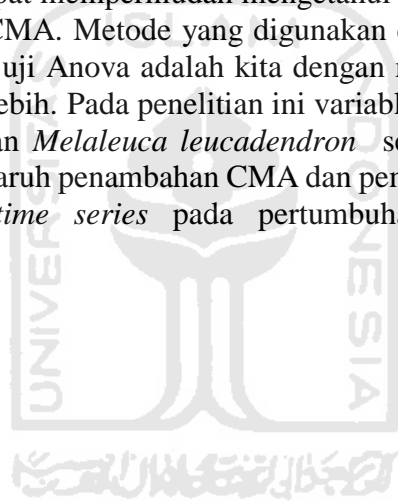
Pengambilan data pertumbuhan tanaman dilakukan setiap 2 minggu sekali selama 10 minggu untuk data: tinggi batang, jumlah daun, jumlah tunas, dan diameter batang (Aggangan *et al*, 2019).

3.2.7 Pemanenan dan Pengambilan Sampel

Panen dilakukan pada saat minggu ke 10 dengan memisahkan antara jaringan atas (*shoots*) dan jaringan akar (*roots*). Bagian akar dicuci sampai tanah sudah tidak menempel lagi pada akar. Setelah itu ditimbang berat basah masing-masing bagian tanaman. Setelah ditimbang *shoots* dan *roots* dimasukkan secara terpisah ke dalam amplot kertas dan di beri label sesuai kode tanaman lalu disimpan pada tempat berisi media zeolite pada suhu ruang. Sampel yang sudah di ambil, di oven dengan suhu 70° C selama 48 jam. Setelah Kering sampel di timbang berat keringnya untuk masing masing bagian (*roots* dan *shoots*). Tanah sisa penanaman di simpan dan dibungkus dengan kantung plastik agar tanah tidak kering (Aggangan *et al*, 2019).

3.3 Prosedur Analisis Data

Analisi data dilakukan dengan membandingkan hasil berat basah dan kering tanaman yang diberi mikoriza dengan tanaman control tanpa perlakuan. Data tinggi batang, diameter batang, jumlah daun, berat basah, dan berat kering juga di bandingkan antara kontrol dan yang diberi perlakuan CMA. Data disajikan dalam bentuk grafik yang mana dapat mempermudah mengetahui perbedaan antara kontrol dan yang diberi perlakuan CMA. Metode yang digunakan dalam analisis data yaitu uji Anova dua arah. Prinsip uji Anova adalah kita dengan membandingkan variansi tiga kelompok sampel atau lebih. Pada penelitian ini variable terikat yang digunakan adalah pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendron* sedangkan variable bebas yang digunakan adalah pengaruh penambahan CMA dan pembenah tanah pada media tanamam. Serta analisis *time series* pada pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendron*.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bukit Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan koordinat 7°54'04.2''S 110°23'55.7''E. Pada penelitian berlangsung pada bulan Juli-September 2019 masuk kedalam musim kemarau dengan suhu rata-rata 25.5 °C dengan suhu minimum mencapai 18,1°C serta suhu maksimum sebesar 37,4°C. Menurut data Accuweather (2019) penelitian dilaksanakan selama musim kemarau dan tidak terjadi hujan dengan kondisi lingkungan yang kering.

4.2.1 Karakteristik Tanah Sebelum Penanaman

Terdapat tiga media atau tanah yang digunakan dalam penelitian ini. Tanah atau media yang digunakan memiliki karakteristik meliputi pH H₂O, pH KCl, Daya Hantar Listrik (DHL), Kadar Air, N-Total, P-Tersedia, K, Ca, dan Mg. Dengan hasil karakteristik sebagai berikut:

1. Media 1 (M1)

Media 1 merupakan tanah dengan komposisi *lime rock* dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1. Media 1 memiliki karakteristik tanah yang ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Karakteristik Tanah Media 1 Sebelum Tanam

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	pH H ₂ O	-	7.41
2	pH KCl	-	5.92
3	Kadar Air	% air	29.54 %
4	Daya Hantar Listrik (DHL) / EC	mS/cm	0.63
5	N-Total	%	0.08
6	P-Tersedia	ppm	7.6
7	K	Cmol/kg	5,17
8	Ca	Cmol/kg	3.84
9	Mg	Cmol/kg	2.19

2. Media 2 (M2)

Media 2 merupakan tanah dengan komposisi pupuk kandang kambing, *lime rock*, dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1 : 1. Media 2 memiliki karakteristik tanah yang ditunjukkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4 Karakteristik Tanah Media 2 Sebelum Tanam

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	pH H ₂ O	-	7.28
2	pH KCl	-	6.45
3	Kadar Air	% air	58.9 %
4	Daya Hantar Listrik (DHL) / EC	mS/cm	1.76
5	N-Total	%	0.45
6	P-Tersedia	ppm	392.4
7	K	Cmol/kg	11.75
8	Ca	Cmol/kg	5,74
9	Mg	Cmol/kg	2.59

3. Media 3 (M3)

Media 3 merupakan tanah dengan komposisi pupuk kandang kambing, arang aktif, *lime rock* dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1 : ½ : ½. Media 2 memiliki karakteristik tanah yang ditunjukkan pada tabel 5 berikut.

Tabel 5 Karakteristik Tanah Media 1 Sebelum Tanam

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	pH H ₂ O	-	6.81
2	pH KCl	-	6.54
3	Kadar Air	% air	42.72 %
4	Daya Hantar Listrik (DHL) / EC	mS/cm	1.67
5	N-Total	%	0.11
6	P-Tersedia	ppm	352.5
7	K	Cmol/kg	6.84
8	Ca	Cmol/kg	4.04
9	Mg	Cmol/kg	2.33

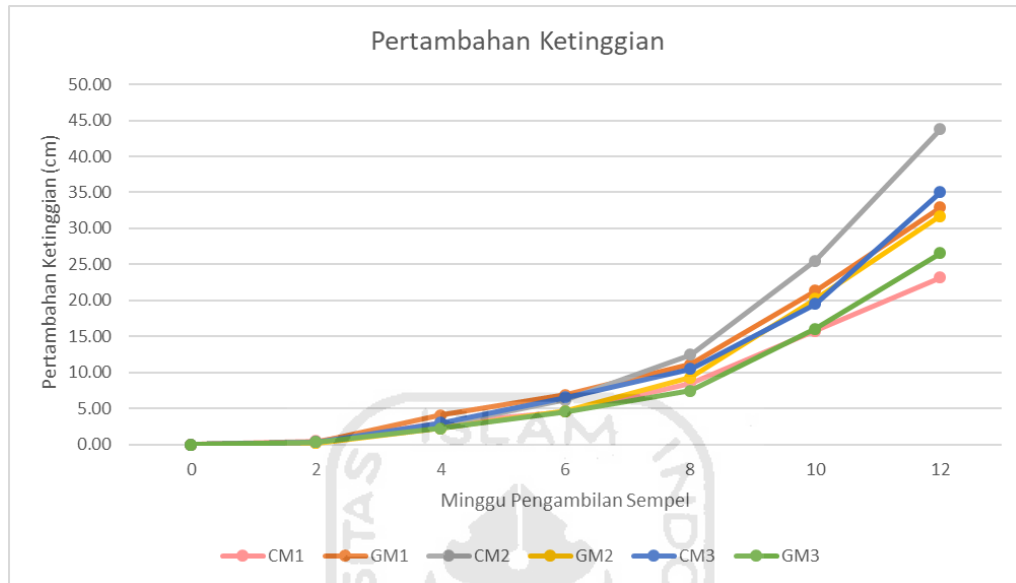
Tanah kart memiliki ciri-ciri umum yaitu kandungan Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) yang tinggi sehingga membuat kadar pH dalam tanah menjadi tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh pada setiap media, kondisi pH mengalami penurunan dari M1, M2, dan M3. Hal tersebut dikarenakan penambahan bahan pembenah tanah sehingga pH (pH H₂O/pH aktual) dan pH KCl/pH potensial) yang awalnya tinggi dinetralkan atau diturunkan oleh bahan pembenah tanah. Selain pH terdapat Daya Hantar Listrik (DHL) atau EC, EC adalah ukuran dari jumlah garam yang terlarut dalam larutan nutrisi atau kepekatan pupuk. Nilai EC dalam larutan mempengaruhi metabolisme tanaman, yaitu dalam hal kecepatan fotosintesis, aktivitas enzim, dan potensi penyerapan ion-ion oleh akar. Dari hasil yang diperoleh nilai EC pada setiap media terlihat berbeda-beda yaitu secara berturut turut pada M1, M2, dan M3 sebesar 0,66 mS/cm, 1,76 mS/cm, dan 1,67 mS/cm. Nilai EC pada M1 rendah karena tidak dipengaruhi oleh bahan pembenah tanah sedangkan pada M2 dan M3 dipengaruhi oleh bahan pembenah tanah yang membawa ion-ion yang terdapat pada nutrisi yang di bawa oleh pupuk kandang dan arang aktif (Pratiwi, *et al*, 2015).

Bahan pembenah tanah juga mempengaruhi kelembapan atau kadar air dalam tanah yang ditunjukkan pada hasil pengukuran M1 memiliki kadar air yang paling rendah yaitu sebesar 29.54% karena tidak di tambahkan bahan pembenah tanah. Sedangkan M2 dan M3 yang di tambahkan bahan pembenah tanah memiliki kadar air sebesar 58.90% dan 42.72%. Selain itu terdapat unsur hara lainnya yang berupa N-Total yang berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, P-Tersedia berfungsi merangsang pertumbuhan akar dan memperkuat batang, K berfungsi meningkatkan proses fotosintesis, memperkuat jaringan dan sebagai antibodi tanaman, Ca berfungsi membantu pertumbuhan dinding-dinding tanaman serta pembelahan sel untuk pertumbuhan tanaman (Wasis dan Megawati .2013), dan Mg berfungsi dalam pembentukan zat hijau daun (klorofil), karbohidrat, lemak dan, senyawa minyak yang dibutuhkan tanaman serta berperan dalam transportasi P di dalam tanaman yang di tunjukan pada tabel 3,4, dan 5.

4.3 Hasil dan Analisis Pertumbuhan Tanaman Dengan Perlakuan dan Kontrol

4.3.1 Tinggi Tanaman

Pada parameter pertumbuhan tinggi tanaman dilakukan analisis pertumbuhan dari minggu ke 0 sampai ke 12 untuk mengetahui pada media berapa terjadi perbedaan tinggi yang optimum dan signifikan. Hasil dari analisis di tampilkan dalam bentuk grafik yang diperlihatkan pada gambar 8 .



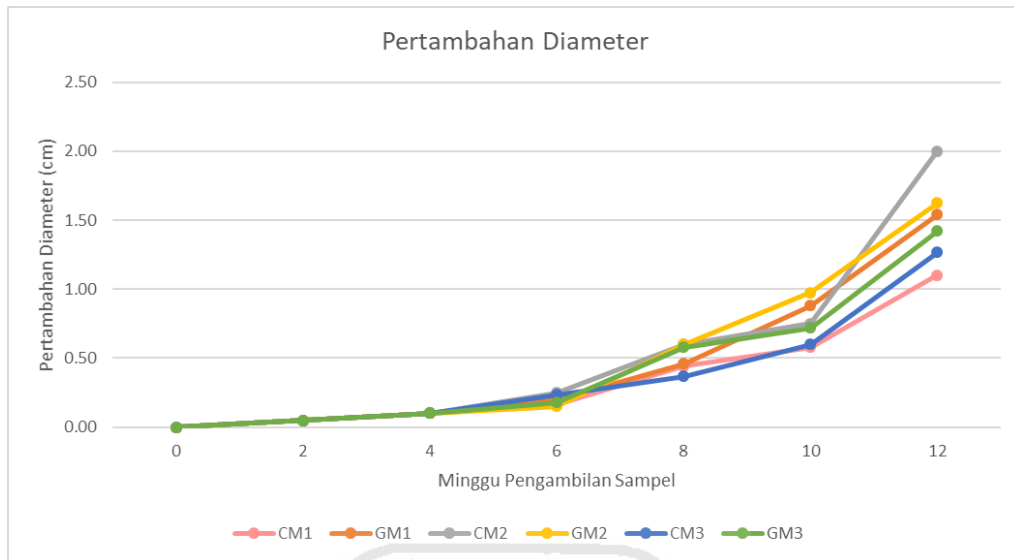
Gambar 8. Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman *Melaleuca leucadendron*

Dari grafik tersebut dapat dilihat terjadi pertumbuhan tinggi yang bervariasi antara media dan perlakuan (kontrol media 1 (CM1), kontrol media 2 (CM2), kontrol media 3 (CM3), CMA media 1 (GM1), CMA media 2 (GM2) dan CMA media 3 (GM3)). Pada minggu ke 0 sampai ke 6 rata-rata semua media dan perlakuan memiliki peningkatan tinggi yang relatif sama. Namun pada saat minggu ke 8 – ke 12 terjadi penambahan tinggi pada setiap media dan perlakuan yang berbeda-beda. Hal ini terjadi karena pada pertumbuhan CMA sudah melewati fase pertama yang mana berfokus pada pertumbuhan akar dan masuk ke fase ke 2 yang masuk dalam pertumbuhan jaringan atas tanaman serta ditandai dengan pertumbuhan tunas atau cabang pada tanaman yang banyak (Fakuara, 1988). Pada urutan ketinggian akhir yang terjadi CM2 memiliki hasil yang paling tinggi setelah itu diikuti dengan CM3, GM1, GM2, GM3, dan CM1. Pengaruh pertumbuhan tersebut pada GM2 dan GM3 memiliki hasil di bawah kontrol dikarenakan kandungan P yang tinggi dalam tanah dapat menekan atau menurunkan pertumbuhan koloni dari CMA tersebut (Kleinschmidt and Gerdemann, 1972). Sehingga pada GM1 yang memiliki kandungan P yang sedikit memiliki pertumbuhan yang lebih tinggi dari CM1. Peran hormon juga mempengaruhi pertumbuhan ketinggian tanaman, hormon yang berperan diantaranya cytokinins yang mana hormon tersebut membantu dalam pertumbuhan batang (tinggi dan diameter) (Miransari et al., 2014).

4.3.2 Diameter Tanaman

Pada parameter pertumbuhan diameter tanaman dilakukan analisis pertumbuhan dari minggu ke 0 sampai ke 12 untuk mengetahui pada media

berapa terjadi perbedaan hasil yang optimum dan signifikan. Hasil dari analisis di tampilkan dalam bentuk grafik yang diperlihatkan pada gambar 9.

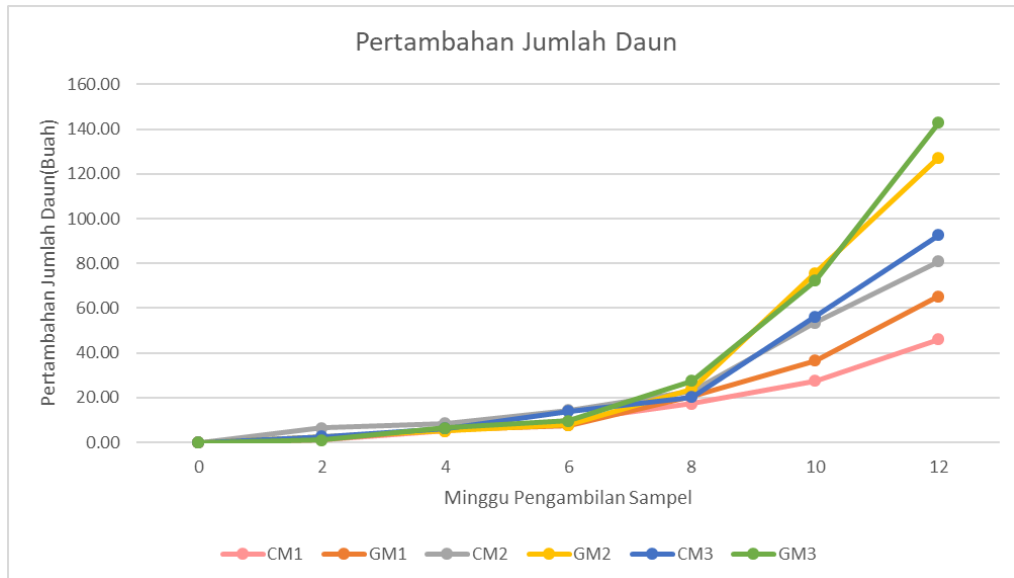


Gambar 9. Grafik Pertumbuhan Diameter Tanaman *Melaleuca leucadendron*

Dari grafik yang di tunjukkan pada gambar dapat dilihat terjadi perkembangan diameter yang bervariasi antara media dan perlakuan (kontrol media 1 (CM1), kontrol media 2 (CM2), kontrol media 3 (CM3), CMA media 1 (GM1), CMA media 2(GM2) dan CMA media 3 (GM3)). Pada minggu ke 0 sampai ke 6 rata-rata semua media dan perlakuan memiliki peningkatan diameter yang relative sama. Namun pada saat minggu ke 8 – ke 12 terjadi perkembangan diameter pada setiap media dan perlakuan yang berbeda-beda. Hal ini terjadi karena pada pertumbuhan CMA sudah melewati fase pertama yang mana berfokus pada pertumbuhan akar dan masuk ke fase ke 2 yang masuk dalam pertumbuhan jaringan atas tanaman serta ditandai dengan pertumbuhan tunas atau cabang pada tanaman yang banyak (Fakuara, 1988). Pada urutan diameter akhir yang terjadi CM2 memiliki hasil yang paling tinggi setelah itu diikuti dengan GM2, GM1, GM3, CM3, dan CM1. Pengaruh pertumbuhan tersebut dikarenakan pada GM2 dan GM3 memiliki hasil di bawah kontrol dikarenakan kandungan P yang tinggi dalam tanah dapat menekan atau menurunkan pertumbuhan koloni dari CMA tersebut (Kleinschmidt and Gerdemann, 1972). Sehingga pada GM1 yang memiliki kandungan P yang sedikit memiliki pertumbuhan yang sangat berbeda dengan CM1. Namun pada GM3 dan CM3 memiliki selisih pertumbuhan yang tidak terlalu berbeda. Selain itu peran hormon juga mempengaruhi pertumbuhan diameter, hormon yang berperan diantaranya cytokinins yang mana hormon tersebut membantu dalam pertumbuhan batang (tinggi dan diameter) (Miransari *et al.*, 2014).

4.3.3 Jumlah Daun

Pada parameter jumlah daun dilakukan analisis pertumbuhan dari minggu ke 0 sampai ke 12 untuk mengetahui pada media berapa terjadi perbedaan hasil yang optimum dan signifikan. Hasil dari analisis di tampilkan dalam bentuk grafik yang diperlihatkan pada gambar 10.

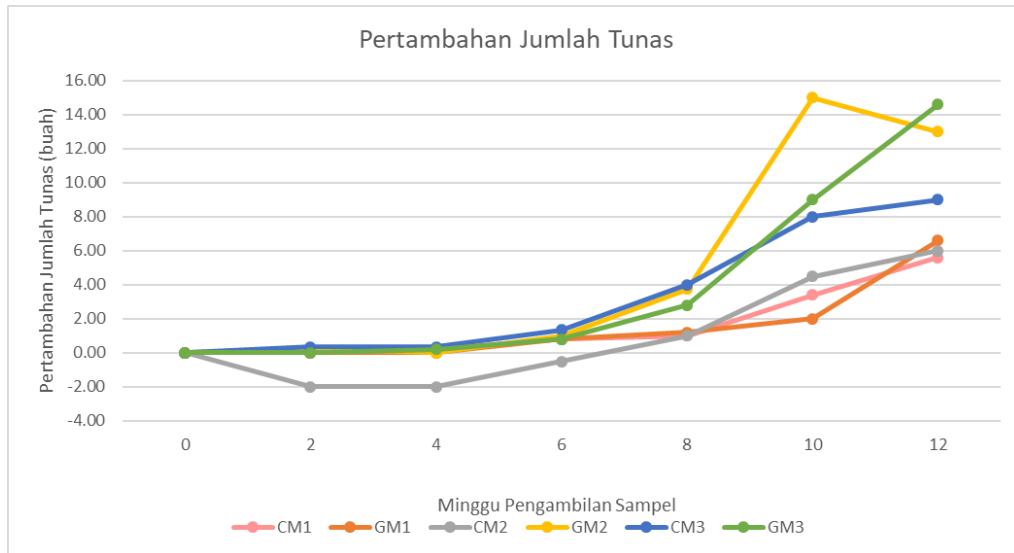


Gambar 10. Grafik Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman *Melaleuca leucadendron*

Dari grafik yang di tunjakan pada gambar dapat dilihat terjadi perkembangan jumlah daun yang befareasi antara media dan perlakuan (kontrol media 1 (CM1), kontrol media 2 (CM2), kontrol media 3 (CM3), CMA media 1 (GM1), CMA media 2(GM2) dan CMA media 3 (GM3)). Pada minggu ke 0 sampai ke 6 rata-rata semua media dan perlakuan memiliki peningkatan jumlah daun yang relative sama. Namun pada saat minggu ke 8 – ke 12 terjadi perkembangan jumlah daun pada setiap media dan perlakuan yang berbeda-beda. Hasil akhir pertumbuhan jumlah daun secara berurutan dari yang paling tinggi yaitu GM3, GM2, CM3, CM2, GM1, dan CM1. Pada minggu ke 8 sudah memasuki fase kedua dimana tanaman yang bersimbiosis dengan CMA akan menunjukkan indikasi pertumbuhan dengan jumlah tunas atau cabang yang banyak diikuti dengan jumlah daun (Fakuara, 1988). CMA akan bersimbiosis dengan hormon tanaman yang disebut Strigolactones dan Auxin. Hormon tanaman tersebut akan bekerja sama dan mengirimkan sinyal kepada CMA dan akan mempengaruhi pertumbuhan tunas atau cabang yang diikuti dengan daun dan hormon tersebut dapat melindungi tanaman dari parasit (Miransari *et al.*, 2014). Sehingga berapapun jumlah CMA yang hidup pada akar akan bersimbiosis dengan hormon strigolactones pada fase kedua pertumbuhan. Selain itu menurut Wasis dan Megawati (2013) pertumbuhan daun dan tunas dipengaruhi oleh unsur hara P sehingga mempercepat pertumbuhan dari daun dan tunas tersebut selain itu unsur Mg juga berperan dalam pertumbuhan klorofil pada daun. Pada unsur hara M2 dan M3 juga memiliki kandungan P dan Mg yang cukup tinggi.

4.3.4 Jumlah Tunas

Pada parameter jumlah tunas dilakukan analisis pertumbuhan dari minggu ke 0 sampai ke 12 untuk mengetahui pada media berapa terjadi perbedaan hasil yang optimum dan signifikan. Hasil dari analisis di tampilkan dalam bentuk grafik yang diperlihatkan pada gambar 11.

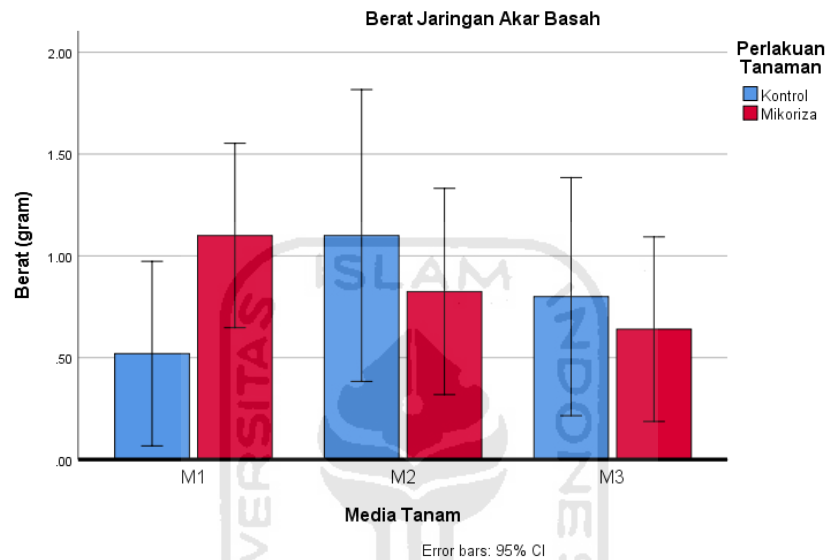


Gambar 11. Grafik Pertumbuhan Jumlah Tunas Tanaman *Melaleuca leucadendron*

Dari grafik tersebut dapat dilihat terjadi perkembangan jumlah tunas yang befareasi antara media dan perlakuan (kontrol media 1 (CM1), kontrol media 2 (CM2), kontrol media 3 (CM3), CMA media 1 (GM1), CMA media 2(GM2) dan CMA media 3 (GM3)). Pada minggu ke 0 sampai ke 6 rata-rata semua media dan perlakuan memiliki peningkatan jumlah tunas atau cabang yang relative sama. Namun pada saat minggu ke 8 – ke 12 terjadi perkembangan jumlah tunas atau cabang pada setiap media dan perlakuan yang berbeda-beda. Hasil akhir pertumbuhan jumlah daun secara berurutan dari yang paling tinggi yaitu GM2, GM3, CM3, GM1, CM2, dan CM1. Pada minggu ke 8 sudah memasuki fase kedua dimana tanaman yang bersimbiosis dengan CMA akan menunjukkan indikasi pertumbuhan dengan jumlah tunas atau cabang yang banyak diikuti dengan jumlah daun (Fakuara, 1988). CMA akan bersimbiosis dengan hormon tanaman yang disebut Strigolactones dan Auxin . Hormon pada tanaman tersebut akan bekerja sama mengirimkan sinyal kepada CMA dan akan bersimbiosis serta mempengaruhi pertumbuhan tunas atau cabang yang diikuti dengan daun. Selain itu, hormon tersebut dapat melindungi tanaman dari parasit yang dapat menyerang tanaman (Miransari et al., 2014). Sehingga berapapun jumlah CMA yang hidup pada akar akan bersimbiosis dengan hormon strigolactones pada fase kedua pertumbuhan. Selain itu menurut Wasis dan Megawati (2013) pertumbuhan daun dan tunas atau cabang dipengaruhi oleh unsur hara P sehingga mempercepat pertumbuhan dari daun dan tunas atau cabang tersebut selain itu unsur Mg juga berperan dalam pertumbuhan klorofil pada daun. Pada unsur hara M2 dan M3 juga memiliki kandungan P dan Mg yang cukup tinggi.

4.3.5 Berat Jaringan Akar Basah

Pada parameter berat jaringan akar basah telah dilakukan analisis anova untuk mengetahui pada media berapa terjadi perbedaan berat jaringan akar basah yang optimum dan signifikan. Dengan hasil rata-rata berat jaringan akar basah pada setiap media dan perlakuan sebagai berikut; pada M1, M2, dan M3 tanpa perlakuan atau kontrol memiliki berat jaringan akar basah rata-rata 0.52 gram, 1.10 gram, dan 0.80 gram serta pada M1, M2, dan M3 dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*) memiliki berat jaringan akar basah rata-rata 1.18 gram, 0.83 gram, dan 0.64 gram. Selain itu analisis anova di tampilkan dalam bentuk grafik yang di perlihatkan pada gambar 12.

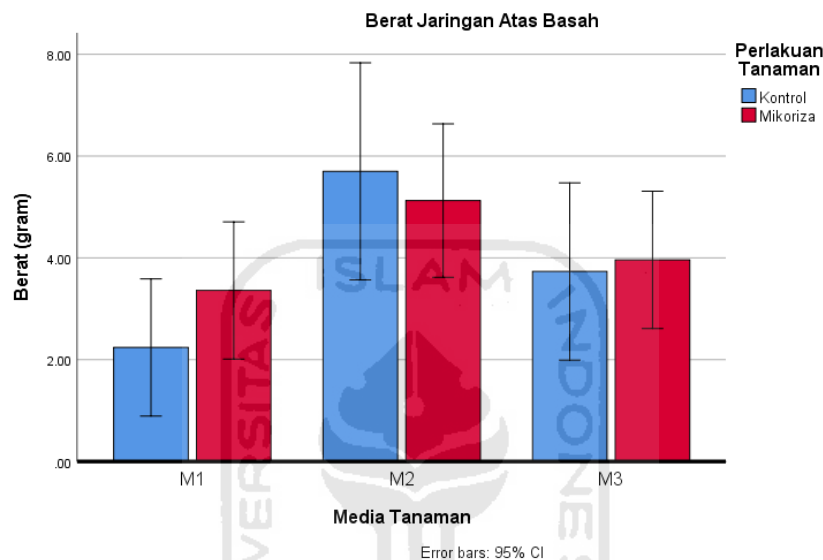


Gambar 12. Grafik Berat Jaringan Akar Basah

Hasil analisis anova yang dilakukan tidak terjadi perbedaan berat jaringan akar basah secara signifikan terhadap tanaman *Melaleuca leucadendron* tanpa perlakuan (kontrol) dan CMA (*Glomus sp.*). Namun terdapat tendensi atau perbedaan berat pada setiap medianya. Pada M1 tanaman dengan perlakuan dengan *Glomus sp.* memiliki berat akar basah yang lebih unggul dari pada kontrol hal ini dikarenakan akar yang bersimbiose dengan CMA akan dapat menyerap nutrisi dari dalam tanah yang jaraknya jauh dari akar (Abdullah et al. 2005). Sehingga nutrisi yang masuk ke dalam tanaman meningkatkan berat basah pada akar tanaman. Berbeda pada M2 dan M3 tanaman dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*) memiliki berat akar basah berada di bawah kontrol. Hal ini bisa terjadi dikarenakan kandungan P yang tinggi dalam tanah dapat menekan atau menurunkan pertumbuhan koloni dari CMA tersebut (Kleinschmidt and Gerdemann, 1972). Sehingga pada media M2 dan M3 perlakuan dengan CMA mengalami perbedaan berat dibandingkan dengan kontrol. Karena koloni CMA yang hidup pertumbuhannya ditekan oleh kandungan P pada M2 dan M3 yang terlalu banyak. Selain itu perlakuan CMA pada M1 memiliki hasil yang tinggi karena koloni CMA tumbuh lebih banyak serta akar yang bersimbiosis mutualisme dengan CMA akan dapat menyerap nutrisi dalam tanah yang memiliki jarak yang jauh dari akar (Abdullah et al. 2005),. Sehingga akan mempengaruhi panjang dan besar akar.

4.3.6 Berat Jaringan Atas Basah

Pada parameter berat jaringan atas basah telah dilakukan analisis anova untuk mengetahui pada media berapa terjadi perbedaan berat jaringan atas basah yang optimum dan signifikan. Dengan hasil rata-rata berat jaringan atas basah pada setiap media dan perlakuan sebagai berikut; pada M1, M2, dan M3 tanpa perlakuan atau kontrol memiliki berat jaringan atas basah rata-rata 2.24 gram, 5.70 gram, dan 3.73 gram serta pada M1, M2, dan M3 dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*) memiliki berat jaringan atas basah rata-rata 3.36 gram, 5.13 gram, dan 3.96 gram. Selain itu analisis anova di tampilkan dalam bentuk grafik yang di perlihatkan pada gambar 13.



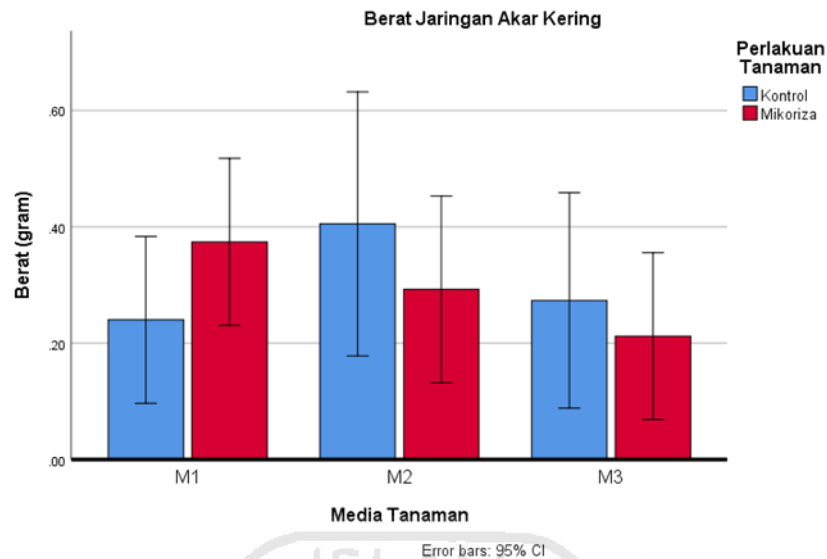
Gambar 13. Grafik Berat Jaringan Atas Basah

Hasil analisis anova yang dilakukan terjadi perbedaan berat jaringan atas basah secara signifikan terhadap tanaman *Melaleuca leucadendron* tanpa perlakuan (kontrol) dan CMA (*Glomus sp.*) pada M2. Namun terdapat tendensi atau perbedaan berat pada setiap medianya. Pada M1 tanaman dengan perlakuan dengan *Glomus sp.* memiliki berat jaringan atas basah yang lebih unggul dari pada kontrol hal ini dikarenakan akar yang bersimbiose dengan CMA akan dapat menyerap nutrisi dari dalam tanah yang jaraknya jauh dari akar (Abdullah et al. 2005). Sehingga nutrisi yang masuk ke dalam tanaman meningkatkan berat basah pada jaringan atas tanaman. Berbeda pada M2 dan M3 tanaman dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*) memiliki hasil berada di bawah kontrol namun memiliki berat yang lebih tinggi di dibandingkan pada M1. Hal ini bisa terjadi karena kandungan yang ada dalam M2 dan M3. Karena memiliki unsurhara yang lebih dengan penambahan pupuk kandang kambing dan arang aktif.

4.3.7 Berat Jaringan Akar Kering

Pada parameter berat akar kering telah dilakukan analisis anova untuk mengetahui pada media berapa terjadi perbedaan berat jaringan akar kering yang optimum dan signifikan. Dengan hasil rata-rata berat jaringan akar kering pada setiap media dan perlakuan sebagai berikut; pada M1, M2, dan M3 tanpa perlakuan atau kontrol memiliki berat jaringan akar kering rata-rata 0.24 gram, 0.40 gram, dan 0.27 gram serta pada M1, M2, dan M3 dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*) memiliki berat jaringan akar kering rata-rata 0.37 gram, 0.29 gram,

dan 0.21 gram. Selain itu analisis anova di tampilkan dalam bentuk Grafik yang di perlihatkan pada gambar 14.

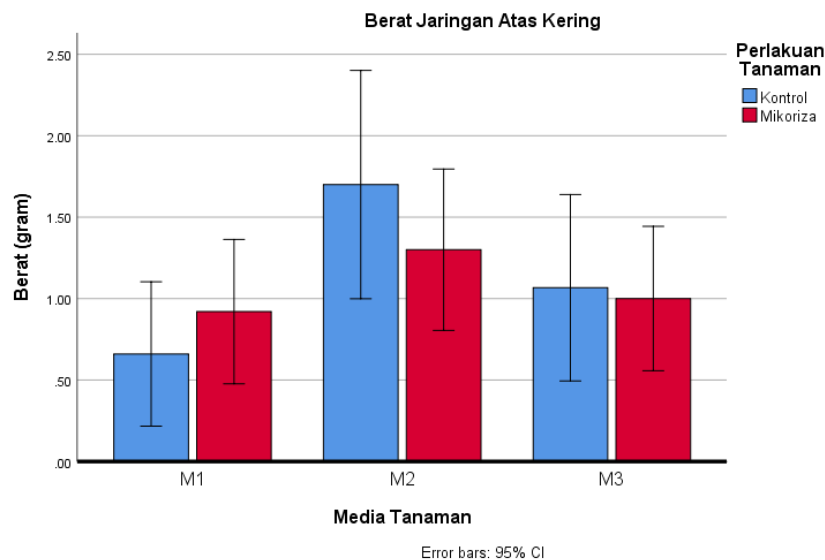


Gambar 14. Grafik Berat Jaringan Akar Kering

Hasil analisis anova pada parameter berat jaringan akar kering tanaman menunjukkan terdapat perlakuan yang signifikan pada setiap media dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*) dan kontrol. Walau hasil menunjukkan tidak signifikan, namun terdapat tendensi pada M1 yang mana tanaman *Melaleuca leucadendron* memiliki berat yang lebih besar dari pada tanaman *Melaleuca leucadendron* tanpa perlakuan (kontrol). Hal ini menunjukkan distribusi nutrisi yang dilakukan oleh CMA jenis *Glomus sp.* pada bagian akar berpengaruh pada berat akar kering tanaman. Sedangkan pada M2 dan M3 tendensi terjadi berkebalikan yang mana tanaman *Melaleuca leucadendron* tanpa perlakuan (kontrol) memiliki berat akar kering yang lebih besar dari pada tanaman *Melaleuca leucadendron* dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*). Hal ini bisa terjadi dikarenakan kandungan P yang tinggi dalam tanah dapat menekan atau menurunkan pertumbuhan koloni dari CMA tersebut (Kleinschmidt and Gerdemann, 1972). Sehingga pada media M2 dan M3 perlakuan dengan CMA mengalami perbedaan berat dibandingkan dengan kontrol. Karena koloni CMA yang hidup pertumbuhannya ditekan oleh kandungan P pada M2 dan M3 yang terlalu banyak. Selain itu perlakuan CMA pada M1 memiliki hasil yang tinggi karena koloni CMA tumbuh lebih banyak

4.3.8 Berat Jaringan Atas Kering

Pada parameter berat jaringan atas kering telah dilakukan analisis anova untuk mengetahui pada media berapa terjadi perbedaan berat jaringan atas kering yang optimum dan signifikan. Dengan hasil rata-rata berat jaringan atas kering pada setiap media dan perlakuan sebagai berikut; pada M1, M2, dan M3 tanpa perlakuan atau kontrol memiliki berat jaringan atas kering rata-rata 0.66 gram, 1.7 gram, dan 1.07 gram serta pada M1, M2, dan M3 dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*) memiliki berat jaringan atas kering rata-rata 0.92 gram, 1.30 gram, dan 1.00 gram. Selain itu analisis anova di tampilkan dalam bentuk grafik yang di perlihatkan pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik Berat Jaringan Atas Kering

Hasil analisis anova yang dilakukan terjadi perbedaan berat jaringan atas kering secara signifikan terhadap tanaman *Melaleuca leucadendron* tanpa perlakuan (kontrol) dan CMA (*Glomus sp.*) pada M2. Namun terdapat tendensi atau perbedaan berat pada setiap medianya. Pada M1 tanaman dengan perlakuan dengan *Glomus sp.* memiliki berat jaringan atas kering yang lebih unggul dari pada kontrol hal ini dikarenakan akar yang bersimbiosis dengan CMA akan dapat menyerap nutrisi dari dalam tanah yang jaraknya jauh dari akar (Abdullah et al. 2005). Sehingga nutrisi yang masuk ke dalam tanaman meningkatkan berat kering pada jaringan atas tanaman. Berbeda pada M2 dan M3 tanaman dengan perlakuan CMA (*Glomus sp.*) memiliki tinggi berada di bawah kontrol namun memiliki berat yang lebih tinggi di dibandingkan pada media 1. Hal ini bisa terjadi karena kandungan yang ada dalam media 2 dan media 3. Pada berat batang kering distribusi nutrisi pada tanaman mempengaruhi jaringan tanaman lainnya seperti yang dikatakan Abdullah et al. (2005).

4.4 Analisis Pengaruh Media Tanam Dengan Inokulasi *Glomus sp.* Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Hasil pertumbuhan yang telah dilakukan analisis time series meliputi tinggi tanaman, diameter tanaman, jumlah daun, dan jumlah tunas. Serta analisis anova dua arah meliputi berat akar basah, berat akar kering, berat batang basah, dan berat batang kering menghasilkan respon yang berbeda beda.

Pada media 1 (M1) yang terdiri dari komposisi *lime rock* dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1, tanaman *Melaleuca leucadendron* dengan perlakuan CMA memiliki hasil yang lebih baik di dibandingkan tanaman tanpa perlakuan. Ini ditunjukkan pada setiap parameter tanaman dengan perlakuan CMA memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada M1 memiliki kandungan P yang rendah sehingga CMA dapat berkembang lebih baik. Bila kandungan P pada media tersebut tinggi dapat menekan atau menghambat pertumbuhan koloni CMA pada akar (Kleinschmidt and Gerdemann, 1972). Peran hormon yang bersimbiosis dengan CMA juga membantu dalam pertumbuhan

tanaman pada setiap parameter, hormon tersebut antara lain Cytokinins, Strigolactones dan Auxin (Miransari et al., 2014).

Pada media 2 (M2) yang terdiri dari komposisi *lime rock*, *lime soil*, dan pupuk kandang kambing dengan perbandingan 1 : 1 : 1 memiliki respon pada tanaman *Melaleuca leucadendron*. Respon yang di hasilkan pada setiap parameter berbeda-beda. Pada parameter jumlah tunas dan jumlah daun pada tanaman *Melaleuca leucadendron* dengan perlakuan CMA memiliki hasil yang lebih tinggi daripada tanaman yang tanpa perlakuan (kontrol). Sedangkan pada parameter lain tanaman tanpa perlakuan (kontrol) memiliki hasil yang lebih tinggi dari pada tanaman dengan perlakuan CMA. Menurut Hesti. L dan Tata, (2009) mikoriza mampu menyalurkan air dan hara tanah untuk tumbuhan. Hal ini dapat di artikan persebaran nutrisi yang diserap pada tanaman yang di bantu mikoriza merata. Namun menurut Lewenussa (2009) menjelaskan pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendron* akan terjadi pertumbuhan tinggi dan besar diameter setelah kebutuhan pada daun dan tunas sudah terpenuhi. Sehingga pada M2 kondisi pertumbuhan tunas dan daun yang tinggi disebabkan oleh kandungan unsur hara P pada tanah yang membantu dalam perkembangan daun dan tunas. Namun pada pertumbuhan tanaman dengan perlakuan CMA berada di bawah kontrol hal ini disebabkan oleh kandungan P pada tanah yang terlalu tinggi sehingga menghambat pertumbuhan koloni CMA pada akar sehingga CMA tidak tumbuh secara optimal (Kleinschmidt and Gerdemann, 1972). Hal ini berdampak pada perkembangan tinggi tanaman, diameter, berat kering dan basah jaringan atas dan akar yang mana tanaman tanpa perlakuan memiliki hasil yang lebih baik dari pada tanaman dengan perlakuan CMA.

Pada media 3 (M3) yang terdiri dari komposisi *lime rock*, *lime soil*, pupuk kandang kambing, dan arang aktif dengan perbandingan 1 : 1 : ½ : ½ memiliki respon menyerupai M2 pada tanaman *Melaleuca leucadendron*. Sama halnya dengan M2 respon yang dihasilkan pada setiap parameter berbeda-beda. Pada parameter jumlah daun dan tunas tanaman dengan perlakuan CMA memberikan hasil yang lebih tinggi di dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan (kontrol). Selain itu pada parameter diameter tanaman dan berat jaringan atas basah tanaman dengan perlakuan CMA memiliki hasil yang hampir setara dengan tanaman tanpa perlakuan (kontrol). Seperti yang dijelaskan oleh Hesti. L dan Tata, (2009) mikoriza mampu menyalurkan air dan hara tanah untuk tumbuhan ditambah dengan pernyataan Abdullah *et al.* (2005), menyatakan bahwa akar yang bersimbiose dengan mikoriza akan dapat menyerap nutrisi dari dalam tanah yang jaraknya jauh dari akar, kemudian akan mengakumulasiannya serta mengirim ke semua jaringan tumbuhan. Namun pengaruh dari kandungan P yang tinggi pada M3 menyebabkan pertumbuhan koloni CMA pada akar terhambat sehingga tumbuh tidak optimal (Kleinschmidt and Gerdemann, 1972). Jadi dari hasil ketinggian, berat basah, dan berat kering tanaman dengan perlakuan CMA memiliki hasil di bawah tanaman tanpa perlakuan.

Hasil dari analisis pertumbuhan dilihat dari media terbaik dalam pertumbuhan tanaman secara berurutan adalah M3, M2, dan M1. Sedangkan untuk pertumbuhan dengan perlakuan CMA memiliki pengaruh pada pertumbuhan tanaman paling baik pada M1, M2. Dan M3. Hal ini dilihat dari hasil pertumbuhan pada setiap parameter dari tanaman dengan perlakuan CMA dibandingkan dengan tanaman kontrol, karena pada tanaman dengan perlakuan M1 memiliki media dengan kandungan P terendah sehingga CMA hidup dengan baik. Berbeda dengan M2 dan M3 yang mana kandungan P sangat tinggi dibandingkan M1 dapat menghambat pertumbuhan koloni

CMA pada akar. Sehingga dari penelitian ini dalam pengaplikasiannya tanaman dengan perlakuan CMA pada M1 lebih di anjurkan karena hanya memerlukan 50 gram dari inoculum CMA berbeda dengan M2 yang memerlukan pupuk kandang kambing yang dangat banyak bila digunakan dalam sekala besar.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pertumbuhan tanaman di lahan karst dengan bahan pembenah tanah dan tanaman *Melaleuca leucadendron* memiliki hasil yang optimum pada media 2 (M2) yang memiliki kada unsur hara paling tinggi dengan hasil beberapa parameter lebih tinggi dari media lain. M2 memiliki komposisi pupuk kandang kambing , *lime rock*, dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1 : 1 dilanjutkan dengan media 3 (M3) dengan komposisi pupuk kandang kambing, arang aktif, *lime rock* dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1 : ½ : ½. dan yang terakhir pada media 1 (M1) dengan komposisi *lime rock*, dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1 dan tanpa bahan pembenah tanah.
2. Pengaruh Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) jenis *Glomus sp. terbukti* berpengaruh pada pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendron* di setiap media . Pada M1 semua tanaman dengan perlakuan CMA memiliki semua parameter pertumbuhan berada di atas tanaman tanpa perlakuan atau kontrol. Pada M2 tanaman dengan perlakuan CMA pada parameter jumlah daun dan tunas berada diatas tanaman tanpa perlakuan atau kontrol. Pada M3 tanaman dengan perlakuan CMA pada parameter jumlah daun dan tunas berada diatas tanaman tanpa perlakuan atau kontrol serta menjadi hasil yang paling signifikan. Hasil tanaman dengan perlakuan CMA memiliki hasil yang lebih unggul pada parameter diameter dan berat jaringan atas basah dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan atau kontrol. Dengan hasil yang paling berpengaruh pada M1 yang memiliki kadar unsur hara paling rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian beberapa saran dari penulis yaitu :

1. Waktu penanaman dilakukan pada pagi hari atau sore hari agar tanaman tidak layu dan mati.
2. Penempatan tanaman di nurseri setelah penanaman di tempatkan pada wilayah yang teduh agar tanaman tidak layu dan bisa beradaptasi.
3. Memperhatikan hama atau serangga alami yang menempel pada tanaman yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.
4. Mencabut rumput yang tumbuh pada media tanam agar nutrisi tidak diserap oleh tanaman lain.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Daftar Pustaka

- Abdullah, Sofyan, Y. Musa, dan Feranita H. 2005. Perbanyak jamur mikoriza arbuskular (jamur mikoriza arbuskula) pada berbagai varietas jagung (*Zea mays l.*) Dan pemanfaatannya pada dua varietas tebu (*Saccharum officinarum l.*). *J. Sains & Teknologi*, vol. 5 (1), page 12 – 20
- Aggangan, N. S., Cortes, A. D. and Reaño, C. E. 2019 .Growth response of cacao (*Theobroma cacao L.*) plant as affected by bamboo biochar and arbuscular mycorrhizal fungi in sterilized and unsterilized soil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. vol. 22, page 1-11 doi: 10.1016/j.bcab.2019.101347.
- Agusni. Marlina. Satriawan, H., 2014. Pengaruh olah tanah dan pemberian pupuk kandang terhadap sifat fisik tanah dan produksi tanaman jagung. *Lentera*, vol. 14, page. 1-6.
- Brundrett, M.C., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. and Malajczuk, N.. 1996 .Working with mycorrhizas in forestry and agriculture the authors measurements and standards. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. page 374.
- Chauhan, S., S. Kaushik, and A. Aggarwal, 2013. AM Fungal Diversity in Selected Medicinal Plants of Haryana, India. *Botany Research International*. vol 6 (2), page 41-46, 2013. ISSN: 2221-3635.
- Chen, H., Liu, J., Wang, K., and Zhang, W. 2011. Spatial distribution of rock fragments on steep hillslopes in karst region of northwest Guangxi, China. *Catena*. vol 84(1-2), page 21-28 doi: 10.1016/j.catena.2010.08.012.
- Darwo. 1997. Evaluasi hasil inventarisasi tegakan *Eucalyptus urophylla* di HTI PT. Indo Rayon Utama, Sumatera Utara. *Buletin Penelitian Kehutanan*. Pematang Siantar. Konifera No.1/Thn XIII/April/1997.
- Dewi, I. R., 2007. Makalah Peran, Prospek dan Kendala dalam Pemanfaatan Endomikoriza. *Jurusan Budidaya Pertanian Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian*. Universitas Padjadjaran. Jatinangor, Jawa Barat.
- Duringer, P., Bacon, A.M., Sayavongkhamdy, T., and Thuy, N. T. K. 2012. Karst development, breccias history, and mammalian assemblages in Southeast Asia: A brief review. *Comptes Rendus - Palevol*. vol 11(2-3), page 133-157 doi: 10.1016/j.crpv.2011.07.003.
- Fakuara, M.Y. 1988. Mikoriza, teori dan kegunaan dalam praktek. PAU-IPB. Bogor.
- Fakuara, M. Y dan Y. Setiadi, 1990. Aplikasi Mikoriza dalam Pembangunan Hutan Tansman Industri. *Prossiding Seminar Bioteknologi Hutan*. Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- Ford, D. and Williams, P. (2013). Karst Hydrogeology and Geomorphology, Karst Hydrogeology and Geomorphology. page 1-562 doi: 10.1002/9781118684986.
- Gunarathne, V., Mayakaduwa, S., and Vithanage, M. 2017. Biochar's Influence as a Soil Amendment for Essential Plant Nutrient Uptake. *Essential Plant Nutrients: Uptake, Use Efficiency, and Management*. Vol. 3, page 47-67.

- Gutiérrez, F., Parise, M., Waele, J. D., and Jourde, H. (2014). A review on natural and human-induced geohazards and impacts in karst. *Earth-Science Reviews*. vol 138, page 61-88 doi: 10.1016/j.earscirev.2014.08.002.
- Hapsoh, 2008. Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula pada Budidaya Kedelai di Lahan Kering. Universitas Sumatera, Medan.
- Hesti, L., dan Tata, M. 2009. Pengaruh pemberian berbagai mva dan pupuk kandang ayam pada tanaman tembakau deli terhadap serapan P dan pertanaman ditanah Inceptisol Sampali. Skripsi. *Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian*. Bogor.
- Indrawan, M., Primarck, R.B., & Suprijatna, J. 2007. Biologi Konservasi (edisi revisi). Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Jiang, Z., Lian, Y. and Qin, X. 2014. Rocky desertification in Southwest China: Impacts, causes, and restoration. *Earth-Science Reviews*. Elsevier B.V., vol 132(November), page 1–12. doi: 10.1016/j.earscirev.2014.01.005.
- Kamada, M. 2005. Hierarchically structured approach for restoring natural forest—trial in Tokushima Prefecture, Shikoku, Japan, *Landscape and Ecological Engineering*. vol 1(1), page 61-70 doi: 10.1007/s11355-005-0005-1.
- KBBI, 2020. Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). [Online] Available at: <http://kbbi.web.id/pusat>, [Diakses 16 Februari 2020].
- Kiernan, K. (2010). Environmental degradation in karst areas of Cambodia: A legacy of war?. *Land Degradation and Development*. vol 21(6), page 503-519 doi: 10.1002/ldr.988.
- Kleinschmidt, G.D., and J.W. Gerdemann. 1972. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. *Phytopathology*. vol. 62. page 1447-1453
- Kuuluvainen, T., Aapala, K., Ahlroth, P., kuusinen, M., Lindholm, T., Sallantausta, T., Siitonen, J., and Tukia, H. 2002. Principles of ecological restoration of boreal forested ecosystems: Finland as an example. in *Silva Fennica*. vol 36(1), page 409-422 doi: 10.14214/sf.572.
- Lewenussa, A. 2009. Pengaruh mikoriza dan bio organik terhadap pertumbuhan bibit *Cananga odorata* (Lamk) Hook.fet & Thomas. Skripsi. Bogor; Fakultas Kehutanan IPB.
- Li, D., Zhang, X., Green, s., Dungait, J. A. J., Wen, X., Tang, Y., Guo, Z., Yang, Y., Sun, X. and Quine, T. 2018 .Nitrogen functional gene activity in soil profiles under progressive vegetative recovery after abandonment of agriculture at the Puding Karst Critical Zone Observatory, SW China. *Soil Biology and Biochemistry*. vol 125, page 93-102 doi: 10.1016/j.soilbio.2018.07.004.
- Lu, X., Toda, H., Ding, F., Fang, S., Yang, W., and Xu, H. 2014. Effect of vegetation types on chemical and biological properties of soils of karst ecosystems. *European Journal of Soil Biology*. vol 61, page 49-57 doi: 10.1016/j.ejsobi.2013.12.007.
- Lutony, T.L. & Rahmayati, Y. 1994. Produksi Dan Perdagangan Minyak Atsiri. Jakarta:

Penerbit Penebar Swadaya. Hal. 79 – 82.

- Maryanto, Ibnu. 2006. Manajemen Bioregional : Kars, Masalah dan Pemecahannya, Dilengkapi Kasus Jabodetabek. Bogor : Puslit Biologi LIPI.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2014. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No: 3045 K/40/MEM/2014 tentang Penetapan Kawasan Bentang Alam Karst Gunung Sewu.
- Miransari, M., Abrishamchi, A., Khoshbakht, K., and Niknam, V. 2014. Plant hormones as signals in arbuscular mycorrhizal symbiosis., *Critical Reviews in Biotechnology* vol. 34(2), page 123–133. doi: 10.3109/07388551.2012.731684.
- Navarro, A. M., J. G. S. Moragues, A. V. Banuet, and M. Verdü, 2012. The Network Structure of Plant- Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *New Phytologist*. vol 194, page 536-547.
- Nurida, N., 2014. Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, page. 57-68.
- Odigie, E. E., and Eziashi, E. I., 2013. Anatomy of Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) *Acaulospora scrobiculata* on Roots of the Shea Tree *Vitellaria paradoxa* in Nigeria. *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences*, vol 1 (7), page 123-127, ISSN: 2346-7002.
- Parise M., Closson, D., Gutierrez, F., and Stevanovic, Z. 2015 .Anticipating and managing engineering problems in the complex karst environment. *Environmental Earth Sciences*. vol 74, page 7823–7835 doi: 10.1007/s12665-015-4647-5.
- Pratiwi, P. R., Subandi, M. and Mustari, E. (2015) .Pengaruh Tingkat EC (Electrical Conductivity) terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) pada Sistem Instalasi Aeroponik Vertikal., *Jurnal Agro*, vol 2 no 1, page 50–55. doi: 10.15575/163.
- Rohmah, F., Rahayu, Y. S., dan Yuliani, Y. 2013. Pemanfaatan Bakteri *Pseudomonas fluorescens*, Jamur *Trichoderma harzianum* dan Seresah Daun Jati (*Tectona grandis*) untuk Pertumbuhan Tanaman Kedelai pada Media Tanam Tanah Kapur. *LenteraBio*. vol 2(2), page 149-153.
- Samodra, Hanang. 2001. Nilai Strategis Kawasan Karst Di Industri Pengelolaan dan Perlindungannya. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Publikasi khusus*.
- Sasli, I. dan A. Ruliansyah. 2012. Pemanfaatan Mikoriza Arbuskula Spesifik Lokasi untuk Efisiensi Pemupukan pada Tanaman Jagung di Lahan Gambut Tropis. *Agrovigor*. vol 5 (2), page 65-74.
- Smith, S. E., Facelli, E., Pope, S., and Smith, F. A. 2010 .Plant performance in stressful environments: Interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil*, vol 326(1), page 3–20. doi: 10.1007/s11104-009-9981-5.

- Sitinjak, Andre E.S. Rayes, M.L., dan Agustina, C. 2019. Morfologi dan klasifikasi tanah pada berbagai macam *sub-landform* karst di formasi Wonosari Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. vol 6 (1), page 1055-1064
- Smith, S. and Read, D. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. *Mycorrhizal Symbiosis*. page 1-800 doi: 10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6.
- Society for Ecological Restoration International and IUCN Commission on Ecosystem Management. 2004. Ecological Restoration, a means of conserving biodiversity and sustaining livelihoods. *Society for Ecological Restoration International*, Tucson, Arizona, USA and IUCN, Gland, Switzerland.
- Stas, S.M., Rutishauser, E., Chave, J., Anten, N.P.R., and Laumonier, Y. 2017. Estimating the aboveground biomass in an old secondary forest on limestone in the Moluccas, Indonesia: Comparing locally developed versus existing allometric models. *Forest Ecology and Management*. vol 389, page 27-34 doi: 10.1016/j.foreco.2016.12.010.
- Surata, I., 2009. Pengaruh ukuran lubang tanam dan kompos kotoran sapi untuk penanaman lahan kritis di daerah savana di Pulau Sumba. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, vol 6(2), page. 147-157.
- Sweeting, M. 1992 .Tectonics and fluvial denudation in the formation of cone karst, with particular reference to south China. *Tubinger Geographische Studien*. vol 109, page 45-56
- Wasis, B., Megawati, N.J., 2013. Pertumbuhan Semai Krey Payung (*Filicium decipiens*) pada Media Bekas Tambang Pasir dengan Penambahan Arang dan Pupuk NPK (Growth of Krey Pertumbuhan Semai Krey Payung (*Filicium decipiens*) pada Media Bekas Tambang Pasir dengan Penambahan Arang dan Pupu. *J. Silvikultur Trop*. vol. 4, page. 69–76.
- Wang, W. X., Shi, J. C., Xie, Q. J., Jiang, Y. N., Yu, N., Wang, E. T. 2017. Nutrient Exchange and Regulation in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Molecular Plant*. Elsevier Ltd, vol. 10(9), page 1147–1158. doi: 10.1016/j.molp.2017.07.012.
- Widiastuti, H. and Sukarno, N. 2005 .Penggunaan spora cendawan mikoriza arbuskula sebagai inokulum untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. vol 73(1), page 26-34
- Wiyono, Siradz, S.A. and Hanudin, E. 2006. Aplikasi Soil Taxonomy pada Tanah-tanah yang Berkembang dari Bentuk Karst Gunung Kidul. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. vol 6 (1), page 13-26.
- Yuan, D.X., 2001. World correlation of karst ecosystem: objectives and implementation plan. *Adv. Earth Sci*. vol 16 (4), page 461–466 (in Chinese).

Lampiran

Lampiran 1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Polibag ukuran 2 kg
2. Ember, digunakan untuk mencampur media media
3. Sendok, Digunakan saat inokulasi mikoriza
4. Volume Takar, digunakan untuk mengukur media dan mikoriza
5. Timbangan / Neraca Analitik, digunakan untuk menimbang media .mikoriza, berat kering dan berat basah roost dan shoots
6. Plastik Steril, digunakan untuk tempat media sebelum dan saat di sterilisasi
7. Gunting, untuk memotong roots dan shoots
8. Label, digunakan untuk melebeli setiap polibag media
9. Marker, untuk menulis kode setiap polibag media
10. Autoclaf, untuk mensterilisasi media
11. Sarung Tanan Anti Panas, untuk mengambil media setelah di autoclaf
12. Oven, untuk mengeringkan roots, shoots, dan tanah
13. Penggaris, Untuk mengukur ketinggian tanaman
14. Jangka Sorong Digital, untuk mengukur diameter tanaman
15. Erlenmeyer 250 ml, untuk tempat tanah uji pH dan EC
16. pH dan EC meter, digunakan untuk uji pH dan EC tanah
17. Sendok Sungu, untuk mengambil sampel tanah
18. Pipet ukur 10 ml, untuk mengambil larutan KCl 1N dan Akuadest
19. Gelas Beaker 100 ml, untuk tempat larutan KCl dan Akuadest
20. Gelas Beaker 1000 ml, untuk larutan yang sudah tidak terpakai
21. Shaker, untuk mengaduk larutan dengan tanah
22. Cawan Petri, untuk wadah tanah sebelum di oven
23. Krustang, untuk mengambil cawan petri setelah di oven
24. Desikator.

Lampiran 2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Akuadest, digunakan untuk uji pH dan EC
2. KCl 1 N, digunakan untuk uji pH
3. Lime Rock, digunakan sebagai campuran pembuatan media
4. Lime Soil, digunakan sebagai campuran pembuatan media
5. Arang Aktif, digunakan sebagai campuran pembuatan media
6. Pupuk Kandang, digunakan sebagai campuran pembuatan media
7. Bibit tanaman *Melaleuca leucadendron*, digunakan sebagai tanaman di media tanam
8. Mikoriza padat / CMA (*Glomus clarum*), digunakan sebagai bahan inokulasi pada penelitian ini

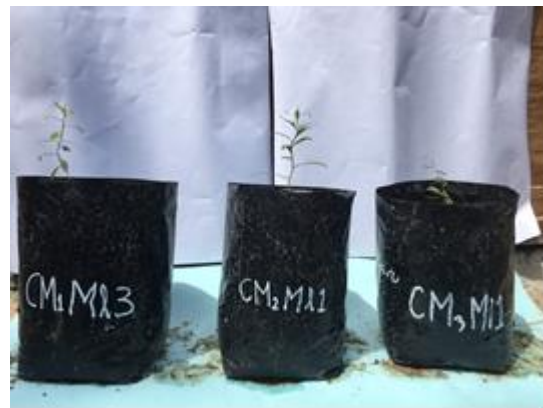


Lampiran 3. Foto Pertumbuhan Tanaman

Tanggal 27 Juli 2020



a) Mikoriza



b) Kontrol

Tanggal 10 Agustus 2020



a) Mikoriza



b) Kontrol

Tanggal 24 Agustus 2020



a)Mikoriza

b)Kontrol

Tanggal 7 September 2020



a)Mikoriza

b)Kontrol

Tanggal 22 September 2020



a)Mikoriza

b)Kontrol

Foto Pertumbuhan Tanpa Tanah



a)Media 1



b)Media 2



c)Media 3

Lampiran 4. **Hasil uji Anova Berat Jaringan Akar Basah tanaman Kayuputih Mikoriza dan Kontrol**

H0 : tidak terdapa perbedaan Berat Jaringan Akar Basah tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

H1 : terdapa perbedaan Berat Jaringan Akar Basah tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

Uji normalitas

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.155	24	.139	.949	24	.257

a. Lilliefors Significance Correction

Dari Tabel uji normalitas karena data ≤ 50 maka digunakan shapiro-wilk dengan dilihat bagian sig. dan tertera nilai sig > 0.05 maka data berdistribusi normal

Uji Anova

Between-Subjects Factors				
		Value	Label	N
Media Tanam	1		M1	10
	2		M2	6
	3		M3	8
Perlakuan Tanaman	1		Mikoriza	14
	2		Kontrol	10

- Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Akar Basah	Based on Mean	1.297	5	18	.309
	Based on Median	.339	5	18	.883
	Based on Median and with adjusted df	.339	5	10.348	.878
	Based on trimmed mean	1.208	5	18	.345

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Berat Jaringan Akar Basah

b. Design: Intercept + Media + Perlakuan + Media * Perlakuan

Hasil uji homogenitas data dapat dikatakan homogen dengan nilai sig > 0.05

- Hasil Uji Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Berat Jaringan Akar Basah

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.152 ^a	5	.230	.991	.451
Intercept	14.763	1	14.763	63.457	.000
Media	.184	2	.092	.395	.679
Perlakuan	.012	1	.012	.054	.819
Media * Perlakuan	.882	2	.441	1.896	.179
Error	4.188	18	.233		
Total	20.700	24			
Corrected Total	5.340	23			

a. R Squared = .216 (Adjusted R Squared = -.002)

- Untuk corrected model nilai sig menunjukkan > 0.05 yang menandakan tidak signifikan. Model tidak valid
- Untuk intercept sig menunjukkan < 0.05 , maka intercept signifikan
- Pada point media sig menunjukkan > 0.05 . maka media berpengaruh tidak signifikan
- Pada point perlakuan sig menunjukkan > 0.05 . maka perlakuan berpengaruh tidak signifikan
- Pada point media * perlakuan sig menunjukkan > 0.05 . maka media*perlakuan berpengaruh Tidak signifikan

Lampiran 5. *Hasil uji Anova Berat Jaringan Atas Basah tanaman Kayuputih Mikoriza dan Kontrol*

H0 : tidak terdapa perbedaan Berat Jaringan Atas Basah tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

H1 : terdapa perbedaan Berat Jaringan Atas Basah tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

Uji normalitas

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.144	24	.200*	.922	24	.063

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Dari Tabel uji normalitas karena data ≤ 50 maka digunakan shapiro-wilk dengan dilihat bagian sig. dan tertera nilai sig > 0.05 maka data berdistribusi normal

Uji Anova

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
Media Tanaman	1	M1	10
	2	M2	6
	3	M3	8
Perlakuan Tanaman	1	Mikoriza	14
	2	Kontrol	10

- Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Basah Batang	Based on Mean	.783	5	18	.575
	Based on Median	.346	5	18	.878
	Based on Median and with adjusted df	.346	5	12.648	.876
	Based on trimmed mean	.715	5	18	.620

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Berat Jaringan Atas Basah

b. Design: Intercept + Media + Perlakuan + Media * Perlakuan

Hasil uji homogeny nitas data dapat dikatakan homogen dengan nilai sig > 0.05

- Hasil Uji Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Berat Jaringan Atas Basah

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	27.516 ^a	5	5.503	2.672	.056
Intercept	345.561	1	345.561	167.792	.000
Media	23.836	2	11.918	5.787	.011
Perlakuan	.354	1	.354	.172	.683
Media * Perlakuan	2.614	2	1.307	.635	.542
Error	37.070	18	2.059		
Total	408.870	24			
Corrected Total	64.586	23			

a. R Squared = .426 (Adjusted R Squared = .267)

- Untuk corrected model nilai sig menunjukkan > 0.05 yang menandakan tidak signifikan. Model tidak valid
- Untuk intercept sig menunjukkan < 0.05 . maka intercept signifikan
- Pada point media sig menunjukkan < 0.05 . maka media berpengaruh signifikan
- Pada point perlakuan sig menunjukkan > 0.05 . maka perlakuan berpengaruh tidak signifikan
- Pada point media * perlakuan sig menunjukkan > 0.05 . maka media*perlakuan berpengaruh Tidak signifikan

Lampiran 6. **Hasil uji Anova Berat Jaringan Akar Kering tanaman Kayuputih Mikoriza dan Kontrol**

H0 : tidak terdapa perbedaan Berat Jaringan Akar Kering tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

H1 : terdapa perbedaan Berat Jaringan Akar Kering tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

Uji normalitas

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.118	24	.200*	.972	24	.723

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Dari Tabel uji normalitas karena data ≤ 50 maka digunakan shapiro-wilk dengan dilihat bagian sig. dan tertera nilai sig > 0.05 maka data berdistribusi normal

Uji Anova

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
Media Tanaman	1	M1	10
	2	M2	6
	3	M3	8
Perlakuan Tanaman	1	Mikoriza	14
	2	Kontrol	10

- Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Akar Kering	Based on Mean	1.853	5	18	.153
	Based on Median	.573	5	18	.720
	Based on Median and with adjusted df	.573	5	10.866	.720
	Based on trimmed mean	1.801	5	18	.164

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Berat Jaringan Akar Kering

b. Design: Intercept + Media + Perlakuan + Media * Perlakuan

Hasil uji homogeny nitas data dapat dikatakan homogen dengan nilai sig > 0.05

- Hasil Uji Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Berat Jaringan Akar Kering

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.105 ^a	5	.021	.904	.500
Intercept	1.918	1	1.918	82.201	.000
Media	.037	2	.019	.801	.464
Perlakuan	.001	1	.001	.040	.843
Media * Perlakuan	.068	2	.034	1.456	.259
Error	.420	18	.023		
Total	2.527	24			
Corrected Total	.525	23			

a. R Squared = .201 (Adjusted R Squared = -.021)

- Untuk corrected model nilai sig menunjukkan > 0.05 yang menandakan tidak signifikan. Model tidak valid
- Untuk intercept sig menunjukkan < 0.05 . maka intercept signifikan
- Pada point media sig menunjukkan > 0.05 . maka media berpengaruh tidak signifikan
- Pada point perlakuan sig menunjukkan > 0.05 . maka perlakuan berpengaruh tidak signifikan
- Pada point media * perlakuan sig menunjukkan > 0.05 . maka media*perlakuan berpengaruh Tidak signifikan

Lampiran 7. *Hasil uji Anova Berat Jaringan Atas Kering tanaman Kayuputih Mikoriza dan Kontrol*

H0 : tidak terdapat perbedaan Berat Jaringan Atas Kering tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

H1 : terdapat perbedaan Berat Jaringan Atas Kering tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

Uji normalitas

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.142	24	.200*	.965	24	.538

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Dari Tabel uji normalitas karena data ≤ 50 maka digunakan shapiro-wilk dengan dilihat bagian sig. dan tertera nilai sig > 0.05 maka data berdistribusi normal

Uji Anova

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
Media Tanaman	1	M1	10
	2	M2	6
	3	M3	8
Perlakuan Tanaman	1	Mikoriza	14
	2	Kontrol	10

- Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Batang Kering	Based on Mean	1.225	5	18	.338
	Based on Median	.544	5	18	.741
	Based on Median and with adjusted df	.544	5	11.592	.740
	Based on trimmed mean	1.178	5	18	.358

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Berat Jaringan Atas Kering

b. Design: Intercept + Media + Perlakuan + Media * Perlakuan

Hasil uji homogenitas data dapat dikatakan homogen dengan nilai sig > 0.05

- Hasil Uji Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Berat Jaringan Atas Kering

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.943 ^a	5	.389	1.746	.175
Intercept	26.244	1	26.244	117.904	.000
Media	1.753	2	.877	3.939	.038
Perlakuan	.025	1	.025	.114	.740
Media * Perlakuan	.391	2	.195	.878	.433
Error	4.007	18	.223		
Total	31.370	24			
Corrected Total	5.950	23			

a. R Squared = .327 (Adjusted R Squared = .139)

- Untuk corrected model nilai sig menunjukkan > 0.05 yang menandakan tidak signifikan. Model tidak valid
- Untuk intercept sig menunjukkan < 0.05 , maka intercept signifikan
- Pada point media sig menunjukkan < 0.05 . maka media berpengaruh signifikan
- Pada point perlakuan sig menunjukkan > 0.05 . maka perlakuan berpengaruh tidak signifikan
- Pada point media * perlakuan sig menunjukkan > 0.05 . maka media*perlakuan berpengaruh Tidak signifikan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



RIWAYAT HIDUP

Zehan Farandi dengan nama panggilan Zehan yang lahir di Kabupaten Pacitan, Jawa Timur pada tanggal 26 Agustus 1998 merupakan anak ketiga dari empat bersaudara oleh pasangan Lilik Pedut Hermawan dan Anis Zubaidah. Adapun jenjang pendidikan yang telah di tempuh penulis yaitu pendidikan dasar di SDN 1 Ngadirojo, Kecamatan Ngadirojo, Kabupaten Pacitan. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di SMPN 1 Ngadirojo, Kecamatan Ngadirojo, Kabupaten Pacitan dan di lanjutkan di SMAN 1 Ngadirojo, Kecamatan Ngadirojo, Kabupaten Pacitan.

Sebagai mahasiswa Teknik Lingkungan FTSP UII, penulis diterima melalui jalur *Computer Based Test* (CBT) pada tahun 2016. Selama menempuh pendidikan, penulis juga berperan aktif dalam berbagai kegiatan non akademik seperti Kepanitiaan (*organizing comitee*), tim kerja, hingga pengurus Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia selama 2 periode. Tidak hanya dalam kegiatan non akademik, penulis juga pernah ikut serta dalam menjadi asisten Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan, asisten Praktikum Teknik Lingkungan 1, dan asisten Praktikum Laboratorium Lingkungan.

Pada Juni 2019, penulis berkesempatan untuk belajar dan ikut serta dalam penelitian yang digagaskan oleh dosen dan melaksanakan penelitian di di Bukit Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta dan Laboratorium Bioteknologi Lingkungan untuk menyelesaikan studi di program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

