

**TUGAS AKHIR**  
**POTENSI APLIKASI MIKROBA PGPR, AMF DAN**  
**TANAMAN SAMANEA SAMAN UNTUK SERAPAN PB DAN**  
**PH PADA TANAH TPA**

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



**THARIY DARA PARINGGA**  
**19513159**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2023**

**TUGAS AKHIR**  
**POTENSI APLIKASI MIKROBA PGPR, AMF DAN**  
**TANAMAN *SAManea SAMAN* UNTUK SERAPAN PB DAN**  
**PH PADA TANAH TPA**

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



**THARIY DARA PARINGGA**  
**19513159**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

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

NIK. 185130401

Tanggal:

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

NIK. 15513050

Tanggal:



Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc (Res.Eng.), Ph.D

NIK: 045130401

Tanggal:

**HALAMAN PENGESAHAN\***

**POTENSI APLIKASI MIKROBA PGPR, AMF DAN  
TANAMAN *SAManea SAMAN* UNTUK SERAPAN PB DAN  
PH PADA TANAH TPA**

**Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji**


Hari : *Jumat*  
Tanggal : *22 Desember 2023*

**Disusun Oleh:**

**THARIY DARA PARINGGA  
19513159**

**Tim Penguji :**

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

(  )

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

(  )

**Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.**

(  )

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 2023

Yang membuat pernyataan,



**Thariy Dara Paringga**

19513159

## 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, AMF Dan Tanaman *Samanea Saman* Untuk Serapan Pb Dan pH Pada Tanah Tpa”**

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

1. Allah subhanahu wa ta'ala, berkat nikmat kesehatan, kekuatan, kebahagiaan, dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Keluarga tercinta, terutama kedua orang tua dan adik penulis yang tiada hentinya memberi dukungan dan doa mulai dari perencanaan dan pelaksanaan penelitian hingga pada penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Dewi Wulandari S.Hut., M.Agr., Ph.D. sebagai dosen pembimbing I atas segala bimbingan dan arahan mulai dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan dan memberi semangat serta dukungan dalam mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
4. Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. sebagi dosen pembimbing II atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini
5. Bapak dan Ibu laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan atas bimbingan dan arahnya selama melakukan penelitian di laboratorium.
6. Bapak Heriyanto yang merupakan bagian akademik Teknik Lingkungan atas segala informasi dan bantuan mengenai tugas akhir.
7. Pemilik NIM 19513105 atas nama Nurul Khaerani yang selalu mendukung bahkan kebersamai penulis dari masa ospek hingga tugas akhir ini selesai.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan 2019 yang selalu memberikan doa dan dukungan untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk meningkatkan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian berikutnya.

Yogyakarta, 22 Desember 2023



*Thariy Dara Paringga*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## ABSTRAK

THARIY DARA PARINGGA. Potensi Aplikasi Mikroba PGPR, AMF Dan Tanaman *Samanea Saman* Untuk Serapan Pb dan Ph Pada Tanah Tpa  
Dibimbing oleh Dewi Wulandari., S.Hut., M.Agr., Ph.D. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Seiring bertambahnya jumlah penduduk dari waktu ke waktu menjadikan peningkatan jumlah sampah yang juga terus meningkat. Hal ini berbanding lurus dengan pencemaran tanah yang juga meningkat. TPA Piyungan yang merupakan tempat observasi pada penelitian ini, menunjukkan adanya konsentrasi logam berbahaya seperti Timbal (Pb) pada lahannya yang dapat mempengaruhi lingkungan disekitarnya. Dalam membantu pemulihan lahan di TPA Piyungan dari logam berbahaya tersebut, teknologi bio-fitoremediasi memiliki potensi untuk diaplikasikan. Penelitian ini menggunakan metode bio-fitoremediasi dengan melibatkan penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) dan tanaman *Samanea saman* sebagai pemulihan dari pencemaran tanah di TPA Piyungan dengan skala rumah kaca. Hasilnya, pengaplikasian mikroba *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam upaya meningkatkan produktivitas lahan berpengaruh secara optimal untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman *Samanea saman* melalui tinggi tanaman dan diameter batang. Selain itu, pengaplikasian *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) berdampak baik untuk mengurangi konsentrasi Timbal (Pb) hingga 56%, membantu meningkatkan pH menjadi 6,490.

**Kata kunci:** *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF), *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Samanea saman*



## ABSTRACT

THARIY DARA PARINGGA. *Potential Application of PGPR Microbes, AMF and Samanea Saman Plants for Pb Absorption and Ph in Landfill Soil.*

*Supervised by Dewi Wulandari., S.Hut., M.Agr., Ph.D. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.*

*As the population increases over time, the amount of waste continues to increase. This is directly proportional to land pollution which is also increasing. The Piyungan landfill, which is the observation site for this research, shows that there are concentrations of dangerous metals such as lead (Pb) on the land which can affect the surrounding environment. In helping to restore land at the Piyungan landfill from these dangerous metals, bio-phytoremediation technology has the potential to be applied. This research uses a bio-phytoremediation method involving the use of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Samanea saman plants as recovery from soil pollution in the Piyungan landfill at a greenhouse scale. As a result, the application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) microbes in an effort to increase land productivity has an optimal effect on increasing the growth of Samanea saman plants through plant height and stem diameter. In addition, the application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) had a good impact on reducing the concentration of Lead (Pb) by up to 56%, helping to increase the pH to 6.490.*

**Keywords:** *Arbuskular Mikoriza Fungi (AMF), Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Samanea saman*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	18
1.1 Latar Belakang.....	18
1.2 Perumusan Masalah.....	19
1.3 Tujuan Penelitian.....	20
1.4 Manfaat Penelitian.....	20
1.5 Ruang Lingkup.....	20
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	22
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).....	22
2.2 Logam Berat.....	22
2.3 Penerapan Mikroba dan Tumbuhan (Bio-Fitoremediasi).....	24
2.4 Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ).....	26
2.5 Mikroorganisme.....	28
2.6 Penelitian Terdahulu.....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	33
3.2 Pengamatan dan Pengambilan Data Primer.....	34
3.3 Tahapan Penelitian.....	34
3.4 Persiapan Semai Tanaman.....	35
3.5 Persiapan Media Tanam.....	36
3.6 Persiapan Inokulum Mikroba.....	36
3.7 Penanaman dan Inokulasi PGPR dan AMF.....	36
3.8 Pemeliharaan dan Pengamatan.....	38
3.9 Pemanenan.....	38

3.10 Analisis pH dan Logam Berat pada Tanah, Jaringan Akar dan Batang ....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN. ....	40
4.1 Hasil Analisa Parameter Pertumbuhan Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ).....	40
4.1.1 Pengaruh Mikroorganisme <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR) dan <i>Arbuscular Mikoriza Fungi</i> (AMF) Pada tinggi tanaman <i>Samanea saman</i> .....	40
4.1.2 Pengaruh Mikroorganisme <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR) dan <i>Arbuscular Mikoriza Fungi</i> (AMF) pada Diameter Batang <i>Samanea saman</i> .....	42
4.2 Hasil dan Analisa Pengujian pH Tanah.....	44
4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Logam Berat (Pb).....	45
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	48
5.1 Simpulan.....	48
5.2 Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	50
LAMPIRAN.....	54
RIWAYAT HIDUP.....	62

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Penelitian Terdahulu.....	30
<b>Tabel 3. 1</b> Populasi bakteri PGPR .....	37

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Kerangka berpikir	21
<b>Gambar 2. 1</b> Mekanisme serapan logam berat oleh tanaman melalui teknologi fitoremediasi.....	26
<b>Gambar 2. 2</b> Tanaman Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ).....	28
<b>Gambar 3. 1</b> Peta titik lokasi <i>greenhouse</i> .....	33
<b>Gambar 3. 2</b> Peta titik lokasi pengambilan sampel TPA Piyungan, Bantul .....	34
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram Alir Penelitian .....	35
<b>Gambar 3. 4</b> Penanaman Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) .....	37
<b>Gambar 3. 5</b> Perlakuan Tanaman Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) (n=24).....	38
<b>Gambar 4. 1</b> Nilai Tinggi Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) dengan dan tanpa inokulasi .....	40
<b>Gambar 4. 2</b> Perbandingan Pertumbuhan Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) dengan dan tanpa inokulasi selama 3 bulan di <i>greenhouse</i> .....	42
<b>Gambar 4. 3</b> Nilai diameter Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) dengan dan tanpa inokulasi (n=24) .....	43
<b>Gambar 4. 4</b> Nilai pH Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) dengan dan tanpa inokulasi (n=3) .....	44
<b>Gambar 4. 5</b> Hasil Uji Konsentrasi logam Pb pada tanah dan jaringan tanaman Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) (n=3).....	45



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Langkah Uji Sampel .....	54
Lampiran 2 Dokumentasi .....	57

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertambahan jumlah penduduk khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta dalam kurun waktu 10 tahun mengalami peningkatan sebanyak 211,23 orang. Adanya hal tersebut dapat memicu pertambahan sampah baik itu organik maupun non organik. Sampah organik dan non organik apabila tidak dikelola dengan baik akan mengganggu kondisi lingkungan (Prihandoko, 2022). Sebagian besar pengelolaan sampah serta peningkatan jumlah sampah di Indonesia dapat berakibat pada peningkatan pencemaran. Pencemaran tanah menjadi salah satu pencemaran yang terjadi. Pencemaran tanah adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam tanah oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas tanah turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tanah tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Sutanto, 2001).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat terakhir dilakukannya proses pengelolaan sampah, aktivitas tersebut akan selalu bertambah pada tiap tahun. Sampah selalu menjadi masalah utama bagi masyarakat Indonesia. Kemauan pemerintah daerah atau kota serta masyarakat memengaruhi keberhasilan pengelolaan sampah, yang dimulai dengan kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan sampah sebagai indikator keberhasilan dan kebersihan kota. (Oktaria dan Maryati, 2010).

Pengembangan dari sistem open dumping, TPA Piyungan menggunakan sistem landfill yang dikontrol untuk mengelola sampah. Karena konsentrasi logam berbahaya seperti Pb dalam sampah TPA Piyungan dikatakan memiliki dampak pada lingkungan sekitar, termasuk pencemaran tanah. Semakin banyak sampah yang ada di TPA Piyungan meningkatkan kemungkinan air lindi mencemari tanah di sekitarnya. Sebuah penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa air tanah di sekitar TPA Piyungan telah tercemar oleh logam berat. Peneliti lain melakukan penelitian mengenai pencemaran tanah di daerah penelitian pada tahun 2011, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya pada parameter Pb dengan jumlah sampel yang terbatas. (Muyassar, 2022).

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya untuk menurunkan kadar polutan tersebut. 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. Mikroba tersebut sangat diperlukan dalam proses remediasi, karena kemiripannya dengan biologis katalis dalam sistem bioremediasi disusun oleh komponen yang sesuai untuk memperbaiki lingkungan yang terkontaminasi (Suslow & Schroth, 1982). Menurut Feliatra (1996) dalam Dharmawibawa (2004), metode biologis atau biodegradasi oleh mikroorganisme merupakan salah satu cara yang tepat, efektif dan hampir tidak ada efek sampingnya pada lingkungan karena tidak menghasilkan racun atau *blooming*.

Fitoremediasi adalah metode pembersihan polutan menggunakan tanaman, sering didefinisikan sebagai pembersihan polutan dari lingkungan menggunakan tanaman hiperakumulator. Fitoremediasi berasal dari dua kata yaitu Phyto dalam bahasa Yunani yang berarti tanaman dan Remediare yang berasal dari bahasa latin yang artinya memperbaiki atau membersihkan (Maria, 2015). Perkembangan fitoremediasi mulanya hanya berfokus pada kemampuan tanaman dalam menyerap muatan logam berat yang biasanya disebut sebagai tanaman hiperakumulator. Kemudian mulai berkembang penelitian tentang fitoremediasi diperluas dengan penyerapan bahan radioaktif, polutan anorganik seperti arsenic dan polutan organik seperti klorin, minyak hidrokarbon dan pestisida (Hidayati N, 2005).

Penelitian pada tanah TPA Piyungan yang memiliki kandungan polutan logam berat dan polutan lainnya masih sedikit dilaporkan. Untuk membantu pemulihan lahan di TPA dengan efektif teknologi bio-fitoremediasi memiliki potensi untuk diaplikasikan. Adanya informasi mengenai bio-fitoremediasi menjadi referensi untuk melakukan pengembangan kajian yang dilakukan di skala rumah kaca dengan menggunakan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) dan tanaman *Samanea saman* dalam menyerap logam berat (Pb) dan pH di tanah TPA Piyungan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa produktivitas lahan TPA masih menjadi masalah saat ini, sehingga penggunaan mikroorganisme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) pada penelitian ini diharap dapat menjadi solusi untuk meningkatkan produktivitas tanah TPA. Untuk membantu dalam penyelesaian masalah, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh mikroorganisme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) terhadap pertumbuhan tanaman *Samanea saman*?
2. Bagaimana pengaruh mikroorganisme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) terhadap reduksi serapan logam Pb dan perbaikan pH di tanah TPA?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis potensi mikroba *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) terhadap pertumbuhan tanaman *Samanea saman*.
2. Menganalisis pengaruh mikroba dan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) terhadap reduksi serapan logam Pb dan perbaikan pH di tanah TPA.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

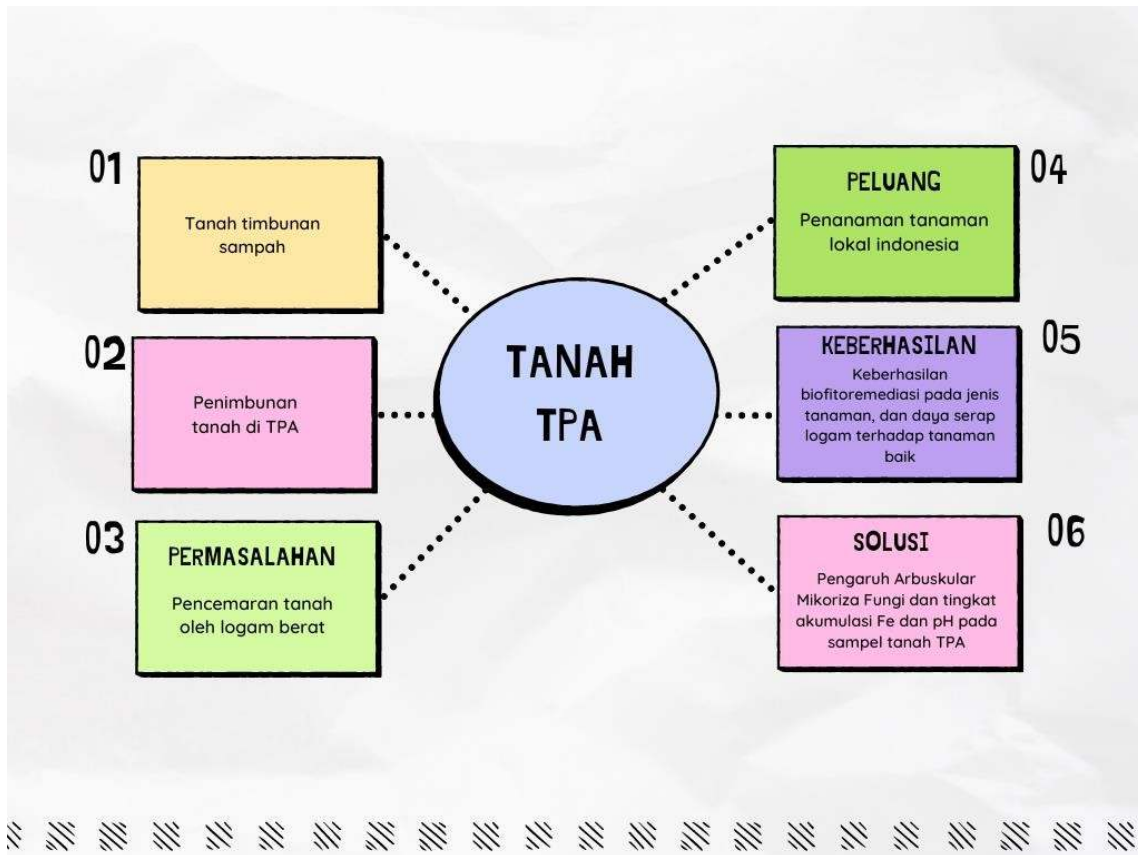
1. Memberikan pengetahuan terkait potensi aplikasi mikroorganisme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) dalam upaya meningkatkan produktivitas pada tanah TPA.
2. Menjadi bahan acuan untuk penelitian serupa selanjutnya dan menjadi bahan acuan untuk melakukan peningkatan produktivitas tanah TPA dengan menggunakan metode yang sama.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian, pengamatan, dan pelaksanaan dilakukan dalam skala rumah kaca.
2. Pengujian serapan logam berat (Pb) dan pH dari tanah TPA Piyungan.
3. Pengujian logam berat dalam jaringan tanaman.

## 1.6 Kerangka Berpikir



Gambar 1. 1 Kerangka berpikir

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)**

TPA merupakan langkah terakhir dalam proses pengelolaan sampah. TPA harus direncanakan dan dirancang sebaik mungkin, jika TPA tidak direncanakan dengan baik dan matang maka akan menjadi habitat serangga dan hewan pengerat, sumber pencemaran tanah, dan sumber berbagai penyakit akibat perkembangbiakan bakteri dan kuman. Berikut beberapa syarat yang harus dipenuhi apabila ingin membangun TPA yang baik dan sesuai standar yang ada, hindari Pembangunan TPA akan dekat dengan sumber air yang digunakan warga, hindari area sekitar yang rawan banjir dan hindari area pemukiman terdekat di daerah pemukiman minimal 2 km dari daerah pemukiman untuk menghindari polusi, penyakit dan lain-lain (Azrul, 1983).

TPA Piyungan terletak di Kabupaten Bantul, ± 16 km sebelah tenggara pusat Kota Yogyakarta, dengan luas lahan 12 Ha. TPA ini terletak di RT 04 Dukuh Bendo Ngablak dan RT 05 Dukuh Watu Gender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Metode pengolahan sampah di TPA Piyungan adalah menggunakan sistem “Sanitary Landfill”, tumpukan sampah dilapisi dengan timbunan tanah, serta terdapat kolam pengolahan “leachate (lindi)” pipa pengendali gas buang, sistem drainase dan lapisan kedap air. Cakupan layanan TPA Piyungan adalah daerah perkotaan Yogyakarta yang meliputi Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman bagian selatan dan Kabupaten Bantul bagian utara yang masuk wilayah perkotaan (Kasam, 2011).

Di masa kini, ada banyak pilihan teknologi untuk mengelola sampah. Teknologi pengelolaan sampah telah mencapai generasi ketiga, yaitu Landfill Sanitary Improved yang dilengkapi dengan sarana pengelolaan air lindi. Teknologi TPA generasi pertama terdiri dari sistem dumping terbuka, di mana sampah hanya ditimbun tanpa adanya pengolahan. Teknologi TPA generasi kedua adalah landfill sanitasi dengan pipa perforasi di bagian dasar (Damanhuri dan Padmi, 2019).

#### **2.2 Logam Berat**

Logam berasal dari bahasa Yunani yaitu *matallon*, yang merujuk pada suatu unsur kimia yang bersedia membentuk ion. Proses ini melibatkan pembentukan ikatan logam dan

menjadikan suatu zat memiliki kemiripan dengan kation yang terdapat di bawah elektron. Logam berat adalah unsur logam dengan berat molekul tinggi, berat jenisnya lebih dari 5 g/cm<sup>3</sup> (Connel & Miller, 2006). Dalam kadar rendah, logam berat umumnya sudah beracun bagi tumbuhan, hewan, dan manusia. Beberapa logam berat yang sering mencemari habitat adalah Hg, Cr, As, Cd, dan Pb (Notohadiprawiro, 2016).

Dalam pengelompokan logam secara umum, berdasarkan jenisnya terbagi menjadi 4 kelompok :

1. Logam berat, dalam kelompok logam berat secara umum berasal dari logam secara seluruhnya. Sebagai contohnya adalah logam berupa nikel, besi, krom, timah, tembaga, seng timah hitam dan juga putih serta masih banyak yang lainnya.
2. Logam ringan, dalam kelompok logam ringan tersusun dari logam juga tetapi tidak tersusun sepenuhnya atau juga bisa dikatakan bahwa logam penyusunnya ringan. Contoh dari logam ringan ini seperti magnesium, aluminium, kalsium, natrium, barium, dan kalium.
3. Logam tahan api, merupakan jenis logam yang mampu menahan atau mampu tahan terhadap api dengan kisaran suhu tertentu. Contohnya seperti zirconium, wolfram, dan molibden.
4. Logam mulia, jenis logam ini sering dipakai dan digunakan untuk perhiasan. Contoh dari logam mulia ini adalah emas, platina, dan perak.

Logam berat banyak didapatkan pada lindi dari TPA bahkan dari timbunan limbah padat. Pembakaran sampah di tempat terbuka mengakibatkan senyawa kimia beracun seperti logam berat dan senyawa organik lainnya akan lepas ke atmosfer dan lingkungan. Sejauh ini, lindi yang berasal dari tempat pembuangan sampah sudah terbukti melepaskan logam beracun ke lingkungan. Hal ini menempatkan tanah dan air tanah di sekitarnya, serta air permukaan, dalam bahaya yang signifikan. Logam berat dapat menyebabkan masalah kesehatan masyarakat (Essien *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian Widowati (2008), menjelaskan bahwa terdapat dua jenis logam berat, yaitu sebagai berikut :

1. Logam berat esensial  
Merupakan logam berat yang sangat dibutuhkan oleh organisme, namun dalam jumlah yang berlebihan bisa menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co dan juga Mn.
2. Logam berat non esensial



Merupakan logam berat yang keberadaannya masih belum diketahui manfaatnya dan bahkan memiliki sifat toksik yang tinggi, seperti Pb, Hg, Cd dan Cr.

### **2.2.1 Timbal (Pb)**

Timbal adalah logam dalam kelompok IV dan periode 6 dari table periodic unsur kimia dengan nomor atom 82, berat atom 207,2 g/mol, berat jenis 11,4 g/cm<sup>3</sup>, titik leleh 327,4 °C, dan titik didih 1725 °C. Rata-rata konsentrasi Pb pada tanah lapisan atas adalah 32 mg/kg, dan berkisar dari 10 sampai 67 mg/kg (Kabata dan Pendias, 2001).

Logam berat timbal (Pb) merupakan senyawa pencemar yang paling sering ditemukan dan sangat mengancam kesehatan manusia, terutama anak-anak. Fitoekstraksi timbal sangat dibatasi oleh rendahnya mobilitas logam tersebut didalam tanah yang mengakibatkan rendahnya penyerapan timbal oleh tanaman. Elemen utama dari unsur logam berat menjadi perhatian, timbal dapat menyebabkan anemia dan kondisi yang berhubungan dengan penyakit ginjal dan hati, serta penyakit reproduksi (Kapahi & Sachdeva, 2019).

## **2.3 Penerapan Mikroba dan Tumbuhan (Bio-Fitoremediasi)**

Bioremediasi merupakan suatu metode yang melibatkan penggunaan tumbuhan atau mikroorganisme untuk detoksifikasi kontaminan. Detoksifikasi dapat terjadi melalui perubahan senyawa dari yang toksik menjadi yang non-toksik atau melalui degradasi kontaminan menjadi karbon dioksida dan air (Melethia, 1996). Pemulihan komponen lingkungan secara biologis terjadi dengan menggunakan kemampuan katalitik organisme untuk meningkatkan laju perombakan polutan (Backer dan Herson, 1994) dengan cara mengeksploitasi kemampuan katalitik sifat organisme untuk meningkatkan laju perombakan suatu polutan (Sheehan, 1997).

Penyerapan logam oleh tumbuhan dipengaruhi oleh efisiensi penyerapan, kecepatan transpirasi, dan konsentrasi logam di dalam larutan tanah (Schnoor, 1997). Sifat fisika-kimia tanah, spesies kimia logam yang diserap, dan karakteristik tanaman penyerap juga berkontribusi pada efisiensi penyerapan tumbuhan. Transpirasi dipengaruhi oleh berbagai variabel, termasuk jenis tanaman yang digunakan, luas permukaan daun, nutrisi, kelembaban tanah, suhu udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara. Variabel-variabel ini menentukan seberapa cepat suatu senyawa kimia diserap dalam rancangan fitoremediasi. Karena hubungan yang kompleks antara tanah, logam, dan tanaman yang dikendalikan oleh iklim, maka metode fitoremediasi khusus lokasi sangat dibutuhkan (Priyambada, 2006).

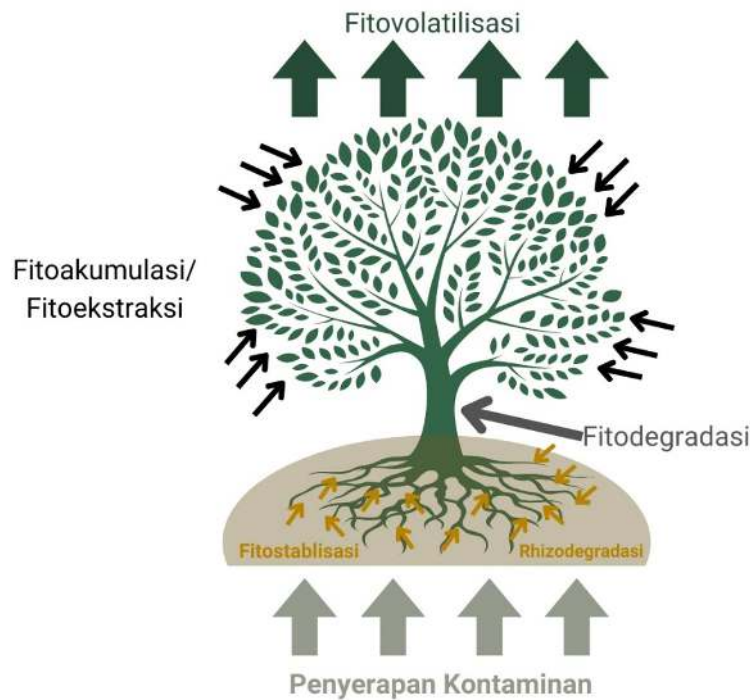
Tumbuhan yang digunakan untuk penyisihan logam berat dalam fitoremediasi biasanya

memiliki laju pertumbuhan yang cepat, produksi biomassa yang tinggi, sistem perakaran yang luas, dan toleransi logam berat yang tinggi. Tumbuhan ini didefinisikan sebagai hiperakumulator. Mereka dapat mengangkut dan mengakumulasi konsentrasi logam 100 hingga 1000 kali lebih tinggi daripada yang tidak terakumulasi tanpa menderita efek fitotoksik yang nyata. Oleh karena itu, tanaman hiperakumulator logam dapat mengakumulasi timbal hingga 1000 ppm, sedangkan seng hingga 10.000 ppm (Priyambada, 2006). Transpor menembus membran sel akar merupakan langkah awal yang penting dalam proses penyerapan logam oleh tanaman. Adanya muatan pada ion logam mencegah untuk menembus membran sel yang bersifat ligofilik. Oleh karenanya, transpor logam ke dalam sel harus dibantu oleh suatu atau beberapa protein membran (Cohen *et al.*, 1998; Hart *et al.*, 1998).

Mikroba memiliki kemungkinan mekanisme biokimia atau molekuler untuk melawan kontaminan. Dalam penilaian biokimia, mikroorganisme mampu melakukan proses pengasaman, presipitasi, khelasi, dan kompleksasi. Aktivitas resistensi juga dapat dijelaskan dalam mekanisme sebagai biosorpsi permukaan sel, sistem transportasi sel melalui pemompaan logam keluar sel secara aktif, sekuestrasi logam dalam kompartemen intraseluler, pengeluaran kelat logam ke dalam ruang ekstraseluler, dan reaksi redoks enzimatik terhadap mengubah ion logam menjadi keadaan tidak beracun atau kurang beracun (Ma, Oliveira, Freitas, & Zhang, 2016). Dalam beberapa keadaan oksidasi yang ditunjukkan oleh senyawa anorganik, reaksi redoks terjadi untuk mencapai tahap yang paling tidak berbahaya, dimana umumnya semakin tinggi keadaan oksidasi, semakin tidak larut, oleh karena itu lebih berbahaya (Pratish, Kumar, & Hu, 2018). Namun, kemampuan mikroba untuk mendegradasi atau menahan polutan menurut sifat organik atau anorganik mereka tergantung pada kesesuaian kondisi lingkungan untuk pertumbuhan dan metabolisme mereka, yang meliputi kondisi seperti suhu, pH, dan kelembaban (Verma & Jaiswal, 2016).

Fitoremediasi merupakan pengaplikasian tanaman untuk memperbaiki lingkungan yang tercemar disebut sebagai suatu teknologi yang bisa dilakukan untuk upaya melestarikan lingkungan. Tanaman mempunyai kemampuan alami untuk menyerap kadar logam. Oleh karena itu fitoremediasi pada awalnya ditujukan untuk menangani lingkungan tercemar logam. Fitoekstraksi, salah satu bentuk fitoremediasi yang digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan pencemar anorganik terutama logam, memanfaatkan kemampuan tanaman untuk menyerap logam dari lingkungan tanah yang tercemar. Dalam teknologi ini, tanaman yang mampu mengakumulasi logam ditanam di tanah yang tercemar. Pada saat mencapai pertumbuhan vegetatif maksimum, bagian atas tanaman dipanen dan logam pencemar yang

terserap tanaman terikut dalam bagian tanaman yang dipanen (Cunningham et al., 1995).



**Gambar 2. 1** Mekanisme serapan logam berat oleh tanaman melalui teknologi fitoremediasi

Secara umum, mikroba melindungi dan merangsang tanaman, sementara tanaman memberi nutrisi bagi mikroba, tetapi memiliki begitu banyak potensi memiliki organisme yang menarik, kepentingan biotik simbiotik ini tidak hanya terjadi untuk tujuan bertahan hidup, namun juga untuk manfaat yang lebih besar termasuk bioremediasi logam berat. Melalui tanaman hiperakumulator, kontaminan sudah dapat dihilangkan, tetapi karena toksisitas logam berat yang tinggi, asosiasi dengan mikroorganisme khusus meningkatkan kemungkinan penghilangan kontaminan. Ketika kedua organisme ini berinteraksi satu sama lain, proses baru dan lebih terjadi untuk menangkap logam berat yang mengarah ke beberapa opsi pembersihan, dimana penggunaan fitoremediasi dan mikroba merupakan kunci dalam menyediakan opsi remediasi (Phieler, Merten, Roth, Buchel, & Kothe, 2015)

#### 2.4 Trembesi (*Samanea saman*)

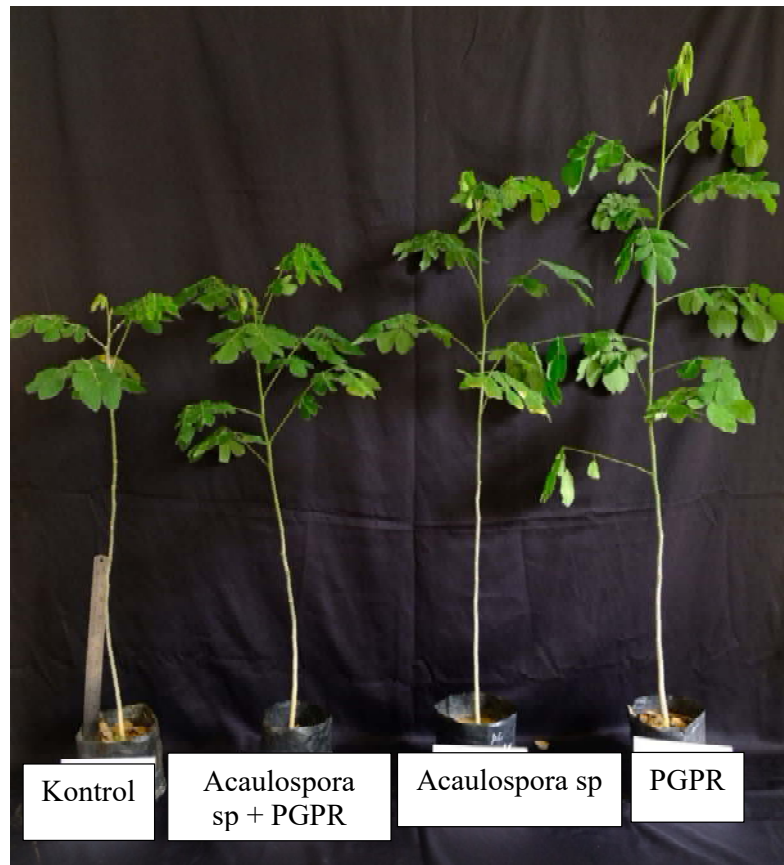
*Samanea saman* merupakan salah satu jenis tanaman alternatif yang dapat digunakan untuk revegetasi lahan yang telah ditinggalkan oleh tempat pembuangan sampah. *S.saman* juga

sering digunakan untuk penghutanan kembali lahan yang telah ditambang sebelumnya. *S.saman* termasuk pohon yang pertumbuhannya sangat cepat (Heyne 1987). Dengan bentuknya yang lebat dan melingkar, tajuk *S.saman* dapat digunakan sebagai tanaman pelindung. *S.saman* memiliki banyak manfaat bagi lingkungan, seperti membuat kayu untuk korek api, meningkatkan kandungan nitrogen tanah lebih tinggi daripada legum penambat nitrogen lainnya, mengurangi konsentrasi aluminium dalam tanah, dan meningkatkan pH tanah (Batcher 2000 dalam Global Invasive Species Database 2013). *S. saman* juga memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari. (Nuroniah & Kosasih 2010).

Tinggi pohon *S.saman* berkisar antara 15 dan 25 meter, dengan diameter dada 1-2 meter, dan kanopi berbentuk payung dengan penyebaran horizontal yang lebih besar dibandingkan tinggi pohon. Jika ditanam di tempat yang terbuka, tinggi pohon *Samanea* dapat mencapai 40 meter, dengan diameter kanopi yang lebih kecil (Lubis, 2013). *S. saman* dapat digunakan sebagai tanaman ornamen pelindung karena bentuknya yang lebat dan melingkar. (Bashri, 2014).

Adapun preferensi lingkungan dan toleransi tanaman *Samanea saman* sebagai berikut (Samanea saman (Rain Tree), 2006):

- Tanaman *S. 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 *S. 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, *S. saman* meningkatkan pertumbuhan rerumputan di bawah dan dekat kanopi tanaman melalui pengayaan nitrogen tanah.



**Gambar 2. 2** Tanaman Trembesi (*Samanea saman*)

## 2.5 Mikroorganisme

Toksisitas logam berat, cekaman oksidatif, tanah masam, dan cekaman air adalah beberapa dari berbagai cekaman yang dibantu fungi mikoriza arbuskula (FMA) untuk memperbaiki tanaman (Finlay, 2004). FMA sudah terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi tanah masam (Kanno et al., 2006). Selain itu, dilaporkan bahwa fungi mikoriza arbuskula dapat membantu tanaman dalam penyediaan dan penyerapan unsur P yang kurang tersedia pada tanah masam. Ini karena kemampuan FMA untuk menyesuaikan diri dengan tanah masam (Cumming dan Ning, 2003). Faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan pertumbuhan tanaman pada tanah masam adalah pH tanah dan isolat dari fungi (Clark dan Zeto, 1996).

Berbagai mikroba dianggap bermanfaat bagi tanaman seperti *Plant Growth-Promoting Bacteria* (PGPB) dan *Plant Growth Promotion Rhizobacteria* (PGPR), *Nitrate Fixation Bacteria* (NFB), *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF), *Siderophore Producing Bacteria* (SPB), serta *Phosphate Solubility Bacteria* (PSB). Mereka mampu mempengaruhi aktivitas

tanaman dalam hal modifikasi komposisi eksudat akar, peningkatan pertumbuhan dan induksi ketahanan sistemik terhadap serangan patogen selanjutnya (Suslow & Schroth, 1982).

PGPR merupakan kelompok bakteri yang digunakan sebagai pupuk hayati untuk membantu tanaman dalam mendapatkan hara dan memperkuat tanaman terhadap penyakit dan hama (Soesanto, 2008). Oleh karena itu, PGPR diberikan dengan dosis dan frekuensi yang tepat untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil selada. Selain itu, seperti yang dinyatakan oleh Egamberdieva et al. (2015), PGPR memiliki kemampuan untuk meningkatkan pertumbuhan dan fisiologi akar serta mengurangi kerusakan atau penyakit serangga.

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh rizosfer tanaman, terdiri dari akar tanaman secara keseluruhan dan eksudatnya termasuk gula, asam amino, asam organik, asam lemak, fenol, enzim, dan flavonoid, dan dipimpin oleh PGPR dengan produksi fitohormon seperti sitokinin, etilen, dan asam giberelat, jasmonat, salisilat atau absisat. PGPR juga memiliki kemampuan untuk mengubah pembelahan dan diferensiasi sel pada akar primer, rambut akar, dan akar lateral; mereka juga dapat mendorong pertumbuhan pucuk, tetapi tidak hanya merangsang pertumbuhan dan perkembangan akar (Verbon & Liberman, 2016). Sedangkan PSB terbukti dapat meningkatkan ketersediaan fosfor yang dapat diserap tanaman dengan pendekatan yang ramah lingkungan (Zhu et al., 2011). Aplikasi mikroba pelarut fosfat juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen pada tanaman.

Mekanisme perlindungan mikoriza terhadap logam berat dapat mengikat ion logam ke dalam dinding sel hifanya serta melindungi tanaman dari logam. Logam berat ditemukan pada sel-sel korteks akar tanaman bermikoriza dan dalam kristaloid di dalam miselium jamur. Saat tumbuhan menyerap logam berat, membran akarnya akan menghasilkan enzim reduktase. Logam direduksi selama reduksi dan kemudian diangkut melalui mekanisme tertentu di dalam membran akar. Saat translokasi terjadi di dalam tubuh tanaman, logam masuk ke dalam sel akar dan kemudian diangkut ke bagian lain tumbuhan melalui jaringan pengangkut seperti xylem dan floem. Diikat oleh molekul kelat untuk meningkatkan efisiensi transportasi logam. Pertumbuhan tanaman tidak dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat yang rendah. (Aprilia, 2013).

## **2.6 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu berfungsi menjadi referensi dan pembandingan dengan penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah daftar penelitian terdahulu:

**Tabel 2. 1** Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tema Penelitian	Hasil
1	Bashri, ahmad <i>et al</i> 2014	Pertumbuhan Bibit Trembesi ( <i>Samanea saman</i> ) Dengan Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula Pada Media Bekas Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Kotok Kediri	Perlakuan Fungi Mikoriza Arbuskula (AMF) mampu meningkatkan pertumbuhan diameter tanaman, tinggi tanaman bahkan jumlah daun bibi trembesi pada media tanah TPA.
2	Prayudyaningsih, retno 2014	Pertumbuhan Semai <i>Alstonia scholaris</i> , <i>Acacia auriculiformis</i> dan <i>Muntingia calabura</i> Yang Diinokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Media Tanah Bekas Tambang Kapur	Inokulasi FMA pada semai <i>A. auriculiformis</i> menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap tinggi dan diameternya. Inokulasi FMA indigen <i>Acaulospora</i> sp memberikan hasil pertumbuhan diameter, kolonisasi FMA, dan serapan P terbaik.
3	Yohanes <i>et al</i> 2018	Pengaruh Takaran dan Frekuensi Aplikasi PGPR terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	Pemberian PGPR pada penanaman selada menghasilkan hasil yang terbaik dibanding pemberian bakteri lainnya.
4	Suharno & retno 2013	Fungi Mikoriza Arbuskula: Potensi teknologi mikorizoremediasi logam berat dalam rehabilitasi lahan tambang	Arbuskula Mikoriza Fungi (AMF) mampu menjadi pelaku remediasi terhadap logam berat pada lahan bekas tambang.
5	Widawati, <i>et al</i> 2015	Isolasi dan uji efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria Di Lahan Marginal Pada Pertumbuhan Tanaman Kedelai	Pengaplikasian mikroba PGPR bisa meningkatkan pH dari 5,8 hingga 7,12 (netral).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, beberapa telah membahas terkait pengaplikasian jenis mikroorganisme PGPR dan AMF terhadap beberapa tanaman pada media tanah TPA. Pada penelitian ini dilakukan analisis terkait potensi dari jenis mikroorganisme PGPR dan AMF terhadap tanaman uji *S. saman* untuk serapan logam berat Pb dan pH pada media tanah TPA Piyungan. Hal yang membedakan dari penelitian ini adalah pada parameter yang diamati berupa logam berat Pb dan pH pada tanah TPA.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

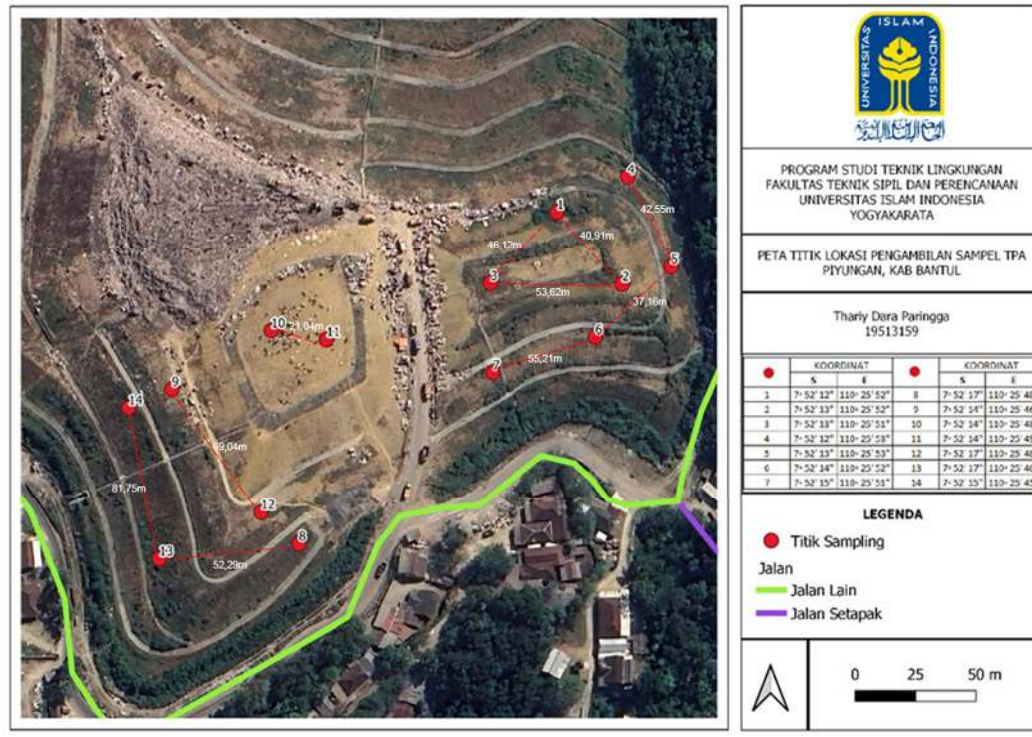
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada skala rumah kaca. Dilakukan mulai dari tahapan persiapan media tanam, penanaman *S. saman*, pengambilan sampel data, pemanenan *S. saman* dilakukan di rumah kaca yang berlokasi di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Pengujian sampel akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2023 hingga September 2023. Media tanam berupa tanah TPA yang diambil dari TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta pada 1 Februari 2023.



Gambar 3. 1 Peta titik lokasi *greenhouse*



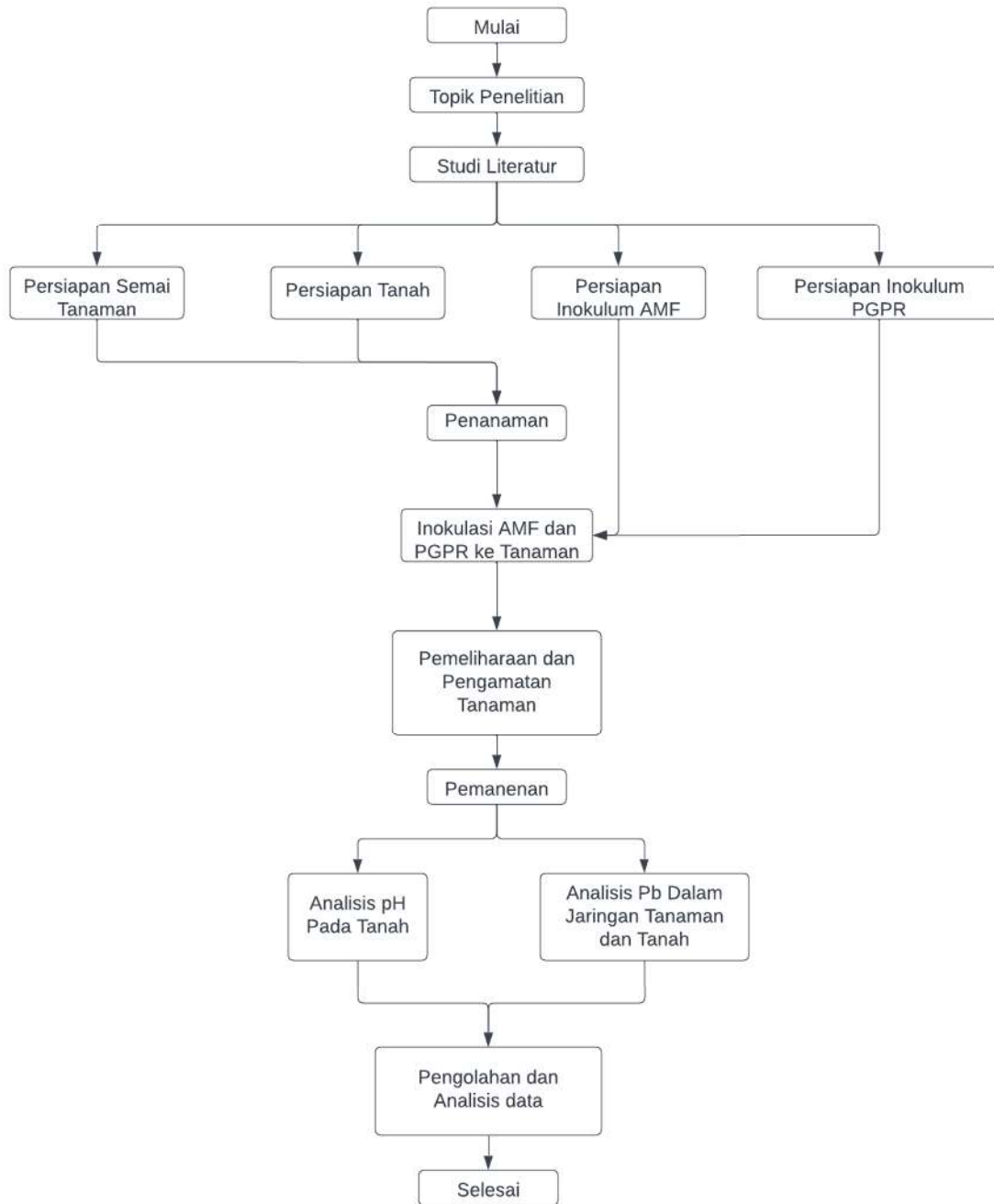
**Gambar 3. 2** Peta titik lokasi pengambilan sampel TPA Piyungan, Bantul

### 3.2 Pengamatan dan Pengambilan Data Primer

Pada penelitian ini, data dikumpulkan melalui observasi (pengamatan) dan pengambilan data primer. Kandungan logam berat (Pb) dan pH pada sampel tanah TPA yang diteliti adalah bagian dari pengambilan data primer. Kemudian sampel akan diambil dan diuji di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII. Penelitian ini tetap memerlukan data pertumbuhan tanaman berupa tinggi dan diameter batang.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Secara garis besar, tahapan dari penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.3** Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Persiapan Semai Tanaman

Persiapan semai tanaman trembesi (*Samanea saman*) dilakukan dengan penyediaan bibit dalam polybag kecil. Perlakuan tanaman dengan penyiraman setiap 2 hari sekali. Pemeliharaan dilakukan di rumah kaca yang berada di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Sleman, Yogyakarta.

### 3.5 Persiapan Media Tanam

Persiapan tanah sebagai media tanam berasal dari tanah TPA Piyungan. Tanah diambil dari tanahutupan TPA pada kedalaman 15-30 cm dengan bantuan alat. Tanah diambil pada 14 titik sampling yang ada di TPA. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan teknik komposit sampling, tanah diambil pada lahan datar dan miring yang terdapat pada TPA. Kemudian tanah dicangkul hingga kedalaman 15-30 cm lalu dipindahkan kedalam plastik. Selanjutnya tanah dibawa ke rumah kaca untuk dilakukan sterilisasi pada suhu 85 derajat celcius selama 5 jam. Setelah dilakukan sterilisasi dan tanah dalam keadaan dingin, tanah dari beberapa titik dikomposit agar tanah menjadi homogen.

### 3.6 Persiapan Inokulum Mikroba

Persiapan inokulum mikroba PGPR dilakukan dengan proses *reculture* dari mikroba induk ke media yang baru. *Reculture* 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 (*Nutrient Broth*) dan dimasukkan ke dalam larutan nutrisi NB. Selama 24 jam, shaker dan magnetic stirrer digunakan untuk mengocok bahan dengan kecepatan 130 rpm.

*Arbuscular Mikoriza Fungi* dilakukan dengan membuat semaian tanaman sorgum dan media tanam zeolit. Tanaman sorgum disemai menggunakan media tanam zeolit dan setelah 2 minggu ditambahkan inokulum *Arbuscular Mikoriza Fungi* (AMF). Pada tahapan ini semai disiram setiap 2 hari sekali, setelah 2 bulan sorgum dipanen dan media zeolit disimpan dalam plastik ziplock agar tidak terkontaminasi.

### 3.7 Penanaman dan Inokulasi PGPR dan AMF

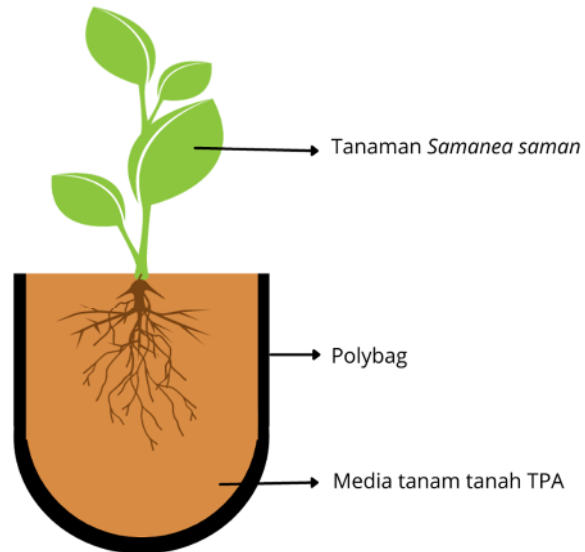
Tanah yang sudah dipersiapkan selanjutnya dilakukan penanaman semai ke media tanam. Penanaman dilakukan sebanyak 24 tanaman *S. saman*. Banyaknya perulangan pada tanaman berfungsi sebagai pengurangan bias pada pengukuran pertumbuhan tanaman. Media tanam untuk polybag *S. saman* tiap polybag sebanyak kurang lebih 750 gram tanah TPA. Pada inokulasi AMF dilakukan dengan cara memindahkan 20 gram media zeolit ke media tanam *S. saman*. Inokulasi PGPR dilakukan dengan memindahkan inokulum dari media natrium klorida ke media tanam *S. saman*. Ini dilakukan dengan memasukkan 10 ml mikroba ke media tanam

yang telah dilubangi sedalam 4-5 cm dan ditutup kembali. Untuk jumlah koloni bakteri PGPR disajikan pada table 3.1

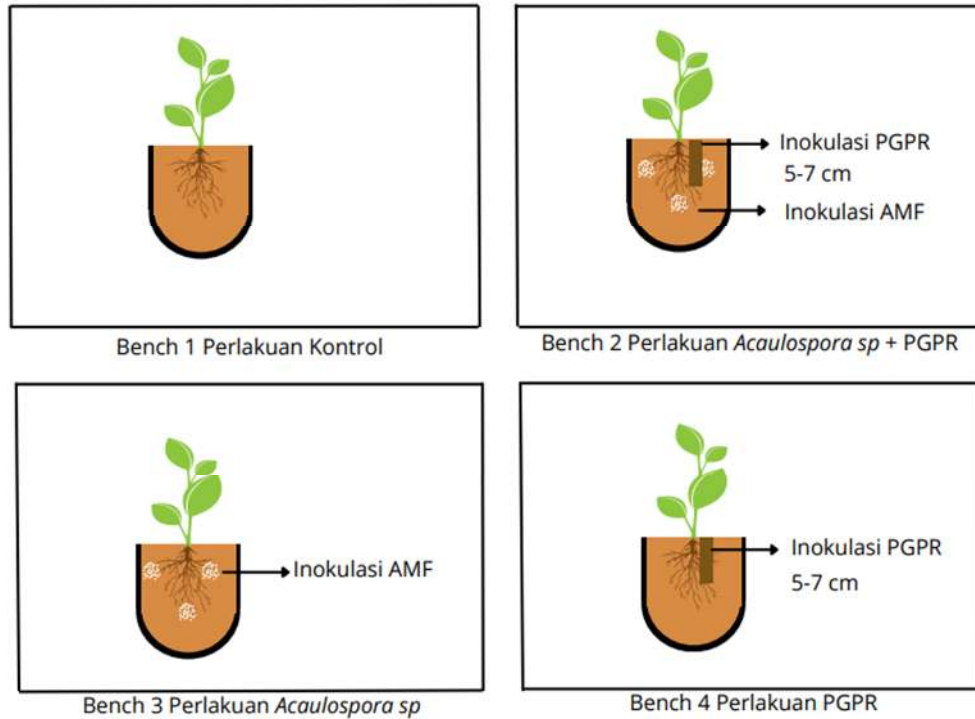
**Tabel 3. 1** Populasi bakteri PGPR

Kode Koloni	Pengenceran	Jumlah Populasi
PGPR	10 <sup>3</sup>	7.104 CFU/mL

Sumber: Data primer



**Gambar 3. 4** Penanaman Trembesi (*Samanea saman*)



**Gambar 3. 5** Perlakuan Tanaman Trembesi (*Samanea saman*) (n=24)

### 3.8 Pemeliharaan dan Pengamatan

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman dan pengamatan tinggi serta diameter. Pengamatan dilakukan setiap 3 minggu sekali. Selama masa pemeliharaan tanaman disiram setiap 2 hari sekali. Pada penelitian ini parameter pertumbuhan yang diuji yaitu ketinggian tanaman (cm), dan diameter tanaman (mm). Pengukuran tiap parameter dilakukan setiap 3 minggu sekali selama 3 bulan.

### 3.9 Pemanenan

Tahapan ini proses pemanenan dilakukan setelah 3 bulan pemanenan dengan pemisahan antara tanaman dan tanah. Tanaman dibagi menjadi dua bagian antara akar dan batang. Setelah dipisahkan tanaman di timbang berat basah dan berat kering. Untuk berat kering dilakukan perlakuan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 70 derajat celsius selama 36 jam.

### 3.10 Analisis pH dan Logam Berat pada Tanah, Jaringan Akar dan Batang

Tahapan ini analisis pH pada pada sampel tanah tanpa dan dengan inoculasi. Pengukuran pH dilakukan dengan instrument pH meter. Sampel digunakan 10 gram tanah dicampur dengan aquades sebanyak 50 mL. Kemudian sampel dihomogenkan selama 30 menit menggunakan

shaker dan setelah selesai diendapkan 5 menit. Suspensi tanah kemudian diukur menggunakan pH meter yang sudah dikalibrasi dengan buffer 4, 6, dan 9.

Tahapan analisis logam berat pada tanah, jaringan batang, dan jaringan akar tanpa dan dengan inokulasi. Pengujian logam berat menggunakan AAS. Sebelum pengujian kandungan logam berat dilakukan preparasi sampel dengan kondisi sampel tanah yang sudah kering dan diambil 1 gram ditambah  $HNO_3$  sebanyak 5 mL, 50 mL aquadest, dan didestruksi di lemari asam hingga tersisa 10 mL. Untuk jaringan akar dan jaringan batang dilakukan preparasi sampel dengan kondisi sampel yang sudah kering oven  $70^\circ C$  dan hancur. Setelah itu diambil 0,5 gram sampel, 5 mL  $HNO_3$  dan 0,5 mL  $HClO_4$ , diamkan semalam dan didestruksi di lemari asam hingga tersisa 0,5 mL.. Setelah sampel siap, saring sampel hasil destruksi dan dimasukkan ke botol vial untuk diuji dnegan pengenceran 10 kali.



## BAB IV

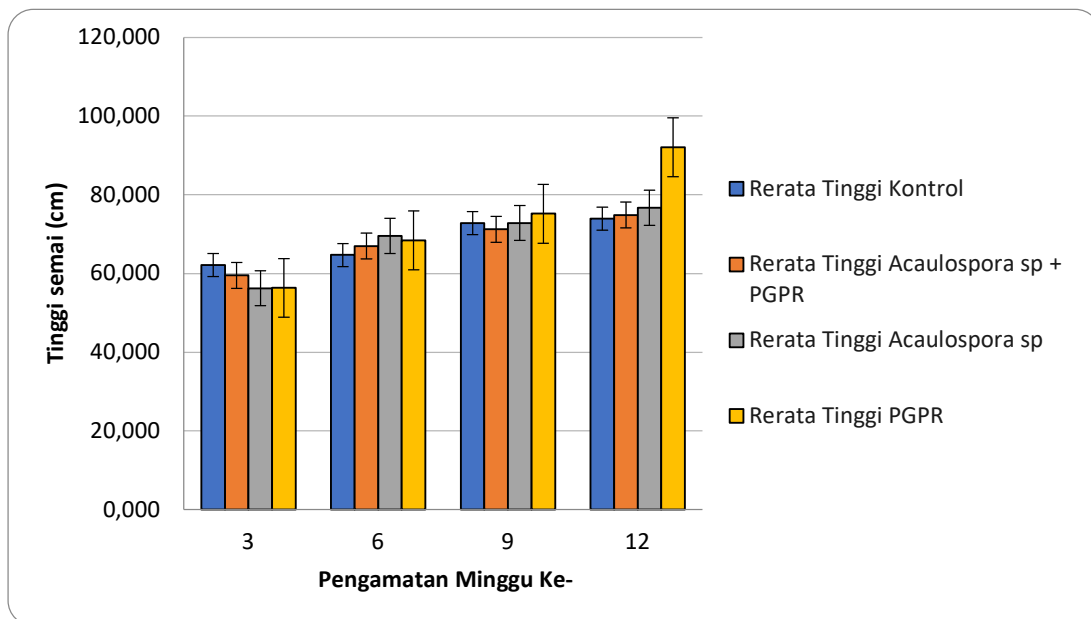
### HASIL DAN PEMBAHASAN.

#### 4.1 Hasil Analisa Parameter Pertumbuhan Trembesi (*Samanea saman*)

Parameter pertumbuhan tanaman diukur setiap 3 minggu sekali dalam jangka waktu 12 minggu. Parameter yang dilakukan yaitu pengukuran tinggi, diameter, dan diakhir pada minggu ke-12 dilakukan pengukuran biomassa.

##### 4.1.1 Pengaruh Mikroorganisme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuscular Mikoriza Fungi* (AMF) Pada tinggi tanaman *Samanea saman*

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang diteliti dalam penelitian ini. Gambar 4.1 menunjukkan pertumbuhan tinggi *S.saman* selama 12 minggu dengan media tanam tanah TPA, tanah TPA dengan *Acaulosporasp* + PGPR, tanah TPA dengan *Acaulospora sp*, tanah TPA dengan PGPR (n=24).



**Gambar 4. 1** Nilai Tinggi Trembesi (*Samanea saman*) dengan dan tanpa inokulasi

Data pengukuran pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa setiap inokulasi terlihat memiliki penambahan tinggi pada setiap minggunya. Inokulasi pada media tanam yang berbeda bisa mempengaruhi pertambahan tinggi tanaman. Pada tanaman *S. saman* di minggu ke 12 menunjukkan bahwa perlakuan kontrol menunjukkan rerata tinggi 73,9 cm. Perlakuan *Acaulospora sp* + PGPR menunjukkan rerata tinggi 74,8 cm. Perlakuan *Acaulospora sp*

menunjukkan rerata tinggi 76,6 cm. Perlakuan PGPR menunjukkan rerata tinggi 92 cm. Tanaman *S. saman* perlakuan kontrol dengan *Acaulospora* sp + PGPR memiliki perbandingan tinggi yang tidak terlalu jauh. Tanaman *S. saman* dengan perlakuan PGPR menghasilkan pertumbuhan tinggi yang paling baik dibanding inokulasi lainnya. PGPR membantu melarutkan fosfor tanah dari yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Hal ini mendukung penyerapan fosfor ke tanaman dan membantu pertumbuhan tanaman lebih baik terutama pada tinggi tanaman (Anna *et al*, 2022). PGPR dapat membantu serta meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara mengkolonisasi akar tanaman (Hayat *et al*, 2018). PGPR adalah bakteri simbiotik yang mampu menyediakan unsur hara untuk tanaman dengan bersimbiosis dan mengkolonisasi akar tanaman legum. Dengan adanya simbiosis dengan tanaman legum seperti *S. saman* maka mikroba ini akan menginfeksi akar tanaman dan membentuk bintil akar (Rifdah *et al*, 2018).

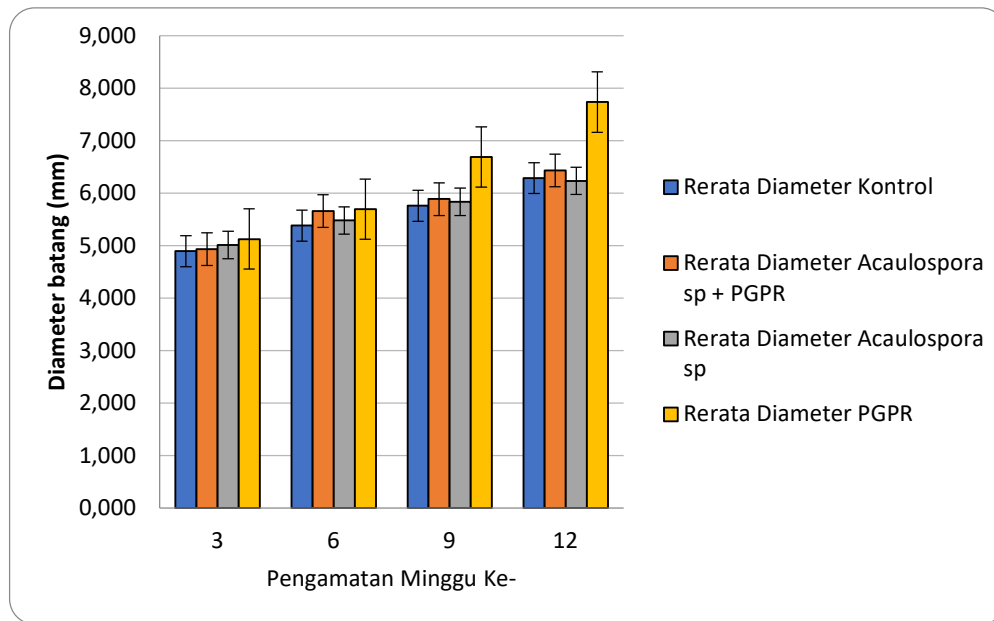
PGPR bisa mengikat nitrogen bebas dari alam atau fiksasi nitrogen bebas, yang kemudian akan diubah menjadi amonia dan diberikan ke tanaman. Selain itu, PGPR dapat menyediakan berbagai mineral yang dibutuhkan tanaman, seperti belerang, fosfor, dan besi. PGPR juga meningkatkan hormon tanaman. Peningkatan hormon ini secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman. (Kloepper dan Scroth 1982). Dari hasil penelitian juga menunjukkan bahwa *S.saman* dengan inokulasi PGPR memiliki pertumbuhan yang paling baik dan stabil dari minggu ke-3 hingga minggu ke-12 dibandingkan yang lainnya.



**Gambar 4. 2** Perbandingan Pertumbuhan Trembesi (*Samanea saman*) dengan dan tanpa inokulasi selama 3 bulan di greenhouse

#### **4.1.2 Pengaruh Mikroorganisme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuscular Mikoriza Fungi* (AMF) pada Diameter Batang *Samanea saman***

Hasil penelitian pada pertumbuhan diameter batang dapat dilihat pada Gambar 4.3 Grafik rata-rata Diameter *S. saman* dengan inokulasi mikroba PGPR serta AMF. Pada diameter batang terlihat adanya peningkatan pada setiap minggunya. Tanaman *S. saman* dengan inokulasi *Acaulospora sp* + PGPR dan PGPR menunjukkan pertambahan diameter yang stabil dan signifikan pada setiap minggunya. Berbeda dengan perlakuan *Acaulospora sp* yang menunjukkan perlambatan pertumbuhan diameter pada minggu ke-9.



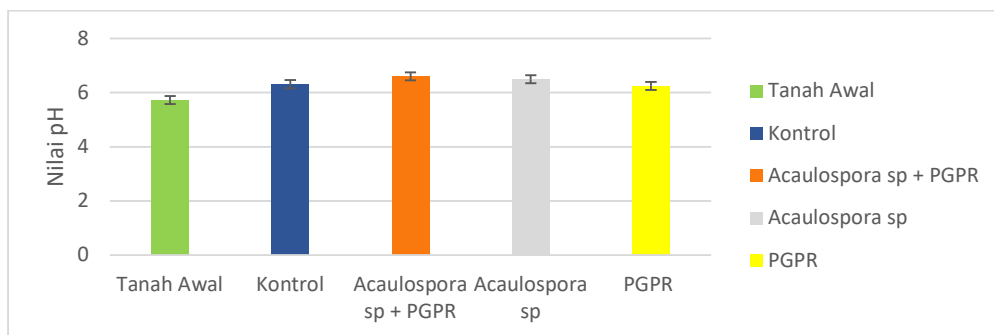
**Gambar 4. 3** Nilai diameter Trembesi (*Samanea saman*) dengan dan tanpa inokulasi (n=24)

Diameter batang tanaman *S. saman* dengan *Acaulospora sp* dan PGPR mempunyai perbedaan yang cenderung tinggi pada pengukuran minggu ke 12 dengan diameter 6,433 mm dan 7,736 mm. Begitu juga dengan perlakuan *Acaulospora sp* dan kontrol memiliki perbedaan yang cenderung sama, masing-masing berdiameter 6,233 mm dan 6,287 mm. Jika dilihat dari data yang dihasilkan, perlakuan PGPR memiliki diameter yang paling besar dibandingkan dengan inokulasi yang lainnya. PGPR membantu memineralsasi fosfor tanah yang tidak larut sehingga tersedia untuk konsumsi tanaman. Hal ini mendukung penyerapan fosfor ke tanaman dan membantu penyerapan lebih baik terutama pada diameter tanaman (Anna *et al*, 2022). Setelah inokulasi melalui benih, PGPR mengkolonisasi akar tanaman dan memiliki kemampuan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Karena eksudat benih, mikroba memperbanyak diri di spermosfer, menempel di permukaan akar, dan mikorba kolonisasi sistem akar yang sedang tumbuh. (Kloepper dan Scroth 1982).

Perlakuan Fungi Mikoriza Arbuskula (AMF) mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman trembesi, diameter batang, dan jumlah daun bibit pada media tanah TPA (Bashri, 2014). Inokulasi AMF pada tanaman menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap tinggi dan diameternya. Inokulasi AMF indigen *Acaulospora sp* memberikan hasil pertumbuhan diameter yang baik (Prayudyaningsih, 2014).

## 4.2 Hasil dan Analisa Pengujian pH Tanah

Berdasarkan Gambar 4.4 Nilai pH  $H_2O$  pada tanah awal dengan dan tanpa inokulasi menunjukkan terjadinya peningkatan pH. Tanah TPA awal memiliki pH 5,72 yang dapat dikategorikan dalam tanah masam. *S. saman* tanpa inokulasi 6,037, inokulasi *Acaulospora sp* + PGPR 6,593, *Acaulospora sp* 6,49, dan PGPR 6,24. Tanah dengan inokulasi menjadi agak masam. Namun, dengan adanya penambahan mikroba mampu meningkatkan pH, yang sesuai dengan persyaratan pH untuk penanaman tanaman *S.saman* yang tumbuh di berbagai jenis tanah, dengan pH berkisar antara 6,0 hingga 7,4, meskipun disebutkan bahwa toleran untuk pH hingga 8,5 dan pH minimal 4,7. (Lubis, 2013).



**Gambar 4. 4** Nilai pH Trembesi (*Samanea saman*) dengan dan tanpa inokulasi (n=3)

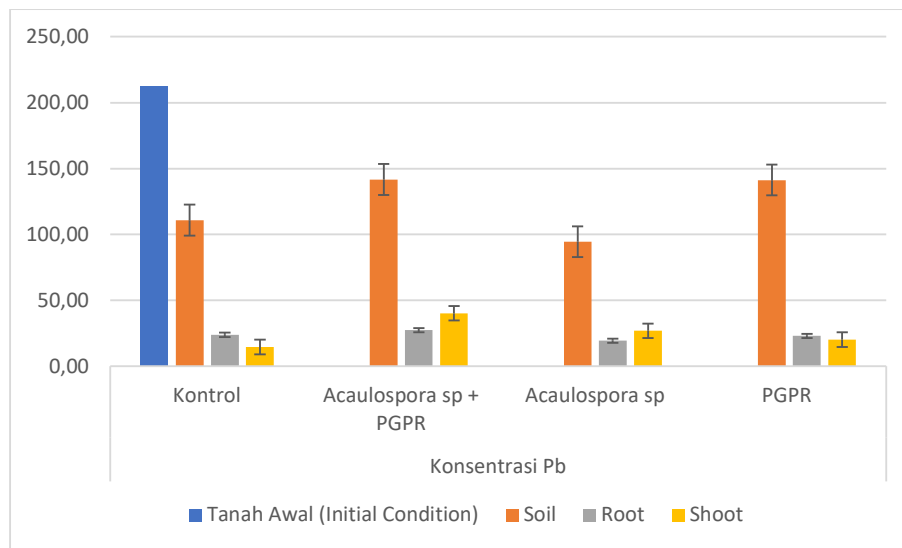
Berdasarkan Gambar 4.4 Nilai pH pada tanah awal dan perlakuan menunjukkan pH yang ada pada tanah TPA terjadi peningkatan berkat adanya penambahan mikroba. Tanah dengan inokulasi *Acaulospora sp* dapat memperbaiki kondisi tanah dengan meningkatkan pH tanah (Nurhayati, 2012). Hal ini terjadi karena pH tanah merupakan salah satu faktor pembatas bakteri di dalam tanah. Mekanisme *Acaulospora sp* dalam membantu memperbaiki pH tanah dengan cara bersimbiosis mutualisme dengan tanaman inang. *Acaulospora sp* akan membentuk jalinan hifa pada akar tanaman inang dan membantu menyerap unsur hara dari tanah, termasuk unsur hara yang berperan dalam mengatur pH tanah. Selain itu, fungi mikoriza arbuskula juga dapat meningkatkan kapasitas serapan air tanaman inang, sehingga dapat meminimalisir masalah kekeringan pada tanaman (Rao, 1994). Dengan adanya inokulasi *Acaulospora sp* pada *S.saman* sangat membantu perbaikan pH pada tanah yang diteliti.

PGPR adalah bakteri simbiotik yang mampu menyediakan unsur hara untuk tanaman dengan bersimbiosis dan mengkolonisasi akar tanaman legum. Mikroba PGPR juga mampu meningkatkan kesuburan tanah serta pertumbuhan tanaman (Rifdah *et al*, 2018). Mekanisme PGPR dalam membantu memperbaiki pH tanah dengan cara meningkatkan populasi bakteri

penambat nitrogen (Cahyani, *et al* 2018). Dengan inokulasi PGPR pada *S.saman* mampu meningkatkan total populasi bakteri penambat nitrogen. Bakteri penambat nitrogen memiliki kemampuan untuk memanfaatkan nitrogen udara menjadi tersedia dalam tanah (Widiyawati, 2014).

### 4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Logam Berat (Pb)

Adanya logam Pb pada tanah dan tanaman pada tingkat tertentu berfungsi sebagai unsur hara mikro yang membantu pertumbuhan tanaman. Namun, jika melebihi batas tertentu dapat menyebabkan keracunan pada tanah dan tanaman.



**Gambar 4. 5** Hasil Uji Konsentrasi logam Pb pada tanah dan jaringan tanaman Trembesi (*Samanea saman*) (n=3)

Berdasarkan analisa data pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa kadar Pb pada setiap perlakuan menunjukkan penurunan. Pada perlakuan kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR mengalami penurunan kandungan Pb dari tanah awal dengan konsentrasi masing-masing sebesar 212,708 mg/kg; 110,929 mg/kg; 141,736 mg/kg; 94,551 mg/kg; dan 141,436 mg/kg.

Gambar 4.5 juga menunjukkan serapan Pb oleh jaringan batang dan jaringan akar dengan penambahan mikroba PGPR dan AMF. Perlakuan kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR mengalami penyerapan Pb pada jaringan batang dari tanah dengan konsentrasi masing-masing sebesar 22,019 mg/kg; 52,045 mg/kg; 47,756 mg/kg; dan 36,837 mg/kg.

Gambar 4.5 perlakuan kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR mengalami penyerapan Pb pada jaringan akar dari tanah dengan konsentrasi masing-masing sebesar 43,466 mg/kg; 49,706 mg/kg; 35,277 mg/kg; dan 41,907 mg/kg. Berdasarkan grafik Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 menunjukkan perlakuan *Acaulospora sp* dan PGPR dapat mengakumulasi Pb lebih baik dari perlakuan lainnya. Akumulasi Pb pada perlakuan *Acaulospora sp* paling baik yaitu pada jaringan akar.

Berdasarkan perbandingan antara dengan dan tanpa inokulasi menunjukkan bahwa perlakuan *Acaulospora sp* pada *S. saman* mampu menyerap kandungan logam Pb di tanah lebih baik dibandingkan jaringan batang dan akar. *Acaulospora sp* memiliki kemampuan mendegradasi atau menahan polutan sehingga kemampuan mikroba tersebut dapat menyerap konsentrasi logam tergantung kesesuaian kondisi lingkungan untuk pertumbuhan dan metabolismenya (Verma dan Jaiswal, 2016). Mikoriza memiliki peranan dalam melindungi akar tanaman dari logam berat Pb. Mikoriza mengakumulasi Pb dalam hifanya, hal ini terjadi karena mikoriza diketahui dapat mengikat logam pada gugus karboksil dan senyawa pektak (hemiselulosa) pada matriks antar permukaan mikoriza dan tanaman (Rossiana, 2003).

Penyerapan dan imobilisasi Pb lebih tinggi pada akar tanaman bermikoriza dibandingkan dengan tanaman non-mikoriza (Chen et al., 2007). Dalam kolonisasi mikoriza, penyerapan Pb diketahui berkorelasi dengan peningkatan jumlah vesikel AMF pada jenis tanaman yang terkolonisasi mikoriza. Berdasarkan data serapan logam, AMF melakukan mekanisme fitoekstraksi dan fitostabilisasi. Mekanisme fitoekstraksi AMF termasuk membantu tanaman mengumpulkan logam, membantu pertumbuhan dan produksi biomassa, dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap logam berat (Javid, 2011). Logam disimpan di dalam struktur AMF pada akar tanaman (vauola, coil, atau arbuskula) dan kemudian diserap oleh fungsi melalui senyawa yang diekstraksi oleh fungi (Joner & Leyval 1997; Gonzales-Chaves et al. 20). Menurut beberapa penelitian, AMF dapat mengurangi kadar dan serapan logam di bagian pucuk.

PGPR memiliki peran yang penting dalam menurunkan logam berat pada tanaman, PGPR juga meningkatkan fitoremediasi melalui penyerapan logam dan mampu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Jaksen, 2014). PGPR dapat mempengaruhi penurunan kadar logam Pb yang ada pada tanaman, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa pemberian PGPR dapat menurunkan kandungan Pb pada tanaman (Ramdan, 2018). Seleksi konsorsium mikroorganisme dapat meningkatkan efektivitas PGPR dalam menurunkan kadar logam Pb pada tanaman (Kurniahu, 2022).

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan penelitian dan analisis yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi mikroba *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam upaya meningkatkan produktivitas lahan berpengaruh secara optimal untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman *Samanea saman* melalui tinggi tanaman dan diameter batang.
2. Aplikasi *Arbuscular Mikoriza Fungi* (AMF) berdampak baik untuk mengurangi konsentrasi Pb hingga 56%, membantu meningkatkan pH menjadi 6,490.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan evaluasi dan harapan dari penelitian, diberikan beberapa saran:

1. Melanjutkan penelitian dengan variasi dosis mikroba *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuscular Mikoriza Fungi* (AMF) sehingga mendapatkan dosis optimal.
2. Perlu menambahkan jenis mikroorganisme lain yang lebih mampu dalam meningkatkan serapan kadar logam terhadap tanaman *samanea saman* dalam media tanah TPA.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- (Abqoriyah), A., Utomo, R., & Suwignyo, B. (2015). PRODUKTIVITAS TANAMAN KALIANDRA (*Calliandra calothyrsus*) SEBAGAI HIJAUAN PAKAN PADA UMUR PEMOTONGAN YANG BERBEDA. *Buletin Peternakan*, 39(2), 103. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v39i2.6714>
- Aprianti, R., Laili, N., & Handayanto, D. E. (2018). PENGARUH APLIKASI PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR) PADA PERTUMBUHAN TANAMAN KACANG HIJAU DENGAN MEDIA TANAM YANG BERBEDA Effect of Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth of Green Bean on an Ultisol. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 5(1), 2549–9793. <http://jtsl.ub.ac.id>
- Arantza, S. J., Hiram, M. R., Erika, K., Chávez-Avilés, M. N., Valiente-Banuet, J. I., & Fierros-Romero, G. (2022). Bio- and phytoremediation: plants and microbes to the rescue of heavy metal polluted soils. *SN Applied Sciences*, 4(2). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04911-y>
- Arbuskula, M., Media, P., Tempat, B., Akhir, P., Bashri, A., Utami, B., & Primandiri, P. R. (n.d.). KLOTOK KEDIRI GROWTH OF *Samanea saman* SEEDLING WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS Biologi , Sains , Lingkungan , dan Pembelajarannya \_ . 165–169.
- Finlay, R. D. (2004). Mycorrhizal fungi and their multifunctional roles. *Mycologist*, 18(2), 91–96. <https://doi.org/10.1017/S0269915X04002058>
- Herman, A., Pahlevi, A., & Said, Y. (2016). 濟無No Title No Title No Title. *Kanal*, 3, 1–23.
- Irni, J., Afrianti, S., & Pardede, J. (2019). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Ekstrak Bawang Merah (*Allium cepa* L.) Terhadap Pertumbuhan Stek *Mucuna bracteata* D.C. *Agroprimattech*, 2(Fakultas Agro Teknologi Universitas Prima Indonesia), 78–85.
- Hidayati, N., 2005, Fitoremediasi Dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor.
- Jain, P., Kim, H., & Townsend, T. G. (2005). Heavy metal content in soil reclaimed from a municipal solid waste landfill. *Waste Management*, 25(1), 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.08.009>
- Jannah, M., Jannah, R., & Fahrunsyah. (2022). Kajian Literatur : Penggunaan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Mengurangi Pemakaian Pupuk Anorganik pada Tanaman Pertanian. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(1), 41–49.
- Kanno, T., Saito, M., Ando, Y., Macedo, M. C. M., Nakamura, T., & Miranda, C. H. B. (2006). Importance of indigenous arbuscular mycorrhiza for growth and phosphorus uptake in tropical forage grasses growing on an acid, infertile soil from the Brazilian savannas. *Tropical Grasslands*, 40(2), 94–101.

- Kapahi, M., & Sachdeva, S. (2019). Bioremediation options for heavy metal pollution. *Journal of Health and Pollution*, 9(24). <https://doi.org/10.5696/2156-9614-9.24.191203>
- Kurniahu, H., Rahmawati, A., Sriwulan, S., & Andriani, R. (2022). The Potential of Heavy Metal Plumbum (Pb) Degradation Agents in Composted Raw Materials from Inked Paper Waste. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 8(2), 345–354. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i2.2799>
- Libertus, F. G., & Diba, F. (2020). STUDI SERANGAN RAYAP PADA TANAMAN AKASIA (*Acacia crassicarpa*) di lahan HTI PT MUARA SUNGAI LANDAK KABUPATEN MEMPAWAH. *Jurnal Hutan Lestari*, 8(1), 211–216. <https://doi.org/10.26418/jhl.v8i1.39396>
- Lumpur, L., & Hasil, M. (n.d.). *1 Penurunan Kandungan Logam Berat Dan Pertumbuhan Tanaman Sengon* (. 1–72).
- Manurung, L., Asnawati, A., & Purwaningsih, P. (2023). Pengaruh Pemberian Pgp Pada Beberapa Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Setek Lada. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(2), 229. <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i2.61909>
- Muyassar, M., & Budianta, W. (2021). Pencemaran Logam Berat Pada Tanah Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Piyungan, Bantul, Yogyakarta. *Kurvatek*, 6(1), 11–22. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v6i1.2146>
- Naihati, Y. F., Taolin, R. I. C. O., & Rusae, A. (2018). Pengaruh Takaran dan Frekuensi Aplikasi PGPR terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *Savana Cendana*, 3(01), 1–3. <https://doi.org/10.32938/sc.v3i01.215>
- Nies, D. H. (1999). *Microbial heavy-metal resistance*. 730–750.
- Ning, J., & Cumming, J. R. (2001). Arbuscular mycorrhizal fungi alter phosphorus relations of broomsedge (*Andropogon virginicus* L.) plants. *Journal of Experimental Botany*, 52(362), 1883–1891. <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.362.1883>
- Oktaria, D. 2012 studi Pengelolaan Persampahan Permukiman Formal dan Informal di Kota Depok. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota B SAPPK Van Vol* (2): 1-13.
- Pratish, A., Kumar, A., & Hu, Z. (2018). Adverse effect of heavy metals (As, Pb, Hg, and Cr) on health and their bioremediation strategies: a review. *International Microbiology*, 21(3), 97–106. <https://doi.org/10.1007/s10123-018-0012-3>
- Prayudyarningsih, R. (2014). *calabura YANG DIINOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA PADA MEDIA TANAH BEKAS TAMBANG KAPUR Seedlings that was Inoculated by Arbuskular Mycorrhiza Fungi on Postmining Limestone Soil* ). 13–24.
- Prihandoko, D., & Setiabudi, D. H. (2022). Perbandingan pertumbuhan sampah sebelum dan saat pandemi Covid-19. *KACANEGARA Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 5(2), 167. <https://doi.org/10.28989/kacanegara.v5i2.1099>
- Purwani, K. I., & Arisusanti, R. J. (2013). Pengaruh Mikoriza *Glomus Fasciculatum* terhadap

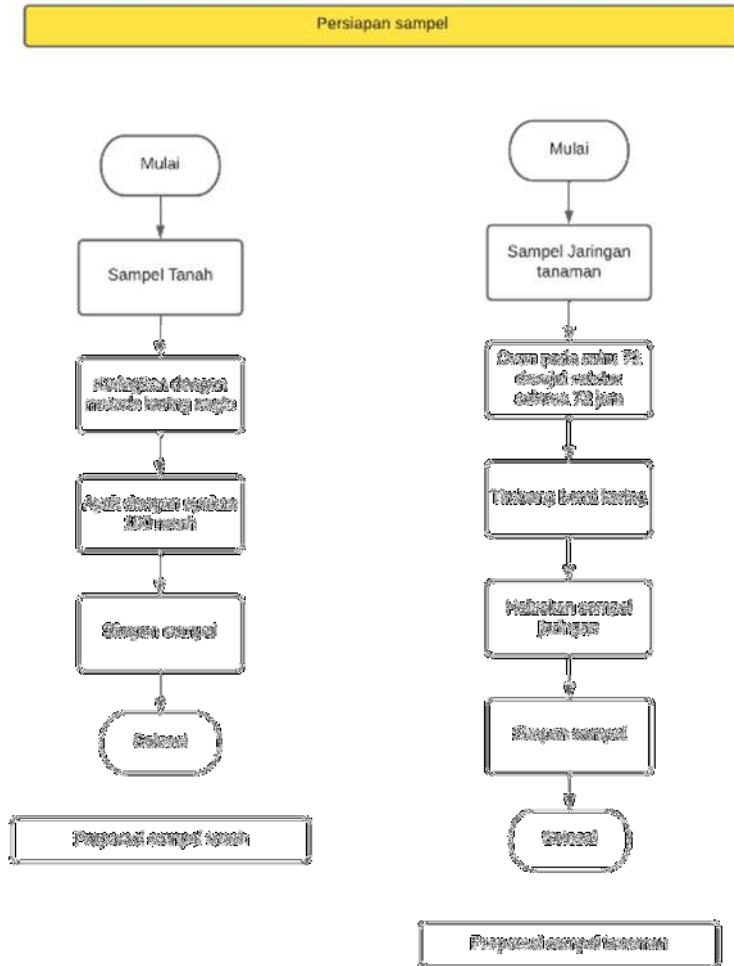
Akumulasi Logam Timbal (Pb) pada Tanaman Dahlia Pinnata. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 2(1), 79–83. <https://www.neliti.com/publications/16007/pengaruh-mikoriza-glomus-fasciculatum-terhadap-akumulasi-logam-timbal-pada-ta>

- Rahadi, B., Susanawati, L. D., & Agustianingrum, R. (2019). Bioremediasi Logam Timbal ( Pb ) Menggunakan Bakteri Indigenous Pada Tanah Tercemar Air Lindi ( Leachate )  
Bioremediation of Lead using Indigenous Bacteria Isolated from Leachete Contaminated Soil. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 6(3), 11–18.
- Rahmawati, I. D., Purwani, K. I., & Muhibuddin, A. (2019). Pengaruh Konsentrasi Pupuk P Terhadap Tinggi dan Panjang Akar Tagetes erecta L. (Marigold) Terinfeksi Mikoriza Yang Ditanam Secara Hidroponik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2), 4–8. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.37048>
- Sancayaningsih, R. P. (2013). Fungi Mikoriza Arbuskula: Potensi Teknologi Mikorizoremediasi Logam Berat dalam Rehabilitasi Lahan Tambang. *Bioteknologi*, 10(1), 23–34. <https://doi.org/10.13057/biotek/c100104>
- Sheehan, D. (1997). Bioremediation Protocols. *Bioremediation Protocols*. <https://doi.org/10.1385/0896034372>
- Susanto, R. (2001). Pencemaran Tanah dan Air Tanah Oleh Pestisida dan Cara Menanggulangnya. In *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* (Vol. 7, Issue 1, pp. 9–15).
- Suslow, T. V. (1982). Rhizobacteria of Sugar Beets: Effects of Seed Application and Root Colonization on Yield. *Phytopathology*, 72(2), 199. <https://doi.org/10.1094/phyto-72-199>
- Timofeeva, A., Galyamova, M., & Sedykh, S. (2022). Prospects for Using Phosphate-Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture. *Plants*, 11(16), 1–23. <https://doi.org/10.3390/plants11162119>
- Zaini, A. (2019). Bermain sebagai Metode Pembelajaran bagi Anak Usia Dini. *ThufuLA: Jurnal Inovasi Pendidikan Guru Raudhatul Athfal*, 3(1), 118. <https://doi.org/10.21043/thufula.v3i1.4656>

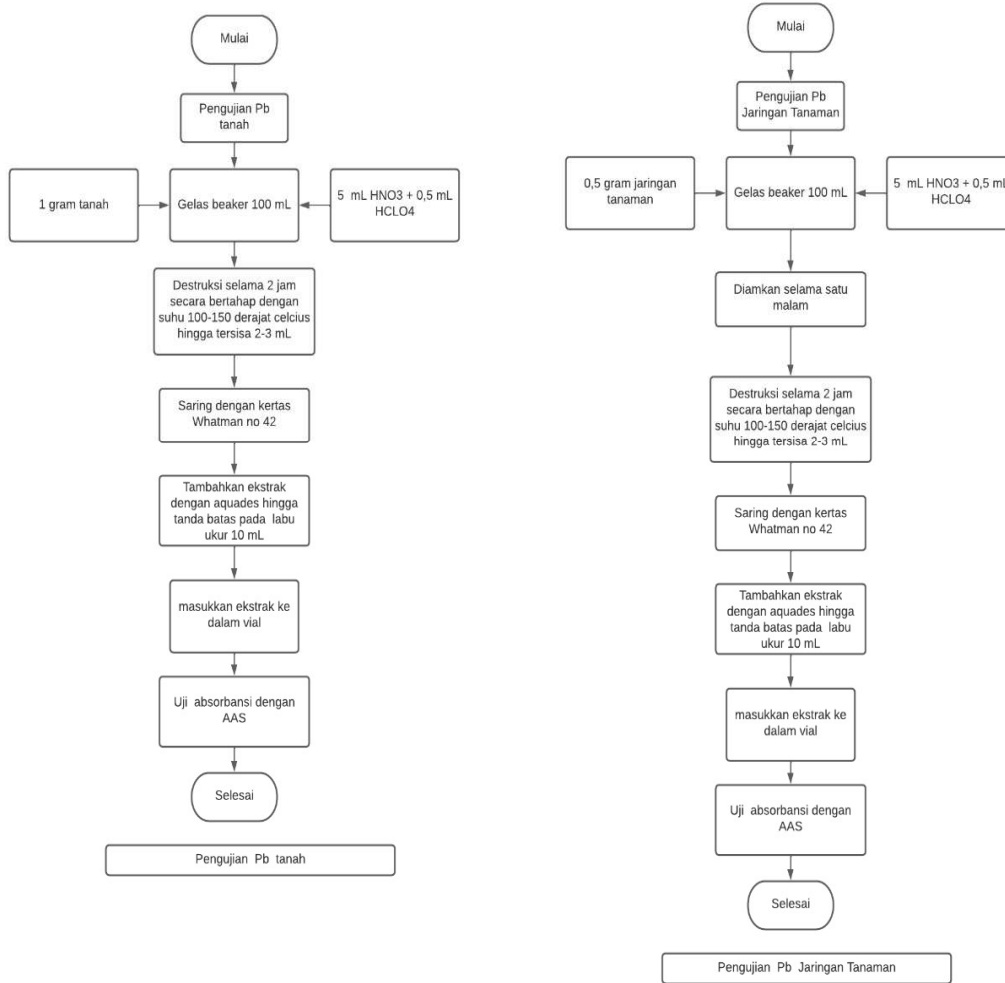
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Langkah Uji Sampel

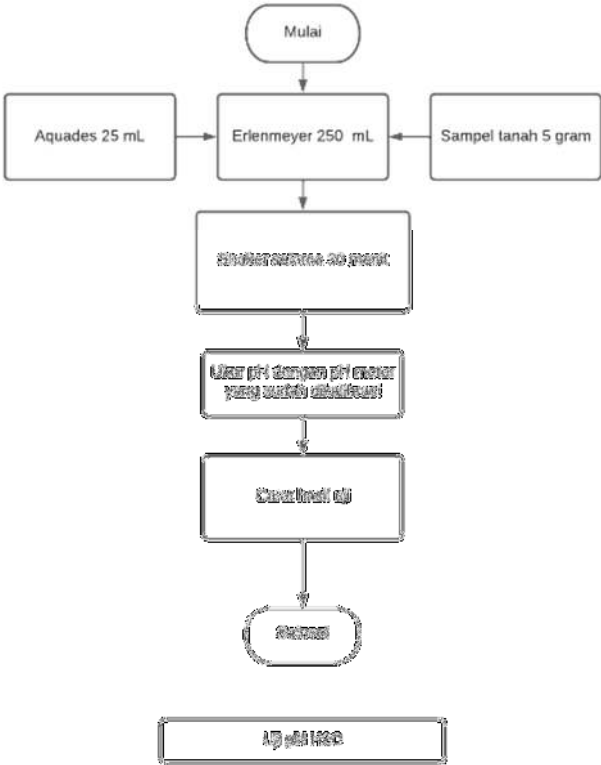


Persiapan Destruksi untuk uji Pb





Uji pH



## Lampiran 2 Perhitungan

### Perhitungan Hasil dan Analisa Pengujian Logam Berat Pb Pada Tanah, Jaringan Akar dan Batang

$$\begin{aligned} \text{Kadar logam berat (ppm)} &= \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} \times 1.000 \text{ ml}^{-1} \times 1000 \text{ g g contoh}^{-1} \\ &= \text{ppm kurva} \times 10/1.000 \times 1.000/1 \\ &= \text{ppm kurva} \times 10 \end{aligned}$$

Keterangan:

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

1000 = factor koversi ke ppm (mg/kg)

### Parameter Pb Tanah Trembesi

Parameter	Mean Abs.	Conc. (µg/ml)	Pengenceran	Konsentrasi (mg/L)	Larutan Ekstrak	Sampel Tanah (kg)	Konsentrasi ppm (mg/kg)	Rerata (mg/Kg)
NaCl 17	0,0131	1,8697	5	9,349	5,500	0,001	93,486	70,673
NaCl 8	0,0107	1,5889	5	7,945	5,500	0,001	79,447	
NaCl 11	0,0038	0,7817	5	3,909	5,500	0,001	39,087	
Kontrol 3	0,0063	1,0742	5	5,371	5,500	0,001	53,710	55,465
Kontrol 6	0,0051	0,9338	5	4,669	5,500	0,001	46,691	
Kontrol 9	0,0084	1,3199	5	6,599	5,500	0,001	65,994	
AC 5	0,0037	0,7700	5	3,850	5,500	0,001	38,502	47,276
AC 14	0,0101	1,5188	5	7,594	5,500	0,001	75,938	
AC 17	0,0018	0,5478	5	2,739	5,500	0,001	27,388	
AC+NaCl 11	0,0126	1,8112	5	9,056	5,500	0,001	90,561	70,868
AC+NaCl 20	0,0062	1,0625	5	5,313	5,500	0,001	53,125	
AC+NaCl 23	0,0089	1,3784	5	6,892	5,500	0,001	68,918	

### Parameter Pb Akar Trembesi

Parameter	Mean Abs.	Conc. (µg/ml)	Pengenceran	Konsentrasi (mg/ml)	Larutan Ekstrak	Sampel Tanah (kg)	Konsentrasi ppm (mg/kg)	Rerata (mg/Kg)
NaCl 8	0,0001	0,3489	5	0,002	5,500	0,0005	19,188	23,049
NaCl 11	0,0012	0,4776	5	0,002	5,500	0,0005	26,266	
NaCl 17	0,0008	0,4308	5	0,002	5,500	0,0005	23,692	
Kontrol 3	0,0022	0,5946	5	0,003	5,500	0,0005	32,700	23,907
Kontrol 6	-0,0007	0,2553	5	0,001	5,500	0,0005	14,041	
Kontrol 9	0,001	0,4542	5	0,002	5,500	0,0005	24,979	
AC 5	0,0024	0,6179	5	0,003	5,500	0,0005	33,987	19,403
AC 14	-0,0025	0,0447	5	0,000	5,500	0,0005	2,459	
AC 17	0,0005	0,3957	5	0,002	5,500	0,0005	21,762	
AC+NaCl 11	-0,0004	0,2904	5	0,001	5,500	0,0005	15,971	27,338
AC+NaCl 20	0,0029	0,6764	5	0,003	5,500	0,0005	37,204	
AC+NaCl 23	0,0016	0,5244	5	0,003	5,500	0,0005	28,840	

### Parameter Pb Batang Trembesi

Parameter	Mean Abs.	Conc. ( $\mu\text{g/ml}$ )	Pengenceran	Konsentrasi (mg/L)	Larutan Ekstrak	Sampel Tanah (kg)	Konsentrasi ppm (mg/kg)	Rerata (mg/Kg)
NaCl 8	0,0002	0,3606	5	0,002	5,500	0,0005	19,832	20,261
NaCl 11	0,0028	0,6647	5	0,003	5,500	0,0005	36,561	
NaCl 17	-0,0022	0,0798	5	0,000	5,500	0,0005	4,389	
Kontrol 3	0,0012	0,4776	5	0,002	5,500	0,0005	26,266	14,684
Kontrol 6	-0,0011	0,2085	5	0,001	5,500	0,0005	11,467	
Kontrol 9	-0,0019	0,1149	5	0,001	5,500	0,0005	6,320	
AC 5	0,0003	0,3723	5	0,002	5,500	0,0005	20,475	26,909
AC 14	0,0002	0,3606	5	0,002	5,500	0,0005	19,832	
AC 17	0,0034	0,7349	5	0,004	5,500	0,0005	40,421	
AC+NaCl 11	-0,0009	0,2319	5	0,001	5,500	0,0005	12,754	40,207
AC+NaCl 20	0,0056	0,9923	5	0,005	5,500	0,0005	54,577	
AC+NaCl 23	0,0054	0,9689	5	0,005	5,500	0,0005	53,290	

### Parameter pH

Kode	Konsentrasi Tanah pH	Rerata	stdev	sqrt	st error
Kontrol 3	6,2	6,307	0,082	1,732	0,047
Kontrol 6	6,32				
Kontrol 9	6,4				
AC+NaCl 11	7,31	6,593	0,519	1,732	0,299
AC+NaCl 20	6,37				
AC+NaCl 23	6,1				
AC 5	6,32	6,49	0,248	1,732	0,143
AC 14	6,84				
AC 17	6,31				
NaCl 8	6,18	6,24	0,045	1,732	0,026
NaCl 11	6,25				
NaCl 17	6,29				

Kode	Nilai pH	st error
Initial Conditions	5,72	0
Control	6,307	0,047454
<i>Acaulospora sp + PGPR</i>	6,593	0,299419
<i>Acaulospora sp</i>	6,490	0,142906
<i>PGPR</i>	6,240	0,026247

Lampiran 3 Dokumentasi



Proses komposit tanah TPA



Pengukuran diameter tanaman



Pengayakan sampel tanah



Persiapan dekstruksi sampel



Pengujian logam berat dengan AAS

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## RIWAYAT HIDUP

Thariy Dara Paringga akrabnya dipanggil Dara lahir di Lombok 17 Desember 2000 merupakan anak sulung dari tiga bersaudara oleh pasangan Andi Abdullah, S.E dan Susmianti. Untuk jenjang Pendidikan, yang pertama TK Dharma Wanita, Pendidikan Dasar di SDN 1 Pringgabaya, kemudian SMPN 1 Pringgabaya kemudian lanjut SMAN 1 Pringgabaya. Memasuki UII melalui jalur *Computer Based Test* (CBT) pada tahun 2019 dan diterima menjadi mahasiswa Teknik Lingkungan.

Selama perjalanan jenjang S1 ini penulis sangat senang dan aktif dalam kegiatan non akademik seperti kepanitiaan. Pada Juni 2023 ada kesempatan baik untuk belajar, berpartisipasi dalam penelitian yang dianjurkan oleh dosen, dan melakukan penelitian dan melakukan penelitiandi *Greenhouse* pribadi milik Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. dan LaboratoriumKualitas Lingkungan untuk menyelesaikan studi di program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.