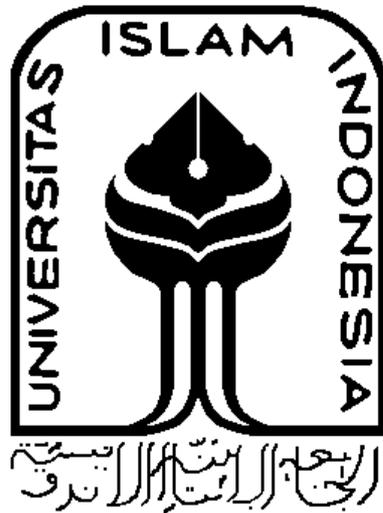


**TUGAS AKHIR**

**Potensi Aplikasi Mikroba PGPR dan AMF pada  
Tanaman *Samanea saman* untuk Serapan Nutrisi P dan K  
Tanah TPA : Studi Kasus di *Greenhouse***

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



**RAHMAT RIDO PUTRA  
19513146**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2024**

## TUGAS AKHIR

# Potensi Aplikasi Mikroba PGPR dan AMF pada Tanaman *Samanea saman* untuk Serapan Nutrisi P dan K Tanah TPA : Studi Kasus di *Greenhouse*

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



**RAHMAT RIDO PUTRA**  
19513146

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD  
NIK. 185130401

Tanggal : 27 Januari 2024

Mengetahui,\*  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Ayu Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D.  
NIK. 045130401  
Tanggal: 16 Februari 2024



*“Halaman Sengaja dikosongkan”*

**HALAMAN PENGESAHAN\***

**Potensi Aplikasi PGPR dan AMF pada Tanaman  
*Samanea saman* untuk Serapan Nutrisi P dan K Tanah  
TPA : Studi Kasus di *Greenhouse***

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis

Tanggal : 15 Februari 2024

Disusun Oleh:

**RAHMAT RIDO PUTRA**

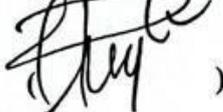
19513146

Tim Penguji :

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

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Puji Lestari., S.Si., M.Sc., Ph.D.

()  
()  
()  
16/2-24

## 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, tanggal submit TA

Yang membuat pernyataan,



**Rahmat Rido Putra**

NIM: 19513146

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan dengan judul **“Potensi Aplikasi Mikroba PGPR dan AMF pada Tanaman *Samanea saman* untuk Serapan Nutrisi P dan K tanah TPA : Studi Kasus di Greenhouse”** .

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak akan dapat diselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang mendalam kepada semua yang telah turut serta mendukung dalam penyelesaian laporan ini:

1. Allah subhanahu wa ta'ala, dengan limpahan kenikmatan kesehatan, kekuatan, dan karunia-Nya, penulis berhasil menyelesaikan laporan tugas ini.
2. Keluarga penulis, terutama orang tua dan kakak penulis, senantiasa memberikan dukungan moral dan materiil yang mantap dalam setiap tahap dari perencanaan dan pelaksanaan penelitian hingga penulisan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD. bertindak sebagai pembimbing akademis dalam mengarahkan tahapan perencanaan, pelaksanaan, dan penyusunan laporan tugas akhir ini
4. Bapak dan Ibu laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan telah memberikan dukungan dan panduan selama proses penelitian di laboratorium.
5. Teman-teman rekan penelitian TPA yang telah memberikan kontribusi dalam proyek penelitian ini, dihargai atas dedikasi, kesetiaan, dan semangat yang selalu diberikan.
6. Semua pihak yang telah membantu sampai pada saat ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Yogyakarta, 27 Oktober 2023



Rahmat Rido Putra

## ABSTRAK

RAHMAT RIDO PUTRA. Potensi Aplikasi Mikroba PGPR dan AMF pada Tanaman *Samanea saman* untuk Serapan Nutrisi P dan K Tanah TPA : Studi Kasus di Greenhouse. Dibimbing oleh Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D

Kondisi tanah TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) memiliki kandungan unsur hara tinggi dibandingkan jumlah total pada tanah biasa yang disebabkan adanya proses dekomposisi sampah dari kegiatan penimbunan sampah di TPA. Hasil proses penimbunan sampah di tanah TPA dapat direvegetasi karena mengandung senyawa organik terlarut dan komposisi unsur hara untuk pertumbuhan tanaman, namun keberhasilan revegetasi bergantung pada jenis tanaman yang digunakan dengan kondisi pH tanah TPA rendah yang membuat tanah bersifat racun bagi tanaman. Oleh karena itu, dibutuhkan tanaman *Samanea saman* yang mampu mentolerir segala macam jenis tanah, dan mikroorganisme PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dan AMF (*Arbuscular Mycorrhizal Fungi*) yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Kemampuan PGPR dan AMF terhadap tanaman *S. saman* dapat diteliti melalui serapan nutrisi P dan K pada tanah TPA. Metode penelitian yang dilakukan dari perlakuan uji kontrol (tanpa perlakuan), *Acaulospora* + PGPR, *Acaulospora sp.*, PGPR). Setiap perlakuan uji dilakukan pengamatan terhadap serapan nutrisi P dan K, serta biomassa tanaman. Hasil pengamatan dilakukan analisa melalui uji korelasi terhadap serapan nutrisi dan biomassa tanaman. Analisa yang didapatkan setiap perlakuan uji PGPR dan AMF yang dibandingkan dengan kontrol (tanpa mikroba) memiliki perbedaan masing-masing terhadap serapan P melalui peningkatan pada pertumbuhan tanaman melalui jumlah biomassa tanaman, namun dalam serapan K tidak terjadi perbedaan serapan yang dibanding dengan kontrol (tanpa mikroba). Sehingga kemampuan PGPR dan AMF memiliki potensi dengan meningkatkan serapan P pada tanaman, tetapi tidak terjadi pada serapan K.

Kata kunci: AMF ,Nutrisi, PGPR, TPA,

## ABSTRACT

RAHMAT RIDO PUTRA. *Potential Application of PGPR and AMF Microbes on Samanea saman Plants for P and K Nutrient Uptake in Landfill Soil: Case Study in a Greenhouse.* Supervised by Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

*The condition of the landfill soil has a high nutrient content compared to the total amount in ordinary soil due to the decomposition process of waste from waste landfill activities at the landfill. The results of the process of landfilling waste in landfill soil can be revegetated because it contains dissolved organic compounds and nutrient composition for plant growth, however the success of revegetation depends on the type of plant used with the low pH conditions of landfill soil which makes the soil toxic to plants. Therefore, it is needed Samanea saman plants which are able to differentiate between all types of soil, and PGPR and AMF microorganisms which are able to increase plant growth. The ability of PGPR and AMF on S. saman plants can be studied through the uptake of P and K nutrients in landfill soil. The research method was carried out by making test treatments control (without treatment), Acaulospora sp. + PGPR, Acaulospora sp., PGPR). In each test treatment, observations were made of P and K nutrient uptake, as well as plant biomass. The measurement results were analyzed using correlation test. The analysis obtained from each test treatment compared with the control (without treatment) had an influence on P uptake through an increase in plant growth through the amount of plant biomass, but there was no significant increase in K uptake. So the ability of PGPR and AMF has the potential to increase P uptake in plants, but not K uptake.*

*Keywords:* AMF, Nutrient, PGPR, TPA

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	3
1.6 Kerangka Berpikir .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tanah TPA Piyungan .....	5
2.2 Kehadiran Unsur Hara Makro (N, P, dan K) dalam Tanah.....	5
2.3 <i>Arbuscular Mycorrhizal Fungi</i> (AMF) .....	7
2.4 Peran <i>Arbuscular Mycorrhizal Fungi</i> (AMF) .....	7
2.5 <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR).....	8
2.6 Peran <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR).....	8
2.7 Tanaman Uji <i>Samanea Saman</i> (Trembesi).....	9
2.8 Penelitian Terdahulu .....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Waktu dan Lokasi.....	13
3.2 Tahapan Penelitian .....	14

3.2.1	Persiapan Semai Tanaman .....	15
3.2.2	Persiapan Media Tanam.....	15
3.2.3	Persiapan Inokulum PGPR dan AMF .....	16
3.2.4	Persiapan Media Carrier Nacl dan Inokulasi Mikroba ke Carrier NaCl.....	17
3.2.5	Penanaman .....	17
3.2.6	Inokulasi PGPR dan AMF pada Media Tanaman <i>Samanea saman</i> .....	17
3.2.7	Pemeliharaan.....	18
3.2.8	Pemanenan dan Pengamatan.....	18
3.2.9	Analisis Nutrisi Sampel Tanah dn Jaringan Tanaman.....	18
3.2.10	Analisis Data Statistik.....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>20</b>
4.1	Hasil Analisa Nutrisi .....	20
4.1.1	Hasil Analisa Fosfat (P) Tersedia Tanah dan P Total Jaringan Tanaman Uji ...	20
4.1.2	Hasil Analisa Kalium pada Tanah dan Jaringan Tanaman Uji .....	23
4.2	Potensi Aplikasi Mikroorganisme, <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR), dan <i>Acaulospora sp.</i> , serta Konsorium PGPR dan <i>Acaulospora sp.</i> Terhadap Biomassa Tanaman <i>Samanea Saman</i> .....	24
4.3	Hubungan Biomaassa Tanaman dan Serapan Nutrisi P dan K Tanaman <i>Samanea saman</i> . .....	26
4.2.1	Biomassa Tanaman terhadap Unsur Hara P.....	27
4.2.2	Biomassa Tanaman terhadap Unsur Hara K.....	28
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>30</b>
5.1	Kesimpulan.....	30
5.2	Saran.....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>31</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>35</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu .....	10
Tabel 3. 1 Interpretasi koefisien korelasi .....	19

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Greenhouse.....	15
Gambar 3. 3 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah TPA Piyungan .....	16
Gambar 4. 1 Hasil Uji P Pada Tanah dan Jaringan Tanaman <i>Samanea saman</i> , n = 3 ...	20
Gambar 4. 2 Hasil Uji K total pada Tanah dan Jaringan Tanaman <i>Samanea saman</i> , n = 3 .....	23
Gambar 4. 3 Berat Basah (a) dan Berat Kering (b) Jaringan Tanaman <i>Samanea saman</i> (n=5) .....	25
Gambar 4. 4 Hubungan Biomassa Tanaman Terhadap Unsur Hara P Jaringan Akar (a) dan Jaringan Batang (b) .....	27
Gambar 4. 5 Hubungan Biomassa Terhadap Unsur Hara K Pada Jaringan Akar (a) dan Jaringan Batang (b).....	28

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Langkah Uji Sampel .....	35
Lampiran 2 Perhitungan Uji Sampel.....	38
Lampiran 3 Foto Perlakuan Uji.....	40
Lampiran 4 Dokumentasi Kegiatan TA .....	41

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) merupakan tempat yang dibangun untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan dengan proses yang biasa digunakan dengan metode *landfill* yang merupakan sistem pengelolaan atau pemusnahan sampah dengan cara membuang dan menumpuknya sampah di lokasi cekung, memadatkannya, dan kemudian menimbunnya dengan tanah (Ariyani, et al., 2019). Tanah timbunan TPA tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan jenis unsur hara NPK. Jumlah total N,P, dan K pada tanah timbunan TPA jauh lebih besar dibandingkan jumlah total pada tanah biasa (Li, et al., 2011). Tanah TPA dari hasil proses penimbunan sampah yang sudah tua dapat direvegetasi karena mengandung senyawa karbon organik terlarut dan komposisi unsur hara untuk pertumbuhan tanaman, namun keberhasilan revegetasi tersebut bergantung pada jenis tanaman yang digunakan pada kondisi tanah yang terdegradasi (Shouliang, et al., 2008).

Secara keseluruhan, komposisi tanah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) terdiri dari batuan vulkanik yang masih dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan mengandung kadar bahan organik sedang dengan nilai pH yang di bawah normal (Muyassar & Budianta, 2021). Nilai pH pada tanah yang lebih rendah membuat tanah bersifat racun bagi tanaman serta mempengaruhi perkembangan mikroorganisme (Naoum, 2007). Dengan kondisi tanah di TPA tersebut yang menyebabkan terjadinya pencemaran tanah dapat mengurangi kemampuan produktivitas tanah untuk dimanfaatkan sebagai media tanam (Lokahita, et al., 2018).

Dalam upaya memperbaiki kondisi lahan TPA, tanah TPA dari hasil proses penimbunan sampah yang sudah tua dapat direvegetasi karena mengandung senyawa karbon organik terlarut dan komposisi unsur hara untuk pertumbuhan tanaman. Namun keberhasilan revegetasi tersebut bergantung pada jenis tanaman yang digunakan pada kondisi tanah yang terdegradasi (Shouliang, et al., 2008). Oleh karena itu, dibutuhkan jenis tanaman yang dapat hidup dengan kondisi tanah di TPA, serta mikroorganisme yang dapat meningkatkan proses pertumbuhan tanaman dari ketersediaan unsur hara yang ada di TPA.

Berkembangnya teknik bioremediasi memanfaatkan tanaman dengan mikroba adalah hasil dari pencarian metode alternatif dengan tujuan pembersihan yang mengarah pada

pengembangan bioaugmentasi atau rizoremediasi (Kuiper, et al., 2007). *Samanea saman* merupakan tanaman yang dapat tumbuh cukup cepat dengan laju pertumbuhan tipikal 0,75-1,5 m/tahun, dapat mentolerir berbagai tekstur tanah, serta dapat mentolerir pada tanah yang memiliki pH setinggi 8,5 dan pH serendah 4,7 (Anon., 2006). Beberapa mikroba memiliki manfaat terhadap tanaman, seperti *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB) yang menyediakan ketersediaan fosfor yang dapat diserap tanaman dan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman yang lebih sehat, serta Fungi mikoriza arbuskula (FMA) memiliki berbagai pengaruh yang memberikan kontribusi pada perbaikan dari berbagai cekaman yang dialami oleh tanaman. (Finlay, 2004).

Hasil penelitian sebelumnya terkait penggunaan media tanah TPA untuk tanaman *Samanea saman* dapat tumbuh namun mengalami penurunan daya tumbuh bibit sebesar 20% (Bashri, et al., 2014) . Maka dari itu, penelitian ini melakukan pengembangan dengan melihat potensi pengaplikasian mikroorganisme PGPR dan AMF terhadap tanaman *S. saman* untuk serapan nutrisi yang ada di tanah TPA.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apa fungsi dan peran *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) terhadap tanaman *Samanea saman* dari media tanah TPA untuk serapan nutrisi P dan K?
2. Bagaimana perbandingan hasil perubahan kadar nutrisi P dan K setelah pengaplikasian mikroba PGPR dan AMF terhadap tanaman *Samanea saman* dari media tanah TPA?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Investigasi serapan nutrisi P dan K terhadap tanaman *Samanea saman* yang diaplikasikan dengan mikroba PGPR dan AMF melalui media tanah TPA.
2. Investigasi peranan mikroba *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) terhadap jumlah biomassa tanaman *Samanea saman* melalui media tanah TPA untuk hubungan biomassa tanaman dengan nutrisi P dan K.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

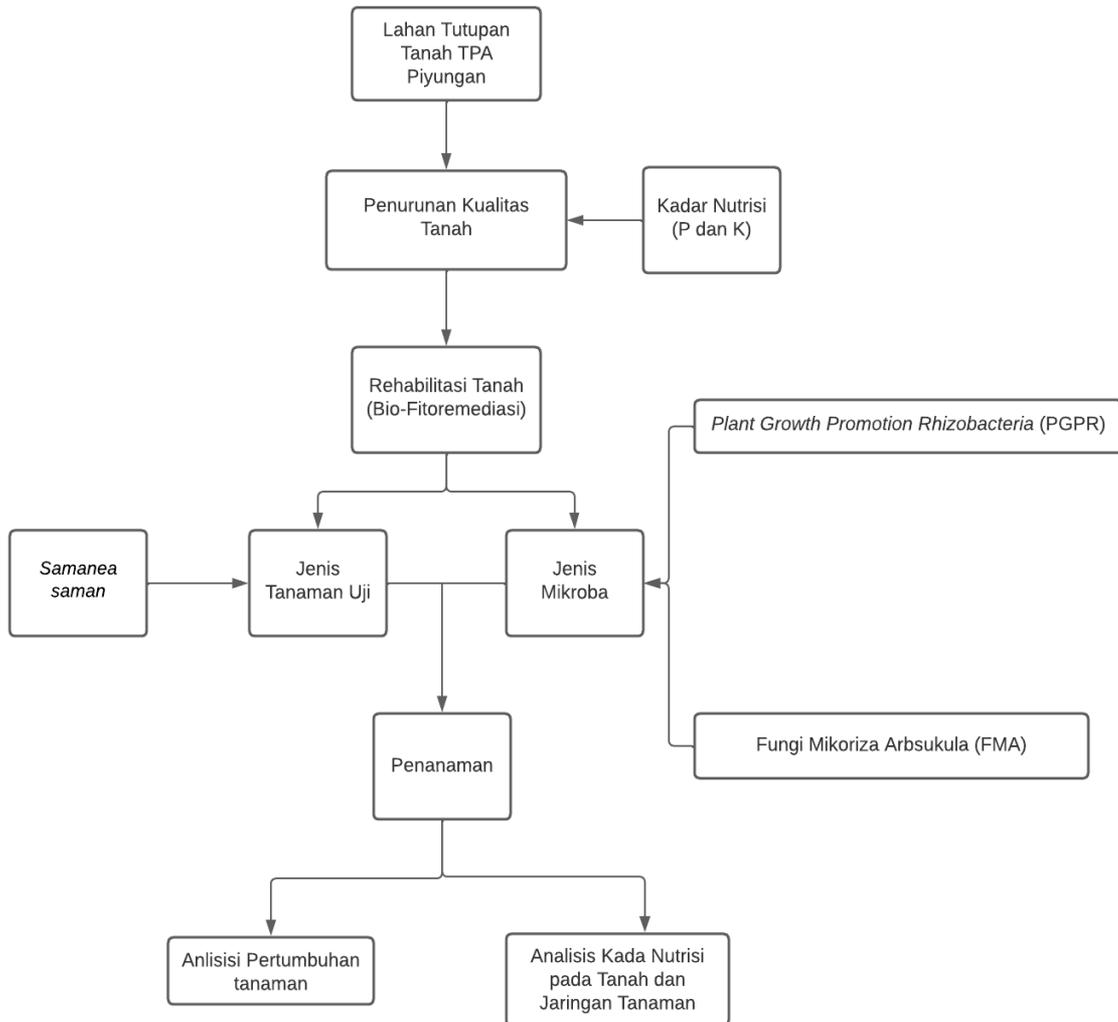
1. Memberikan informasi tentang penerapan pemanfaatan jenis mikroba *Plant Growth Promotion Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) terhadap tanamn *Samanea saman* dari media tanah TPA yang digunakan dalam upaya rehabilitasi tutupan tanah TPA Piyungan.
2. Sebagai referensi mengenai proses revegetasi dalam rehabilitasi tanah TPA yang sudah terkontaminasi dengan melihat potensi penggunaan mikroba PGPR dan AMF terhadap tanaman *Samanea saman*.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

1. Penelitian, pengamatan, dan pelaksanaan dilakukan dalam lingkup rumah kaca.
2. Pengujian kadar nutrisi (P dan K) dari tanah TPA Piyungan.
3. Pengujian kadar nutrisi (P dan K) pada tanah dan jaringan tanaman setelah pengaplikasian mikroba.

## 1.6 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir pada penelitian ini dibuat dalam bentuk *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 1.1



**Gambar 1. 1** Diagram Alir Kerangka Berpikir Penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah TPA Piyungan**

Secara keseluruhan, tanah di TPA Piyungan adalah tanah pasir lempung dengan kandungan lempung sekitar 17%. Partikel lempung turut memainkan peranan penting dalam struktur tanah dengan membentuk lapisan penghalang yang mempengaruhi ciri-ciri keteknikan tanah. (Muyassar & Budianta, 2021). Kandungan mineral lempung pada tanah lokasi penelitian umumnya didominasi oleh mineral ilit, dengan kehadiran mineral montmorilonit dalam proporsi minor. Mineral montmorilonit memiliki pengaruh yang signifikan dalam menghambat pergerakan pencemar di dalam tanah karena kapasitas tukar kationnya yang besar dan luas permukaan spesifik yang dimilikinya. (Mohr, et al., 2021).

Batuan penyusun di daerah TPA Piyungan dan sekitarnya tersusun dari yang tua ke yang muda, terdiri dari batupasir-batulempung tufan, breksi andesit, breksi batuapung, dan endapan aluvial (Muyassar & Budianta, 2021). Secara keseluruhan, tanah di kawasan kajian adalah tanah pasir lempungan dengan kandungan 17%. Kandungan fraksi berbutir halus (lanau-lempung) dalam tanah secara umum akan memberi pengaruh terhadap nilai permeabilitas (Bell, 2013). Nilai pH tanah di TPA Piyungan berada dalam rentang 5.0-6.0. Penurunan nilai pH dapat memengaruhi kelarutan zat pencemar dalam tanah (Srisena & Budianta, 2021).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan menerapkan sistem landfill terkendali dalam pengelolaan sampah, yang merupakan pengembangan dari sistem pembuangan terbuka. (Ariyani, et al., 2019). Sampah yang dibuang ke (TPA) akan mengalami proses pembusukan, oksidasi, dekomposisi, dan menghasilkan air lindi (P, 2001). Hasil dari proses pengelolaan sampah di TPA piyungan, memiliki nilai kandungan organik pada sampel tanah berkisar antara 6.0-7.0% atau bernilai sedang (Muyassar, 2021). Kandungan bahan organik kurang dari 10% menandakan bahwa sampah tersebut telah mengalami proses stabilisasi dan dapat diklasifikasikan sebagai sampah yang telah tua. Sampah yang sudah tua mengandung senyawa karbon organik yang larut dalam air serta unsur hara yang mendukung pertumbuhan tanaman. (Li, et al., 2011)

#### **2.2 Kehadiran Unsur Hara Makro (N, P, dan K) dalam Tanah**

Dalam semua jenis unsur hara tanah, N, P, K adalah tiga pupuk penting. Defisiensi nitrat, fosfat, dan kalium mempengaruhi jenis dan jumlah metabolit yang dihasilkan

tanaman yang berdampak langsung pada kualitas nutrisi tanaman, sifat pengolahannya, dan ketahanan terhadap penyakit (Li, et al., 2011). Rasio N, P, dan K di sebagian besar tanah tidak merata, yang tidak hanya mengakibatkan penurunan kualitas sayuran tetapi juga salinasi sekunder. Secara khusus, ketersediaan unsur hara tanah diharapkan memainkan peranan penting respons kompensasi karena tingkat nutrisi menentukan produksi biomassa dan pola pertumbuhan tunas serta kualitas dedaunan (Kohyani, et al., 2009).

Nitrogen adalah unsur hara makro yang diperlukan oleh hampir semua jenis tanaman. Unsur ini diserap dalam bentuk ion nitrat karena muatannya yang negatif, sehingga selalu ada dalam larutan dan mudah diserap oleh akar. Ion nitrat lebih mudah tercuci oleh aliran air sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Sementara itu, ion ammonium yang bermuatan positif akan terikat oleh koloid tanah, tidak mudah hilang melalui proses pencucian, dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman setelah melalui proses pertukaran kation. (Siswanto, 2018). Sumber nitrogen terbesar berasal dari atmosfer, dan dapat masuk ke tanah melalui air hujan atau udara yang diikat oleh bakteri pengikat nitrogen (Ranjan, et al., 2008).

Fosfor yang tersedia adalah P larut yang dapat larut dalam larutan tanah dan diserap oleh tanaman. Sebagian besar fosfor dalam tanah berada dalam bentuk tidak larut (disebut sebagai P tidak tersedia), dan akan tetap tidak tersedia selama berada dalam bentuk tidak larut. Terdapat dua macam ketersediaan fosfor, yaitu bentuk organik dan bentuk anorganik. Fosfor tidak tersedia dalam bentuk organik berada dalam senyawa organik (termasuk yang terdapat dalam humus) dan akan menjadi tersedia setelah mengalami mineralisasi. Selama proses mineralisasi, ion ortosfat dilepaskan ke dalam larutan tanah dan kemudian dimanfaatkan oleh tanaman atau organisme tanah, atau membentuk ikatan dengan senyawa lain. (Handayanto, et al., 2017).

Kalium (K) dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang hampir sama dengan nitrogen (N). Kalium sangat penting untuk proses pembentukan dan transfer karbohidrat dalam tanaman, serta berperan dalam fotosintesis dan sintesis protein. Tanaman menyerap kalium dalam bentuk kation ( $K^+$ ), yang terikat pada koloid tanah (seperti lempung dan bahan organik) bersama dengan ion positif lain yang dapat ditukar. Rambut akar menyerap kation kalium dari larutan tanah, atau langsung dari koloid tanah (Handayanto, et al., 2017).

Dari ketiga unsur hara makro yang diserap tanaman (N, P, dan K), kalium lah yang jumlahnya paling melimpah (Siswanto, 2018). Tanah mengandung 400-640 kg kalium 93

m<sup>2</sup> (pada kedalaman 15,24 cm). Sekitar 90-98 % berbentuk mineral primer yang tidak dapat terserap oleh tanaman, sekitar 1-10% terjebak dalam koloid tanah karena kalium bermuat positif, sisanya hanya 2% terdapat dalam larutan tanah dan tersedia bagi tanaman (Ispandi A, 2000).

### **2.3 *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF)**

*Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) dapat membentuk simbiosis dengan 97% famili tanaman, termasuk tanaman pangan, hortikultura, kehutanan, perkebunan, dan tanaman pakan. AMF termasuk ke dalam ordo *Glomales* (*Zygomycotona*) dan terdiri dari dua subordo, yaitu *Glomineae* dan *Gigasporineae*. Subordo *Glomineae* terbagi menjadi dua famili, yaitu *Glomaceae* dan *Acaulosporaceae*, sementara *Gigasporineae* mempunyai dua genus, yaitu *Gigaspora* dan *Scutellospora*. Perbedaan antara kedua genus tersebut terletak pada pembentukan spora pada AMF. (Musfal, 2010).

Lingkungan hidup AMF sangat luas dan sering dijumpai pada tanah dengan kadar mineral tinggi di berbagai jenis lahan. AMF mampu bertahan dalam berbagai kondisi mulai dari tanah dengan drainase baik hingga tergenang seperti lahan sawah. Selama lingkungan tersebut cocok untuk pertumbuhan tanaman, maka kemungkinan besar kondisinya juga sesuai untuk perkembangan spora AMF. Selain itu, AMF juga kerap digunakan sebagai dasar dalam upaya bioremediasi lahan kritis (Musfal, 2010).

### **2.4 *Peran Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF)**

Mikoriza yang bersimbiosis dengan akar tanaman memiliki peran penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Misalnya, dalam hubungannya dengan tanaman kedelai, asosiasi tersebut mampu memberikan manfaat yang signifikan bagi pertumbuhan tanaman. (Misbahulzanah, et al., 2014).

*Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) memiliki jaringan hifa eksternal yang mampu menginfeksi akar tanaman dengan memperluas bidang serapan akar terhadap air dan unsur hara. Ukuran hifa yang sangat halus pada bulu-bulu akar memungkinkan hifa untuk menyerap air di kondisi tanah dengan kadar air yang sangat rendah. Penyerapan air yang lebih besar dari tanaman bermikoriza juga akan membawa unsur hara sehingga penyerapan hara oleh tanaman meningkat. (Musfal, 2010). Melalui proses enzimatik, unsur hara yang terikat erat dalam ikatan dengan senyawa kimia seperti aluminium (Al) dan besi (Fe), dapat diuraikan dan dipecahkan ke dalam bentuk yang dapat tersedia bagi inang (Santoso, et al., 2006). Penyerapan P yang tinggi oleh tanaman yang terinfeksi AMF disebabkan

oleh hifa AMF yang mengeluarkan enzim fosfatase, sehingga P yang terikat di dalam tanah akan larut dan tersedia bagi tanaman (Musfal, 2010).

## **2.5 *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)***

Rhizobakteri adalah bakteri rizosfer yang sangat aktif dan mampu mengkoloni akar tanaman, sekitar 2 hingga 5% rhizobakteri, ketika reintroduksi dengan inokulasi tanaman ke dalam tanah yang mengandung mikroflora kompetitif, akan merangsang pertumbuhan tanaman secara menguntungkan, dan dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR adalah bakteri hidup bebas yang dapat menyebabkan infeksi tanpa gejala, atau yang dikenal sebagai bakteri endofitik. Untuk dapat menginvasi akar, Rhizobakteri pertama-tama harus menguasai rizosfer. (Siddiqui, 2006).

Beberapa bakteri kelompok PGPR adalah bakteri seperti genus *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*. *Rhizobium* (root nodule forming bacteria) adalah bakteri yang bersimbiosis dengan membentuk bintil akar pada tanaman *Leguminosae*, sedangkan *Azospirillum* dan *Azotobacter* ialah bakteri non simbiotik yang mempunyai kemampuan menambat nitrogen bebas dari udara sehingga unsur N tersedia bagi tanaman, serta sebagai pemantap agregat tanah. Selain bakteri penambat N, beberapa bakteri kelompok PGPR adalah bakteri pelarut fosfat seperti *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Bacterium* dan *Mycobacterium*. Bakteri tersebut juga berperan dalam mentransfer energi, menyusun protein, koenzim, asam nukleat, dan senyawa metabolik lain yang dapat meningkatkan aktivitas penyerapan fosfor pada tumbuhan yang kekurangan unsur P (Widawati & Saefudin, 2015)

## **2.6 *Peran Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)***

Aktivitas PGPR pada pertumbuhan tanaman terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung PGPR didasarkan atas kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan mengubah konsentrasi berbagai fitohormon pemacu tumbuh (Tuhuteru, et al., 2016). Mekanisme yang terjadi dalam merangsang pertumbuhan tanaman melibatkan produksi fitohormon untuk meningkatkan pertumbuhan, fiksasi nitrogen pada tanaman kacang-kacangan, serta peningkatan ketersediaan nutrisi seperti fosfor, belerang, besi, dan tembaga. Proses kolonisasi akar juga berperan penting. Sementara itu, manfaat rhizobakteri dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman secara tidak langsung mencakup pengurangan infeksi penyakit melalui senyawa antibiosis, induksi resistensi sistemik, kompetisi nutrisi, dan ruang. Hal ini terjadi melalui produksi siderofor, antibiotik, sianida,

ammonia, enzim litik, kompetisi, induksi resistensi sistemik, serta peningkatan bakteri nodulasi (Sasmita, 2015).

Peran rizobakteri sebagai pelarut fosfat akan lebih optimal dengan dukungan kondisi lingkungan dan hubungan asosiasi antara bakteri dengan tanaman sekitarnya. Melalui asosiasi yang baik ini, akar tanaman dapat melepaskan bahan organik dan anorganik berupa eksudat penting ke dalam rizosfer. Begitu pula dengan hubungan yang terbentuk antara isolat-isolat uji dengan tanaman, hal ini dapat memacu pertumbuhan tanaman padi secara lebih efektif (Salamiah & R, 2015).

## 2.7 Tanaman Uji *Samanea Saman* (Trembesi)

*Samanea saman* (Trembesi) atau dikenal juga sebagai pohon hujan merupakan jenis tumbuhan yang berasal dari Amerika Selatan bagian utara, dan sekarang dinaturalisasikan di seluruh daerah tropis. Pohon tersebut memiliki ciri khas tajuknya yang berbentuk payung. Saat tumbuh di tempat terbuka, tingginya bisa mencapai 15-25 m dengan diameter tajuk lebih besar dari tinggi pohon. Variabilitas spesies pohon hujan sangat seragam dalam penampilan di seluruh distribusinya dan menunjukkan sedikit variabilitas lokal (Anon., 2006).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman *Samanea saman* dapat tumbuh cukup cepat dengan laju pertumbuhan tipikal 0,75-1,5 m/tahun. Saat pembibitan saat berumur 3-5 bulan biasanya memiliki tinggi 20-30 cm saat siap untuk ditanam. Pertumbuhan awal lambat tetapi keberlangsungan hidup baik. Dua bulan setelah tanam, bibit mulai terlihat kuat dan tumbuh dengan cepat (Anon., 2006).

Adapun preferensi lingkungan dan toleransi tanaman *samanea saman* sebagai berikut (Anon., 2006) :

- Tanaman *Samanea saman* yang berasal dari bagian Amerika tropis yang memiliki iklim kering musiman yang jelas sangat mudah beradaptasi dan terbukti mampu tumbuh subur di banyak iklim tropis dan subtropis. Saat ini tanaman tersebut berhasil tumbuh di berbagai iklim, termasuk iklim yang selalu basah (khatulistiwa) dan kering musiman yang memiliki curah hujan 600-3000 mm dan pada ketinggian mulai dari 300 mdpl hingga 1450 mdpl.
- *Samanea saman* tidak memperdulikan tekstur, dapat mentolerir berbagai tanah ringan, sedang, dan berat.
- Tanaman *Samanea saman* tumbuh pada pH agak asam hingga netral (6,0-7,4), tetapi dari beberapa literatur mengatakan bahwa ia mentolerir pH setinggi 8,5 dan serendah

4,7 (seperti tanah yang telah ditambang untuk bauksit dengan residu yang sangat asam)

- Memiliki kemampuan memperbaiki nitrogen melalui asosiasi dengan strain bakteri rhizobia. Dalam sistem penggembalaan, *samanea saman* meningkatkan pertumbuhan rerumputan di bawah dan dekat kanopi tanaman melalui pengayaan nitrogen tanah.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya memiliki nilai sebagai rujukan dan perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah daftar penelitian sebelumnya :

**Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu**

No	Penulis	Tema Penelitian	Hasil
1,	Bashri et al, 2014 (Bashri, et al., 2014)	Pertumbuhan Bibit Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) dengan Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula Pada Media Bekas Tempat Pembuangan Akhir (TPA)	Media tanah TPA dan TPA kompos menyebabkan penurunan daya tumbuh bibit trembesi. Aplikasi CMA membantu daya tumbuh bibit trembesi
2.	Rupaedah et al, 2014 (Rupaedah, et al., 2014)	Peranan Rizobakter dan Fungi Mikoriza Arbuskular Dalam meningkatkan Efisiensi Penyerapan Hara Sorgum Manis ( <i>Sorghum Bicolor L. Moench</i> )	Inokulasi rizobakteri, FMA dan pupuk kimia meningkatkan bobot biomassa, kandungan gula, serapan P dan K oleh tanaman sorgum manis
3.	Tuhuteru et al, 2016 (Tuhuteru, et al., 2016)	<i>Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and Yield of Shallot in Sandy Coastal Land</i>	PGPR memiliki kemampuan langsung dalam menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan

			mengubah konsentrasi berbagai fitohormon pemacu tumbuh
	Li et al., 2011 (Li, et al., 2011)	<i>Analyzing Nutrient Distribution in Different Particle-Size Municipal Aged Refuse</i>	Kandungan bahan organik kurang dari 10% menunjukkan bahan sampah tersebut telah distabilkan dan dapat didefinisikan sebagai sampah yang sudah tua. Sampah yang sudah tua mengandung senyawa karbon organik terlarut dan komposisi unsur hara untuk pertumbuhan tanaman.
4.	Widawati & Saefudian, 2015 (Widawati & Saefudin, 2015)	Isolasi dan Uji Efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria di Lahan Marginal Pada Pertumbuhan Kedelai ( <i>Glycine ma L. Merr.</i> ) var.	Bakteri PGPR memiliki peran dalam mentransfer energi, menyusun protein, koenzim, asam nukleat, dan senyawa metabolik lain yang dapat meningkatkan aktivitas penyerapan fosfor pada tumbuhan yang kekurangan unsur fosfor.
5.	Handayanto et al., 2017 (Handayanto, et al., 2017)	Pengelolaan Kesuburan Tanah	Kalium diserap oleh tanaman dalam bentuk kation K <sup>+</sup> , yang dijerap oleh koloid tanah (liat dan bahan organik) bersama dengan kation

			lainnya yang dapat ditukar. Rambut akar menyerap kation K dari larutan tanah, atau langsung dari koloid tanah
6.	Siswanto, 2018 (Siswanto , 2018)	Sebaran unsur hara N, P, K dan pH dalam tanah	Dari ketiga unsur hara makro yang diserap tanaman (N, P, dan K), kalium lah yang jumlahnya paling melimpah

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

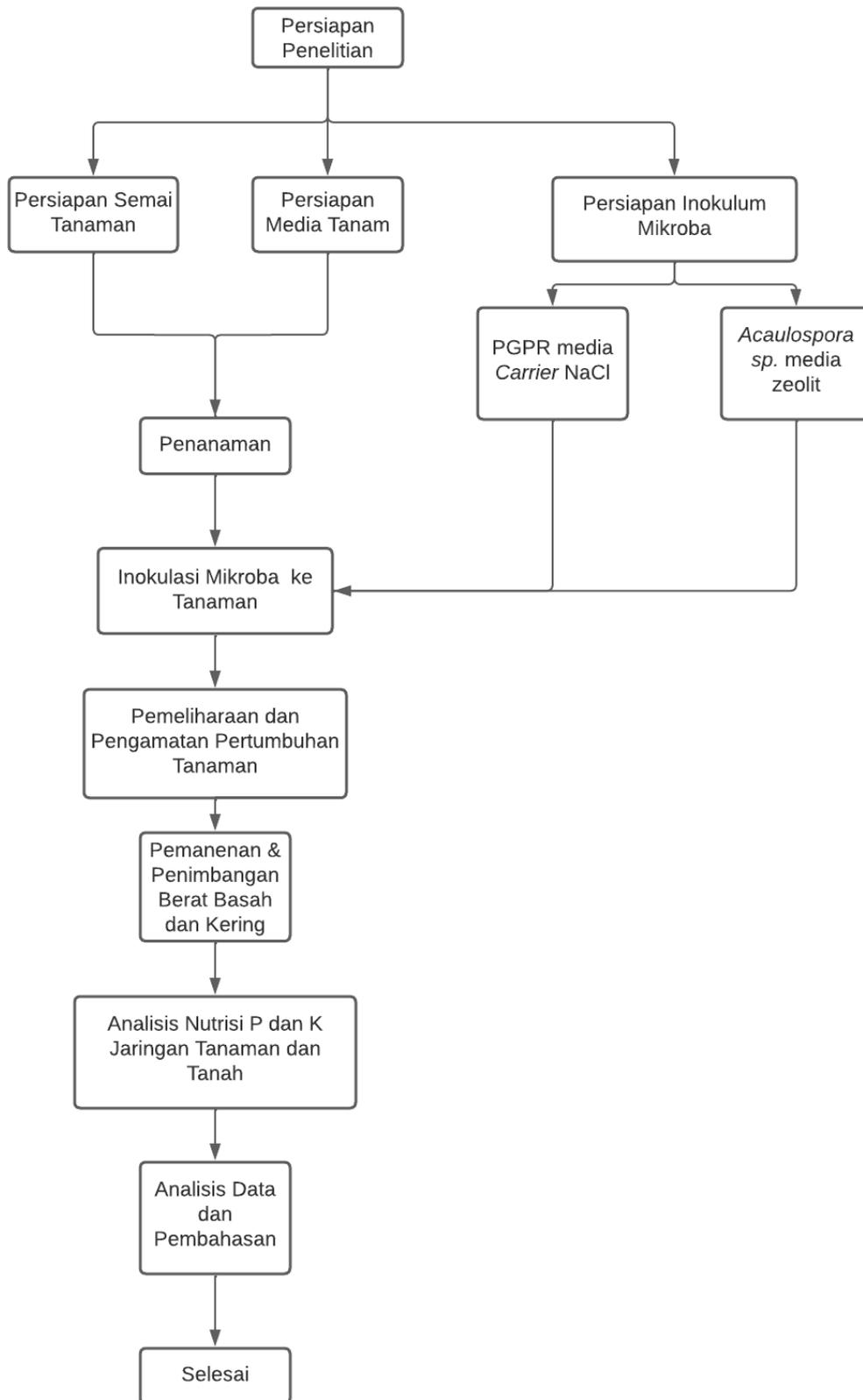
#### **3.1 Waktu dan Lokasi**

Waktu dan lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Penelitian ini dilakukan dalam skala rumah kaca, dimulai dari tahap persiapan media tanam, penanaman Samanea saman, pengambilan sampel data, hingga pemanenan S. saman di rumah kaca yang terletak di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
- Pengujian sampel akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Kegiatan berlangsung dari bulan Juni 2023 hingga September 2023.
- Media tanam berupa tanah TPA yang diambil dari TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta pada 1 Februari 2023.

### 3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dibuat dalam bentuk *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1



**Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian**

### 3.2.1 Persiapan Semai Tanaman

Semai tanaman yang digunakan berupa tanaman *Samanea saman* melalui penyediaan dalam polybag. Semai tanaman tersebut dilakukan pemeliharaan dengan penyiraman setiap 2 hari sekali. Penyiraman dilakukan di rumah kaca yang berlokasi di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Sleman, Yogyakarta.



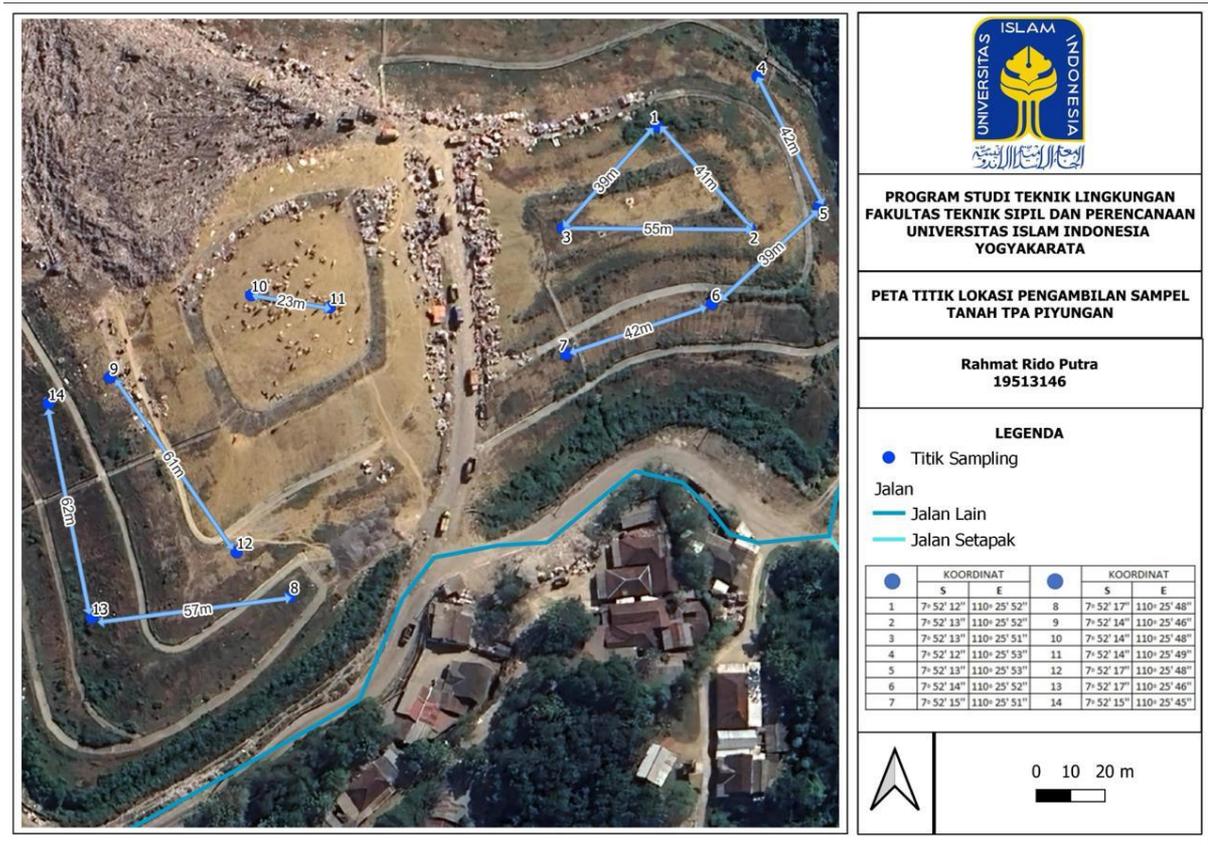
**Gambar 3. 2** Peta Lokasi *Greenhouse*

### 3.2.2 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan berupa tanah yang berasal dari TPA Piyungan. Tanah yang digunakan berasal dari tutupan tanah TPA dengan kedalaman 10-20 cm menyesuaikan kedalaman timbunan tanah berupa sampah yang sudah terurai oleh tanah. Tanah diambil dengan pengambilan tanah komposit untuk mewakili area homogen melalui beberapa titik pengambilan sampel dari daerah tutupan tanah TPA dilakukan di beberapa zona lapisan tutupan tanah yakni, zona atas (*Top*), zona tengah kemiringan (*Middle Slope*), dan zona vegetasi (Rosalina & Maipauw, 2019).

Tanah yang sudah diambil dilakukan proses sterilisasi basah dengan suhu 80-85 °C selama 8 jam yang merupakan suhu dan waktu yang memiliki efisiensi tinggi (Wijaugi,

2022). kemudian penyimpanan menggunakan karung yang dilapisi dengan kain tertutup dan pengawetan sampel disimpan kurang dari 6 bulan agar tidak mempengaruhi nilai sifat yang berbeda dan penghomogenan dengan cara komposit tanah.



**Gambar 3. 3 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah TPA Piyungan**

### 3.2.3 Persiapan Inokulum PGPR dan AMF

Persiapan inokulum PGPR yang merupakan konsorsium mikroba terseleksi dari jenis *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB) dan *Enterobacter sp.* yang berasal dari *degraded mining area* (Wijaugi, 2022). Inokulum PGPR tersebut dilakukan dengan proses rekultur dari mikroba induk ke media yang baru. Rekultur mikroba dilakukan di *laminar airflow* dengan media berupa NA (*Nutrient Agar*) yang sudah disterilkan. Kemudian dari mikroba induk diambil dan dimasukkan ke media NA dalam cawan petri. Mikroba induk yang telah dipindah ke media NA dibungkus menggunakan kertas sampul dan diinkubasi selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengambilan mikroba terseleksi dari media NA dan dimasukkan ke dalam larutan media NB (*Nutrient Broth*) kemudian dihomogenkan menggunakan *shaker* dan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 130 rpm selama 24 jam.

Persiapan inokulum jenis spora AMF berupa *Acaulospora sp.* yang berasal dari *degraded mining area* dikembangkan dengan membuat semai tanaman sorgum dan media tanam zeolit. Pemilihan tanaman sorgum karena sorgum merupakan *universal host* dari mikoriza yang memiliki tingkat infeksi kolonisasi mikoriza yang tinggi, serta media zeolit baik bagi pertumbuhan spora AMF (Dharmaputri, et al., 2016). Tanaman sorgum disemai menggunakan media tanam zeolit setelah 2 minggu ditambahkan inokulum *Acaulospora sp.* Kemudian semai tanaman yang telah diinokulasi disiram 2 hari sekali, setelah 2 bulan sorgum dipanen dan media zeolite disimpan dalam plastik tertutup agar tidak terkontaminasi.

#### **3.2.4 Persiapan Media Carrier NaCl dan Inokulasi Mikroba ke Carrier NaCl**

Media *Carrier* yang digunakan adalah NaCl melalui persiapan dengan menggunakan NaCl 0,9 % sebanyak 7 liter. Kemudian larutan NaCl dipindahkan ke dalam botol dengan masing-masing sebanyak 1 liter. Inokulum mikroba yang sudah disiapkan kemudian diinokulasi ke *carrier* NaCl dan ditutup dengan kertas sampul. Proses inokulasi mikroba ke media *carrier* NaCl diinkubasi selama 30 hari. Larutan NaCl merupakan media *carrier* terbaik untuk menjaga ketahanan hidup isolat mikroba (Lestari, 2014)

#### **3.2.5 Penanaman**

Penanaman dilakukan melalui proses pemindahan semai tanaman dan media tanam ke dalam polybag baru dengan perbandingan 1:3 dari tanah semai tanaman dan tanah TPA yang sudah dilakukan sterilisasi dan komposit. Proses penanaman dilakukan untuk sebanyak 24 tanaman *Samanea saman* dalam polybag. Media tanam untuk tiap polybag kurang lebih 750 gr tanah TPA.

#### **3.2.6 Inokulasi PGPR dan AMF pada Media Tanaman *Samanea saman***

Inokulasi PGPR dari media *carrier* NaCl ke media tanam dilakukan dengan menginjeksi 10 ml ke media tanam yang sudah dilubangi 4-5 cm dan ditutup kembali. Jumlah populasi dari koloni PGPR yang dimiliki sebanyak  $7.10^4$  CFU/ml dengan pengenceran  $10^3$ . Sedangkan inokulasi spora AMF berupa *Acaulospora sp.* diinokulasi dengan cara memindahkan 20 gram media zeolit ke media tanam *S. saman*. Inokulasi konsorsium PGPR dan spora AMF berupa *Acaulospora* juga dilakukan dengan takaran yang sama dari masing-masing inokulum PGPR dan AMF,

serta adanya tanaman kontrol (tanpa mikroba) sebagai pembanding antar setiap perlakuan.

Jumlah persiapan tanaman *Samanea saman* untuk diinokulasi dan tidak diinokulasi setiap perlakuan terdiri dari :

- 1) Kontrol (tanpa mikroba) : 24 tanaman
- 2) *Acaulospora sp.* + PGPR` : 24 tanaman
- 3) *Acaulospora sp.* : 24 tanaman
- 4) PGPR : 24 tanaman

### **3.2.7 Pemeliharaan**

Pemeliharaan dilakukan dengan proses penyiraman sebanyak 2 hari sekali untuk tanaman kontrol (tanpa mikroba), *Acaulospora* + PGPR, *Acaulospora sp.*, dan PGPR.

### **3.2.8 Pemanenan dan Pengamatan**

Pemanenan dapat dilakukan setelah 3 bulan penanaman dengan pemisahan jaringan batang, jaringan akar, dan tanah. Kemudian pengamatan dilakukan terhadap biomassa tanaman melalui berat basah dan berat kering tanaman . Pengukuran berat basah dilakukan setelah proses panen pada jaringan akar dan batang menggunakan timbangan analitik. Setelah selesai proses pengukuran berat basah, sampel jaringan batang dan akar dimasukkan ke dalam amplop yang kemudian diberi label berisi nama atau kode identitas tanaman. Sampel tanah tanaman dimasukkan ke dalam plastik klip dan diberi kode sesuai dengan perlakuan tanaman. Selanjutnya, pengukuran berat kering dilakukan dengan cara memasukkan amplop yang berisi jaringan tanaman ke dalam oven dengan suhu 70 °C selama 48 jam untuk mengeringkannya. Setelah kering, dilakukan penimbangan ulang dengan menggunakan timbangan analitik berketelitian 0,001 gram untuk mengetahui berat kering pada sampel jaringan tanaman (Wijaugi, 2022).

### **3.2.9 Analisis Nutrisi Sampel Tanah dn Jaringan Tanaman**

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kadar nutrisi P dan K pada sampel tanah dan jaringan tanaman. Pada analisa P dan K mengacu pada Petunjuk Teknis Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian Tahun 2005. Analisis pada sampel tanah untuk P diuji menggunakan metode Bray I, dan untuk K menggunakan metode pengabuan basah dengan campuran HNO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub>. Sedangkan untuk sampel P dan K pada jaringan tanaman diuji menggunakan metode pengabuan basah dengan HNO<sub>3</sub> dan

HClO<sub>4</sub>. Hasil pengujian diukur menggunakan SSA untuk parameter P, dan Spektrofotometer untuk parameter K.

Penetapan P menggunakan metode Bray I digunakan saat fosfat dalam suasana asam diikat sebagai senyawa Fe, Al-fosfat yang sukar larut. NH<sub>4</sub>F yang terkandung dalam pengekstrak Bray akan membentuk senyawa rangkai dengan Fe & Al dan membebaskan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Sedangkan penetapan metode pengabuan basah dengan HNO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub> digunakan untuk menentukan unsur hara makro dan mikro total dalam tanaman maupun tanah yang diekstrak dengan cara pengabuan basah dari campuran asam pekat HNO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub>.

### 3.2.10 Analisis Data Statistik

Penelitian ini untuk memiliki empat perlakuan uji yakni Kontrol, *Acaulospora sp.* + PGPR, *Acaulospora sp.*, PGPR. Parameter yang diamati terdiri dari biomassa tanaman untuk setiap perlakuan, serta nutrisi P dan K untuk setiap perlakuan. Data biomassa tanaman berupa berat basah dan berat kering pada jaringan tanaman diulang sebanyak 5 kali untuk setiap perlakuan uji. Sedangkan data nutrisi P dan K pada sampel tanah dan jaringan tanaman diulang sebanyak 2 kali untuk setiap perlakuan uji. Data setiap perlakuan uji yang diperoleh dari biomassa tanaman dan nutrisi (P dan K) disajikan dalam bentuk grafik dengan pendekatan *standar error* untuk mengetahui persebaran data dari banyaknya data yang digunakan pada setiap perlakuan uji.

Hasil dari data biomassa tanaman dan nutrisi (P dan K) dilakukan analisis data statistik menggunakan uji korelasi untuk mengetahui hubungan biomassa terhadap nutrisi P dan K pada jaringan tanaman. Uji korelasi digunakan untuk seberapa kuat hubungan untuk dua variabel yang diamati (Indra, et al., 2022). Seberapa kuat hubungan antar dua variabel tersebut sebagai berikut.

**Tabel 3. 1 Interpretasi koefisien korelasi**

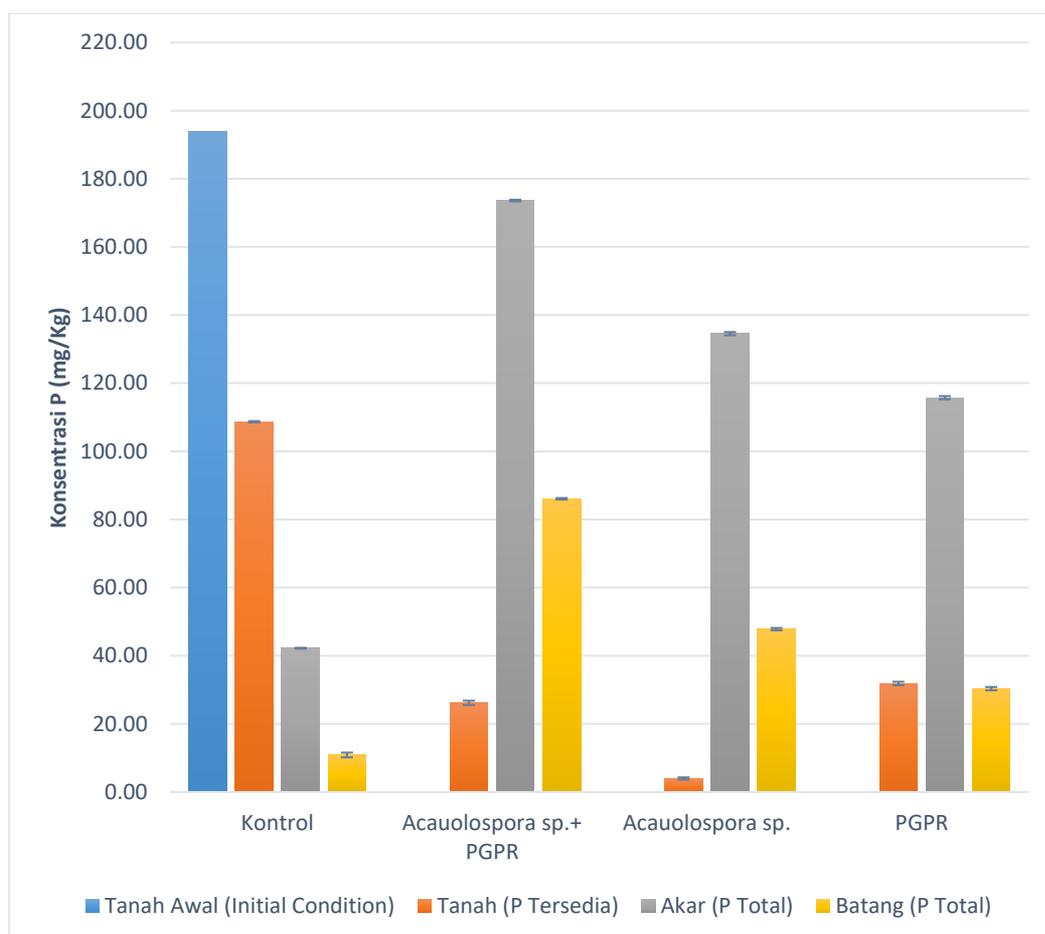
Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,80 – 1,000	Sangat Kuat
0,60 – 0,799	Kuat
0,40 – 0,599	Cukup Kuat
0,20 – 0,399	Rendah
0,00 – 0,199	Sangat Rendah

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Analisa Nutrisi

#### 4.1.1 Hasil Analisa Fosfat (P) Tersedia Tanah dan P Total Jaringan Tanaman Uji

Berikut ini merupakan grafik hasil uji konsentrasi P pada sampel tanah dan tanaman uji *Samanea saman* :



**Gambar 4. 1 Hasil Uji P Pada Tanah dan Jaringan Tanaman *Samanea saman*,  
n = 3**

Sampel tanah awal yang merupakan sampel yang belum dijadikan media tanam tanaman memiliki konsentrasi P sebesar 108.68 mg/kg. Pada tanah tanaman yang tidak diberikan perlakuan (kontrol) dan tanah tanaman yang diberikan perlakuan, serapan P tersedia pada tanah tanaman Kontrol ; 108,68 mg/kg, PGPR ; 31,86 mg/kg, *Acaulospora sp.* ; 3,97 mg/kg, *Acaulospora sp.* + PGPR ; 26,19 mg/kg. Kemudian pada

jaringan akar serapan P total pada tanaman Kontrol ; 42,21 mg/kg, perlakuan PGPR ; 115,75 mg/kg, *Acaulospora sp.* ; 134,54 mg/kg, *Acaulospora sp.* + PGPR ; 173,62 mg/kg. Sedangkan pada jaringan batang serapan P total tanaman Kontrol ; 10,88 mg/kg, PGPR ; 30,34 mg/kg, *Acaulospora sp.* ; 47,82 mg/kg, *Acaulospora sp.* + PGPR ; 86,07 mg/kg.

Berdasarkan hasil data pengujian, PGPR memiliki kandungan P tersedia dalam tanah masih lebih tinggi diantara perlakuan lain, namun dalam penyerapan P total pada jaringan akar dan batang tetap berada diatas tanaman kontrol. Hal ini disebabkan karena kemampun PGPR yang mampu meningkatkan kandungan P yang tidak larut menjadi tersedia bagi tanaman (Kenedi, et al., 2010), sehingga dalam penyerapan P pada jaringan tanaman lebih meningkat jika dibandingkan dengan tanaman Kontrol. Kemudian untuk perlakuan *Acaulospora sp.*, memiliki kandungan P tersedia dalam tanah lebih rendah jika dibandingkan dengan Kontrol dan perlakuan lain, namun dalam penyerapan P pada jaringan akar lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol dan PGPR, yang disebabkan kemampuan *Acaulospora sp.* dalam memperluas jaringan akar untuk menyerap P (Tinker, 1975). Sedangkan *Acaulospora* + PGPR memiliki hasil yang paling baik karena penyerapan P pada jaringan akar dan batang lebih tinggi dibandingkan kontrol dan perlakuan lain. *Acaulospora sp.* + PGPR merupakan kombinasi antara mikroorganismen *Acaulospora sp.* dan PGPR yang memiliki kemampuan dalam memperluas jaringan akar dalam penyerapan P dan meningkatkan kandungan P tersedia dalam tanah.

Aktivitas PGPR memberi keuntungan bagi pertumbuhan tanaman secara langsung dengan kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan unsur hara P dalam tanah serta mensintesis dan mengubah konsentrasi berbagai fitohormon pemacu tumbuh (Tuhuteru, et al., 2016). Kategori PGPR yang digunakan merupakan jenis bakteri Penambat N hidup bebas dan bakteri pelarut P. Salah satu bakteri yang termasuk dalam kategori PGPR adalah bakteri pelarut P yang mampu melarutkan ion P yang terikat pada kation tanah berupa AL, Fe, Ca, dan Mg serta mengubahnya menjadi bentuk tersedia yang dapat diserap tanaman (Kenedi, et al., 2010). Bakteri pelarut P mampu mengeluarkan enzim fosfatase yang bertugas dalam menghidrolisis P organik menjadi P anorganik dan juga dapat menghasilkan zat pengatur tumbuh (Purwaningsih, 2003).

*Acaulospora sp.* termasuk dalam kelompok fungi Mikoriza Arbuskular yang memiliki struktur hifanya menjalar ke dalam tanah. Hifa meluas ke dalam tanah jauh

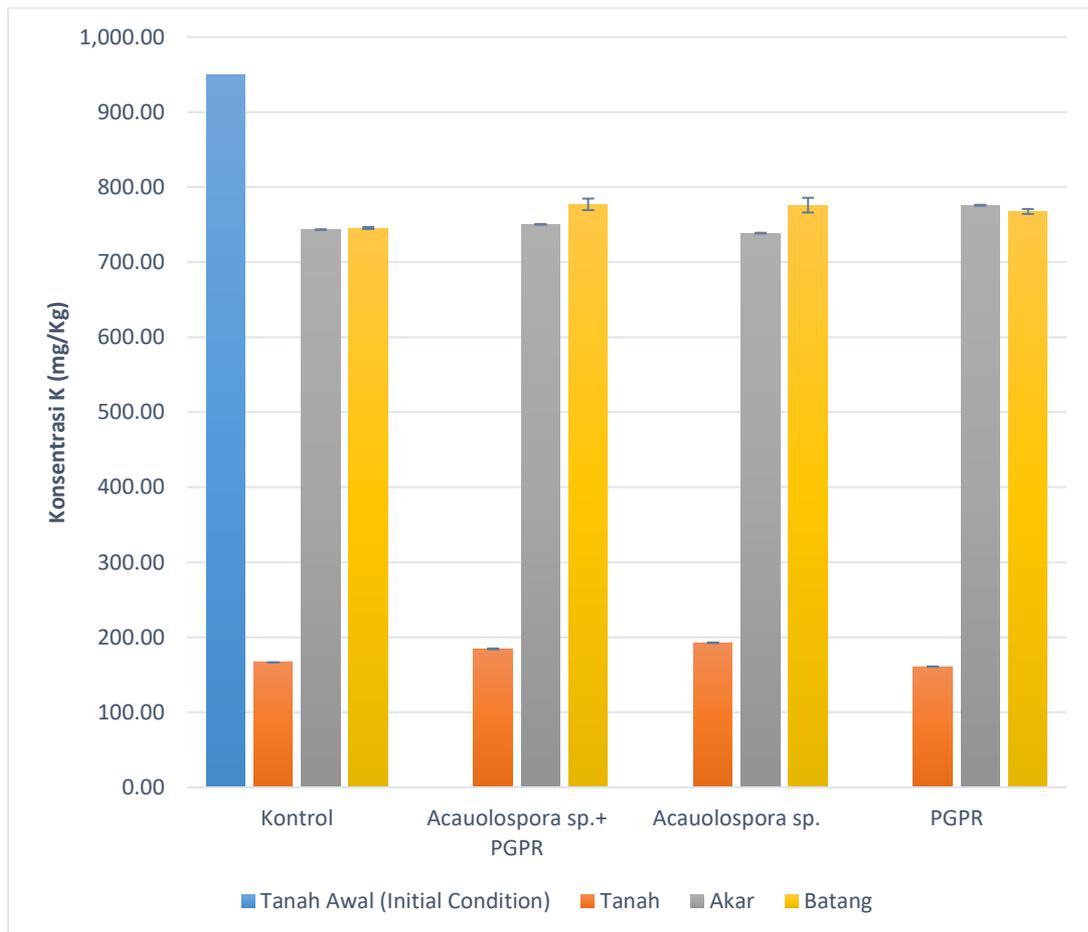
melampaui jangkauan rambut akar. Ketika P di sekitar rambut akar sudah terkuras, maka hifa membantu menyerap P di lokasi yang sulit dijangkau oleh rambut akar (Tinker, 1975). Penyerapan P pada permukaan akar terjadi lebih cepat dibandingkan transfer fosfat ke permukaan akar, sehingga menciptakan zona terkurasnya fosfat terjadi di sekitar akar. Hifa yang berkembang dari permukaan akar membantu tanaman untuk menyerap fosfat dari daerah yang tidak dapat dicapai oleh akar yang tidak bermikoriza (Smith & Gianinazzi-Pearson, 1988).

Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap penggunaan PGPR dan *Acaulospora* yang termasuk dalam jenis jamur mikoriza melalui bobot biomassa tanaman sorgum manis dengan meningkatnya kandungan P pada jaringan tanaman (Rupaedah, et al., 2014).

Fosfor merupakan komponen dari beberapa senyawa seperti minyak dan asam amino. Senyawa P adenosin difosfat (ADP) dan adenosin trifosfat (ATP) berfungsi sebagai pembawa energi pada tanaman. Fosfor terlibat dalam pembelahan sel, pembentukan albumin, pembentuk bunga, buah, dan biji (Roy, et al., 2006). Selain itu, fosfor mendorong dalam pematangan buah, memperkuat batang, untuk perkembangan akar, meningkatkan kualitas tanaman, metabolisme karbohidrat, membentuk nukleoprotein (sebagai komponen RNA dan DNA) dan menyimpan serta memindahkan energi seperti ATP. Unsur fosfor juga berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap penyakit (Hardjowigeno, 1987).

#### 4.1.2 Hasil Analisa Kalium pada Tanah dan Jaringan Tanaman Uji

Berikut grafik yang menunjukkan hasil uji konsentrasi kalium pada sampel tanah dan jaringan tanaman *Samanea saman*.



**Gambar 4. 2 Hasil Uji K total pada Tanah dan Jaringan Tanaman *Samanea saman*, n = 3**

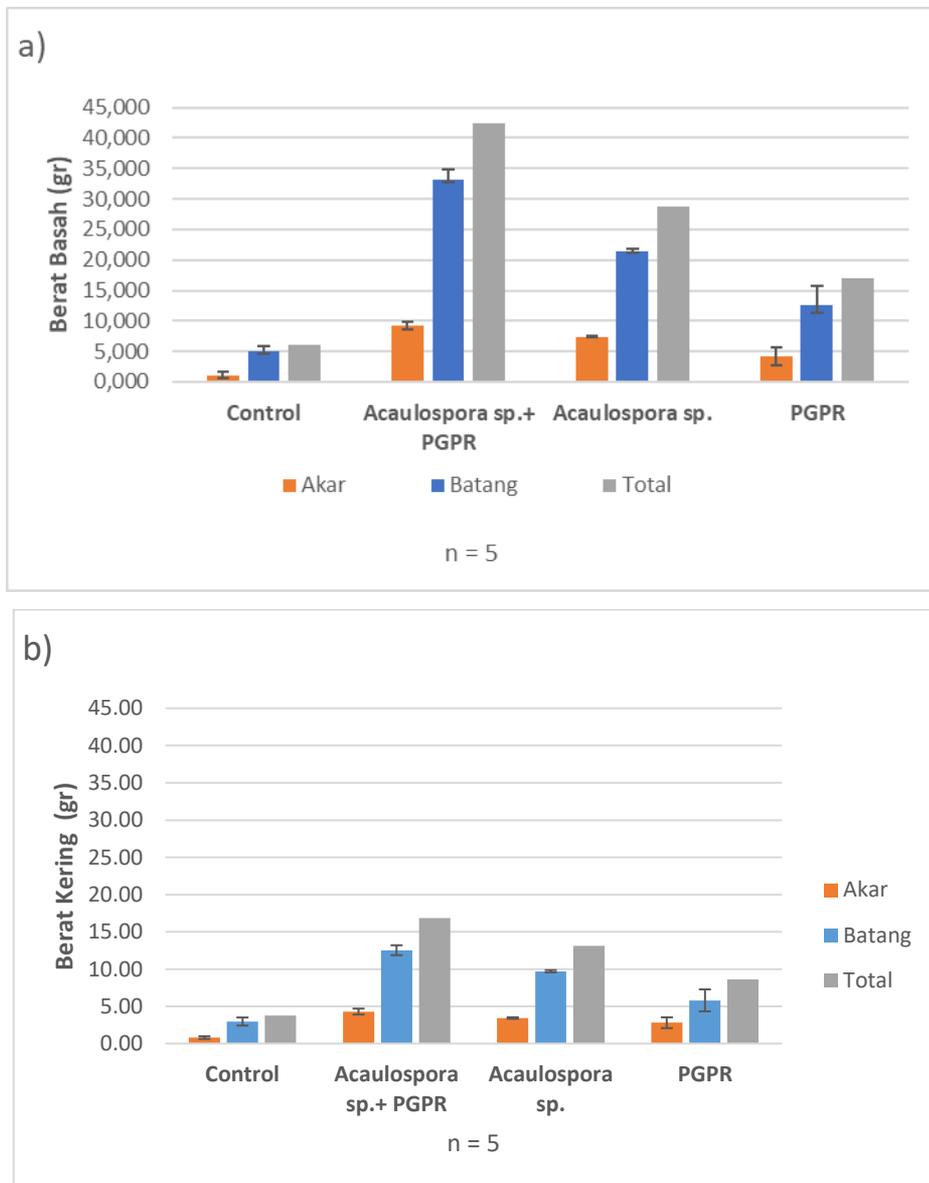
Berdasarkan hasil pengujian K untuk tanah dan jaringan tanaman (akar dan batang) oleh berbagai perlakuan uji, tidak mengalami perubahan hasil yang cukup dari perbandingan dengan tanaman kontrol (tanpa mikroba) yang dapat dilihat pada grafik Gambar 4.2. Sehingga hasil uji K dari berbagai perlakuan tidak memiliki pengaruh secara nyata karena perbandingan pada semua perlakuan memiliki nilai yang tidak terlalu jauh. Namun penyerapan kalium oleh tanaman sendiri dapat terjadi karena penyerapan kalium termasuk tinggi dibandingkan dengan unsur-unsur lainnya (Melsasail, et al., 2018).

Menurut (Rupaedah, et al., 2014) adanya pengaruh jenis mikroorganism PGPR dan AMF secara nyata terhadap penyerapan unsur hara P pada jaringan tanaman melalui tanaman sorgum manis, sebaliknya tidak adanya pengaruh secara nyata terhadap penyerapan unsur K pada jaringan tanaman. Unsur P berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman terutama transfer energi dalam bentuk Adenin Trifosfat (ATP) yang dapat melakukan berbagai proses metabolisme untuk mendukung pertumbuhannya. Sedangkan unsur K bukan merupakan unsur penyusun dalam pertumbuhan jaringan tanaman, tetapi berperan dalam proses metabolik dalam sel, pembentukan pati, mengaktifkan enzim dan mempengaruhi penyerapan unsur-unsur lain dalam sel (Hardjowigeno, 1987)

Kalium adalah nutrisi mineral paling banyak kedua dalam tanaman setelah N (Hardjowigeno, 1987). Di dalam tanaman unsur hara K dan P ada saling ketergantungan. Unsur K berfungsi sebagai media transportasi yang membawa hara-hara dari akar termasuk hara fosfor ke daun dan mentranslokasikan asimilat dari daun ke seluruh jaringan tanaman. Kekurangan hara K dalam tanaman dapat menghambat proses transportasi dalam tanaman (Taufiq, 2002).

#### **4.2 Potensi Aplikasi Mikroorganisme, *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), dan *Acaulospora sp.*, serta Konsorium PGPR dan *Acaulospora sp.* Terhadap Biomassa Tanaman *Samanea Saman***

Salah satu pendekatan untuk mengetahui penambahan biomassa pada tanaman melalui berat basah dan berat kering tanaman. Berat basah merupakan berat tanaman saat masih hidup dan ditimbang langsung setelah panen sebelum tanaman menjadi layu, sedangkan berat kering tanaman merupakan banyaknya penimbunan karbohidrat, protein, vitamin dan bahan organik lain (Lakitan,1993). Berikut ini grafik yang menunjukkan perbandingan hasil pengukuran berat basah dan berat kering pada jaringan batang dan jaringan akar tanaman *Samanea saman*.



**Gambar 4. 3 Berat Basah (a) dan Berat Kering (b) Jaringan Tanaman *Samanea saman* (n=5)**

Pada Gambar 4.3 hasil pengukuran menunjukkan bahwa berat basah (a) terbesar tanaman terlihat pada tanaman perlakuan *Acaulospora sp.*+ PGPR dengan berat batang yakni 33,18 gr dan berat akar 9,270 gr. Sedangkan berat basah terkecil ditunjukkan pada tanaman kontrol (tanpa mikroba) dengan berat jaringan batang 5,01 gr dan berat akar 1,132 gr. Selanjutnya hasil yang ditunjukkan pada pengukuran berat kering tanaman terbesar terdapat pada tanaman perlakuan *Acaulospora sp.*+ PGPR dengan berat batang sebesar 12,53 gram dan berat akar 4,30 gram. Berat terkecil terdapat pada tanaman kontrol (tanpa perlakuan) dengan berat batang sebesar 2,97 gram dan berat akar sebesar 0,81 gram.

Setiap perlakuan terhadap tanaman memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan biomassa tanaman dari hasil peningkatan berat basah dan berat kering jaringan tanaman yang dapat dilihat dari perbandingan dengan tanaman kontrol (Gambar 4.3). Pada grafik Gambar 4.3 menunjukkan pertumbuhan biomassa tanaman dari berat basah maupun berat kering pada jaringan batang yang mengalami peningkatan pada setiap perlakuan seiring dengan bertambahnya jumlah berat pada jaringan akar. Berat basah dipengaruhi oleh kandungan air pada sel-sel tanaman yang kadarnya dipengaruhi oleh lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara, sehingga berat kering tanaman lebih menunjukkan status pertumbuhan tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995).

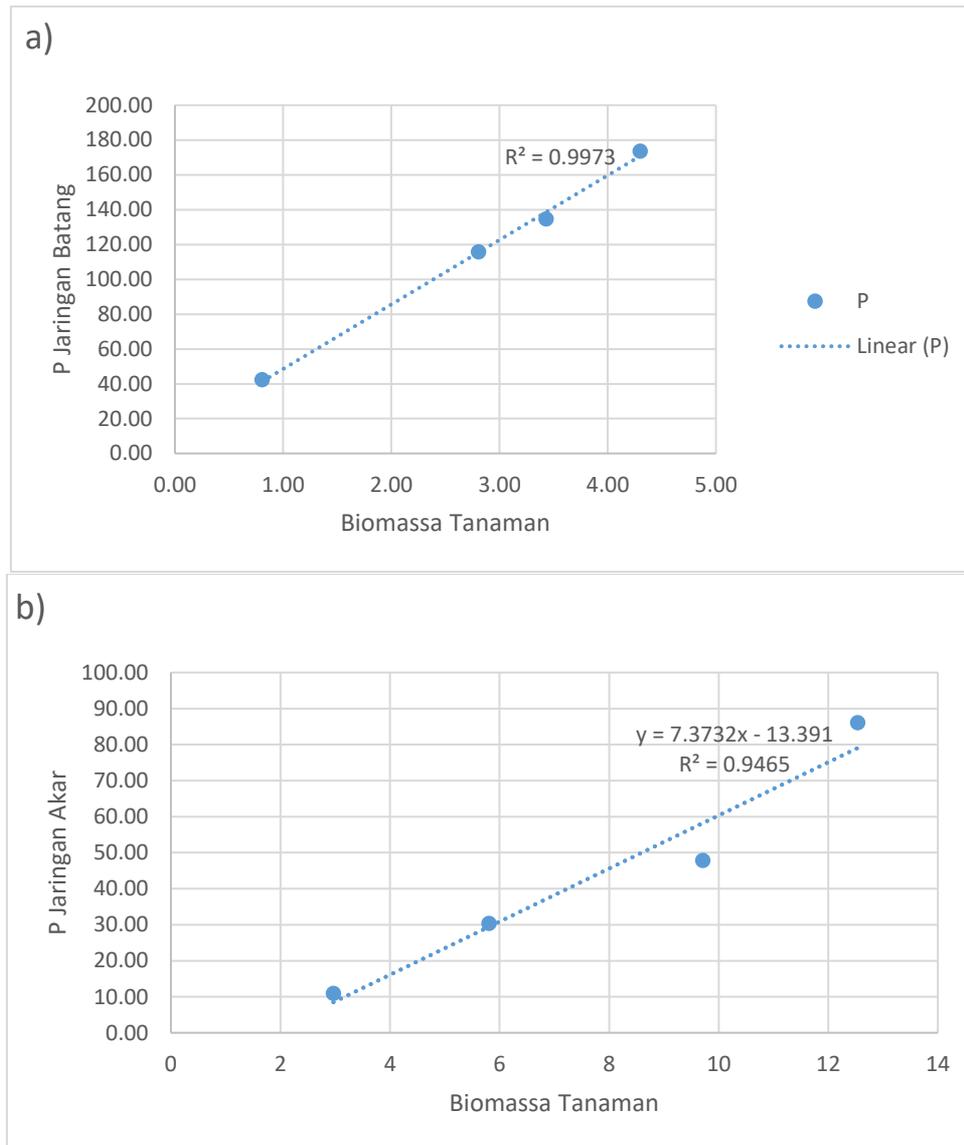
Pengaruh pertumbuhan biomassa tanaman disebabkan oleh adanya perlakuan inokulasi tanaman menggunakan jenis mikroorganisme PGPR dan AMF. Jenis mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan dalam peningkatan unsur hara dalam tanaman (Rupaedah, et al., 2014). Ketersediaan unsur hara berperan penting sebagai sumber energi sehingga tingkat kecukupan hara berperan dalam mempengaruhi biomassa dari suatu tanaman (Harjadi, 1991).

#### **4.3 Hubungan Biomaassa Tanaman dan Serapan Nutrisi P dan K Tanaman *Samanea saman***

Biomassa merupakan massa semua bagian tanaman yang berasal dari proses fotosintesis, unsur hara dan air yang diserap oleh tanaman dan diolah melalui biosintesis. Biomassa merupakan salah satu indikator pertumbuhan tanaman dan biasanya didasarkan pada berat kering tanaman (Harjadi, 1991). Sedangkan berat basah tanaman dapat mengalami perubahan dalam waktu yang relative cepat. Oleh karena itu, biomassa dapat dinyatakan dalam berat kering, karenan 90% bahan kering tanaman adalah hasil fotosintesis dan hal tersebut dapat menggambarkan pertumbuhan dari tanaman (Fisher & Goldworthy, 1992).

Ketersediaan unsur hara merupakan faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Tampinongkol, et al., 2021). Pertumbuhan merupakan salah satu aspek dari perkembangan tanaman disamping diferensiasi, baik pada tingkat seluler, jaringan, organ atau individu secara keseluruhan. Pada tingkat seluler digambarkan dengan adanya pembelahan dan pembentangan sel, yang diakibatkan oleh adanya sintesis senyawa organik hasil penyerapan hara dan fotosintesis (Wareing & Philips, 1986).

#### 4.2.1 Biomassa Tanaman terhadap Unsur Hara P

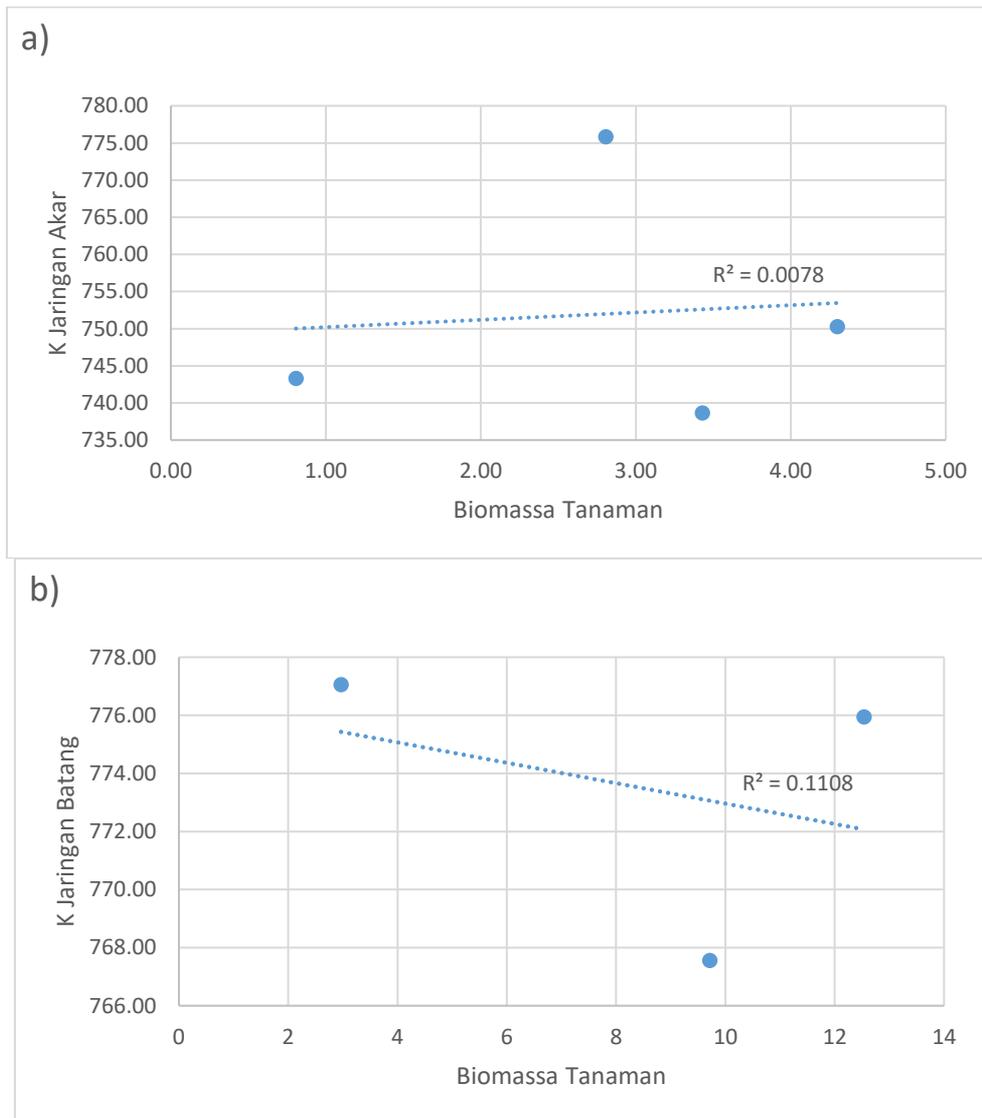


**Gambar 4. 4 Hubungan Biomassa Tanaman Terhadap Unsur Hara P Jaringan Akar (a) dan Jaringan Batang (b)**

Pada Gambar 4.4 terkait hubungan biomassa terhadap unsur hara P pada jaringan akar (a) memiliki nilai  $R^2$ ; 0,9973, dan pada jaringan batang memiliki nilai  $R^2$ ; 0,9465. Hasil hubungan biomassa terhadap unsur hara P pada jaringan akar dan batang memiliki pengaruh sangat kuat karena memiliki nilai  $R^2$  berada di nilai interval 0,8-1,00 yang artinya seiring dengan bertambahnya jumlah biomassa tanaman, unsur hara P pada jaringan tanaman juga bertambah. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan jenis mikroorganisme PGPR dan AMF memiliki pengaruh dalam serapan P pada tanaman

Samane saman dengan kemampuan jenis mikroorganismenya tersebut dalam peningkatan penyerapan unsur hara P yang mempengaruhi peningkatan biomassa tanaman.

#### 4.2.2 Biomassa Tanaman terhadap Unsur Hara K



**Gambar 4.5 Hubungan Biomassa Terhadap Unsur Hara K Pada Jaringan Akar (a) dan Jaringan Batang (b)**

Pada Gambar 4.5 hasil hubungan biomassa terhadap unsur hara K pada jaringan akar (a) memiliki nilai  $R^2$  ; 0,078, dan pada jaringan batang (b) memiliki nilai  $R^2$  ; 0,1108. Hasil hubungan biomassa terhadap unsur hara K pada jaringan tanaman dinyatakan lemah, karena nilai  $R^2$  berada di bawah 0,33. Sehingga dapat dinyatakan bahwa kemampuan mikroorganismenya PGPR dan AMF dalam penyerapan unsur hara K pada

jaringan tanamn Samnea saman tidak memiliki potensi yang cukup kuat. Namun, penyerpan unsur hara K terjadi oleh kemampun tanaman itu sendiri.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari hasil dan pembahasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mikroorganisme PGPR dan AMF memiliki potensi terhadap tanaman *Samanea saman* untuk serapan nutrisi P. PGPR meningkatkan kandungan P tersedia dalam tanah dan AMF meningkatkan serapan P pada jaringan akar. Sedangkan dalam serapan nutrisi K, tidak terjadi peningkatan secara nyata dalam pengaplikasian mikroorganisme PGPR dan AMF terhadap tanaman *S. saman*, namun tingginya serapan nutrisi K terjadi oleh tanaman itu sendiri.
2. Mikroorganisme PGPR dan AMF memiliki pengaruh terhadap biomassa tanaman berdasarkan peningkatan jumlah berat basah dan berat kering tanaman *Samanea saman*. Bertambahnya jumlah biomassa tanaman dipengaruhi oleh serapan nutrisi P pada tanaman. Tidak adanya peningkatan serapan K secara nyata dari PGPR dan AMF menandakan bahwa biomassa tanaman tidak dipengaruhi oleh ketersediaan K. Pengaruh biomassa tanaman terhadap serapan nutrisi P dan K tersebut dibuktikan dari hasil uji korelasi.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk dikembangkan selanjutnya adalah :

1. Perlu dilakukan pengembangan dengan penentuan dosis yang sesuai dengan kondisi tanah TPA dalam pengaplikasian mikroba PGPR dan AMF untuk peningkatan pertumbuhan tanaman dalam rangka upaya keberhasilan proses revegetasi dalam rehabilitasi lahan TPA Piyungan
2. Perlu penambahan jenis mikroorganisme lain yang lebih mampu dalam peningkatan serapan nutrisi K terhadap tanaman *Samanea saman* dalam media tanah TPA.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anon., 2006. Samanea saman (Rain Tree). In: *Speiel Profules fo Pacific Island Agroforestry*. Holualoa: Permanent Agricultur Resources (PAR), pp. 1-15.
- Ariyani, S. F. et al., 2019. Evaluation of Waste Management in Piyungan Landfill, Bantul Regency, Yogyakarta, Indonesia. *MATEC*, Volume 280, pp. 1-11.
- Bashri, A., Utami, B. & Primandiri, P. R., 2014. *Pertumbuhan Bibit Trembesi (Samane saman) dengan Inokulasi Cendaan Mikoriza Arbuskula Pada Media Bekas Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Klotok Kediri*, Surakarta, Indonesia: Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS.
- Bell, F. G., 2013. Engineering Properties of Soils and Rocks. *Elsevier*.
- Dharmaputri, N. W. P., Wijayya , I. N. & Adiartayasa, W., 2016. Identifikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular pada Rhizosfer Tanaman Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) serta Perbanyakannya dengan Media Zeolit. *Agroekoteknologi Tropika*, 5(2), pp. 171-180.
- Handayanto, E., Muddarisna, N. & Fiqri, A., 2017. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Malang: Universita Brawijaya Press.
- Hardjowigeno, S., 1987. *Ilmu Tanah*. 1st ed. Jakarta: Mediatama Sarana Perkasa.
- Harjadi, 1991. *Pengantar Agronomi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Indra , I., Pratiwi, W. A. A. & Putra, Y. d., 2022. Pengaruh Biaya Promosi Terhadap Penjualan. *Forum Ekonomi : Jurnal Ekonomi, Manajemen, dan Akuntansi*, 24(4), pp. 711-716.
- Keneni, A., Assefa, F. & Prabu, P. C., 2010. Isolation of Phosphate Solubilizing Bacteria From Rhizosphere of Faba Bean of Ethiopia and Their Abilities on Solubilizing Insoluble Phosphates. *Agr. Sci. Tech*, 12(1), pp. 79-89.
- Kohyani, P. T., Bossuyt, D. & Hoffman, M., 2009. Differential herbivory tolerance of dominant and subordinate plant species along gradients of nutrient availability and competition. *Plant Ecol*, Volume 201, pp. 611-619.
- Kuiper, I., Lagendijk, E. L., Bloemberg, G. V. & Lugtenberg, B. J., 2007. Rhizoremediation : A Beneficial Plant-Microbe Interaction. *International Society for Melecular Plant-Microbe Interaction*, 17(1), pp. 6-15.
- Li, G. et al., 2011. Analyzing Nutrient Distribution in Different Particle-Size Municipal Aged Refuse. *Waste Management*, 31(11), pp. 2203-2207.

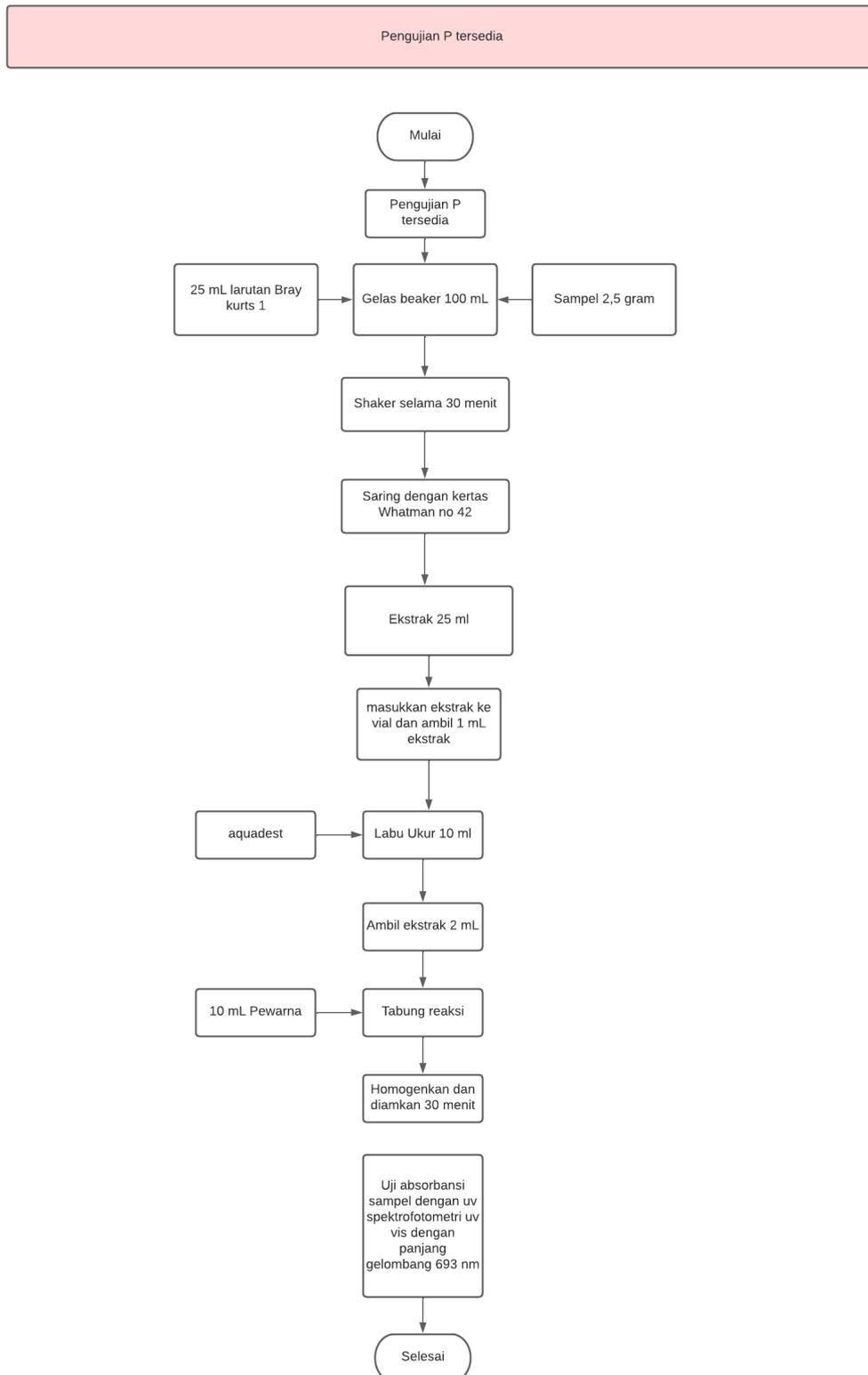
- Lokahita, B. et al., 2018. Landfill Waste Composition From Two Landfill Sites In Indonesia. *Proceedings of the Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management*, pp. 611-512.
- Melsasail, L., Warouw, V. R. & Kamag, Y. E., 2018. Analisis Kandungan Unsur Hara Pada Kotoran Sapi di Daerah Dataran Tinggi dan Daataran Rendah. *ejournal unsrat*, 10(8).
- Misbahulzanah, E. H., Waluyo & Widada, J., 2014. Kajian Sifat Fisiologis Kultivar Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) dan Ketergantungannya Terhadap Mikoriza. *Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*, 3(1), pp. 45-52.
- Mohr, H., Draper, S., White, D. J. & Cheng, L., 2021. The effect of permeability on the erosion threshold of fine-grained sediments. *Coastal Engineering*.
- Musfal, 2010. Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4), pp. 154-158.
- Muyassar, M., 2021. *Pencemematan Tanah oleh Pb, Cu, Zn, dan Cd di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Muyassar, M. & Budianta, W., 2021. Pencemaran Logam Berat pada Tanah di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan, Bantul, Yogyakarta. *KURVATEK*, 6(1), pp. 11-12.
- Naoum, S. G., 2007. *Dissertation Research and Writing for Construction Students*. 2nd ed. Cambridge: Betterworth-Heinemann.
- P, A., 2001. Heavy Metal Contamination of Soil-Derived Interstitial Water in the Coastal Regions of Selangor, Malaysia. *Malaysia Journal of Science*, 20(1), pp. 127-134.
- Purwaningsih, S., 2003. Isolasi, Populasi dan Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah dari Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, Sulawesi Utara. *J. Biologi*, 3(1), pp. 22-31.
- Ranjan, B., Kundu, S., Prakash, V. & Gupta, H. S., 2008. Sustainability Under Combined Application of Mineral and Organic Fertilizers in A Rainfed Soybean-What Systems of the Indian Himalayas. *Europe J. Agronomy*, Volume 28, pp. 33-46.
- Rosalina , F. & Maipauw, N. J., 2019. Sifat Kimia Tanah pada Beberapa Tipe Vegetasi. *Median*, 11(1), pp. 1-9.
- Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J. & Tandong, H. I., 2006. *Plant Nutrition For Food Security : A guide for integrated nutrient management*. Rome: FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin.

- Rupaedah, B. et al., 2014. Peranan Rizobakteri dan Fungi Mikoriza Arbuskular dalam Meningkatkan Efisiensi Penyerapan Unsur Hara Sorgum Manis. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 16(2), pp. 45-52.
- Salamiah & R, W., 2015. Pemanfaatan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Dalam Pengendalian Penyakit Tungro Pada Padi Lokal Kalimantan Selatan.. *Pros Sem Nas Masy Biodive Ind*, 1(6), pp. 1448-1456.
- Santoso, E., Turjaman , M. & R.S.B, I., 2006. Aplikasi Mikoriza Untuk Meningkatkan Kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan Terdegradasi. *Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan*, pp. 71-80.
- Shouliang, H. et al., 2008. Characteristics of dissolved organic matter (DOM) in Leachaate with different Landfill Ages. *Joournal of Environmental Sciences*, 20(4), pp. 492-498.
- Siddiqui, Z. A., 2006. PGPR : Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens. *PGPR : Biocontrol and Biofertilization*, pp. 111-142.
- Siswanto , B., 2018. Sebaran unsur hara N, P, K dan pH dalam tanah. *Buana Sains*, 18(2), pp. 109-124.
- Smith , H. F. & Gianinazzi-Pearson, V., 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Ann. Rev. Plants Physiol. Plant Mol. Biol*, Volume 39, pp. 221-244.
- Srisena , K. E. P. & Budianta , W., 2021. Fitoremediasi Tanah Tercemar Pb dan Zn di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan, Yogyakarta. *Kurvatek*, 6(1), pp. 23-30.
- Tampinongkol, C. L., Tamod , Z. & Sumayku, B., 2021. Ketersediaan Unsur Hara Sebagai Indikator Pertumbuhan Tanaman Mentimun (Cucumis Sativus L.). *Agrisioekonomi*, 17(2), pp. 711-718.
- Taufiq, A., 2002. Status P dan K Lahan kering Tanah Alfisol Pulau Jawa dan Madura serta Optimasi Pemupukannya untuk Tanaman Kacang Tanah. *Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah Himpunan Ilmu Tanah Indonesia*, pp. 16-17.
- Tinker, P. B., 1975. Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas on Higher Plants. *Symp Soc Exp Biol*, Volume 29, pp. 325-49.
- Tuhuteru, S., Sulistyaningsih, E. & Wibowo, A., 2016. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and Yield of Shallot in Sandy Coastal Land. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 1(3), pp. 105-110.

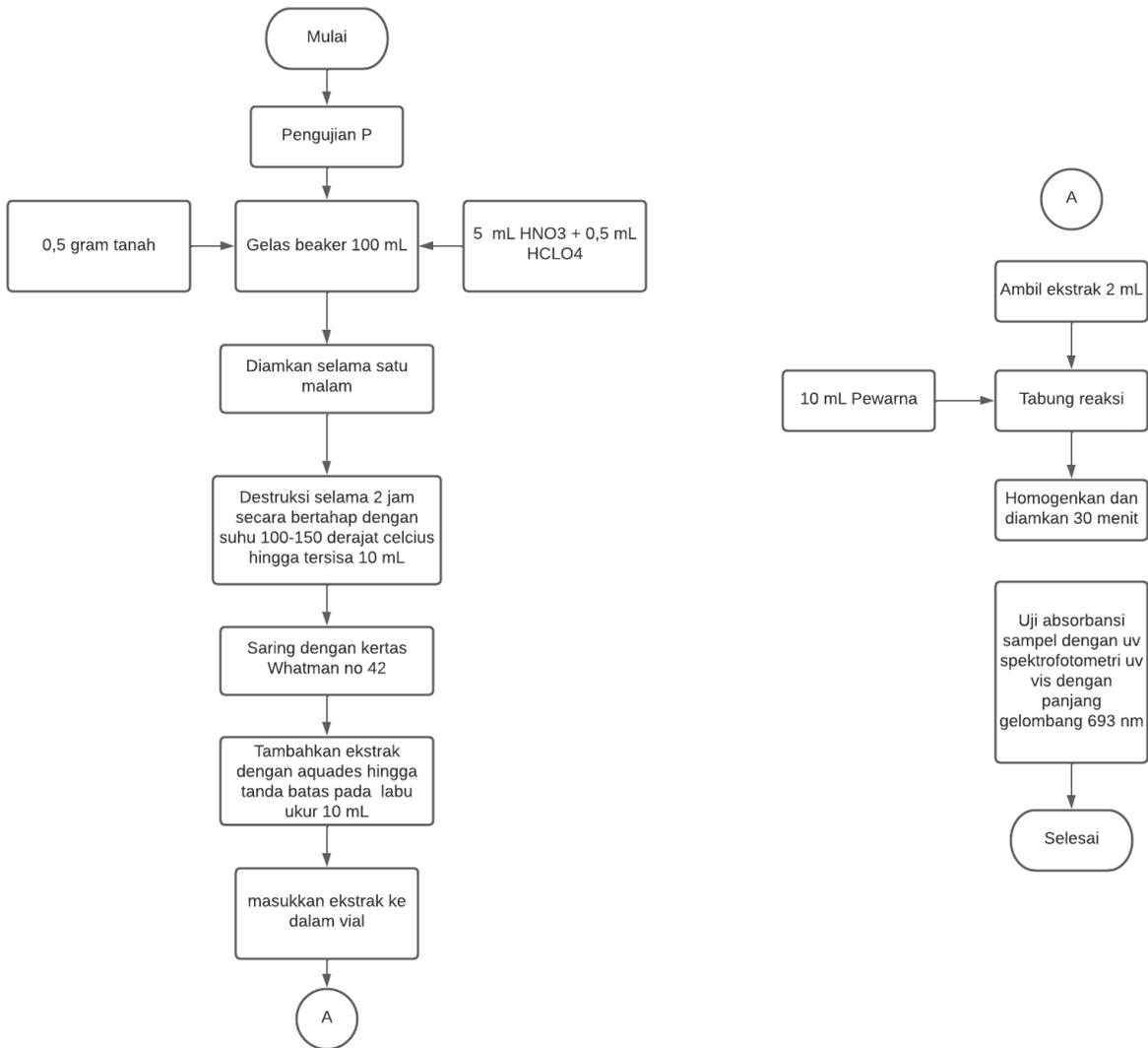
- Widawati, S. S. & Saefudin, 2015. Isolasi dan Uji Efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria di Lahan Marginal Pada Pertumbuhan Kedelai (*Glycine ma L. Merr.*) var.. *Pros Sem. Nas. Masy. Biodiv, Ind.*, 1(1), pp. 59-65.
- Wijaugi, A. S. L., 2022. *Potensi Penggunaan Bahan Pembawa (Carrier) Mikroorganisme dengan NaCl Untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut*, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

# LAMPIRAN

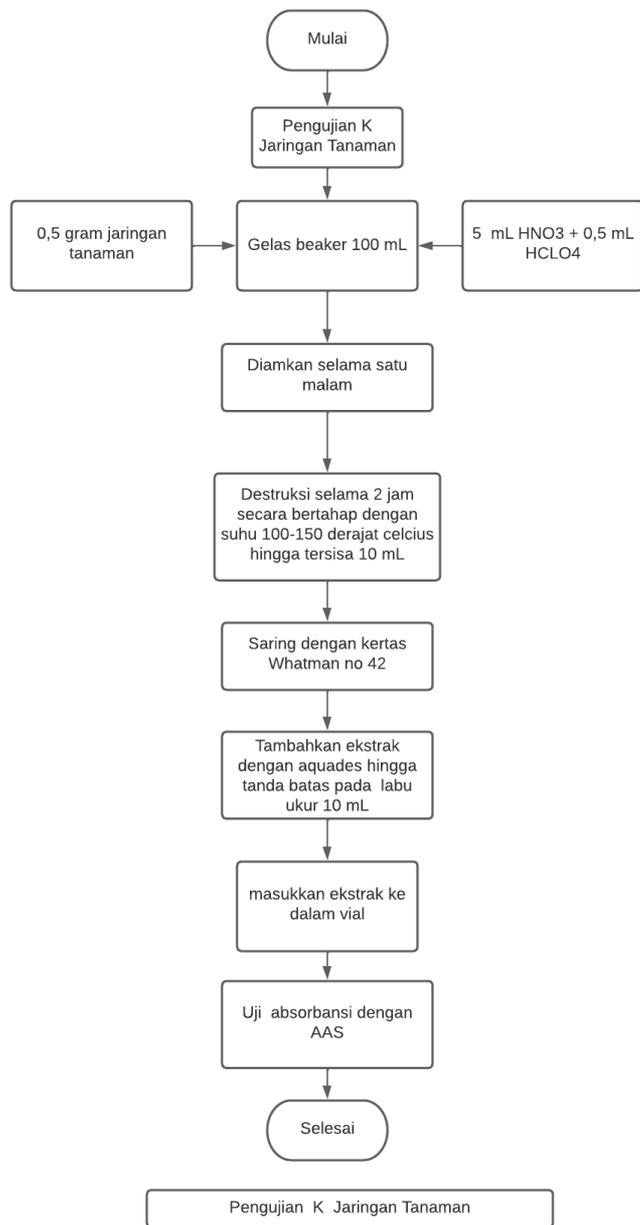
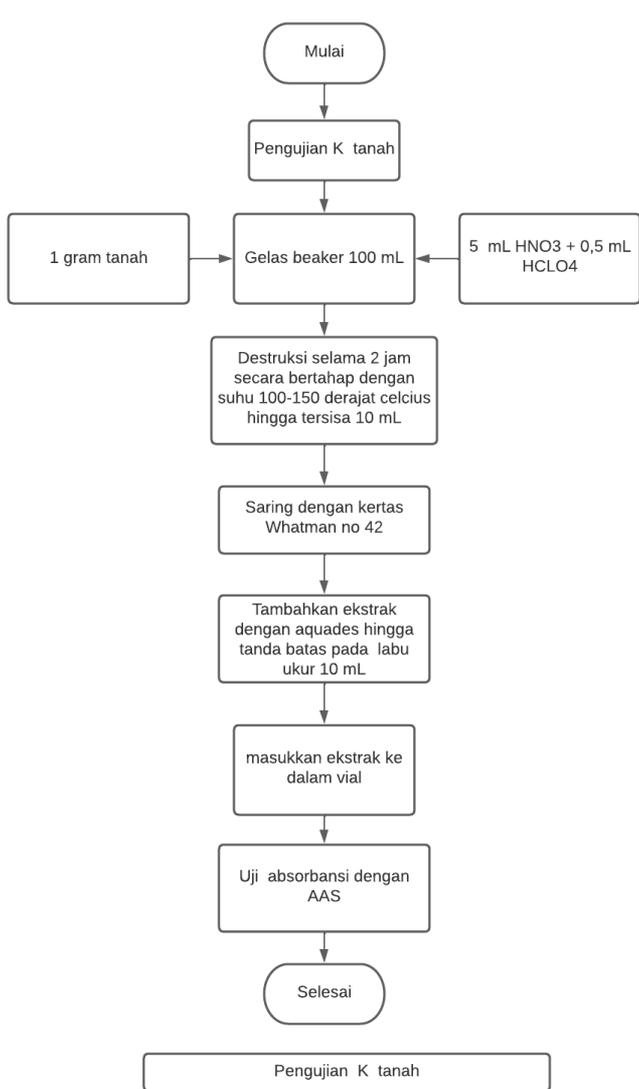
## Lampiran 1 Langkah Uji Sampel



Persiapan Destruksi untuk uji P total



Persiapan Destruksi untuk uji K total



## Lampiran 2 Perhitungan Uji Sampel

### 1. Perhitungan P tersedia (Tanah) :

#### **Kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia (mg/kg)**

$$= \text{ppm kurva (mg/ml)} \times \text{ml ekstrak} \times 1000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times \text{fp} \times 142/190$$

Keterangan :

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko

fp = Faktor pengenceran

142/190 = Faktor koreksi bentuk PO<sub>4</sub> menjadi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Diketahui sampel tanah :

ppm = 0,0026 mg/ml

Larutan ekstrak = 25 ml

Gram tanah = 2,5

fp = 10

#### **Kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia (mg/kg)**

$$= 0,0026 \text{ mg/ml} \times 25 \times (2,5/1000) \times 10 \times 142/190$$

$$= 194,003 \text{ mg/kg (tanah awal)}$$

### 2. Perhitungan P total (Jaringan Tanaman) :

Diketahui sampel tanah :

ppm = 0,0002 mg/ml

Larutan ekstrak = 5,5 ml

Gram jaringan tanaman = 0,5

fp = 5

#### **Kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia (mg/kg)**

$$= 0,0002 \text{ mg/ml} \times 5,5 \times (0,5/1000) \times 5 \times 142/190$$

$$= 9,398 \text{ mg/kg (tanah awal)}$$

### 3. Perhitungan K Total (Tanah dan Jaringan tanaman) :

**Kadar K (mg/kg)**

**Kadar K (mg/kg)**

$$= \text{ppm kurva (mg/ml)} \times \text{ml ekstrak} \times 1000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times \text{fp} \times 94/78$$

Keterangan :

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko

fp = Faktor pengenceran

94/78 = Faktor koreksi bentuk K menjadi K<sub>2</sub>O

Diketahui sampel tanah :

$$\text{ppm} = 0,006 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Larutan ekstrak} = 5,5 \text{ ml}$$

$$\text{Gram tanah} = 1 \text{ g}$$

$$\text{fp} = 10$$

**Kadar K (mg/kg)**

$$= 0,006 \text{ mg/ml} \times 5,5 \times (1/1000) \times 5 \times 94/78$$

$$= 191,765 \text{ mg/kg (tanah)}$$

Lampiran 3 Foto Perlakuan Uji



Foto Tanaman Perlakuan Uji  
(Kontrol, *Acaulospora sp.*+ PGPR,  
*Acaulospora sp.*, PGPR)



Foto tanaman untuk berat basah  
setiap perlakuan uji  
(Kontrol, *Acaulospora sp.*+ PGPR,  
*Acaulospora sp.*, PGPR)

Lampiran 4 Dokumentasi Kegiatan TA

	<p>Kegiatan pengambilan sampel tanah TPA</p>
	<p>Kegiatan pnegukuran tanaman</p>



Kegiatan laboratorium