

TA/TL/2020/1242

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH MIKROBA PELARUT FOSFAT SEBAGAI  
AGEN BIO-RESTORASI DI KAWASAN KARST:  
STUDI KASUS DI PERSEMAIAN**

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



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

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH MIKROBA PELARUT FOSFAT**  
**SEBAGAI AGEN BIO-RESTORASI DI KAWASAN**  
**KARST: STUDI KASUS DI PERSEMAIAN**

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



الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

MUHAIMIN AGSHA  
16513134

Disetujui,  
Dosen Pembimbing

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

NIK : 165131306

Tanggal:

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

NIK : 185130401

Tanggal:

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII



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

NIK: 025100406

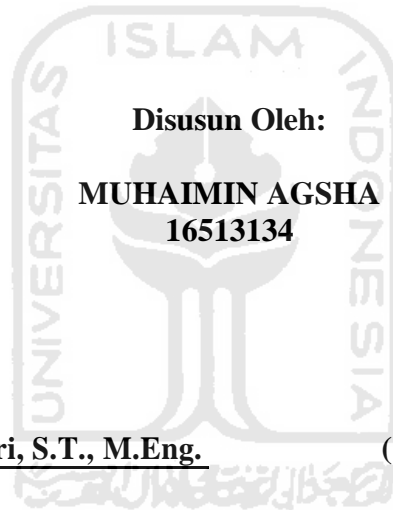
Tanggal: 24/11/2020

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH MIKROBA PELARUT FOSFAT  
SEBAGAI AGEN BIO-RESTORASI DI KAWASAN  
KARST: STUDI KASUS DI PERSEMAIAN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa  
Tanggal : 24 November 2020



Disusun Oleh:

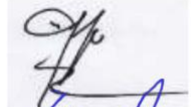
**MUHAIMIN AGSHA  
16513134**

**Tim Penguji:**

**Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng.**

(  )

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

(  )

**Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.**

(  )

## 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 **“Pengaruh Mikroba Pelarut Fosfat Sebagai Agen Bio-Restorasi di Kawasan Karst Studi Kasus Persemaian”** ini yang dilaksanakan terhitung mulai Juli 2019. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia .

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. Keluarga penulis terutama orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan secara moril dan materi mulai dari perencanaan dan pelaksanaan penelitian hingga pada penyusunan laporan 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 sampai penelitian.
7. Teman-teman seperjuangan penelitian ini yaitu Nindy Prastiwi, Zehan Farandi, Aisyah Puspa, Tri Suwarni, Nurul Dinda Latifah, Adib Khusni Rizki, dan M. Naufal Reihansyah atas kerja samanya selama berlangsungnya penelitian.
8. Sarah Indriani dan juga sahabat serta 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, Juli 2020

Muhaimin Agsha



## ABSTRAK

MUHAIMIN AGSHA. Pengaruh Mikroba Pelarut Fosfat Sebagai Agen Bio-Restorasi di Kawasan Karst Studi Kasus Persemaian. Dibimbing oleh Dr. JONI ALDILA FAJRI, S.T., M.Eng. dan DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Banyaknya permasalahan pada kawasan karst, terutama masalah kekurangan air dan juga penggurunan kawasan karst atau *Karst Rocky Desertification* (KRD). Untuk menanggulangi masalah-masalah kawasan Karst di wilayah Perbukitan Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta perlu dilakukan restorasi dengan cara pembenahan tanah diikuti dengan penanaman tanaman lalu disertai penambahan mikroorganisme pada tanah. Salah satu cara yaitu dengan menanam tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucadendron*) dengan ditambahkan mikroba pelarut fosfor dengan jenis *Penicillium citrinum* pada media. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan pembenah tanah yang digunakan yaitu pupuk kandang dan arang aktif. Lalu untuk mengetahui pengaruh pemberian PSM terhadap tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucadendron*). Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu hasil dari pertumbuhan tanaman meliputi tinggi, diameter, jumlah daun, jumlah tunas, berat basah, dan berat kering tanaman. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa PSM mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pada media yang tidak menggunakan pembenah tanah. Lalu untuk media dengan pembenah tanah dapat meningkatkan pertumbuhan lebih baik dari PSM pada media 2 dan 3.

**Kata Kunci:** Karst, Mikroba Pelarut Fosfat, *Penicillium citrinum*, Restorasi

## ABSTRACT

MUHAIMIN AGSHA. *Effect of Phosphate Solubilizing Microbes as Bio-Restoration Agents in Karst Areas: Nursery Case Study. Supervised by Dr. JONI ALDILA FAJRI, S.T., M.Eng. dan DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D.*

*The number of problems in karst areas, especially the problem are lack of water source and also the desertification of karst areas or Karst Rocky Desertification (KRD). To overcome the problems of the Karst region in the area of Plencing Hill, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta, restoration by soil improvement is needed, followed by planting plants and then adding microorganisms to the soil. One of the ways is to plant eucalyptus plants (*Melaleuca leucadendron*) with the addition of phosphorus solubilizing microbes with the species is *Penicillium citrinum* to the media. The purpose of this study are to determine the effect of soil amendment materials used, which are manure and activated charcoal. Then to find out the effect of giving PSM to Eucalyptus plants (*Melaleuca leucadendron*). The parameters used in this study are the results of plant growth include height, diameter, number of leaves, number of shoots, fresh weight, and dry weight of plants. The results of this study indicate that PSM can increase plant growth in media that do not use soil amendment. Then for media with soil amendment can increase growth better than PSM on media 2 and 3.*

**KEYWORDS:** Karst, Phosphate solubilizing microbes, *Penicillium citrinum*, Restoration

## DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I 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 II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kawasan Karst.....	5
2.2 Pembenh Tanah.....	5
2.3 Tanaman Uji.....	6
2.4 Fosfor.....	7
2.5 <i>Phosphate Solubilizing Microorganism</i> (PSM).....	7
2.6 <i>Penicilium citrinum</i> .....	8
2.7 Penelitian Terdahulu.....	8
BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Waktu dan Tempat.....	11
3.2 Tahapan Penelitian.....	11
3.3 Analisis Data.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Deskripsi Daerah Penelitian.....	17
4.2 Hasil dan Analisis Data Pendukung Penelitian.....	17
4.2.1. Analisis Parameter Media Awal.....	17
4.2.2. Analisis Konsentrasi PSM.....	18



4.3	Analisis Parameter Pertumbuhan Tanaman.....	20
4.3.1	Pertumbuhan Tanaman.....	20
4.3.2	Kandungan Nutrisi Tanaman.....	28
4.4	Analisis Hubungan PSM dan Pembenh Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman.....	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....		32
LAMPIRAN.....		x



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Studi Penelitian Terdahulu.....	8
Tabel 2 Karakteristik Media Awal.....	17
Tabel 3 Kenaikan Tinggi Tanaman.....	21
Tabel 4 Kenaikan Diameter Tanaman.....	22
Tabel 5 Kenaikan Jumlah Daun Tanaman .....	24
Tabel 6 Kenaikan Jumlah Tunas Tanaman .....	25

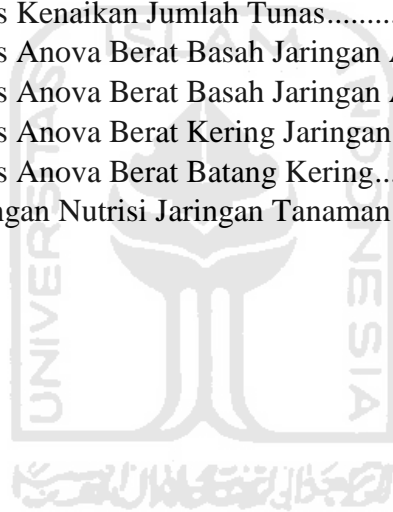


*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Potensi Penambahan Pupuk Kandang dan <i>Biochar</i> .....	6
Gambar 2 Peta Lokasi Penelitian .....	11
Gambar 3 Prosedur Penelitian.....	12
Gambar 4 Bagan Alir Pembuatan Media Tanam .....	13
Gambar 5 Pelabelan Media Tanam .....	14
Gambar 6 Cawan Petri berisi Isolat PSM dengan Pengenceran 7x .....	19
Gambar 7 Perhitungan dengan Colony Counter .....	19
Gambar 8 Grafik Analisis Kenaikan Tinggi Tanaman Berdasarkan Waktu.....	20
Gambar 9 Grafik Analisis Kenaikan Diameter Tanaman .....	22
Gambar 10 Grafik Analisis Kenaikan Jumlah Daun.....	23
Gambar 11 Grafik Analisis Kenaikan Jumlah Tunas.....	24
Gambar 12 Grafik Analisis Anova Berat Basah Jaringan Akar.....	25
Gambar 13 Grafik Analisis Anova Berat Basah Jaringan Akar.....	26
Gambar 14 Grafik Analisis Anova Berat Kering Jaringan Akar .....	27
Gambar 15 Grafik Analisis Anova Berat Batang Kering.....	28
Gambar 16 Grafik Kandungan Nutrisi Jaringan Tanaman .....	29



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: ALAT DALAM PENELITIAN .....	x
Lampiran 2: BAHAN DALAM PENELITIAN.....	xi
Lampiran 3: ANALISIS UJI ANOVA.....	xii
Lampiran 4: DOKUMENTASI.....	xxiv



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia mempunyai bentang alam yang sangat beragam, salah satunya adalah bentang alam karst. Daerah karst atau daerah tanah kapur merupakan daerah unik yang biasanya ditandai dengan daerah tandus, tanah berbatu, gua-gua, sungai bawah tanah, tidak ada aliran permukaan dan lubang-lubang. Hal ini merupakan hasil dari efek pelarutan yang terjadi di bawah tanah. Topografi karst terbentuk oleh aksi geologis air pada batuan yang larut, seperti karbonat, gipsum, batu kapur dan dolomit, yang didominasi oleh peleburan dan ditambah dengan fenomena erosi atau keruntuhan karena air (Zhou *et al.*, 2020).

Kawasan karst terbentuk dari batuan gamping dengan kandungan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) yang tinggi, tingkat pH yang tinggi, dan kapasitas penyimpanan air yang rendah (Hao *et al.*, 2015). Achmad (2011) menambahkan bahwa karst adalah daerah batuan karbonat atau campuran dari keduanya, yang telah mengalami pelarutan oleh di atmosfer melalui air hujan, maupun yang berasal dari sisa tanaman atau humus.

Masalah yang sering dijumpai pada daerah karst adalah *Karst Rocky Desertification* (KRD) atau penggurunan batuan karst. KRD adalah salah satu jenis degradasi dari tanah atau lahan yang disebabkan oleh erosi tanah yang sangat parah yang sering terjadi di kawasan tanah karst (Yan *et al.*, 2019). Masalah lain yang dihadapi adalah kekeringan, rendahnya kualitas dan kuantitas air, kesadahan yang tinggi pada air, dan rentan mengalami penggurunan. Permasalahan tersebut dialami di wilayah Karst Gunung Sewu di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Nestmann *et al.*, 2013). Untuk terkhususnya pada penelitian ini adalah di kawasan Bukit Plencing, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Ada beberapa solusi untuk menyelesaikan masalah-masalah tersebut. Diantaranya adalah restorasi dengan menggunakan vegetasi, akan tetapi efeknya tidak sebaik restorasi vegetasi di lahan non-karst. Dikarenakan lahan karst tidak memiliki kadar air yang cukup, juga tidak memiliki tanah permukaan yang memadai yang menyebabkan susah bagi tanaman yang memiliki biomassa tinggi untuk hidup (Yan *et al.*, 2019). Sehingga diperlukan solusi yang dapat menyelesaikan masalah pada kawasan karst, salah satu solusi yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah pembenahan tanah dengan penambahan agen *Phosphate solubilizing microorganism* (PSM) yang kemudian dilakukan penanaman *Malaleuca leucadendron* (kayuputih) sebagai tanaman uji.. Dan menurut Kartikawati *et al* (2014) tanaman kayuputih dapat hidup pada kondisi dengan pengairan jelek.

Pembenahan tanah merupakan praktik yang digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dalam hal struktur dan juga fungsi biokimia (Dariah *et al.*, 2015). Pembenahan tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan pembenah dengan menggunakan materi organik dan juga dengan penambahan *Phosphate solubilizing microorganism* (PSM). PSM dikenal dapat memacu pertumbuhan tanaman yang memiliki kemampuan melarutkan fosfor yang tidak larut (Yadav *et*



al, 2011). Penggunaan pembenah tanah yang bersumber dari bahan organik terbukti efektif dalam memperbaiki kualitas tanah dan produktivitas lahan, juga bersifat terbarukan, insitu, dan relatif murah, serta bisa mendukung konservasi karbon dalam tanah (Dariah *et al*, 2015). Pembenahan tanah dengan materi organik yang berasal dari biomassa organik maupun anorganik. Biasanya termasuk kompos, serpihan kayu, arang aktif, kotoran hewan, jerami, sekam, dan kotoran ternak. Zat-zat ini sangat kaya akan bahan organik dan unsur makro dan mikro yang meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki kondisi iklim mikro dan juga dapat menyediakan substrat untuk pertumbuhan mikroba (Subodh, 2019).

Menurut Sharma *et al* (2013) Fosfor yang ada di dalam tanah kebanyakan tidak dapat digunakan oleh tanaman karena 75-90% fosfor tersebut ada dalam bentuk tidak larut. sehingga *Phosphate solubilizing microorganism* (PSM) merupakan mikroba yang menjadi salah satu solusi ramah lingkungan yang memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfat yang tersedia di dalam tanah menjadi bentuk fosfat yang lebih mudah diserap oleh perakaran tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pemupukan anorganik. Yang diharapkan dapat meningkatkan probabilitas tumbuhnya tanaman *Malaleuca leucadendron*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

1. Bagaimana pertumbuhan tanaman Kayu Putih (*Malaleuca leucadendron*) dengan bahan pembenah tanah di Lahan Karst Bukit Plencing?
2. Bagaimana pengaruh PSM terhadap pertumbuhan tanaman Kayu Putih (*Malaleuca leucadendron*) dengan pembenahan tanah di Lahan Karst Bukit Plencing?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisa potensi pertumbuhan tanaman *Malaleuca leucadendron* dengan bahan pembenah tanah di Lahan Karst
2. Mengetahui pengaruh PSM terhadap pertumbuhan tanaman *Malaleuca leucadendron* dengan pembenahan tanah di Lahan Karst

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak terkait seperti:

1. Perguruan Tinggi  
Dapat dijadikan referensi pembelajaran khususnya mengenai pengaruh pertumbuhan tanaman di Lahan Karst Bukit Plencing dengan dan atau tidak adanya penggunaan *Phosphate solubilizing microorganism* (PSM).
2. Masyarakat  
Sebagai referensi bagi masyarakat khususnya yang berada di Bukit Plencing dalam mengelola tanah karst untuk mengurangi potensi permasalahan kekeringan di kawasan karst.
3. Pemerintah  
Sebagai masukan serta bahan pertimbangan pemerintah dalam membuat kebijakan mengenai pengelolaan tanah karst khususnya di Bukit Plencing

dengan pembersihan tanah dan memanfaatkan *Phosphate solubilizing microorganism* (PSM).

### 1.5 Ruang Lingkup

Pelaksanaan penelitian ini difokuskan pada:

1. Penelitian dilakukan dalam skala persemaian.
2. Menggunakan tanaman uji yaitu *Malaleuca leucadendron*.
3. Media tanam terdiri dari 3 jenis yaitu tanah kapur + batu kapur (M1), tanah kapur + batu kapur + kompos (M2), dan tanah kapur + batu kapur + kompos yang dimodifikasi dengan arang aktif (M3).
4. Mikroba yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Phosphate solubilizing microorganism* yaitu jamur *Penicillium citrinum*.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kawasan Karst**

Kawasan karst tersebar luas di seluruh dunia dengan luas mencapai hampir 12% dari permukaan tanah global. Kawasan karst merupakan peleburan antara batuan-batuan terlarut seperti batu kapur dan dolomit (Green *et al.*, 2019). Menurut KBBI kawasan 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).

Ekosistem karst umumnya ditandai memiliki kemampuan anti-gangguan yang lemah, stabilitas rendah dan ketidakmampuan untuk menyesuaikan ekosistem. Dimana setelah vegetasi dihancurkan, restorasi ekologis di kawasan karst akan sangat sulit dan hanya cenderung ke arah penggurunan jika tidak direstorasi lebih lanjut. Selain itu, tanah karst biasanya ditandai sebagai tanah yang tipis, tidak rata, kasar, dan tidak subur dengan kelembaban rendah dan kapasitas retensi hara serta sangat erosif dan degeneratif (Zhou *et al.*, 2020).

Kawasan karst Gunung Sewu tersusun dari batuan gamping. Karst Gunung sewu telah mengalami karstifikasi lanjut sehingga membentuk morfologi karst tropis, yang disebut karst tipe *cone*/kerucut. Tanah dan batuan yang ada di kawasan karst Gunung Sewu sangat mudah untuk terlarut dan tidak terlalu keras (Haryono *and* Suratman., 2010), Sehingga hal tersebut juga menjadikan rendahnya kualitas air tanah karena rentan terhadap kontaminan dan juga keluruhan dari batuan kapur (Nestmann *et al.*, 2013)

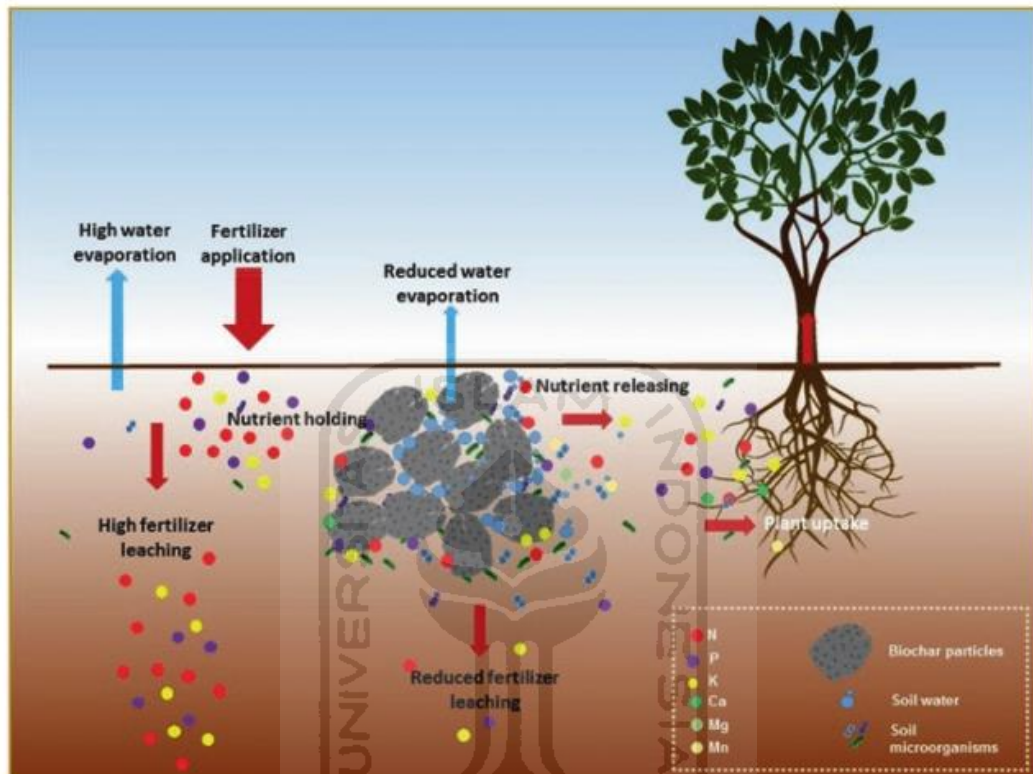
Di daerah karst Gunung Sewu, sebagian besar curah hujan dengan cepat masuk dari permukaan ke dalam batuan karst. Kurangnya kemungkinan penyimpanan air permukaan di kawasan karst. Karena hal tersebut sumber daya air utamanya tersimpan di bagian tanah dalam. Karena hal tersebut, pada musim kemarau sering terjadi kekurangan air yang serius (Nestmann *et al.*, 2013).

#### **2.2 Pembenh Tanah**

Konsep utama dari pembenahan tanah adalah untuk perbaikan agregat tanah untuk mencegah erosi dan juga pencemaran, merubah sifat tanah sehingga dapat mengubah kapasitas tanah menahan air, juga untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam memegang unsur hara. Pembenh tanah juga dilakukan untuk menetralsir unsur ataupun senyawa beracun (Dariah *et al.*, 2015). Pembenh tanah merupakan suatu bahan yang dapat digunakan untuk mempercepat pemulihan/ perbaikan kualitas tanah. Bahan organik selain dapat berfungsi sebagai sumber hara (Dariah *et al.*, 2007).

Salah satu bahan pembenh tanah yang baik adalah *biochar*. Beberapa hasil penelitian menunjukkan peranan *biochar* sebagai pembenh tanah. Penambahan *biochar* pada tanah dapat meningkatkan unsur hara, retensi hara, dan juga retensi air. *Biochar* juga dapat menciptakan kondisi yang baik bagi mikroorganismenya untuk berkembang (Dariah *et al.*, 2015). Pembenh tanah organik lain yang baik digunakan untuk pembenahan tanah adalah pupuk kandang. Beberapa manfaat dari

penggunaan pupuk kandang diantaranya untuk meningkatkan bahan organik tanah, kandungan nutrisi, untuk meningkatkan karakteristik fisik dan kimia tanah, juga meningkatkan produktivitas tanah dan ketahanan terhadap erosi (Rachman *et al*, 2006).



**Gambar 1** Potensi Penambahan Pupuk Kandang dan Biochar

Sumber: *Biochar's Influence as a Soil Amendment for Essential Plant Nutrient Uptake* (Gunarathne *et al.*, 2017)

### 2.3 Tanaman Uji

*Malaleuca sp* atau biasa disebut kayu putih merupakan salah satu jenis tanaman dapat tumbuh pada lahan marginal. Tanaman kayu putih banyak terdapat di Jawa dan di Kepulauan Maluku. Tanaman *Malaleuca sp* merupakan salah satu jenis tanaman yang cukup berpotensi untuk upaya rehabilitasi lahan, baik dari aspek ekologis maupun aspek ekonomis (Kartikawati *et al.*, 2014).

Kayu putih merupakan tanaman yang memiliki kategori sebagai tanaman dengan pertumbuhan relatif cepat (*fast growing species* (FGS)). Yang dapat digunakan untuk restorasi pada lahan kritis di kawasan karst. Meskipun kayu putih memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi pada berbagai jenis kondisi lingkungan. Tetapi kayu putih memiliki kemampuan untuk tumbuh lebih baik pada lahan dengan dataran rendah dan konfigurasi lahan lebih datar. Tanaman ini memiliki kemampuan yang baik untuk tumbuh baik di lahan tergenang maupun kering. Juga, tanah dengan kemasaman netral dengan kandungan bahan organik rendah sangat sesuai untuk tanaman ini untuk tumbuh (Sadono *et al.*, 2019).

## 2.4 Fosfor

Fosfor (P) adalah makronutrien esensial, yang banyak digunakan oleh tanaman. Fosfor memainkan peran penting dalam banyak kegiatan fisiologis tumbuhan seperti pembelahan sel, fotosintesis, dan pengembangan sistem akar yang baik serta pemanfaatan karbohidrat. Meskipun fosfor tersebar luas dan berlimpah di tanah, baik dalam bentuk anorganik maupun organik, akan tetapi total fosfor yang tinggi tersebut tidak dapat diakses oleh tanaman sebagai unsur pertumbuhan tanaman dikarenakan ketidakmampuan tanaman untuk memproses fosfor tersebut. Dalam tanah, senyawa P yang tidak larut dapat dilarutkan dengan enzim fosfatase, asam organik dan zat pengompleks yang diproduksi oleh tanaman atau mikroorganisme (Hamim *et al.*, 2019).

Fosfor adalah salah satu pupuk mineral esensial utama dan merupakan bahan kimia pertanian terbesar kedua di dunia yang dibutuhkan oleh tanaman dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Mayoritas fosfor anorganik yang diaplikasikan pada tanah sebagai pupuk kimia dengan cepat akan berubah dalam bentuk yang tidak larut (fosfat kalsium) dan karenanya tidak dapat digunakan langsung oleh tanaman (Yadav *et al.*, 2011).

Fosfor adalah elemen penting untuk makhluk hidup sebagai bagian dari protein, asam nukleat, membran, dan molekul-molekul energi, seperti ATP, GTP, dan NADPH. Tergantung dari beberapa faktor lingkungan dan juga faktor biologis, fosfor dapat menjadi nutrisi yang paling membatasi pertumbuhan tanaman (Acevedo *et al.*, 2014). Mayoritas fosfor anorganik yang diaplikasikan pada tanah sebagai pupuk non kimiawi menjadi bentuk yang tidak larut (fosfat dari kalsium) (Mittal *et al.*, 2008). Bentuk fosfor anorganik dalam tanah sebagian besar berikatan dengan aluminium, besi dan juga kalsium. Dan dari ketiga ikatan senyawa tersebut yang paling krusial untuk tanaman adalah fosfor yang berikatan dengan kalsium (Istomo, 2002). Dimana pada tanah di kawasan karst memiliki kandungan nutrisi yang sangat rendah kecuali kalsium dan juga magnesium, sehingga kebanyakan fosfor akan berikatan dengan unsur kalsium dan magnesium (Suhendar *et al.*, 2018).

## 2.5 Phosphate Solubilizing Microorganism (PSM)

PSM adalah salah satu mikroba yang menjadi solusi berbiaya rendah untuk memperkaya tanah tanpa mengganggu keseimbangan ekologis. Beberapa mekanisme seperti menurunkan pH oleh produksi asam, pengkelat besi dan reaksi pertukaran dalam lingkungan pertumbuhan telah dilaporkan memainkan peran penting dalam pelarutan fosfat oleh PSM. Tanah alkali yang kaya akan kompleks kalsium fosfat memiliki kapasitas penyangga yang sangat kuat (Yadav *et al.*, 2011).

PSM melarutkan fosfat melalui mekanisme yang melibatkan produksi asam organik dan anorganik juga ekskresi proton ke media selama asimilasi  $\text{NH}_4^+$ . Mekanisme ini mengubah bentuk fosfor yang tidak larut menjadi fosfat monobasa dan dibasa ( $\text{HPO}_4^{-2}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ ) yang dapat digunakan oleh tanaman. Terlepas dari manfaat yang dilakukan oleh mikroorganisme PSM, kelimpahannya dalam tanah tidak selalu cukup untuk bersaing dengan mikroorganisme lain yang terbentuk di *rhizosfer* (Acevedo *et al.*, 2014). Oleh karena itu, inokulasi pada tanaman dengan PSM dilakukan dengan konsentrasi yang lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan kemampuan PSM untuk bersaing. Selain itu, hanya satu jenis mikroorganisme yang

mungkin tidak efektif untuk peningkatan pertumbuhan tanaman dan hasil panen karena ketidakmampuannya untuk bersaing dengan mikroorganisme asli dan berkoloni dengan baik di lingkungan tanah baru. Oleh karena itu, konsorsium PSM lebih disukai untuk inokulasi tanah sehingga setidaknya satu jenis PSM akan dapat terbentuk di dalam tanah (Mittal *et al.*, 2008).

## 2.6 *Penicillium citrinum*

*Penicillium citrinum* adalah salah satu jenis PSM yang merupakan jamur *filamentous* yang umum dengan persebaran di seluruh dunia. *Penicillium citrinum* merupakan salah satu mikroorganisme eukariotik yang paling umum di bumi. Spesies ini telah diisolasi dari berbagai substrat seperti tanah, sereal (tropis), rempah-rempah dan lingkungan dalam ruangan (Houbraken *et al.*, 2010)

Kemampuan pelarutan fosfat oleh *Penicillium citrinum* dapat memberikan manfaat besar dalam mempertahankan fosfat yang tersedia untuk tanaman di tanah salin dan alkali. Seperti yang terjadi di sebagian besar wilayah tanah gersang dan semi kering dipengaruhi oleh salinitas di India. Sekitar 7.5 juta hektar lahan adalah salin atau alkali, yang ditingkatkan oleh *Penicillium citrinum* (Yadav *et al.*, 2011).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan, berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan:

Tabel 1 Studi Penelitian Terdahulu

No.	Sumber	Topik	Metode	Hasil
1.	Acevedo <i>et al.</i> , (2013)	Hubungan <i>Phosphate Solubilizing Microorganism</i> dengan rizosfer tanaman palm	Tanah sampel diambil dari lahan pohon palm yang sudah ada kemudian dilakukan penelitian dengan sistem <i>in vitro</i> . Dimana strain dari PSM yang digunakan pertumbuhannya dikontrol menjadi optimal agar dapat menguraikan fosfat yang berikatan pada nutrien makro dengan lebih baik.	PSM berhasil menaikkan kadar fosfat yang ada dan juga PSM dapat menurunkan pH dari tanah yang cenderung basa karena PSM menghasilkan asam yang digunakan untuk melarutkan fosfat. Sehingga penggunaan PSM untuk menaikkan kadar fosfat dan memperbaiki tanah sangat baik.
2.	Yadav <i>et al.</i> , (2011)	Pengaruh Konsentrasi garam dan pH pada janah dengan	Tanah dengan berbagai macam salinitas dipindahkan ke media tumbuh	<i>Penicillium citrinum</i> dapat melarutkan fosfat yang berikatan dengan kalsium.

No.	Sumber	Topik	Metode	Hasil
		inokulasi jamur <i>Penicillium citrinum</i> untuk Pelarutan <i>Tricalcium Phosphate</i>	jamur untuk menentukan pengaruh dari <i>Penicillium citrinum</i> . Dimana <i>Penicillium citrinum</i> diuji terlebih dahulu kemampuan untuk melarutkan fosfat yang berikatan dengan kalsium.	yang biasanya terdapat di tanah karst. Dan strain dari <i>Penicillium citrinum</i> mampu untuk memperbaiki kondisi tanah yang diuji.
3.	Yan <i>et al.</i> , (2019)	Pengaruh jenis vegetasi pada karakteristik mikroba dari sistem tanah-tanaman di penggurunan berbatu karst	Sampling dilakukan di 20 tempat berbeda dengan luas wilayah penelitian kurang dari 100m agar tidak mengganggu habitat alami. Lalu dianalisis terkait vegetasi yang cocok untuk merestorasi lahan karst.	Dengan penanaman beberapa jenis vegetasi di beberapa lokasi tanah karst. Tanaman dengan jenis pepohonan menunjukkan peningkatan kandungan nutrisi di tanah karst dan juga biomassa dari mikroba daripada tanaman rambat. Sehingga terbukti penggunaan vegetasi sebagai salah satu metode untuk memperbaiki lahan kritis
4.	Mittal <i>et al.</i> , (2007)	Efek stimulasi dari strain jamur pelarut fosfat pada hasil tanaman buncis	Strain jamur diisolasi dari sampel tanah rizosfer yang dikumpulkan dari berbagai lahan pertanian. Yang kemudian diuji kemampuan melarutkan fosfatnya. Lalu dipilih jamur dengan kemampuan	Strain jamur yang menunjukkan hasil terbaik dalam menguraikan fosfat ada 2, yaitu <i>Aspergillus awamori</i> dan <i>Penicillium citrinum</i> . Dimana kedua jamur tersebut berhasil meningkatkan hormon pemacu



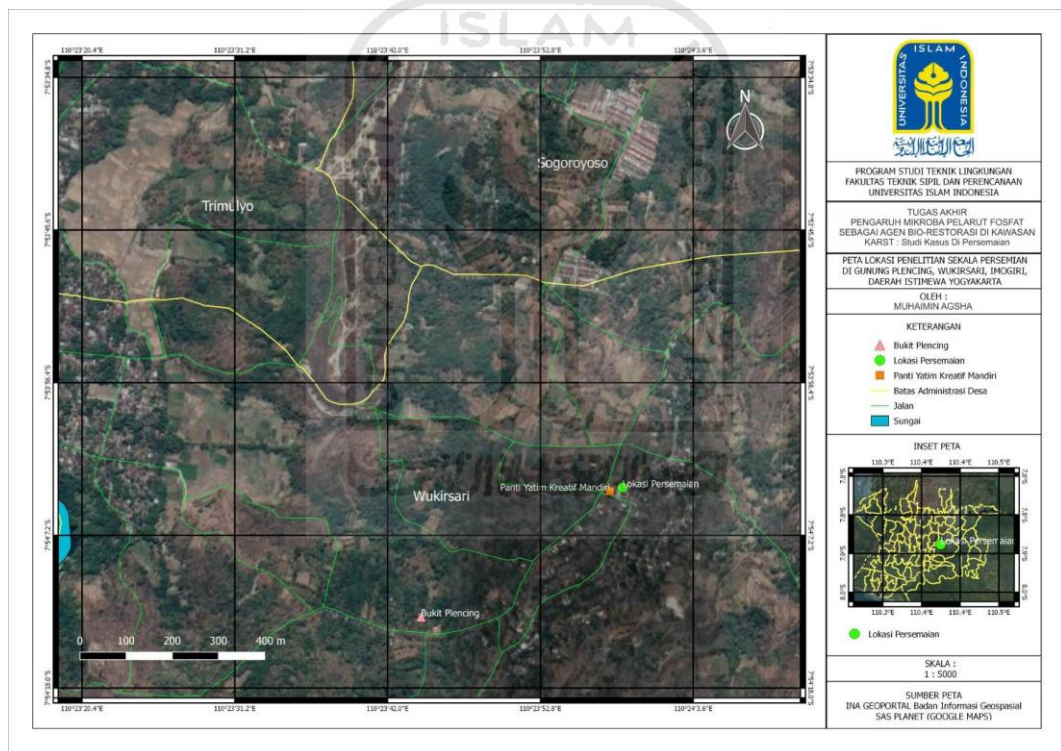
No.	Sumber	Topik	Metode	Hasil
			pelarutan yang tinggi yang kemudian diinokulasikan ke media tanaman	pertumbuhan pada buncis. Juga meningkatkan biomassa, kemampuan penyerapan fosfor dan nitrogen. Dan tidak menunjukkan sifat <i>antagonistic</i> terhadap mikroorganismen yang ada di tanah.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

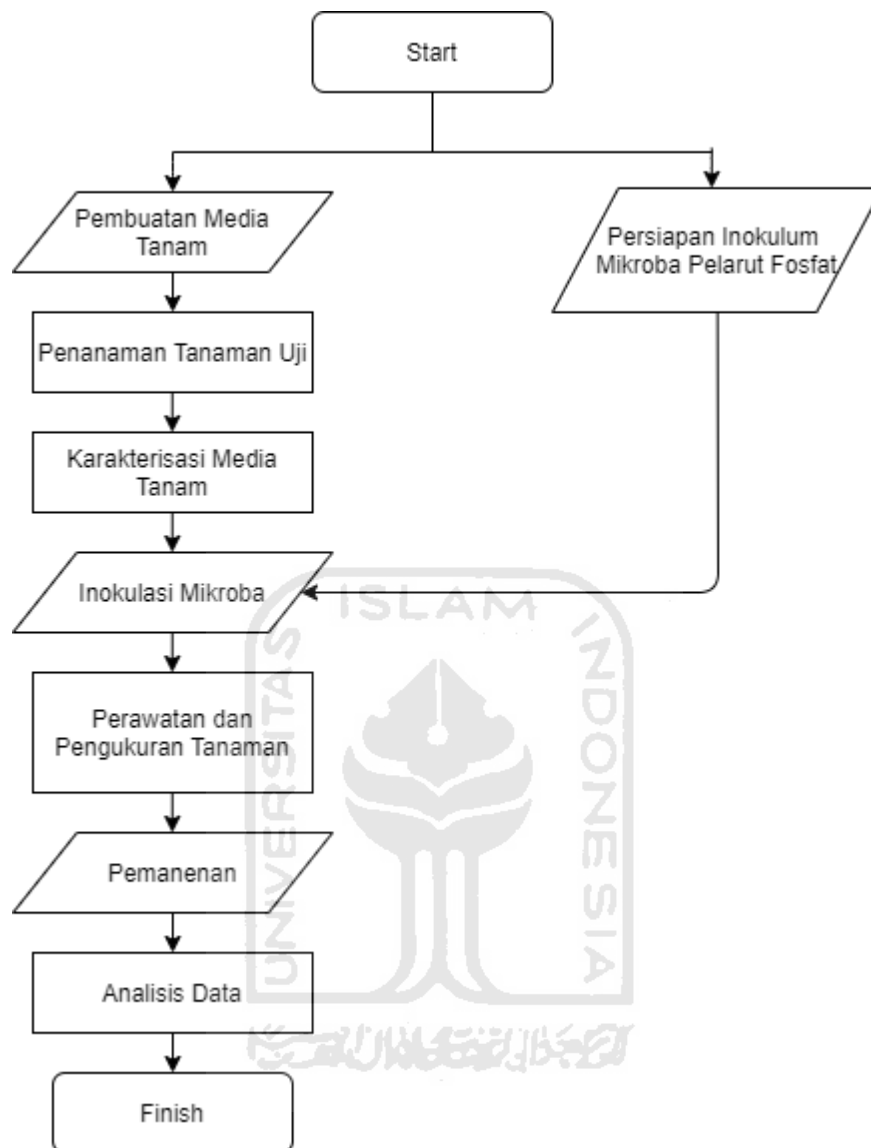
Pembuatan media dan pengambilan data dilaksanakan selama 12 bulan terhitung dari bulan Juni 2019 sampai dengan bulan Juni 2020. Lokasi penelitian dilakukan di area persemaian yang dibuat di daerah Karst Bukit Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta dengan koordinat  $7^{\circ}54'04.2''S$   $110^{\circ}23'55.7''E$ . Lokasi persemaian akan digunakan dari proses penanaman tanaman sampai dengan panen. Persemaian memiliki luas  $70.4 \text{ m}^2$ , dan tempat untuk meletakkan tanaman adalah meja bambu dengan ketinggian  $\pm 40 \text{ cm}$ . Lalu, untuk persiapan mikroba pelarut fosfat dan juga analisis data akan dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.



Gambar 2 Peta Lokasi Penelitian

### 3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian menjelaskan tentang langkah-langkah yang akan dilakukan selama penelitian berlangsung. Secara garis besar tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir berikut.

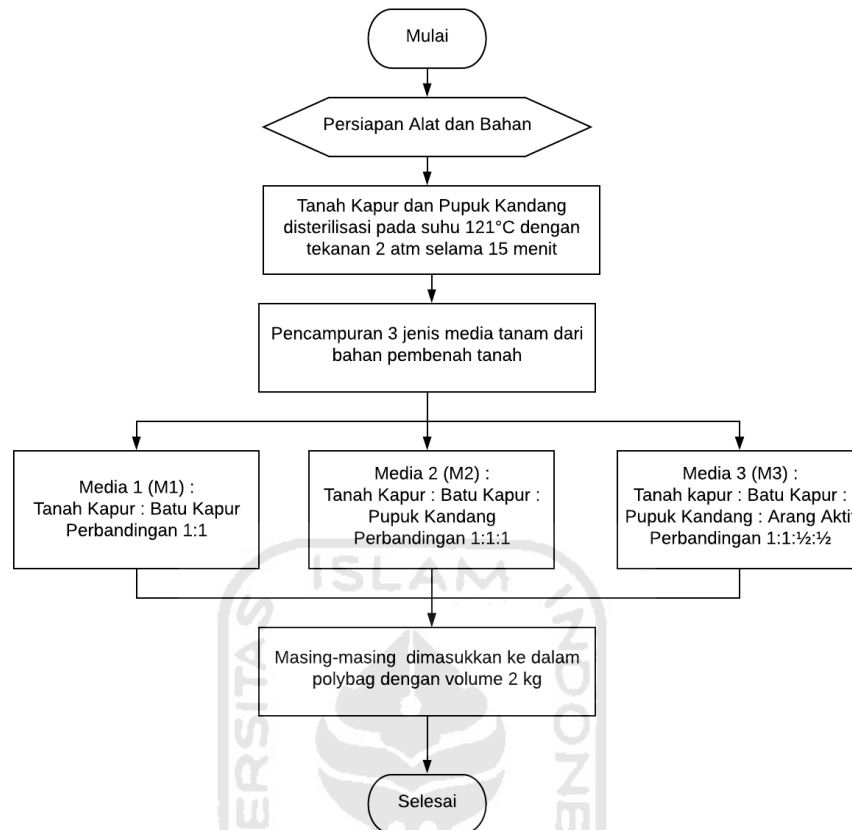


**Gambar 3** Prosedur Penelitian

### 3.2.1 Pembuatan Media Tanam

Pada penelitian ini akan digunakan media tanam (M) dengan 3 jenis media. Menggunakan *polybag* dengan ukuran 2 kg. Media 1 sebagai kontrol [tanah kapur : batu kapur (1:1)], Media 2 dengan media pembenah tanah [tanah kapur : batu kapur : pupuk kandang (1:1:1)], dan Media 3 dengan media pembenah tanah [tanah kapur : batu kapur : pupuk kandang : *biochar* (1:1:0,5:0,5)]. Perbandingan pada media tanam berdasarkan berat. Media tanam yang digunakan dicampur sesuai dengan perlakuan dengan perbandingan yang sama.

Penelitian ini terdiri dari 3 perlakuan media dan 5 ulangan. Setiap media akan ditanami 2 jenis tanaman yaitu, Kayu Putih (*Melaleuca Leucadendron*). Sehingga total media yang digunakan adalah 30 media dengan 2 perlakuan penanaman tanaman.



**Gambar 4** Bagan Alir Pembuatan Media Tanam

### 3.2.2 Penanaman Tanaman Uji

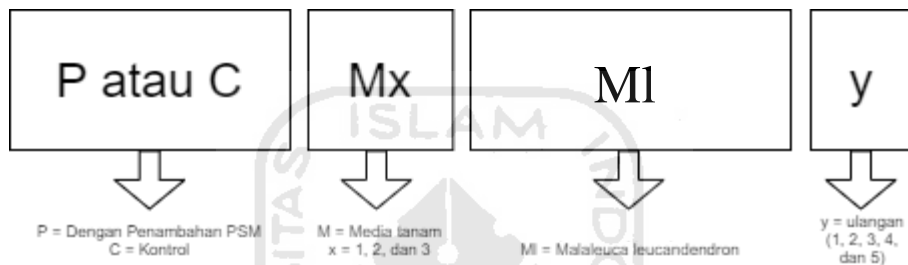
Tahap selanjutnya adalah penanaman Tanaman uji yaitu Kayu Putih (*Melaleuca Leucadendron*). Bibit yang digunakan berumur 1.5 bulan yang berasal dari SEAMEO BIOTROP Bogor. Tujuan penggunaan bibit dengan usia 1,5 bulan adalah agar tanaman dapat beradaptasi pada lingkungan yang baru dengan lebih baik. Penanaman dilakukan pada pagi hari untuk menghindari layunya tanaman diakibatkan suhu yang panas. Penanaman bibit dilakukan pada *polybag* ukuran 2 kg.

### 3.2.3 Persiapan inokulum mikroba pelarut fosfat

Mikroba pelarut fosfat yang digunakan adalah jamur dengan jenis *Penicillium citrinum* yang biakan kultur murninya didapatkan dari lahan bekas tambang timah di Bangka. Yang kemudian dikultivasi pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) sebanyak setengah dari takaran yang berlaku pada merk yang digunakan, dalam hal ini adalah oxoid yang nanti akan ditambahkan agar untuk bakteri untuk memastikan media akan padat. PDA yang digunakan sudah disterilisasi dengan menggunakan autoklav. Mikroba kemudian diisolasi dengan teknik geser untuk mendapatkan koloni tunggal. Mikroba yang telah menjadi koloni tunggal kemudian dipindahkan ke media *Nutrient Broth* (NB) dengan konsentrasi 250 ml air dan 2 gr NB menggunakan jarum oose yang

kemudian akan digojok selama 48 jam menggunakan *orbital shaker* untuk mengoptimalkan potensi pertumbuhan mikroba. Pada saat mikroba digojok, mikroba akan diuji pertumbuhan dan perkembangan mikroba dengan menggunakan turbidimeter, setiap 12 jam untuk mengetahui perkiraan pertumbuhan jumlah koloni dari mikroba selama dilakukan persiapan dan saat akan diinokulasikan pada tanaman.

Setelah 48 jam mikroba akan diinokulasikan pada media tumbuh yang sudah ditanami tumbuhan. Mikroba yang diinokulasikan ke dalam media sebanyak 1 ml masing-masing pada 4 lubang di sekeliling tanaman setelah tanaman berusia 1 minggu di *nursery*. Hal ini dilakukan dikarenakan tanaman butuh penyesuaian terhadap media tanam, agar tanaman tidak langsung mati ketika diinokulasikan dengan mikroba pelarut fosfat.



Gambar 5 Pelabelan Media Tanam

### 3.2.4 Karakterisasi Media Tanam

Karakteristik media yang diuji adalah derajat keasaman (pH) tanah, konduktivitas listrik (EC) dan kadar air yang akan dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Lalu untuk pengujian kadar N, P, K, Ca, dan Mg dilakukan di Laboratorium SEAMEO BIOTROP Bogor. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah.

Pengukuran pH dan EC akan diukur dengan menggunakan alat ORP meter. Pengujian pH dilakukan untuk mengetahui pH dan juga pH potensial yang dilakukan dengan pengujian tanah dan akuades dengan perbandingan 1:1. Kemudian dilakukan pengujian dengan mencampurkan tanah dan KCl 1 N dengan perbandingan 1:1. Lalu masing-masing sampel tanah dengan akuades dan juga KCl akan dimasukkan ke Erlenmeyer 250 ml yang kemudian di *shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 15 menit.

Untuk pengukuran kadar air tanah digunakan metode gravimetri. Tanah akan dimasukkan ke dalam cawan porselen seberat 10 gr, yang kemudian akan dipanaskan dengan oven selama 24 jam dengan suhu 105°C. Setelah selesai dipanaskan di oven, tanah akan dimasukkan ke dalam desikator. Kemudian tanah akan ditimbang kembali untuk mendapatkan berat keringnya.

### 3.2.5 Perawatan dan Pengukuran Pertumbuhan Tanaman

Perawatan tanaman dilakukan dengan penyiraman tanaman menggunakan air 2 kali sehari pada pagi dan sore hari. Pemeliharaan juga dilakukan dengan melakukan pencabutan tanaman liar pada *polybag*. Sehingga pertumbuhan dari bibit tidak terganggu dan dapat menjadi optimal.

Pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan secara kuantitatif. Pengukuran yang dilakukan yaitu dengan mengukur tinggi tanaman menggunakan penggaris diukur dari dasar batang yang bersentuhan dengan tanah, kemudian mengukur diameter dari tumbuhan dengan menggunakan *Caliper* digital kurang lebih 1 cm dari dasar tanaman, dan juga mengukur jumlah daun dari tumbuhan dengan mengabaikan daun yang sudah layu. Pengukuran dilakukan setiap 2 minggu sekali selama 3 bulan.

### 3.2.6 Pemanenan

Pemanenan akan dilakukan setelah penelitian berlangsung selama  $\pm 10$  minggu. Tanaman akan dipotong menjadi 2 yaitu antara jaringan atas (*shoots*) dan juga jaringan akar (*roots*). Pemotongan untuk pemisahan jaringan dilakukan 1 cm dari atas jaringan akar. Jaringan akar kemudian akan dicuci bersih dari tanah yang masih menempel kemudian dilakukan masing-masing jaringan akan ditimbang berat basahanya. Setelah ditimbang masing-masing jaringan akan dimasukkan ke dalam amplop untuk menjaga kondisi dari jaringan tanaman.

## 3.3 Analisis Data

### 3.3.1 Pengukuran Biomassa Tanaman

Setelah dilakukannya panen tumbuhan, akan dilakukan analisis terkait biomassa tanaman menggunakan metode gravimetri dengan mengukur berat kering dari batang dan juga akar tanaman. Tanaman yang sudah dipanen akan dikeringkan dengan oven selama 48 jam dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$  sehingga kadar air yang berada pada batang dan akar menguap. Lalu ditimbang dengan neraca analitik sehingga didapatkan berat kering dari keduanya. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari *penicillium citrinum* pada pertumbuhan tanaman terkait dari massa tumbuhan.

### 3.3.2 Analisis Data Analitik

Untuk penelitian ini analisis data parameter pertumbuhan tinggi, diameter, jumlah daun dan tunas tanaman dilakukan dengan menggunakan metode statistika sederhana *time series*. Analisa *time series* adalah nilai-nilai suatu variabel yang berurutan menurut waktu. Data Analisis *time series* akan dibuat dalam bentuk diagram untuk mempermudah dalam menganalisa parameter pertumbuhan tanaman dalam interval waktu tertentu. Kemudian untuk parameter biomassa (berat basah, dan berat kering) tanaman dilakukan dengan analisis varian data (ANOVA) menggunakan aplikasi SPSS yang menganalisis 2 faktor varian yaitu media tanam, dan juga inokulasi mikroba pelarut fosfat.. ANOVA adalah salah satu uji komparatif yang digunakan untuk menguji perbedaan *mean* (rata-rata) data lebih dari dua kelompok.

Dalam menganalisis data menggunakan *Anova* diperlukan beberapa persyaratan untuk mendapatkan hasilnya di antaranya, uji normalitas, dan uji homogenitas. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi dari data-data yang ada sudah normal atau tidak. Sedangkan uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah varian data sudah homogen.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Deskripsi Daerah Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di area persemaian yang dibuat di daerah Karst Bukit Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta dengan koordinat 7o54'04.2''S 110o23'55.7''E. Yang memiliki curah hujan rendah dan memiliki kondisi lahan kritis yang dapat menyebabkan penggurunan di lokasi penelitian. Pada penelitian berlangsung pada bulan Juni-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 Hasil dan Analisis Data Pendukung Penelitian**

##### **4.2.1. Analisis Parameter Media Awal**

Adapun karakteristik kimiawi media tanam yang diidentifikasi adalah derajat keasaman (pH) H<sub>2</sub>O dan KCl, daya hantar listrik (EC) tanah, kadar air, serta kadar nutrisi tanah awal (kalium, kalsium, fosfor, magnesium, dan nitrogen). berikut adalah hasil pengujian karakteristik media tanam:

**Tabel 2** Karakteristik Media Awal

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Media 1</b>	<b>Media 2</b>	<b>Media 3</b>
<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	-	7,41	7,28	6,81
<b>pH KCl</b>	-	5,92	6,45	6,54
<b>Daya Hantar Listrik/EC</b>	mS/m	0,66	1,76	1,67
<b>Kadar Air</b>	%	30	58	43
<b>Nitrogen Total</b>	%	0,08	0,45	0,11
<b>Fosfor Tersedia</b>	ppm	7.6	392,4	352,5
<b>Kalsium</b>	cmol/kg	3,84	5,74	4,04
<b>Kalium</b>	cmol/kg	5,17	11,75	6,84
<b>Magnesium</b>	cmol/kg	2,19	2,59	2,33

Sumber: Data Primer



Media 1 memiliki komposisi *lime rock* dan *lime soil* dengan perbandingan 1 : 1 dengan berat total 2 kg. Media 2 memiliki komposisi *lime rock*, *lime soil* dan pupuk kandang dengan perbandingan 1 : 1 : 1 dengan berat total 2 kg. Media 3 memiliki komposisi *lime rock*, *lime soil*, pupuk kandang, dan arang aktif dengan perbandingan 1 : 1 : ½ : ½ dengan berat total 2 kg.

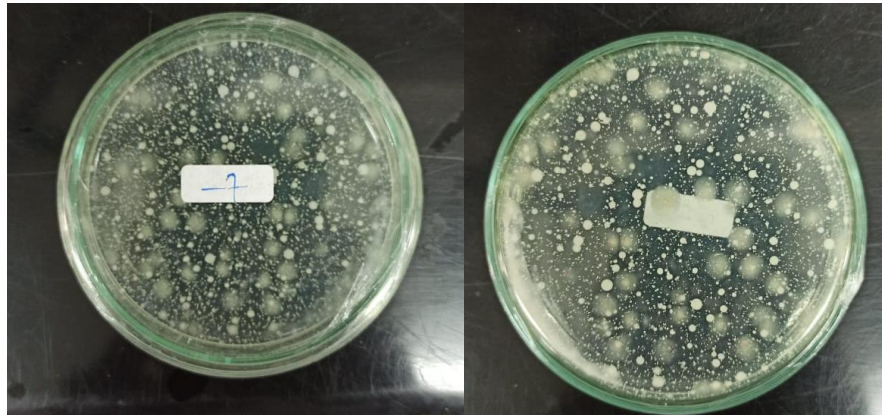
Dilihat dari karakteristik awal media, pH pada media 1 lebih tinggi daripada media 2 dan 3. Hal ini terjadi karena pada dasarnya tanah Karst mengandung unsur magnesium dan kalsium yang menyebabkan tanah bersifat basa. Pada media 2 dan 3 ditambahkan pembenah tanah yaitu pada media 2 ditambahkan pupuk kandang dan pada media 3 ditambahkan campuran pupuk kandang dan arang aktif. Sehingga pH yang ada pada media 2 dan 3 bisa menjadi lebih rendah daripada media 1. Lalu untuk nilai EC dipengaruhi oleh penambahan pembenah tanah dilihat dari hasil perhitungan nilai EC dimana lebih tinggi pada media 2, kemudian media 3, lalu media 1.

Untuk kadar air dari media juga dipengaruhi oleh penambahan pembenah tanah. Pada media 1 kadar airnya sangat rendah karena tanah Karst memang kurang baik dalam menyimpan air. Hasil yang lebih baik ditunjukkan pada media 2 dan 3 dikarenakan pada media 2 dan 3 ditambahkan pupuk kandang menjadikan tanah lebih memiliki kadar air yang tinggi. Namun pada media 3 ditambahkan juga arang aktif yang walaupun berfungsi sebagai penyimpan air akan tetapi pada awal pengecekan media belum disiram. Sehingga kadar airnya lebih rendah daripada media 2.

Tanah karst diketahui memiliki kandungan Magnesium (Mg) dan juga Kalsium (Ca) yang tinggi. Dilihat dari parameter media awal kandungan Mg dan Ca dari tertinggi ke rendah berturut-turut adalah dari media 2, media 3, dan media 1. Sama dengan 2 unsur sebelumnya, unsur-unsur seperti Natrium (Na), Fosfor (P), dan juga Kalium (K) juga memiliki kandungan dari konsentrasi tinggi ke rendah berturut-turut pada media 2, media 3, dan media 1. Hal ini terjadi karena adanya penambahan pembenah tanah yang meningkatkan unsur-unsur tersebut. Terutama pada media 2 yang jumlah pupuk kandangnya lebih tinggi daripada media yang lain. Media 3 unsur N, P, dan K nya lebih kecil daripada M2 karena jumlah dari pupuk kandangnya berkurang karena dicampurkan dengan arang aktif.

#### 4.2.2. Analisis Konsentrasi PSM

Pengukuran konsentrasi PSM dilakukan untuk mengetahui konsentrasi yang akan diinokulasikan pada media saat tanaman sudah berumur 1 minggu. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode *Total Plate Count* setelah inokulum digojok selama 48 jam. Kemudian inokulum diencerkan sebanyak 7x dengan akuades steril. Kemudian dari hasil pengenceran tersebut diisolasi pada cawan petri dengan metode *pour plate*. Lalu diinkubasikan pada suhu ruang selama 3 hari. Kemudian dihitung koloni yang tumbuh dengan menggunakan *colony counter*.



**Gambar 6** Cawan Petri berisi Isolat PSM dengan Pengenceran 7x



**Gambar 7** Perhitungan dengan Colony Counter

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan *colony counter* didapatkan ada 50 koloni PSM pada media, dengan pengenceran sebanyak 7x. Sehingga konsentrasi PSM yang akan diinokulasikan pada media adalah

$$\begin{aligned}
 \text{konsentrasi mikroba} &= \frac{\text{Jumlah Koloni} \times 10^{\text{banyaknya pengenceran}}}{1 \text{ ml}} \text{ cfu} \\
 &= \frac{50 \times 10^7}{1 \text{ ml}} \\
 &= 5 \times 10^8 \text{ cfu}
 \end{aligned}$$

### 1.3 Analisis Parameter Pertumbuhan Tanaman

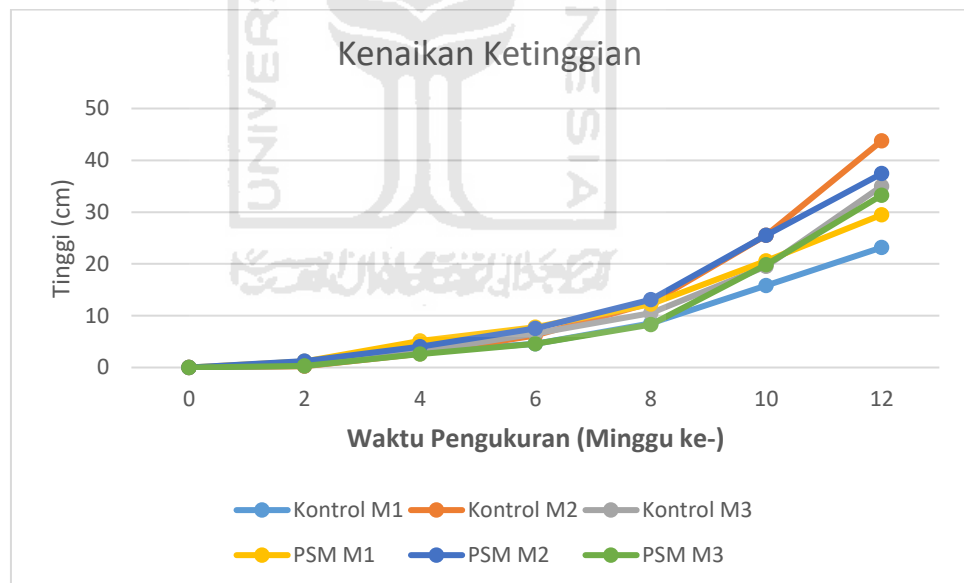
Analisis data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan aplikasi SPSS dengan menggunakan metode Anova (*Analisis of Varian*). Dalam menganalisis data menggunakan Anova diperlukan beberapa persyaratan untuk mendapatkan hasilnya di antaranya, uji normalitas, dan uji homogenitas. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi dari data-data yang ada sudah normal atau tidak. Sedangkan uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah varian data sudah homogen

#### 1.3.1 Pertumbuhan Tanaman

Menurut Djafar *et al.*, (2013) kecukupan nutrisi akan diikuti oleh peningkatan pertumbuhan. Sehingga nutrisi yang tersedia di tanah sangat berpengaruh terhadap parameter-parameter yang menunjang pertumbuhan tanaman, seperti tinggi, diameter, jumlah daun dan tunas, dan berat basah serta berat kering dari tanaman.

##### 1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang menunjukkan pertumbuhan dari suatu tanaman. Dimana tinggi tanaman menunjukkan bahwa nutrisi yang dibutuhkan tanaman dapat dipenuhi. Menurut Mawaddah *et al* (2012) Tanaman yang masih berusia muda, pertumbuhannya cenderung terlihat pada parameter ketinggian.



**Gambar 8** Grafik Analisis Kenaikan Tinggi Tanaman Berdasarkan Waktu

Sesuai dengan grafik di atas, kenaikan jumlah daun dapat dilihat pada tabel di bawah

**Tabel 3** Kenaikan Tinggi Tanaman

KODE TANAMAN	Kenaikan Tinggi Per Minggu						
	0	2	4	6	8	10	12
Kontrol M1	0	0.48	3.02	4.58	8.5	15.8	23.16
PSM M1	0	1.2	5.14	7.8	12.22	20.56	29.48
Kontrol M2	0	0.25	2.65	6.2	12.5	25.5	43.75
PSM M2	0	1.23	4.03	7.55	13.08	25.5	37.43
Kontrol M3	0	0.3	3.0	6.5	10.5	19.5	35.0
PSM M3	0	0.32	2.6	4.55	8.25	19.83	33.25

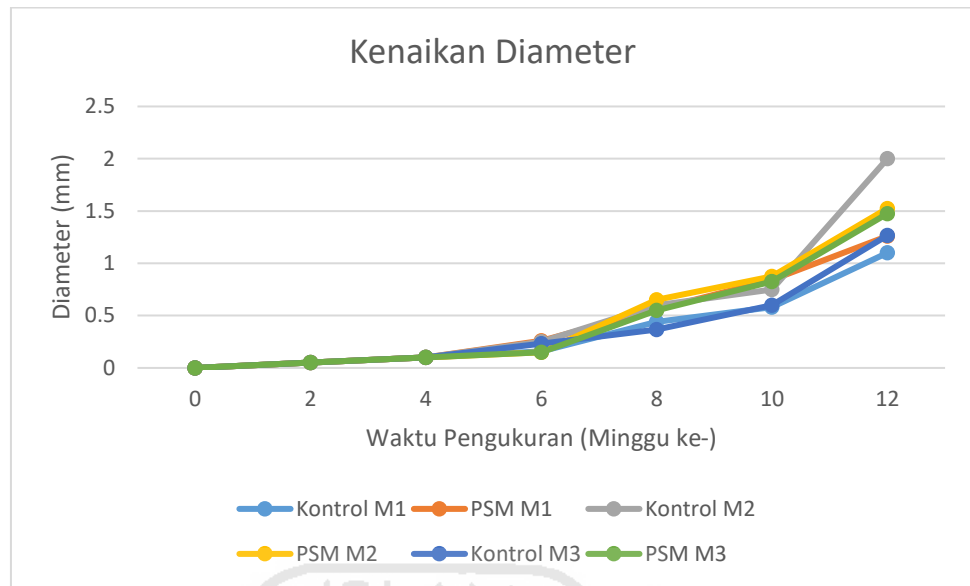
Sumber: Data Primer

Berdasarkan dari data di atas dapat dilihat bahwa pada M1 dan M2 perlakuan tanaman dengan PSM menunjukkan hasil yang cenderung lebih baik daripada kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa PSM mampu dalam memacu pertumbuhan pada kedua media tersebut. Lalu pada M3 hasil yang ditunjukkan oleh PSM dan juga kontrol tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Dari data di atas juga dapat dilihat bahwa pada M2 dan M3, tanaman dengan perlakuan PSM mengalami kenaikan tinggi lebih baik pada kontrol di 8 minggu awal, namun pada minggu ke 10 dan 12 kenaikan dari tanaman dengan PSM menjadi lebih rendah daripada kontrol. Hal ini bisa disebabkan oleh rendahnya kemampuan dari PSM khususnya *Penicillium citrinum* dalam berkompetisi dengan mikroba yang lain (Mittal, *et al.* 2008). Dikarenakan media pada M2 dan M3 yang memiliki kandungan pupuk kandang menjadi tanah yang cocok ditumbuhi mikroba lain seiring berjalannya waktu.

## 2. Diameter Tanaman

Menurut Mawaddah *et al* (2012) pertumbuhan diameter tanaman yang masih berusia muda cenderung lambat, dikarenakan hasil dari fotosintesis tanaman lebih diutamakan untuk pertumbuhan bagian yang lain, seperti tinggi, jumlah daun dan tunas, serta pertumbuhan jaringan akar. Sehingga untuk pertumbuhan diameter hasilnya cenderung kecil.



**Gambar 9** Grafik Analisis Kenaikan Diameter Tanaman

Sesuai dengan grafik di atas, persentase kenaikan ketinggian dapat dilihat pada tabel di bawah

**Tabel 4** Kenaikan Diameter Tanaman

KODE TANAMAN	Kenaikan Diameter Per Minggu						
	0	2	4	6	8	10	12
Kontrol M1	0	0.05	0.1	0.16	0.44	0.58	1.1
PSM M1	0	0.05	0.1	0.26	0.56	0.84	1.26
Kontrol M2	0	0.05	0.1	0.25	0.6	0.75	2
PSM M2	0	0.05	0.1	0.15	0.65	0.88	1.53
Kontrol M3	0	0.05	0.1	0.23	0.37	1	1
PSM M3	0	0.05	0.1	0.15	0.55	0.83	1.48

Sumber: Data Primer

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa untuk kenaikan diameter pada M1 tidak ada perbedaan yang signifikan antara kontrol dan perlakuan PSM akan tetapi perlakuan PSM cenderung lebih baik. Kemudian untuk M2 hasil yang lebih baik ditunjukkan oleh kontrol, lebih khususnya pada pengukuran terakhir.

Dari data di atas juga dapat dilihat bahwa pada M2, tanaman dengan perlakuan PSM mengalami kenaikan tinggi lebih baik pada kontrol di 10 minggu pengukuran, namun pada minggu ke 12 kenaikan dari tanaman dengan PSM menjadi lebih rendah daripada kontrol. Hal ini bisa disebabkan oleh rendahnya kemampuan dari PSM khususnya *Penicillium citrinum*

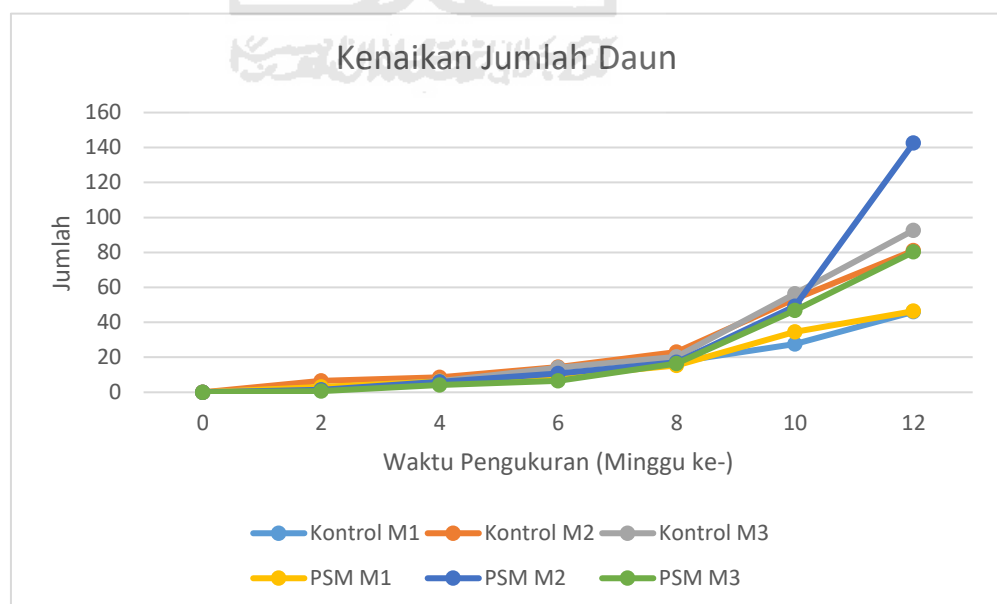
dalam berkompetisi dengan mikroba yang lain (Mittal, *et al.* 2008). Dikarenakan media pada M2 yang memiliki kandungan pupuk kandang menjadi tanah yang cocok ditumbuhi mikroba lain seiring berjalannya waktu.

### 3. Jumlah Daun dan Tunas Tanaman

Jumlah daun dan tunas yang tumbuh pada tanaman sangat bergantung pada nutrisi yang tersedia di tanah dan yang dapat digunakan oleh tanaman terutama unsur N (Nitrogen). Dimana tanaman yang kekurangan unsur tersebut akan mengalami hambatan dalam memenuhi pertumbuhannya (Perwitasari, 2012).

#### a. Jumlah Daun

Jumlah daun yang ada pada tanaman menunjukkan banyaknya nutrisi yang digunakan oleh tanaman sehingga dapat tumbuh. Dilihat dari grafik, pada M1 dan M3 perlakuan dengan PSM dan juga kontrol tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kemudian pada M2 perlakuan dengan PSM memiliki hasil yang sangat signifikan lebih baik daripada kontrol. Hasil yang sangat baik pada M2 dengan PSM ini diakibatkan karena sisa dari PSM yang masih bertahan pada media menghasilkan hormon giberelin yang digunakan PSM untuk menyokong hidupnya, giberelin sendiri menurut merupakan hormon yang dapat memacu pertumbuhan dari tanaman terutama pertumbuhan tunas dan daun. Menurut Afzal K., *et al* (2008) PSM dengan jenis *Penicillium citrinum* dapat menghasilkan hormon giberelin dengan baik dalam memacu pertumbuhan tanaman.



**Gambar 10** Grafik Analisis Kenaikan Jumlah Daun

Sesuai dengan grafik di atas, persentase kenaikan jumlah daun dapat dilihat pada tabel di bawah

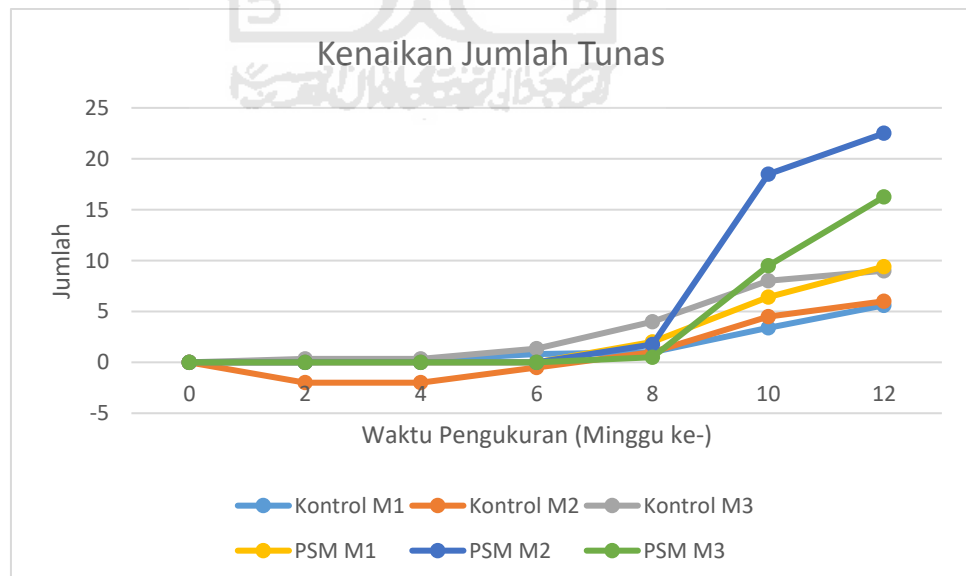
**Tabel 5** Kenaikan Jumlah Daun Tanaman

KODE TANAMAN	Kenaikan Jumlah Daun Per Minggu						
	0	2	4	6	8	10	12
Kontrol M1	0	1.2	5.2	9.6	17.4	27.6	46
PSM M1	0	3	6.2	9	15.4	34.6	46.4
Kontrol M2	0	6.5	8.5	14.5	23	53.5	81
PSM M2	0	1.5	6	10.75	17.25	49.25	142.5
Kontrol M3	0	3	6	14	20	56	93
PSM M3	0	0.75	4.25	6.5	16.5	46.75	80.25

Sumber: Data Primer

b. Jumlah Tunas

Dilihat dari grafik, pada M1, M2, dan M3 hasil kenaikan jumlah tunas pada perlakuan dengan PSM jauh lebih baik daripada hasil kontrol. Terutama pada M2 sama seperti kenaikan jumlah daun hasil yang ditunjukkan sangat baik dibanding hasil pada media yang lain. Sama halnya seperti hasil kenaikan daun, hasil yang sangat baik pada M2 dengan PSM ini diakibatkan karena sisa dari PSM yang masih bertahan pada media menghasilkan hormon giberelin.



**Gambar 11** Grafik Analisis Kenaikan Jumlah Tunas

Sesuai dengan grafik di atas, persentase kenaikan jumlah tunas dapat dilihat pada tabel di bawah

**Tabel 6** Kenaikan Jumlah Tunas Tanaman

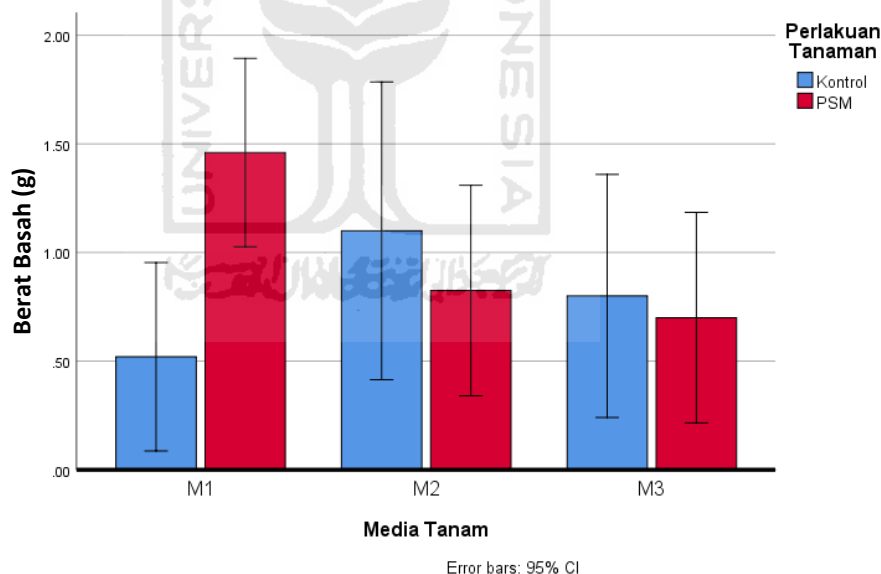
KODE TANAMAN	Kenaikan Jumlah Tunas Per Minggu						
	0	2	4	6	8	10	12
Kontrol M1	0	0	0.2	0.8	1	3.4	5.6
PSM M1	0	0	0	0	2	6.4	9.4
Kontrol M2	0	-2	-2	-0.5	d	4.5	6
PSM M2	0	0	0	0	1.75	18.5	22.5
Kontrol M3	0	0	0	1	4	8	9
PSM M3	0	0	0	0	0.5	9.5	16.25

Sumber: Data Primer

#### 4. Berat Basah Tanaman

Berat basah tanaman adalah berat tanaman setelah panen dimana terbagi menjadi 2, yaitu berat jaringan akar dan berat jaringan bawah. Berat basah tanaman menunjukkan hasil dari kadar air dan juga kebutuhan air dari tanaman (Murdianti, 2018).

##### a. Berat Jaringan Akar



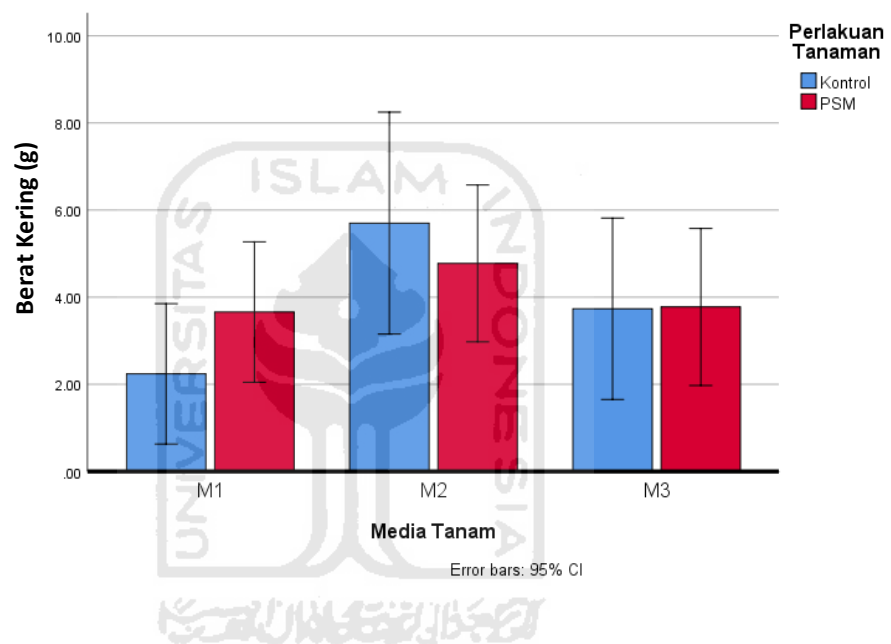
**Gambar 12** Grafik Analisis Anova Berat Basah Jaringan Akar

Dari grafik di atas rata-rata berat basah jaringan akar untuk tanaman dengan PSM pada M1, M2, dan M3 berturut-turut adalah 1.46 gr, 0.825 gr, dan 0.7 gr. Kemudian untuk kontrol berturut-turut adalah 0.52 gr, 1.1 gr, dan 0.8 gr. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan oleh analisis dengan metode anova, dapat dilihat bahwa pada media 1 tanaman dengan PSM nilai rata-ratanya sangat tinggi dibandingkan kontrol, hal



ini diakibatkan oleh sifat perakaran dimana akar pada tanah kering yang pertumbuhannya dipacu oleh PSM cenderung akan tumbuh lebih panjang dan penyerapan airnya akan semakin meningkat (Akib *et al.*, 2012). Menurut Artha *et al* (2013) hal ini juga diakibatkan oleh aktivitas PSM di tanah yang dapat mengeluarkan asam-asam organik yang dapat memecah ion-ion senyawa yang mengikat ion-ion fosfat yang mengakibatkan meningkatnya P tersedia pada tanah. Kemudian media 2 dan 3 rata-rata kontrol lebih tinggi. Walaupun pada media 3 tidak signifikan.

#### b. Berat Jaringan Atas



**Gambar 13** Grafik Analisis Anova Berat Basah Jaringan Akar

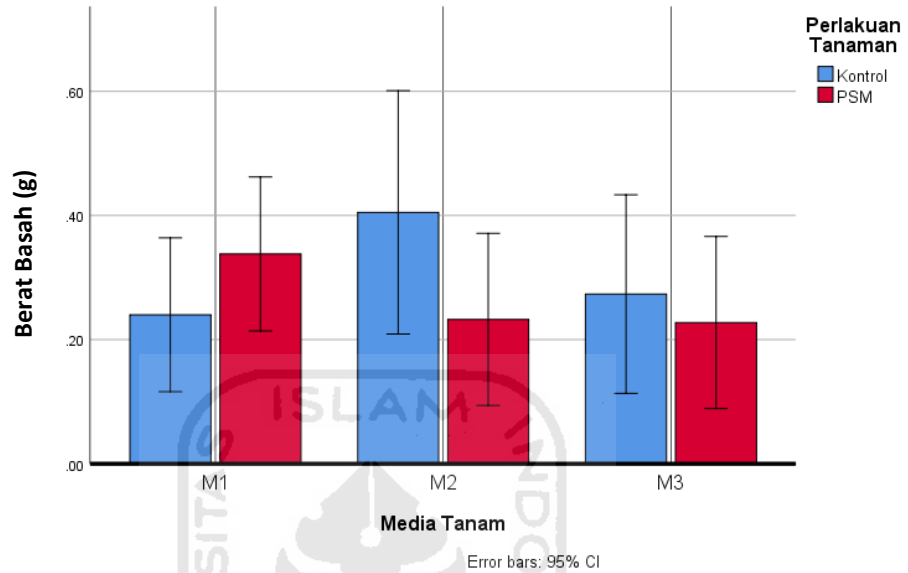
Dari grafik di atas rata-rata berat basah jaringan atas untuk tanaman dengan PSM pada M1, M2, dan M3 berturut-turut adalah 3.66 gr, dan 4.77 gr, dan 3.77 gr. Kemudian untuk kontrol berturut-turut adalah 2.24 gr, 5.7 gr dan 3.37 gr. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan oleh analisis dengan metode anova, dapat dilihat bahwa pada media 1 tanaman dengan PSM nilai rata-ratanya sangat tinggi dibandingkan kontrol. Kemudian media 2 kontrol lebih tinggi daripada dengan PSM. Lalu pada media 3 hampir sama.

#### 5. Berat Kering Tanaman

Berat Kering Tanaman menunjukkan biomassa dari tanaman dan tingginya berat kering dari tanaman menunjukkan apakah tanaman tumbuh dengan baik. Sebab menurut Mawaddah *et al* (2012) berat kering total dapat menggambarkan efisiensi proses fisiologis dalam tanaman

dengan interaksi lingkungan tempat tumbuh. Sama seperti berat basah tanaman, berat kering juga terbagi menjadi 2, yaitu berat jaringan akar, dan berat jaringan atas.

a. Berat Jaringan Akar

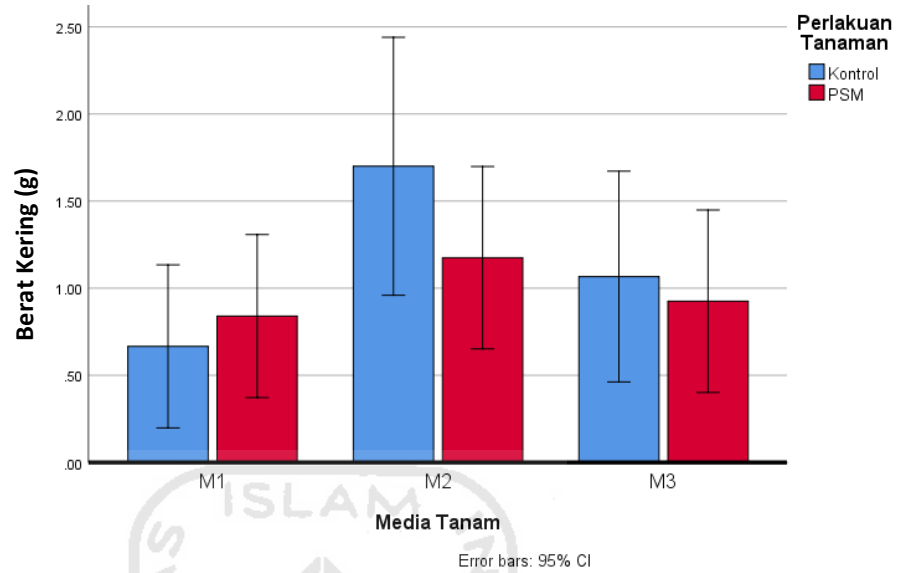


**Gambar 14** Grafik Analisis Anova Berat Kering Jaringan Akar

Dari grafik di atas rata-rata berat kering jaringan akar untuk tanaman dengan PSM pada M1, M2, dan M3 berturut-turut adalah 0.34 gr, 0.23 gr, dan 0.23 gr. Kemudian untuk kontrol berturut-turut adalah 0.24 gr, 0.4 gr dan 0.27 gr. Melihat analisis anova, menunjukkan bahwa berat kering tanaman dengan PSM sama seperti data tinggi dan diameter tanaman hanya lebih tinggi daripada kontrol pada media 1.

Dilihat dari berat basah dari M1 sebelumnya dapat dilihat bahwa kadar air yang ada pada perlakuan PSM sangat tinggi dikarenakan PSM menstimulasi akar untuk lebih tumbuh ke bawah dan menyerap air lebih banyak dari media lain.

b. Berat Jaringan Atas

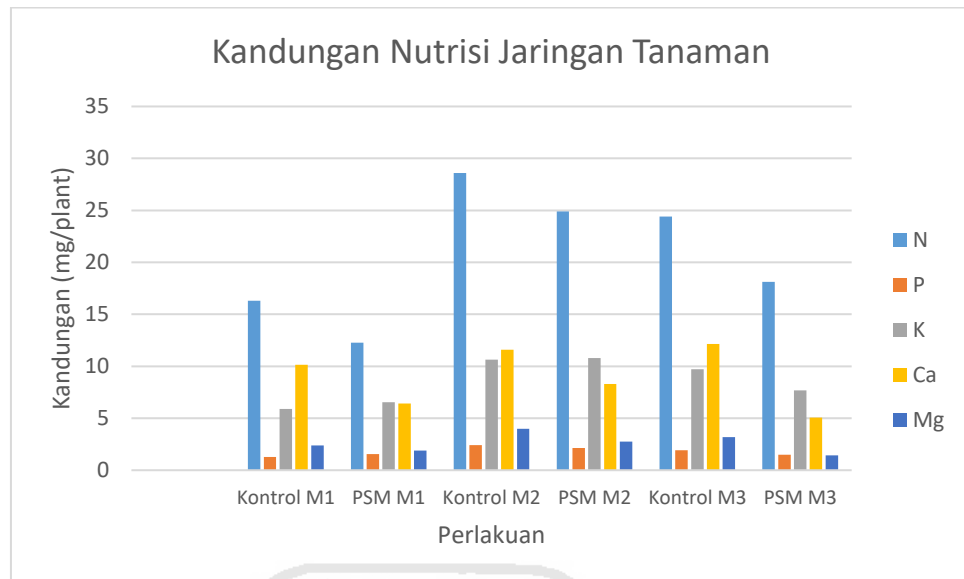


**Gambar 15** Grafik Analisis Anova Berat Batang Kering

Dari grafik di atas rata-rata berat kering jaringan atas untuk tanaman dengan PSM pada M1, M2, dan M3 berturut-turut adalah 0.84 gr, 1.17 gr dan 0.92 gr. Kemudian untuk kontrol berturut-turut adalah 0.67 gr, 1.7 gr, dan 1.07. Melihat analisis anova, menunjukkan bahwa berat kering tanaman dengan PSM sama seperti data tinggi dan diameter tanaman hanya lebih tinggi daripada kontrol pada media 1. Baik dari berat akar dan juga berat batang.

1.3.2 Kandungan Nutrisi Tanaman

Adapun hasil dari kandungan nutrisi dari tanaman yang dianalisis adalah Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), dan juga Magnesium (Mg). Berikut adalah hasil dari analisis kandungan Nutrisi Tanaman.



**Gambar 16** Grafik Kandungan Nutrisi Jaringan Tanaman

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pada M1 hasil yang ditunjukkan dari perlakuan PSM menghasilkan hasil yang lebih baik pada nutrisi Fosfor, dan juga kalium. Hal ini disebabkan oleh kemampuan dari PSM *Penicillium citrinum* dalam melarutkan fosfat yang tidak bisa langsung diserap oleh tanaman. Kemudian hasil kandungan nutrisi pada M2 dan M3 menunjukkan bahwa perlakuan dengan PSM lebih rendah kandungannya daripada kontrol. Hal tersebut menunjukkan lagi bahwa pada M2 dan M3 PSM lebih inferior daripada kontrol, dikarenakan rendahnya kemampuan dari PSM *Penicillium citrinum* dalam berkompetisi dengan mikroba lain di tanah dengan kandungan organik tinggi.

#### 1.4 Analisis Hubungan PSM dan Pembenh Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Hasil analisis data pertumbuhan tanaman menghasilkan respon yang berbeda dari media dan juga perlakuan tanaman. Berdasarkan analisis parameter pertumbuhan tanaman di atas, dari tinggi, diameter, jumlah daun dan tunas, berat basah jaringan akar dan jaringan batang, serta berat kering dari akar dan batang tanaman.

Pada media 1 dengan perbandingan kandungan media adalah *lime rock* : *lime stone* yaitu 1 : 1. Dapat dilihat kecenderungan dari PSM lebih menunjukkan hasil yang lebih baik daripada kontrol. Hal ini dikarenakan PSM dapat melarutkan nutrisi yang tidak bisa digunakan langsung oleh tanaman dalam hal ini yaitu Fosfor yang berikatan dengan kalsium maupun magnesium. Sehingga ketersediaan fosfor yang tersedia dapat dipergunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya (Artha, *et al.*, 2013). Hal ini ditunjukkan juga pada kandungan nutrisi tanaman dimana pada media 1, perlakuan dengan PSM memiliki kandungan Fosfor lebih tinggi daripada kontrol. Menurut Leitao dan Enguita (2016) PSM khususnya *Penicillium citrinum* dapat meningkatkan

pertumbuhan tanaman pada lahan yang kritis dan kurang nutrisi. Tanaman dengan PSM cenderung tumbuh lebih baik dalam semua parameter pada M1.

Pada media 2 secara garis besar menunjukkan hasil yang lebih baik daripada media 1. Dikarenakan pada media 2 menggunakan tambahan nutrisi yaitu berupa pupuk kandang. Dengan perbandingan *lime soil* : *lime rock* : pupuk kandang yaitu 1 : 1 : 1. Sehingga kebutuhan dari nutrisi tanaman lebih tercukupi dibandingkan tanah karst asli yang minim nutrisi. Kemudian penambahan pupuk kandang juga menjadikan tanah lebih mudah untuk ditumbuhi mikroba-mikroba lainnya. Sehingga menjadikan banyak saingan PSM untuk bertahan. Hal tersebut dapat dilihat pada parameter pertumbuhan yang menunjukkan bahwa, pada minggu ke 8-12 terjadi penurunan tingkat kenaikan dari parameter. Hal ini sesuai dengan pendapat Mittal, *et al* (2008) dimana PSM memiliki kemampuan yang rendah untuk bersaing dengan mikroba lain.

Pada media 3 media ditambahkan dengan pembenah tanah yaitu campuran pupuk kandang dan arang aktif dengan perbandingan *lime soil* : *lime rock* : pupuk kandang : arang aktif yaitu 1 : 1 : ½ : ½. Dimana pupuk kandang berfungsi sebagai sumber nutrisi dan arang aktif berfungsi sebagai tambahan unsur C dan juga sebagai penahan air. Sehingga pada media 3 hasil yang ditunjukkan lebih bagus daripada media 1. Sama dengan media 2 karena penambahan pupuk kandang menjadikan media lebih baik dalam menunjang kehidupan mikroba lain, PSM menjadi tersaingi. Hal ini dapat dilihat pada parameter pertumbuhan tanaman dimana tingkat kenaikan parameter mengalami penurunan pada usia 8-12 minggu.

Hasil dari analisis pertumbuhan tanaman didapatkan bahwa hasil yang paling optimum dalam parameter pertumbuhan tanaman, berturut-turut dari yang terbaik yaitu media 2, media 3, lalu media 1. Hal ini juga didukung oleh karakteristik awal media yang menunjukkan bahwa kandungan unsur nutrisi terbaik, sesuai dengan hasil optimum pertumbuhan tanaman. Lalu untuk hasil dari perlakuan tanaman dengan PSM lebih baik pada kontrol pada media 1. Kemudian untuk tanaman kontrol lebih baik daripada PSM untuk media 2 dan 3. Sehingga untuk pembenah tanah lebih signifikan hasilnya daripada penambahan mikroba PSM. Akan tetapi pada media 1 yang tidak ditambahkan pembenah tanah PSM bisa menghasilkan hasil pertumbuhan yang lebih baik.

Jika dilihat dari segi PSM yang digunakan yaitu *Penicillium citrinum* yang merupakan jamur. PSM dalam bentuk jamur akan optimal tumbuh pada pH asam-normal dengan rentang 5-6.5. Ketika pH tinggi maka pertumbuhan PSM jamur akan semakin menurun (Ginting *et al.*, 2006). Dengan penambahan pembenah tanah yaitu pupuk kandang dan arang aktif, diharapkan pH tanah karst yang bersifat basa akan menurun. Akan tetapi melihat dari hasil analisis data, dengan ditamapkannya pembenah tanah dalam hal ini pupuk kandang, malah mengurangi kemampuan dari PSM karena pembenah tanah menjadi media yang baik untuk mikroba lain tumbuh dan berkembang, yang akhirnya menyaingi PSM.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisis data dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pertumbuhan tanaman di lahan karst dengan bahan pembenah tanah memiliki hasil yang optimum pada media 2 (M2) dengan komposisi *lime rock*, *lime soil* dan pupuk kandang yang memiliki perbandingan 1 : 1 : 1 dilanjutkan dengan media 3 (M3) dengan komposisi komposisi *lime rock*, *lime soil*, pupuk kandang dan rang aktif 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 dari penambahan PSM terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman di lahan Karst. Akan tetapi hanya pada media 1 yang tidak memiliki pembenah tanah. Hal ini disebabkan oleh penambahan pembenah tanah yaitu pupuk kandang dapat meningkatkan kemungkinan media ditumbuhi mikroba lain yang dapat mengurangi kemampuan dari PSM *Penicillium citrinum*. Karena kurangnya dari kemampuan *Penicillium citrinum* untuk bersaing dengan mikroba lain.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian kedepannya, yaitu:

1. Pindahkan tanaman ke media tanam sebaiknya dilakukan pada pagi hari ataupun sore hari untuk menghindari penguapan berlebih pada siang hari yang dapat menyebabkan tanaman layu dan mati
2. Pada saat masa adaptasi tanaman perlu dilakukan kontrol lebih terkait kadar air, dan juga intensitas cahaya matahari. Agar tanaman lebih dapat berkembang.
3. Inokulasi PSM sebaiknya dilakukan tanpa pembenah tanah tambahan dikarenakan kelemahannya terhadap kemampuan untuk berkompetisi dengan mikroba lain. Sehingga dapat bekerja lebih baik sebagai agen dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR PUSTAKA

- Acevedo, E., Galindo-Castañeda, T., Prada, F., Navia, M., Romero, H.M., 2014. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Colombia. *Appl. Soil Ecol.* 80, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.03.011>
- Achmad, A. 2011. *Rahasia Ekosistem Hutan Bukit Kapur*. Surabaya: Brilian Internasional.
- Afzal K., S., Hamayun, M., Yoon, H., Kim, H.Y., Suh, S.J., Hwang, S.K., Kim, J.M., Lee, I.J., Choo, Y., Yoon, U., Kong, W.S., Lee, Byung-Moo & Kim, J., 2009. Plant growth promotion and *Penicillium citrinum*. *BMC microbiology*. 8. 231. [10.1186/1471-2180-8-231](https://doi.org/10.1186/1471-2180-8-231).
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N.L., Hartatik, W., Pratiwi, E., Penelitian, B., Jl, T., Pelajar, T., Email, B., 2015. Pembenh Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Pembenh Tanah untuk Meningkatkan. Produkt. Lahan Pertan.* 9, 67–84. <https://doi.org/10.2018/jsdl.v9i2.6571>
- Dariah, A., Utono, S., Husaini, B., 2007. Penggunaan Pembenh Tanah Organik dan Mineral untuk Perbaikan Kualitas Tanah The Use of Mineral and Organic Soil Conditioner to Improve Soil Quality of penyelidikan Pusat Inventarisasi Sumberdaya Mineral dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi seb 1–9.
- Djafar, T. A., Barus, A., Syukri., 2013. RESPON PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI SAWI (*Brassica juncea* L ) TERHADAP PEMBERIAN URINE KELINCI DAN PUPUK GUANO. USU Medan
- Ginting, R. C. B., Saraswati, R., Husen, E., 2006. *Mikroba Pelarut Fosfat*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian
- Green, S.M., Dungait, J.A.J., Tu, C., Buss, H.L., Sanderson, N., Hawkes, S.J., Xing, K., Yue, F., Hussey, V.L., Peng, J., Johnes, P., Barrows, T., Hartley, I.P., Song, X., Jiang, Z., Meersmans, J., Zhang, X., Tian, J., Wu, X., Liu, H., Song, Z., Evershed, R., Gao, Y., Quine, T.A., 2019. Soil functions and ecosystem services research in the Chinese karst Critical Zone. *Chem. Geol.* 527, 119107. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.03.018>
- Gunarathne, V., Mayakudowa, S., Vithanage, M., 2017. *Biochar's Influence as a Soil Amendment for Essential Plant Nutrient Uptake*. Spring International Publishing
- Hamim, A., Boukeskase, A., Ouhdouch, Y., Farrouki, A., Barrijal, S., Miché, L., Mrabet, R., Duponnois, R., Hafidi, M., 2019. Phosphate solubilizing and PGR activities of ericaceous shrubs microorganisms isolated from Mediterranean forest soil. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 19, 101128. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101128>



- Haryono, E., and Suratman. 2010. Significant Features of Gunung Sewu Karst as Geopark Sites.
- Hao, Z., Kuang, Y., Kang, M., 2015. Untangling the influence of phylogeny, soil and climate on leaf element concentrations in a biodiversity hotspot. *Funct. Ecol.* 29, 165–176. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12344>
- Houbraken, Jos & Frisvad, Jens & Samson, Robert. (2011). Taxonomy of *Penicillium* section *Citrina*. *Studies in mycology.* 70. 53-138. 10.3114/sim.2011.70.02.
- Istomo. 2006. Kandungan Fosfor dan Kalsium Pada Tanah dan Biomassa Hutan Rawa Gambut (Studi Kasus di Wilayah HPH PT. Diamond Raya Timber, Bagan Siapi-api, Provinsi Riau)
- Kartikawati, N.K., Rimbawanto, A., Susanto, M., Baskorowati, L., Prastyono, 2014. BUDIDAYA DAN PROSPEK PENGEMBANGAN KAYUPUTIH (*Melaleuca cajuputi*), *Eco-habitat : JISE research.* <https://doi.org/10.24600/ecohabitat.12.1>
- Leitão, A.L., & Enguita, F.J., 2016 . Gibberellins in *Penicillium* strains: Challenges for endophyte-plant interactions under salinity stress
- Mawaddah, M., Mansur, I., Saria, L., 2012. Pertumbuhan kayuputih ( *Melaleuca leucadendron* Linn .) dan Longkida ( *Naucllea orientalis* Linn .) pada kondisi tergenang air asam tambang. *Jurnal Silvikultur Tropika*
- Mittal, V., Singh, O., Nayyar, H., Kaur, J., Tewari, R., 2008. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing fungal strains (*Aspergillus awamori* and *Penicillium citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. GPF2). *Soil Biol. Biochem.* 40, 718–727. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.10.008>
- Murdianti, R.A., 2018. RESPON PERTUMBUHAN BIBIT KAYU PUTIH (*Melaleuca cajuputi* Roxb.) TERHADAP PEMBERIAN SLAG NIKEL DAN KOMPOS PADA TANAH ULTISOL.
- Nestmann, F., Oberle, P., Ikhwan, M., Stoffel, D., Solichin, 2013. Development of underground water extraction system for karst regions with adapted technologies and operating system pilot plant in Java, Indonesia. *Procedia Eng.* 54, 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.006>
- Paulucio VO, Silva CF, Martins MA, Pereira MG, Schiavo JA, Rodrigues LA. Reforestation of a degraded area with *Eucalyptus* and *Sesbania*: microbial activity and chemical soil properties. *Rev Bras Cienc Solo.* 2017;41:e0160239.
- Perwatasari, B., Tripatmasari, M., Wasonowati, C., 2012. PENGARUH MEDIA TANAM DAN NUTRISI TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN PAKCHOI (*Brassica juncea* L.) DENGAN SISTEM HIDROPONIK. *Agrovigor*

- Rachman, A., Dariah A., dan D. Santoso. 2006. Pupuk hijau. Hlm 41-58. Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor
- Sharma, Seema & Sayyed, Riyaz & Trivedi, Mrugesh & Thivakaran, Alagiri. 2013. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus. 2. 587. 10.1186/2193-1801-2-587.
- Subodh K. Maiti., Jitendra Ahirwal. 2019. Phytomanagement of Polluted Sites Chapter 3 Ecological Restoration of Coal Mine Degraded Lands Topsoil Management, Pedogenesis, Carbon Sequestration, and Mine Pit Limnology
- Sudono, R., Soeprijadi, D., Wirabuana P., 2019. Kesesuaian lahan untuk pengembangan tanaman kayu putih dan implikasinya terhadap teknik silvikultur
- Suhendar, A.S., Yani, E., Widodo, P., 2018. Analisis Vegetasi Kawasan Karst Gombang Selatan Kebumen Jawa Tengah. Scr. Biol. 5, 37. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2018.5.1.639>
- Yadav, J., Verma, J.P., Yadav S.K., Tiwari, K.N. 2011. Effect of Salt Concentration and pH on Soil Inhabiting Fungus *Penicillium citrinum* Thom. for Solubilization of Tricalcium Phosphate. *Microbiology Journal*, 1: 25-32.
- Zhang, W., 2018. Did Eucalyptus contribute to environment degradation? Implications from a dispute on causes of severe drought in Yunnan and Guizhou Did Eucalyptus contribute to environment degradation? Implications from a dispute on causes of severe drought in Yunnan a.
- Zhou, L., Wang, X., Wang, Z., Zhang, X., Chen, C., Liu, H., 2020. The challenge of soil loss control and vegetation restoration in the karst area of southwestern China. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.12.001>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## LAMPIRAN

### Lampiran 1: ALAT DALAM PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. **Polybag ukuran 2 kg**, sebagai wadah bagi media tanam.
2. **Penggaris**, berfungsi untuk mengukur ketinggian tanaman.
3. **Caliper Digital**, digunakan untuk mengukur diameter batang tanaman.
4. **Pipetman dan tabungnya**, digunakan untuk menginjeksikan *Phosphate Solubilizing Microorganism* ke dalam media tanam.
5. **Autoklaf**, digunakan untuk sterilisasi alat dan bahan.
6. **Erlenmeyer**, sebagai wadah inokulum *Phosphate Solubilizing Microorganism* serta wadah untuk media cair *Nutrient Broth*.
7. **Timbangan analitik**, untuk mengukur berat dari jaringan akar, jaringan batang tanaman, dan kadar air media
8. **Timbangan digital**, digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang akan digunakan.
9. **Gelas beaker**, sebagai wadah pengaduk, pencampur, dan pemanas cairan.
10. **Cawan petri**, merupakan wadah untuk membiakkan mikroba.
11. **Tabung reaksi**, digunakan untuk mencampur, menampung, dan memanaskan bahan-bahan kimia cair atau padat.
12. **Rak tabung reaksi**, sebagai wadah untuk meletakkan tabung reaksi.
13. **Kompur listrik**, berfungsi untuk memanaskan larutan atau zat-zat kimia dengan *aquadest*.
14. **Magnetic stirrer**, digunakan untuk menghomogenkan suatu larutan dengan pengadukan.
15. **Orbital shaker**, berfungsi untuk mengaduk campuran larutan agar homogen dengan gerakan satu arah.
16. **Inkubator**, digunakan untuk menginkubasi *Phosphate Solubilizing Microorganism* pada kondisi tertentu.
17. **Ziplock Plastic**, berfungsi untuk meletakkan bahan yang sudah di sterilisasi untuk menghindari kontaminasi.
18. **Oven**, digunakan untuk memanaskan atau mengeringkan tanaman hasil panen untuk mengukur kadar air.
19. **Aluminium foil**, untuk menutup gelas kimia saat memanaskan suatu larutan atau selepas di sterilisasi.
20. **Spidol permanen warna putih**, untuk memberikan identitas pada *Polybag*.
21. **Amplop coklat**, untuk meletakkan jaringan akar dan jaringan atas tanaman hasil panen
22. **Sarung tangan safety anti panas**, untuk melindungi tangan dari kontak langsung dengan benda panas terutama setelah di sterilisasi.
23. **Pipet ukur**, digunakan untuk memindahkan suatu cairan sesuai volume yang diinginkan dari satu tempat ke tempat lainnya.

## Lampiran 2: BAHAN DALAM PENELITIAN

Berikut merupakan bahan yang digunakan dalam penelitian.

1. **Bibit Kayu Putih (*Malaleuca leucadendron*)**, digunakan sebagai tanaman uji dalam penelitian
2. **Tanah kapur, batu kapur, arang aktif, dan pupuk kandang**, digunakan sebagai bahan campuran untuk pembenahan tanah
3. **Inokulum *Phosphate Solubilizing Microorganism***, sebagai agen biologi untuk restorasi tanah
4. **Potato Dextrose Agar**, digunakan sebagai media padat untuk menumbuhkan bakteri
5. **Nutrient Broth**, digunakan sebagai media cair untuk menumbuhkan bakteri
6. **Aquadest**, digunakan untuk melarutkan bahan-bahan kimia.



### Lampiran 3: ANALISIS UJI ANOVA

#### Hasil Uji Anova Tanaman Kayuputih Antara Tanaman Kontrol dan Tanaman dengan Perlakuan PSM

H0 : tidak terdapa perbedaan pertumbuhan tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

H1 : terdapa perbedaan pertumbuhan tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

Tabel Data Berat Basah Akar Tanaman pada Tiap Media dan Perlakuan

PSM		Kontrol	
KODE TANAMAN	RFW (gram)	KODE TANAMAN	RFW (gram)
PM1ML1	1.8	CM1MI1	0.1
PM1ML2	1.0	CM1MI2	1.1
PM1ML3	1.3	CM1MI3	0.3
PM1ML4	1.1	CM1MI4	1.0
PM1ML5	2.1	CM1MI5	0.1
PM2ML1	0.7	CM2MI1	0.8
PM2ML3	1.1	CM2MI2	1.4
PM2ML4	0.3	CM3MI1	0.3
PM2ML5	1.2	CM3MI2	0.9
PM3ML1	0.8	CM3MI3	1.2
PM3ML2	0.7		
PM3ML3	0.1		
PM3ML4	1.2		

### Uji Normalitas

#### Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.143	23	.200 <sup>*</sup>	.925	23	.086

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

a. Lilliefors Significance Correction

Dari Tabel uji normalitas karena data  $\leq 50$  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	7
Perlakuan Tanaman	1	PSM	13
	2	Kontrol	10

### 1. Uji Homogenitas

#### Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a,b</sup>

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Akar Basah	Based on Mean	.293	5	17	.910
	Based on Median	.059	5	17	.997
	Based on Median and with adjusted df	.059	5	14.509	.997
	Based on trimmed mean	.275	5	17	.921

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

a. Dependent variable: Berat Akar Basah

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

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

### 2. Hasil Uji Anova

#### Tests of Between-Subjects Effects

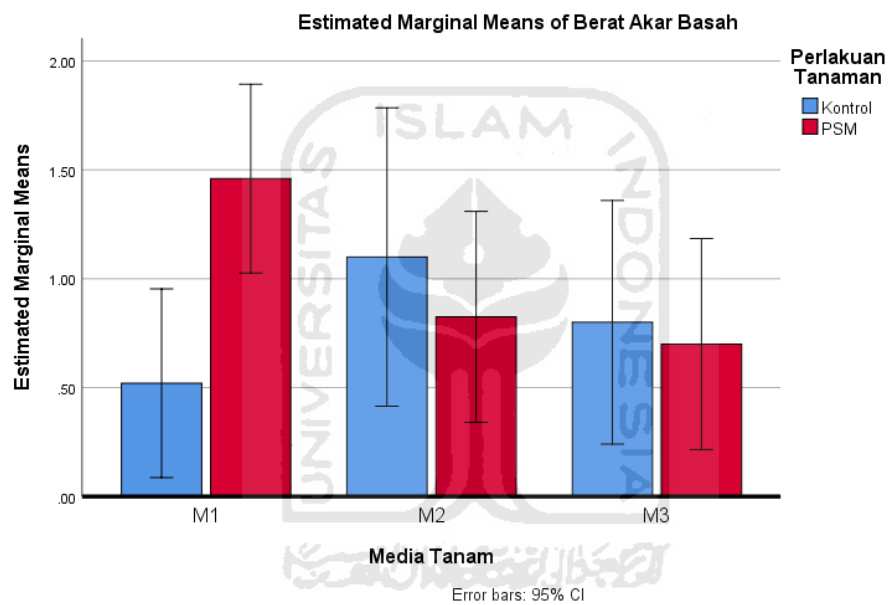
Dependent Variable: Berat Akar Basah

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.582 <sup>a</sup>	5	.516	2.447	.076
Intercept	16.854	1	16.854	79.867	.000
Media	.254	2	.127	.602	.559
Perlakuan	.184	1	.184	.873	.363
Media * Perlakuan	1.735	2	.868	4.111	.035
Error	3.588	17	.211		
Total	24.620	23			
Corrected Total	6.170	22			

a. R Squared = ,419 (Adjusted R Squared = ,247)

- 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 signifikan

### 3. Barchart





H0 : tidak terdapa perbedaan pertumbuhan tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

H1 : terdapa perbedaan pertumbuhan tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

Tabel Data Berat Basah Batang Tanaman pada Tiap Media dan Perlakuan

PSM		Kontrol	
KODE TANAMAN	SFW (gram)	KODE TANAMAN	SFW (gram)
PM1ML1	1.7	CM1MI1	1.5
PM1ML2	4.9	CM1MI2	4.9
PM1ML3	2.5	CM1MI3	1.1
PM1ML4	4.0	CM1MI4	2.9
PM1ML5	5.2	CM1MI5	0.8
PM2ML1	6.6	CM2MI1	4.0
PM2ML3	4.0	CM2MI2	7.4
PM2ML4	2.2	CM3MI1	2.4
PM2ML5	6.3	CM3MI2	4.7
PM3ML1	3.7	CM3MI3	4.1
PM3ML2	4.2		
PM3ML3	1.7		
PM3ML4	5.5		

### Uji Normalitas

#### Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.124	23	.200 <sup>*</sup>	.952	23	.316

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

a. Lilliefors Significance Correction

Dari Tabel uji normalitas karena data  $\leq 50$  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	7
Perlakuan Tanaman	1	PSM	13
	2	Kontrol	10

### 1. Uji Homogenitas

#### Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a,b</sup>

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Batang Basah	Based on Mean	.606	5	17	.696
	Based on Median	.406	5	17	.838
	Based on Median and with adjusted df	.406	5	13.513	.836
	Based on trimmed mean	.592	5	17	.706

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

a. Dependent variable: Berat Batang Basah

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

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

### 2. Hasil Uji Anova

#### Tests of Between-Subjects Effects

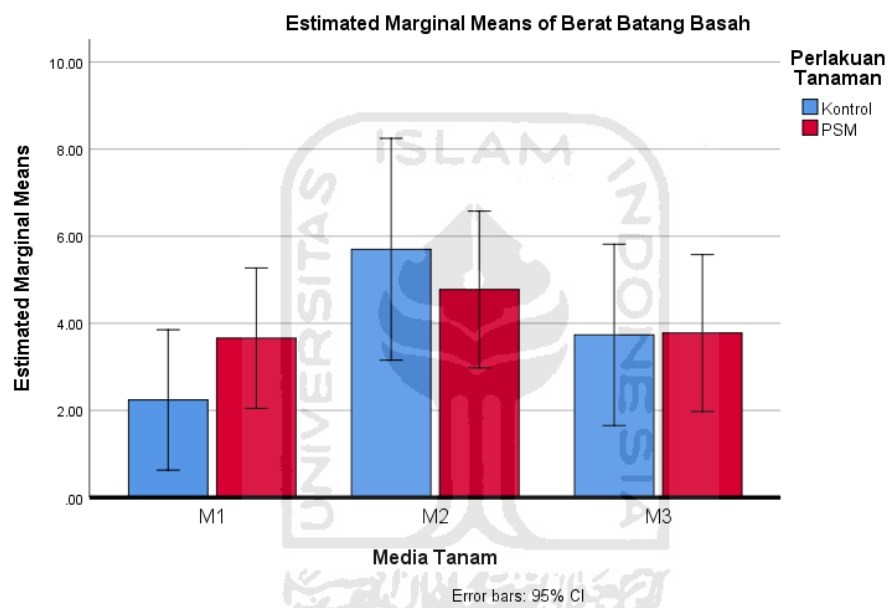
Dependent Variable: Berat Batang Basah

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	23.252 <sup>a</sup>	5	4.650	1.593	.215
Intercept	329.085	1	329.085	112.733	.000
Media	18.201	2	9.100	3.117	.070
Perlakuan	.166	1	.166	.057	.814
Media * Perlakuan	5.157	2	2.578	.883	.432
Error	49.626	17	2.919		
Total	396.690	23			
Corrected Total	72.877	22			

a. R Squared = ,319 (Adjusted R Squared = ,119)

- 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 signifikan

### 3. Barchart



H0 : tidak terdapa perbedaan pertumbuhan tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

H1 : terdapa perbedaan pertumbuhan tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

Tabel Data Berat Kering Akar Tanaman pada Tiap Media dan Perlakuan

PSM		Kontrol	
KODE TANAMAN	RDW (gram)	KODE TANAMAN	RDW (gram)
PM1ML1	0.40	CM1MI1	0.10
PM1ML2	0.31	CM1MI2	0.40
PM1ML3	0.38	CM1MI3	0.14
PM1ML4	0.30	CM1MI4	0.50
PM1ML5	0.30	CM1MI5	0.06
PM2ML1	0.30	CM2MI1	0.31
PM2ML3	0.26	CM2MI2	0.50
PM2ML4	0.07	CM3MI1	0.12
PM2ML5	0.30	CM3MI2	0.30
PM3ML1	0.25	CM3MI3	0.40
PM3ML2	0.29		
PM3ML3	0.07		
PM3ML4	0.30		

### Uji Normalitas

#### Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.142	23	.200 <sup>*</sup>	.952	23	.318

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

a. Lilliefors Significance Correction

Dari Tabel uji normalitas karena data  $\leq 50$  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	7
Perlakuan Tanaman	1	PSM	13
	2	Kontrol	10

### 1. Uji Homogenitas

#### Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a,b</sup>

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Akar Kering	Based on Mean	3.377	5	17	.027
	Based on Median	.697	5	17	.633
	Based on Median and with adjusted df	.697	5	10.011	.638
	Based on trimmed mean	3.010	5	17	.040

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

a. Dependent variable: Berat Akar Kering

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

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

### 2. Hasil Uji Anova

#### Tests of Between-Subjects Effects

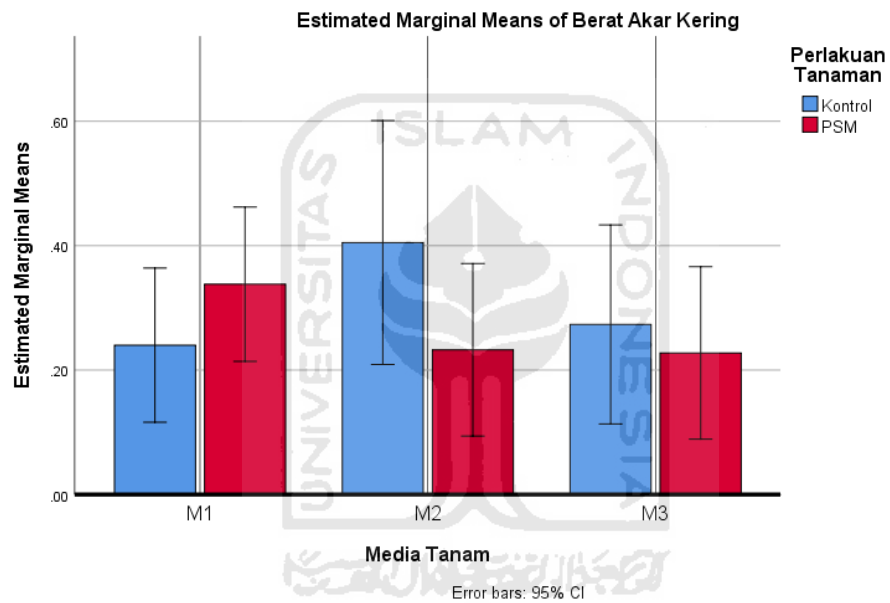
Dependent Variable: Berat Akar Kering

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.076 <sup>a</sup>	5	.015	.880	.515
Intercept	1.700	1	1.700	98.422	.000
Media	.014	2	.007	.418	.665
Perlakuan	.008	1	.008	.484	.496
Media * Perlakuan	.067	2	.033	1.927	.176
Error	.294	17	.017		
Total	2.128	23			
Corrected Total	.370	22			

a. R Squared = ,206 (Adjusted R Squared = -,028)

- 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 signifikan

### 3. Barchart



H0 : tidak terdapa perbedaan pertumbuhan tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

H1 : terdapa perbedaan pertumbuhan tanaman yang signifikan akibat perbedaan perlakuan

Tabel Data Berat Kering Akar Tanaman pada Tiap Media dan Perlakuan

PSM		Kontrol	
KODE TANAMAN	SDW (gram)	KODE TANAMAN	SDW (gram)
PM1ML1	0.40	CM1MI1	0.40
PM1ML2	1.10	CM1MI2	1.50
PM1ML3	0.40	CM1MI3	0.40
PM1ML4	1.10	CM1MI4	1.00
PM1ML5	1.20	CM1MI5	0.03
PM2ML1	1.80	CM2MI1	1.20
PM2ML3	0.90	CM2MI2	2.20
PM2ML4	0.50	CM3MI1	0.70
PM2ML5	1.50	CM3MI2	1.30
PM3ML1	0.90	CM3MI3	1.20
PM3ML2	1.10		
PM3ML3	0.40		
PM3ML4	1.30		

### Uji Normalitas

#### Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.164	23	.112	.940	23	.184

a. Lilliefors Significance Correction

Dari Tabel uji normalitas karena data  $\leq 50$  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	7
Perlakuan Tanaman	1	PSM	13
	2	Kontrol	10

### 1. Uji Homogenitas

#### Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a,b</sup>

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Berat Batang Kering	Based on Mean	1.182	5	17	.358
	Based on Median	.428	5	17	.823
	Based on Median and with adjusted df	.428	5	11.977	.820
	Based on trimmed mean	1.150	5	17	.373

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

a. Dependent variable: Berat Batang Kering

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

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

### 2. Hasil Uji Anova

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Berat Batang Kering

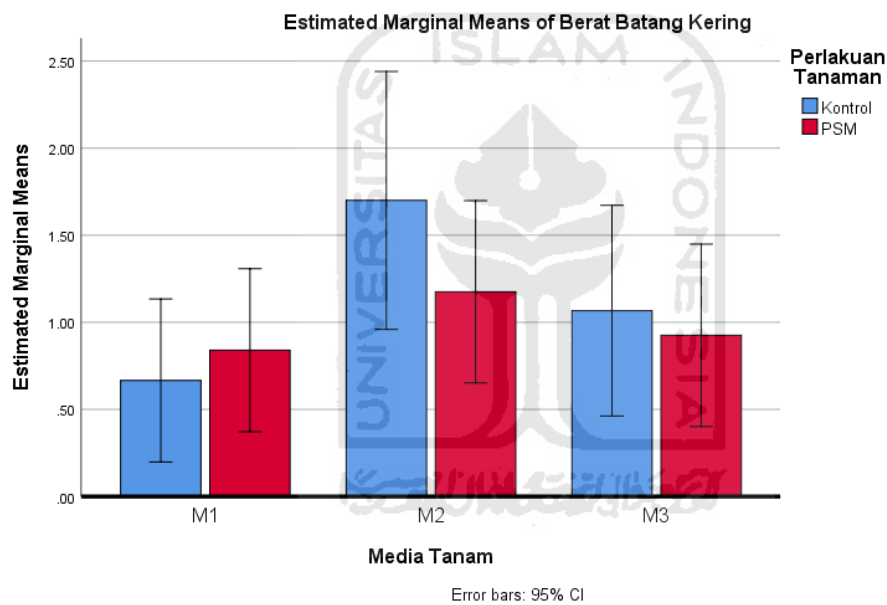
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.815 <sup>a</sup>	5	.363	1.474	.250
Intercept	23.429	1	23.429	95.132	.000
Media	1.630	2	.815	3.309	.061
Perlakuan	.140	1	.140	.569	.461
Media * Perlakuan	.431	2	.216	.875	.435
Error	4.187	17	.246		
Total	28.071	23			
Corrected Total	6.001	22			

a. R Squared = ,302 (Adjusted R Squared = ,097)

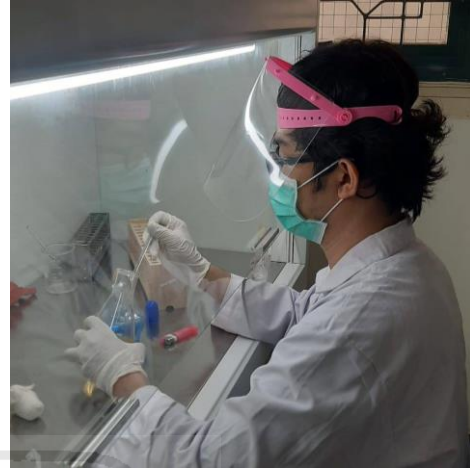


- a. Untuk corrected model nilai sig menunjukkan  $> 0.05$  yang menandakan tidak signifikan. Model tidak valid
- b. Untuk intercept sig menunjukkan  $< 0.05$  . maka intercept signifikan
- c. Pada point media sig menunjukkan  $> 0.05$  . maka media berpengaruh tidak signifikan
- d. Pada point perlakuan sig menunjukkan  $> 0.05$  . maka perlakuan berpengaruh tidak signifikan
- e. Pada point media \* perlakuan sig menunjukkan  $< 0.05$  . maka media\*perlakuan berpengaruh signifikan

### 3. Barchart



**Lampiran 4: DOKUMENTASI**



## RIWAYAT HIDUP

Muhaimin Agsha dengan nama panggilan Aim yang lahir di Kota Poso, Sulawesi Tengah pada tanggal 23 Agustus 1998 merupakan anak pertama dari dua bersaudara oleh pasangan Azwar, S.H. dan Siti Rahmatia Kandupi, S.Pd. Adapun jenjang pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis yaitu pendidikan dasar di SDN INPRES Palupi. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikannya di MTsN Model Palu Timur, dan setelah itu dilanjutkan ke SMAN 2 Palu, Sulawesi Tengah.

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 Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan selama 2 periode. Tidak hanya dalam kegiatan non akademik, penulis juga pernah ikut serta dalam menjadi asisten Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan selama 2 periode serta menjadi asisten dosen mata kuliah Menggambar Teknik.

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

