

TA/TL/2023/1763

TUGAS AKHIR

**POTENSI AMF, PGPR, DAN *OCHROMA BICOLOR ROWLEE*
(BALSA) PADA SERAPAN Pb DAN NILAI pH DI
TANAH TPA Piyungan**

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



**KHAIRUNNISA JUNDIYAH AFIFAH
19513090**

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

TUGAS AKHIR

**POTENSI AMF, PGPR, DAN *OCHROMA BICOLOR*
ROWLEE (BALSA) PADA SERAPAN Pb DAN NILAI
pH DI TANAH TPA PIYUNGAN**

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



**KHAIRUNNISA JUNDIYAH AFIFAH
19513090**

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

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

NIK. 185130401

Tanggal: 16 Februari 2024

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

NIK. 155130507

Tanggal: 16 Februari 2024



Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

NIK. 045130401

Tanggal: 16 Februari 2024

*Apabila sudah pendadaran

HALAMAN PENGESAHAN*
POTENSI AMF, PGPR, DAN *OCHROMA BICOLOR*
***ROWLEE* (BALSA) PADA SERAPAN Pb DAN NILAI**
pH DI TANAH TPA PIYUNGAN

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jum'at
Tanggal : 16 Februari 2024

Disusun Oleh:

KHAIRUNNISA JUNDIYAH AFIFAH
19513090

Tim Penguji :

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

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

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

() 16/2-24
() 16/2-24
() 16/2 24

*Halaman ini dibuat apabila sudah selesai pendadaran

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, 2024

Yang membuat pernyataan,



KHAIRUNNISA JUNDIYAH A

19513090

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. “Potensi PGPR, AMF, dan *Ochroma bicolor rowlee* (Balsa) Pada Serapan Pb dan Nilai pH di Tanah TPA Piyungan”

Pada proses penulisan laporan tugas akhir ini, bimbingan serta bantuan untuk mencapai penyusunan hasil yang sempurna, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat rahmat serta karunianya kepada penulis selama hidupnya sehingga penulis berada pada tahap dimampukan untuk menjalani proses penelitian sampai penulisan laporan tugas akhir ini selesai.
2. Kepada Bapak (alm) Muhammad Arif dan Ibu Finaliantry yang telah memberikan kasih dan sayang yang tak terhingga kepada penulis, sehingga penulis berada pada tahap menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Keluarga dan adik adik yang selalu mendukung dan menyemangati penulis selama ini sehingga mampu menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir.
4. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku dosen pembimbing I pada yang telah memberikan ilmunya melalui bimbingan dan arahan dalam proses pelaksanaan penelitian tugas akhir ini hingga penulisan ini selesai.
5. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku dosen penguji pada penulisan laporan tugas akhir ini.
7. Bapak Heriyanto, Amd. yang selaku admin akademik Teknik lingkungan yang telah memberikan loyalitas yang terbaik atas bantuan informasi pada tugas akhir ini.
8. Teman teman seperbimbingan yang telah membantu dan mendukung penulis dalam mejalani proses penelitian berlangsung.
9. Yoenidea Dasenta, Nita Febrianti, Andriana Eikintawarna, Kurnisa Wulan Wangi, Serta Indah Fathikasari yang membantu penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

10. Kepada teman teman aspuri kepri yang selalu menemani penulis dalam keadaan susah dan senang saat menulis.
11. Kepada diri saya sendiri, *Alhamdulillah* untuk selalu berusaha dalam jatuh bangun pada tahap penelitian lalu melanjutkan penulisan laporan tugas akhir ini dan menuntaskannya hingga selesai, saya ucapkan terima kasih dan kamu hebat.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan tugas ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis berharap bahwa kritik dan saran yang membangun pada penulisan ini, mampu menjadikan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik serta dapat bermanfaat bagi yang membaca dan referensi pada tahap penelitian selanjutnya.

Yogyakarta, 4 Januari 2024

Khairunnisa Jundiyah Afifah
19513090

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

KHAIRUNNISA JUNDIYAH AFIFAH. Potensi AMF, PGPR, dan *Ochroma bicolor rowlee* (Balsa) pada serapan pb dan nilai ph Tanah TPA Piyungan. Dibimbing oleh Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. dan Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Peningkatan laju pertumbuhan penduduk yang terjadi pada Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memberikan dampak serius terhadap timbulan sampah yang dihasilkan, mengakibatkan pencemaran tanah oleh logam berat Pb (Timbal) pada tanah 212,708 mg/kg. Penelitian ini menguji potensi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF), *Ochroma bicolor rowlee* menggunakan Tanah TPA Piyungan. Tahap penelitian ini dilakukan pengambilan sampel pada kedalaman 10-20 cm tanah penutup Piyungan yang digunakan sebagai media tanam *Ochroma bicolor rowlee*. Pertumbuhan diberikan 4 perlakuan yaitu kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR. Perawatan tanaman dilakukan di *greenhouse* selama 3 bulan serta pengamatan tumbuh setiap 3 minggu sekali pada tinggi, diameter, dan daun *Ochroma bicolor rowlee*. Dilakukan pengujian logam berat Pb dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada tanah, akar, dan batang serta pengujian pH tanah dengan alat pH meter. Hasil menunjukkan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF) membantu *Ochroma bicolor rowlee* pada pertumbuhan tinggi, diameter, jumlah daun, dengan terjadinya penurunan konsentrasi logam berat Pb di tanah sebesar 29,54 mg/kg, dan penyerapan logam berat Pb pada jaringan akar dan batang sebesar 98,45 mg/kg dan 123,79 mg/ kg serta kondisi optimal pH 7,16 pada tanah.

Kata Kunci : *Ochroma bicolor rowlee*, *Arbuskular Mikoriza Fungi* (AMF), *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), Pb, pH.

ABSTRACT

KHAIRUNNISA JUNDIYAH AFIFAH. *Potential of AMF, PGPR, and Ochroma bicolor rowlee (Balsa) on Pb uptake and pH Value of Piyungan Landfill Soil.* Supervised by Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. and Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

The increase in population growth rate that occurred in the Special Region of Yogyakarta Province had a serious impact on the generation of waste produced, resulting in soil pollution by the heavy metal Pb (Lead) in the soil at 212.708 mg/kg. This research tested the potential of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), Ochroma bicolor rowlee using Piyungan Landfill Soil. This research stage carried out sampling at a depth of 10-20 cm of Piyungan cover soil which was used as a planting medium for Ochroma bicolor rowlee. Growth was given 4 treatments, namely control, Acaulospora sp + PGPR, Acaulospora sp, and PGPR. Plant care was carried out in the greenhouse for 3 months and growth was observed every 3 weeks on the height, diameter and leaves of Ochroma bicolor rowlee. Testing for the heavy metal Pb was carried out using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) on the soil, roots and stems as well as testing the soil pH using a pH meter. The results show that Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) help Ochroma bicolor rowlee to grow in height, diameter, number of leaves, by reducing the concentration of the heavy metal Pb in the soil by 29.54 mg/kg, and the absorption of heavy metals. Pb in root and stem tissue was 98.45 mg/kg and 123.79 mg/kg and optimal conditions were pH 7.16 in the soil.

Keywords: *Ochroma bicolor rowlee, Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), Pb, pH.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	
PERNYATAAN	
PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Asumsi Penelitian.....	3
1.6 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Dan Karakteristik.....	6
2.2 Logam Berat Timbal (Pb).....	6
2.3 pH.....	7
2.4 <i>Ochroma bicolor rowlee</i>	8
2.5 Mikroorganisme	8
2.5.1 <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR).....	8
2.5.2 <i>Arbuscular Mycorrhizal Fungi</i> (AMF).....	9
2.6 Bio-Fitoremediasi.....	10
2.7 Penelitian terdahulu.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan	17

3.3 Tahapan Penelitian.....	17
3.3.1 Persiapan Semai Tanaman	19
3.3.2 Pengambilan Sampel Tanah TPA.....	19
3.3.3 Persiapan Media Tanam	20
3.3.4 Persiapan Inokulum Mikroba.....	21
3.3.5 Proses Penanaman Tanaman dan Inokulasi.....	23
3.3.6 Pemeliharaan Tanaman dan Pengamatan.....	26
3.3.7 Pemanenan Tanaman.....	27
3.3.8 Analisis pH Tanah.....	27
3.3.9 Analisis Logam Berat Tanah Jaringan Tumbuhan.....	27
3.3.10 Analisia Data.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil Analisa Laju Pertumbuhan <i>Ochroma bicolor rowlee</i>	31
4.2 Hasil Analisa Uji pH.....	35
4.3 Hasil Analisa Pengujian Logam Berat Pada Jaringan Tumbuhan.....	36
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Simpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	49
RIWAYAT HIDUP.....	57

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu.....	11
Tabel 3.1 Populasi Mikroba PGPR.....	26
Tabel 3.2 Jumlah Perlakuan pada peneltian	26
Tabel 3.3 SNI Pengujian pH.....	27
Tabel 3.4 SNI Pengujian Pb.....	28
Tabel 3.5 Nilai Pb pada Tanah	28
Tabel 3.6 Nilai Pb pada tumbuhan.....	28

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 ruang lingkup proses penelitian	4
Gambar 2.1 Mekanisme Fitoremediasi	11
Gambar 3.1 Peta Lokasi <i>Greenhouse</i>	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	18
Gambar 3.3 Peta Lokasi Pengambilan Sampel di TPA Piyungan, Bantul.....	20
Gambar 3.4 Reculture Mikroba	22
Gambar 3.5 Inokulasi ke media NaCl.....	22
Gambar 3.6 Reculture AMF.....	23
Gambar 3.7 Perlakuan <i>Acaulospora sp</i>	24
Gambar 3.8 Perlakuan PGPR.....	24
Gambar 3.9 Perlakuan <i>Acaulospora sp</i> + PGPR	25
Gambar 3.10 Penanaman <i>Ochroma bicolor rowlee</i>	25
Gambar 4.1 Pertumbuhan <i>Ochroma bicolor rowlee</i> dengan perlakuan Kontrol, <i>Acaulospora sp</i> + PGPR, <i>Acaulospora sp</i> , dan PGPR.....	30
Gambar 4.2 hasil pengukuran tinggi tanaman pada Kontrol, <i>Acaulospora sp</i> + PGPR, <i>Acaulospora sp</i> , dan PGPR dengan n=3 kali pengulangan	31
Gambar 4.3 hasil pengukuran diameter tanaman pada Kontrol, <i>Acaulospora sp</i> + PGPR, <i>Acaulospora sp</i> , dan PGPR dengan n=3 kali pengulangan	32
Gambar 4.4 hasil pengukuran jumlah daun pada Kontrol, <i>Acaulospora sp</i> + PGPR, <i>Acaulospora sp</i> , dan PGPR dengan n=3 kali pengulangan	33
Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi pH Pada Tanah di masing masing perlakuan dengan n=3 kali pengulangan	34
Gambar 4.6 Grafik Konsentrasi Logam Pb Pada Tanah, Akar dan Batang di masing masing perlakuan dengan n=3 kali pengulangan.....	35

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1	Langkah Uji Sampel.....	49
Lampiran 1.2	Perhitungan.....	52
Lampiran 1.3	Dokumentasi Pelaksanaa Penelitian.....	55

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data badan pusat statistik Daerah Istimewa Yogyakarta, diketahui telah terjadi laju peningkatan jumlah penduduk sebesar 1,44% pada tahun 2020-2022 dengan jumlah penduduk pada tahun 2022 mencapai 3,7 juta jiwa di Daerah Istimewa Yogyakarta (BPS DIY, 2023). Pengaruh pada aktivitas lingkungan sosial disekitarnya, terutama pada faktor ekonomi yang menimbulkan peningkatan jumlah kebutuhan konsumsi penggunaan barang, sehingga sejalan lurus pada tingkat penimbunan volume, jenis dan karakteristik sampah yang dihasilkan.

Melalui regulasi UU No 18 Tahun 2008 Tentang pengelolaan sampah. kebijakan penyelenggaraan pengelolaan sampah dilakukan untuk mengurangi dampak buruk sampah ke lingkungan dengan penggunaan metode dan teknologi yang tepat guna. Pada hal ini, Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai pelaksana tata kelola sampah daerah, bertanggung jawab terhadap proses pengelolaan sampah dengan membangun sarana pemrosesan akhir sampah. TPA Piyungan merupakan wujud dari realisasi sarana pengelolaan sampah yang digunakan dalam mengatasi permasalahan sampah dari beberapa daerah, yaitu Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul (Ariyani *et al.*, 2018).

TPA Piyungan pada pengoperasiannya mengalami perkembangan, dari sistem *open dumping* menjadi *sanitary landfill*. Akan tetapi, dampak lingkungan yang terjadi dari pembangunan TPA Piyungan membawa pencemaran tanah, berdasarkan penelitian sebelumnya pada tahun 2011, dijelaskan bahwa terdapat konsentrasi logam berat pb pada tanah TPA Piyungan, diakibatkan dari sampah yang mengalami pembusukan lalu menghasilkan air lindi yang mengandung berbagai senyawa yang dapat mencemari tanah (Muyassar, 2021).

Akumulasi logam berat yang ada pada tanah akan membuat pencemaran tanah semakin meningkat sehingga membuat pH tanah menurun. Kondisi pH yang rendah membuat mobilitas logam berat bergerak bebas pada tanah dan tanaman yang mempunyai kemampuan dalam menyerap logam berat akan mudah mengakumulasinya. Pada 2021 dilakukan penelitian fitoremediasi menggunakan tanaman hiperkumulator, yaitu jarak

pagar dan bayam pada tanah tercemar di TPA Piyungan, hasil menunjukkan bahwa penggunaan tanaman 2 jenis tanaman ini kurang efektif dalam menyerap logam berat. Karena kondisi tanah TPA yang lempung sehingga kemampuan tanaman untuk menyerap material organik berkurang (Putri *et al.*, 2021).

Penggunaan tanaman dalam fitoremediasi harus dipilih secara cermat, hal ini sejalan dengan pernyataan Kafle *et al.*, (2020) bahwa tumbuhan mampu melakukan fitoremediasi dengan mempengaruhi air, massa terhadap kontaminan yang ada di tanah, serta sedimen. Maka dapat dipastikan bahwa tumbuhan dapat tumbuh dan menyerap logam berat, serta dapat dimanfaatkan.

Penelitian ini sejalan dengan yang telah dilakukan oleh Istiqomah (2017) menggunakan tumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* dan AMF pada tanah yang terkontaminasi timbal. Pada hasil penelitian sebelumnya menunjukkan pemberian AMF yang bersimbiosis dengan *Ochroma bicolor rowlee*, mampu mengakumulasi logam berat pada jaringan tanaman lebih dari 1000 ppm, namun membuat pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* terhambat dan menjadi kerdil.

Pengupayaan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan dapat hidup berdampingan dengan AMF, maka penambahan mikroorganisme PGPR menjadi solusi. Berdasarkan pada penelitian Utami (2018) bahwa pengaruh penerapan PGPR pada tanaman kedelai pada tanah ultisol yang mampu meningkatkan biomassa pada tumbuhan karena efektifitas bakteri pada kebutuhan serapan unsur hara tanaman.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang akan dikaji pada penelitian ini:

1. Bagaimana potensi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) pada laju pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* di tanah TPA Piyungan ?
2. Bagaimana potensi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF), *Ochroma bicolor rowlee* dalam menyerap logam berat (Pb) pada tanah TPA Piyungan ?
3. Bagaimana potensi *Plant Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) dan *Ochroma bicolor rowlee* dalam mempengaruhi nilai pH pada tanah ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini:

1. Menginvestigasikan Potensi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) pada laju pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* di tanah TPA Piyungan.
2. Menginvestigasikan potensi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF), *Ochroma bicolor rowlee* dalam Penyerapan (Pb) di tanah TPA Piyungan.
3. menginvestigasi Potensi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) dan *Ochroma bicolor rowlee* dalam mempengaruhi nilai pH tanah.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan mampu memberikan manfaat:

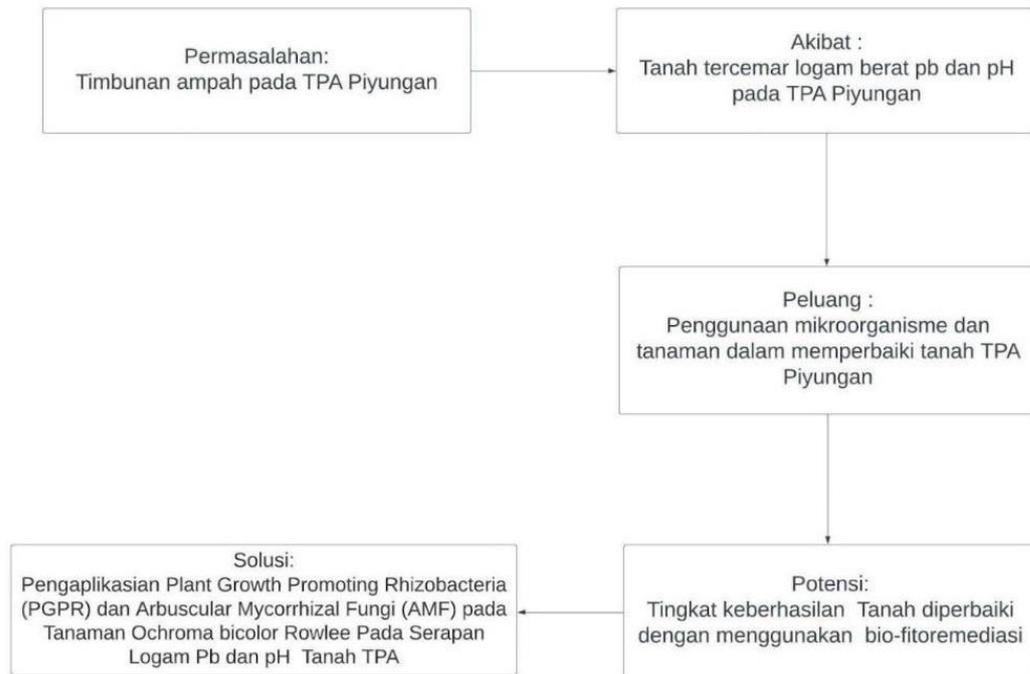
1. Mengembangkan studi literatur terbaru dalam menemukan inovasi memperbaiki lahan TPA yang telah terkontaminasi logam berat dengan menjadikan kawasan hijau yang bermanfaat
2. Hasil dari penelitian dapat digunakan untuk acuan penelitian selanjutnya.

1.5 Asumsi Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian adalah:

1. Pengujian kandungan logam berat Pb pada sampel tanah TPA.
2. Pengujian parameter keasaman (pH) pada tanah TPA Piyungan.
3. Pengukuran tinggi, diameter, dan jumlah daun pada tanaman sebagai parameter tumbuh tanaman pada sampel tanah TPA.
4. Potensi penggunaan mikroorganisme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) pada media tanam *Ochroma bicolor rowlee*.
5. Potensi Penggunaan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) pada media tanam *Ochroma bicolor rowlee*.
6. Penelitian dan pengamatan pertumbuhan tanaman dilakukan dalam skala rumah kaca.

1.6 Ruang Lingkup



Gambar 1.1 ruang lingkup proses penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Dan Karakteristik

TPA Piyungan merupakan salah satu sarana pemerintah yang dibangun untuk pengelolaan sampah dengan meliputi daerah layanan Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman bagian selatan dan Kabupaten Bantul bagian utara yang masuk wilayah perkotaan, dengan metode pengolahan menggunakan *Sanitary Landfill*. TPA Piyungan telah beroperasi sejak tahun 1996 sampai sekarang yang berlokasi di RT 04 Dukuh Bendo Ngablak dan RT 05 Dukuh Watu Gender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Kasam, 2011).

Peningkatan volume sampah pada TPA Piyungan membuat pencemaran tanah akibat tumpukan sampah menghasilkan air lindi serta logam berat akibat proses pembusukan sampah, maka tercemarnya tanah di lingkungan TPA Piyungan akan bertambah luas (Muyassar *et al.*, 2012). Pencemaran tanah tersebut berhubungan dengan kandungan senyawa yang berbahaya, dikarenakan terjadinya pembentukan senyawa kimia yang beracun sehingga akan membuat pH tanah meningkat, hal ini mungkin disebabkan oleh tingginya konsentrasi kation monovalen dan divalen pada lindi. Selain itu juga terjadi peningkatan kapasitas pertukaran kation, konduktivitas elektrik (EC), kalsium, sulfat, dan besi (Goswami *et al.*, 2013).

2.2 Logam Berat Timbal (Pb)

Toksikologi logam berat dibagi menjadi dua, didukung oleh manfaat logam berat yang dibutuhkan oleh tubuh manusia pada dosis tertentu yang disebut dengan logam berat esensial. jenis logam berat non esensial merupakan logam berat yang tidak dibutuhkan oleh tubuh manusia, sehingga akan memberikan dampak bagi kesehatan manusia terutama jika masuk pada tubuh manusia karena bersifat beracun. Untuk kategori logam berat esensial yaitu Co, Cu, Mn, Fe, Se, dan Zn sedangkan kategori non esensial yaitu Pb, Cr(IV), Hg, Cd, As, dan Sn (Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya BPOM RI, 2010).

Timbal atau plumbium (Pb) merupakan unsur kimia no 82 yang masuk golongan IVA pada logam berat dengan jumlah isotop pada timbal berjumlah 4 yang memiliki titik leleh sebesar 327,5°C serta titik didih pada atmosfer sebesar 1740°C. sehingga dalam keadaan bebas, jarang ditemukan timbal karena membentuk senyawa pada molekul lain (Gusnita, 2012).

Kondisi lingkungan bebas, logam berat pb dapat dihasilkan dari berbagai sumber, seperti aktivitas industri yaitu pembuatan lempengan baterai, pelapisan logam, bahan peledak, pateri, pembungkus kabel, aki, pigmen, cat anti karat, serta pengaplikasian pupuk fosfat untuk menanam, selain itu bahan bakar pada kendaraan terdapat kandungan timbal, secara tidak langsung pb mencemari tanah yang ada dilingkungan menjadi berlebihan (Juhaeti, *et al* 2004)

2.3 pH

pH merupakan kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoretis. Skala pH bukanlah skala absolut. pH bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH ditentukan berdasarkan persetujuan internasional (Antoni, 2017). pH didefinisikan derajat asam basa dengan nilai 0 sampai 14, dengan pembagian nilai dibawah 7, masuk kategori asam. Untuk nilai diatas 7, masuk kategori basa dan netral untuk angka 7 (Putra, 2017).

Kondisi pada suatu tanah akan dipengaruhi oleh pH, hal ini disebabkan tekstur tanah yang lembab membuat nilai pHnya mengecil, begitu juga pada kondisi sebaliknya (Wardah *et al.*, 2019). Nilai pH pada tanah akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, karena pengaruh toksik dari kandungan logam berat yang ada ditanah, sehingga perlunya pengukuran terhadap nilai pH tanah (Sari *et al.*, 2021)

2.4 *Ochroma bicolor rowlee*

Pada Penelitian ini, penggunaan tanaman *Ochroma bicolor rowlee* dengan penggunaan mikroorganisme dipilih sebagai pembenahan pada tanah TPA. Ciri

ciri tanah TPA yang tidak mudah menyerap air, maka pemilihan *Ochroma bicolor rowlee* sebagai tanaman bio-fitoremediasi adalah hal yang tepat, pernyataan ini didukung Widyastuti (2019) bahwa tumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* dapat hidup di kondisi daerah yang dekat dengan air ataupun lembab, serta pada kondisi tanah kering ataupun keras sehingga faktor intensitas air pada lingkungan menjadi pengaruh terhadap kerasnya kayu *Ochroma bicolor rowlee* serta dapat dipanen pada umur 4 tahun dengan diameter 30 cm.

Pada kayu *Ochroma bicolor rowlee* memiliki tekstur sel yang besar dan ber dinding tipis, ketika pohon *Ochroma bicolor rowlee* di panen dan dikeringkan maka air yang berada di dalamnya akan mudah keluar sehingga membuat bobot kayu berkurang (Charomaini *et al.*, 2005). Kayu *Ochroma bicolor rowlee* dikembangkan menjadi tanaman industri, disebabkan manfaat kayu *Ochroma bicolor rowlee* sebagai bahan baku, dari alat-alat isolasi, industri perkapalan, bahan papan seluncur, pesawat olahraga terbang layang (*aeromodelling*), rompi anti peluru, dan pelampung yang terbuat dari kayu *Ochroma bicolor rowlee* yang ringan, sehingga dikenal sebagai kayu paling stabil (Setiadi *et al.*, 2000).

2.5 Mikroorganisme

2.5.1 *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

Area rhizosfer merupakan tempat terjadinya aktivitas biologi pada tanah yang menjadi tempat hidupnya mikroorganisme seperti patogen dan agen pengendali hayati. Kondisi rhizosfer yang mengandung mikroorganisme sangat mempengaruhi perakaran tanaman (Lynch, 1990; Soesanto, 2008: 33). PGPR merupakan mikroorganisme yang hidup pada sekitaran perakaran (rhizosfer) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hayati untuk bidang bioteknologi pada pertanian dengan memfasilitasi tersedianya unsur hara esensial, serta sebagai pengendali patogen tanah (bioprotektan) (Marom *et al.*, 2017).

Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) mempunyai mekanisme yang beragam dalam pertumbuhan tanaman dengan memberikan manfaat berupa, biostimulans, yaitu menghasilkan, hormon sitokinin, asam giberelit, etilen, asam

indolasetat (IAA) yang dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhan, selain itu dapat melarutkan fosfat untuk tanaman, serta mempengaruhi proses terbentuknya bintil pada akar. Manfaat kedua sebagai bioprotectants, yaitu berupa pelindung bagi tanaman dari patogen dengan menghasilkan enzim kitinase, glucanase induksi bagi ketahanan tanaman, antibiotik, sumber nutrisi, (Fernando *et al.*, 2005).

2.5.2 *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF)

Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) merupakan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai inokulan pada pertumbuhan tanaman dalam memenuhi unsur hara sebagai pupuk hayati (Simanungkalit *et al.*, 2006). Struktur pembentuk *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) berupa spora, hifa, vesikel, dan arbuskula. Struktur ini dapat digunakan sebagai sumber inokulum (propagul) untuk menginfeksi akar tanaman (Smith *et al.*, 2008). Hal ini dikarenakan hifa yang diproduksi pada AMF berperan dalam meningkatkan penyerapan unsur hara sehingga baik bagi pertumbuhan tanaman (Rini *et al.* 2017). serta spora AMF mampu bertahan di dalam tanah hingga 6 bulan tanpa tanaman inangnya, bahkan ada yang dapat bertahan sampai dua tahun (Brundrett *et al.* ,2008).

AMF memiliki efektifitas pada tanaman inang dengan dipengaruhi oleh kelembaban suhu, mikroorganisme tanah, pH, serta karakteristik inangnya (Finmeta *et al.*2018 ; Probosari, 2011). Keunggulan AMF lainnya bahwa aplikasi AMF dapat dilalukan pada masa pembibitan dan penanaman efektif, tujuannya agar melindungi akar dan menekan kejadian penyakit BPB (busuk pangkal batang) (Hendarjanti *et al.*, 2022).

2.6 Bio-Fitoremediasi

Pencemaran lingkungan akibat logam berat memberikan dampak negatif ke lingkungan, maka membutuhkan upaya yang optimal dalam memperbaikinya. Pada penelitian ini, dilakukan penggabungan 2 teknik remediasi yaitu, bioremediasi dan fitoremediasi dalam mengatasi pencemaran logam berat pada tanah. Penggunaan bioremediasi dapat membantu dalam proses perubahan dan penghilangan senyawa organik maupun anorganik yang tidak dibutuhkan oleh lingkungan untuk

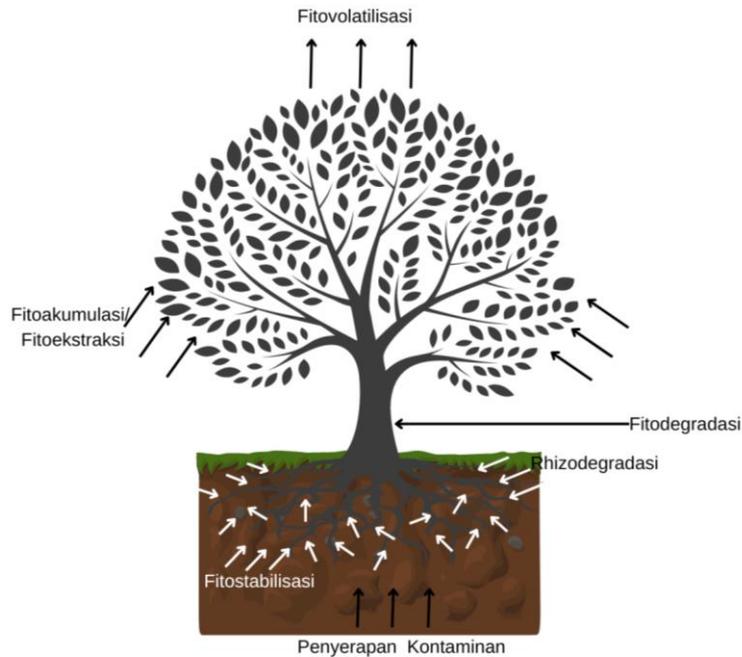
dapat didegradasi mikroorganisme seperti bakteri, jamur, ganggang dengan hasil akhir berupa karbon dioksida serta air (Lukic *et al.*, 2017).

Dalam proses bioremediasi, reaksi-reaksi biologis yang utama adalah reaksi metabolisme sel. Senyawa polutan yang berbahaya didegradasi oleh mikroorganisme baik di dalam ataupun diluar sel melalui reaksi redoks. Reaksi ini dikatalisis oleh enzim-enzim mikrobial yang dihasilkan mikroorganisme (Rahayu, 2005). Selain itu dalam penelitian ini menggunakan Fitoremediasi, yang merupakan upaya dalam memanfaatkan tanaman untuk menyerap logam berat agar memulihkan lingkungan.

Pada mekanisme kerjanya fitoremediasi terdiri dari beberapa tahapan dalam mereduksi zat pencemar;

1. Mekanisme *Phytoaccumulation (phytoextraction)* yaitu polutan diserap oleh akar tanaman agar dapat didistribusikan pada jaringan tumbuhan.
2. Mekanisme *Rhizofiltration* yaitu zat kontaminan yang diadsorpsi oleh akar agar dapat menempel pada jaringan akar.
3. Mekanisme *Phytostabilization*, yaitu zat kontaminan diserap pada bagian akar sehingga menempel pada akar, namun tidak dapat terbawa air ataupun tidak diteruskan pada jaringan tanaman.
4. Mekanisme *Rhizodegradation*, yaitu zat kontaminan diuraikan oleh tumbuhan namun dengan bantuan mikrob yang hidup di daerah perakaran tumbuhan.
5. Mekanisme *Phytodegradation* yaitu, polutan yang diserap tanaman pada bagian tanaman seperti akar, batang dan daun dengan menghasilkan enzim oleh tanaman.
6. Mekanisme *Phytovolatilization*, yaitu polutan diserap tumbuhan dan dirubah menjadi volatil, agar tidak berbahaya ketika dilepaskan ke atmosfer (Irawanto, 2010).

Syarat dalam fitoremediasi adalah tanaman mampu tumbuh pada kondisi lahan manapun, yang mempunyai tingkat toleransi terhadap zat kontaminan dan mampu meremediasi lebih dari satu polutan (Gosh *et al.*, 2005).



Gambar 2.1 Mekanisme Fitoremediasi

2.7 Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan untuk referensi serta menjadi pembanding pada penelitian yang dilakukan

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No	Penulis	Tema Penelitian	Hasil Penelitian
1	Putri <i>et al.</i> , 2021	Fitoremediasi Tanah Tercemar Pb Dan Zn Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan, Yogyakarta	Pengujian fitoremediasi ini mendapatkan hasil bawah pada tanah TPA Piyungan bagian atas mengandung logam berat Pb, hal ini menjadi pengaruh pada efektifitas dari tanaman fitoremediasi pada tanah, karena kondisi tanah yang sulit menyerap air
2	Muyassar <i>et al.</i> , 2021	Pencemaran Logam Berat Pada Tanah Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah	Pada pengujian logam berat pada TPA ditemukan logam berat Pb konsentrasi yang tinggi pada bagian upper slope dan down slope hal ini dikarenakan

		Piyungan, Bantul, Yogyakarta	pengambilan sampel pada bagian titik tinggi tertentu pada bagian TPA
3	Utami <i>et al.</i> , 2018	Pengaruh PGPR (<i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i>), Kapur, Dan Kompos Pada Tanaman Kedelai Di Ultisol Cibinong, Bogor	Pengaruh penerapan PGPR (<i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i>), kapur, dan kompos pertumbuhan kedelai di lahan ultisol bogor, menggunakan RALF menunjukkan pengobatan formula bakteri oleh formula bakteri tanaman kedelai mampu meningkatkan ammonium dan nitrat serta formula bakteri balitkabi efektif untuk meningkatkan biomassa dan serapan N pada tanaman
4	Istiqomah, F. N. 2017	Fungsi AMF dan asam humat pada Pertumbuhan <i>Ochroma bicolor rowlee</i> (<i>Ochroma bicolor rowlee.</i>) di tanah terkontaminasi pb	Semai <i>Ochroma bicolor rowlee</i> yang bermikoriza pad AMF mampu mengakumulasi Pb lebih banyak, namun AMF belum mampu meningkatkan pertumbuhan <i>Ochroma bicolor rowlee</i> , karena pertumbuhannya menjadi kerdil
5	Kafie <i>et al.</i> , 2022	Fitoremediasi: Mekanisme, pemilihan tanaman dan peningkatannya dengan bahan alami dan sintetis.	Spesies yang ideal pada fitoremediasi yaitu membantu tumbuhan pada biomasnya. Pemilihan Tanaman dalam fitoremediasi memiliki kemampuan berbeda disebabkan air dan tanah yang akan diremediasi, lalu bentuk pada kontaminan yang akan dikurangkan pada lingkungan serta media yang digunakan pada kontaminan, dikarenakan pemilihan

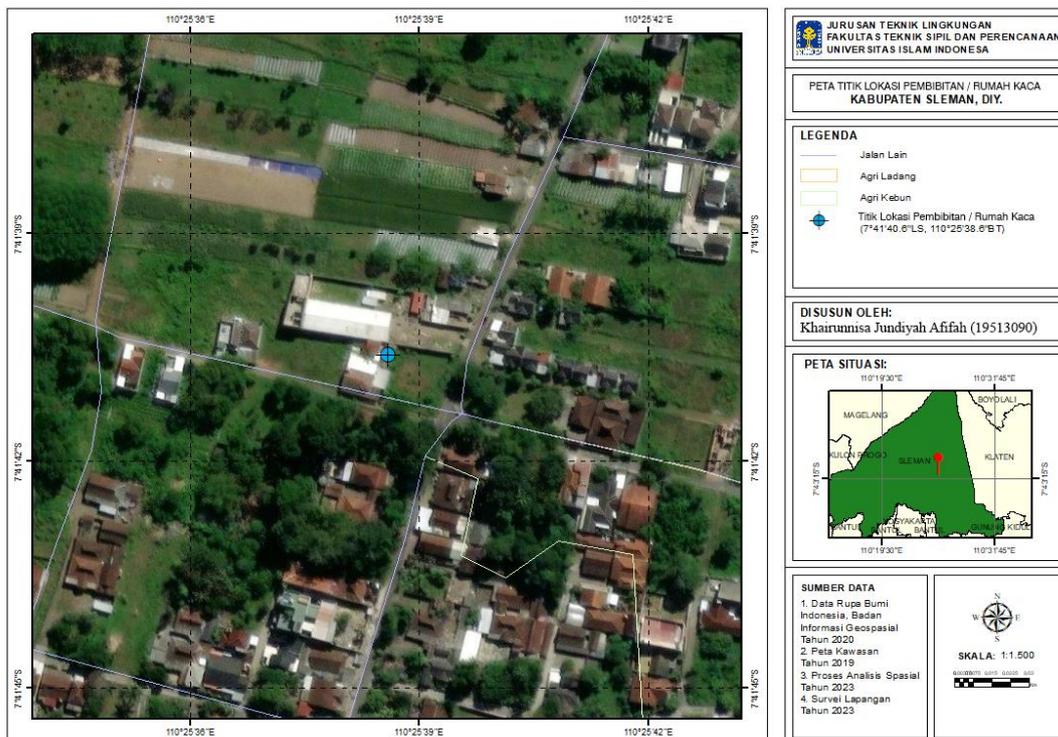
Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, beberapa telah membahas pengaplikasian mikroorganisme PGPR dan AMF terhadap beberapa tanaman serta pengaplikasian tanaman pada lahan TPA, Namun penerapan penggabungan antara fitoremediasi dan bioremediasi terhadap tanah TPA Piyungan belum dilakukan. Oleh karena itu dilakukan penambahan mikroorganisme PGPR dan AMF pada *Ochroma bicolor rowlee* agar dapat melihat simbiosis ketiganya dalam serapan Pb dan pH pada TPA Piyungan, hal ini di karenakan *Ochroma bicolor rowlee* dapat hidup pada kondisi lahan kritis.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium dan skala rumah kaca. Persiapan dilakukan dengan langkah semai tanaman, persiapan media tanam, penanaman *Ochroma bicolor rowlee*, pemeliharaan tanaman *Ochroma bicolor rowlee*, pengamatan *Ochroma bicolor rowlee*, dan pemanenan *Ochroma bicolor rowlee*. dilaksanakan di rumah kaca yang berada pada titik (7°41'40.6"LS 110°25'38.6"BT) di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Provinsi Yogyakarta.



Gambar 3.1 Peta Lokasi *Greenhouse*

Tahapan analisis logam berat Pb dan pH dilaksanakan di laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, penelitian dimulai pada bulan Juni 2023 sampai Oktober 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan alat :

3.2.1 Alat

alat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan:

1. Cangkul, untuk membuka tanah dan mengambil tanah pada lahan TPA
2. Polybag, sebagai wadah media tanam dan tanaman
3. Measuring tape, mengukur tinggi tanaman
4. Caliper, mengukur diameter batang
5. Timbangan analitik, mengukur berat jaringan tanaman dan bahan kimia
6. Amplop, Menyimpan jaringan tanaman yang telah dipanen
7. Erlenmeyer 250, Sebagai wadah cairan setelah disaring
8. Lemari asam, tempat terjadinya penggunaan bahan kimia
9. Aluminium foil, menutup alat agar tetap steril
10. Shaker, menghomogenkan larutan dengan satu arah gerakan
11. Kompor listrik, memanaskan larutan atau zat kimia
12. Kaca arloji, wadah untuk menimbang bahan kimia
13. Blender, menghancurkan jaringan tanaman
14. Ayakan 50 mesh, menyaring tanah
15. pipet ukur, memindahkan cairan dengan ukuran yang sesuai ukuran dari wadah satu ke wadah yang lain
16. Corong, sebagai alat bantu saring serta memindahkan cairan ke dalam wadah yang kecil
17. Labu ukur, wadah mengencerkan zat sesuai ukuran
18. Gelas ukur, mengukur volume cairan
19. Sendok sugu, mengambil sample
20. Gelas beaker, wadah menampung cairan kimia
21. AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer), instrument yang mengukur kadar logam
22. Kertas saring no 42, memisahkan partikel dengan cairan
23. pH meter, mengukur asam-basa larutan

24. Botol vial, menyimpan cairan
25. Tabung reaksi, tempat mereaksikan dua larutan kimia
26. Rak tabung reaksi, tempat meletakkan tabung reaksi
27. Plastik *Ziplock*, tempat penyimpanan media zeolit

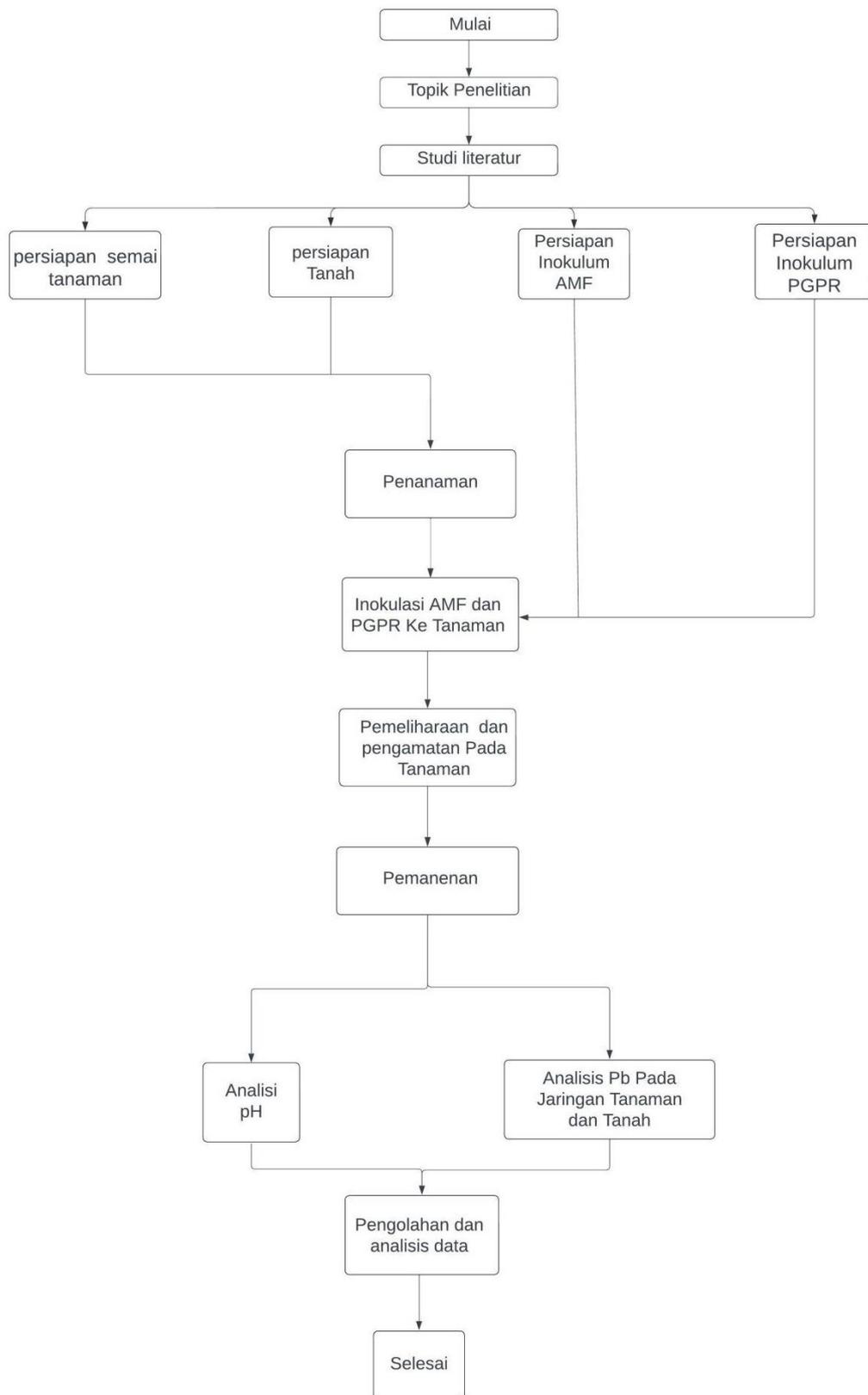
3. 2. 2 Bahan

dalam penelitian ini menggunakan bahan yaitu:

1. Bibit *Ochroma bicolor rowlee*
2. Tanah TPA yang sudah steril
3. HNO₃
4. HClO₄
5. H₂SO₄
6. Alkohol 70%
7. NaCl
7. Aquadest
8. Nutrient Agar
9. Media Zeolit
10. PGPR
11. AMF

3.3 Tahapan Penelitian

Beberapa tahapan proses dalam penelitian digambarkan menggunakan diagram alir seperti yang dapat dilihat di **Gambar 3.3**



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

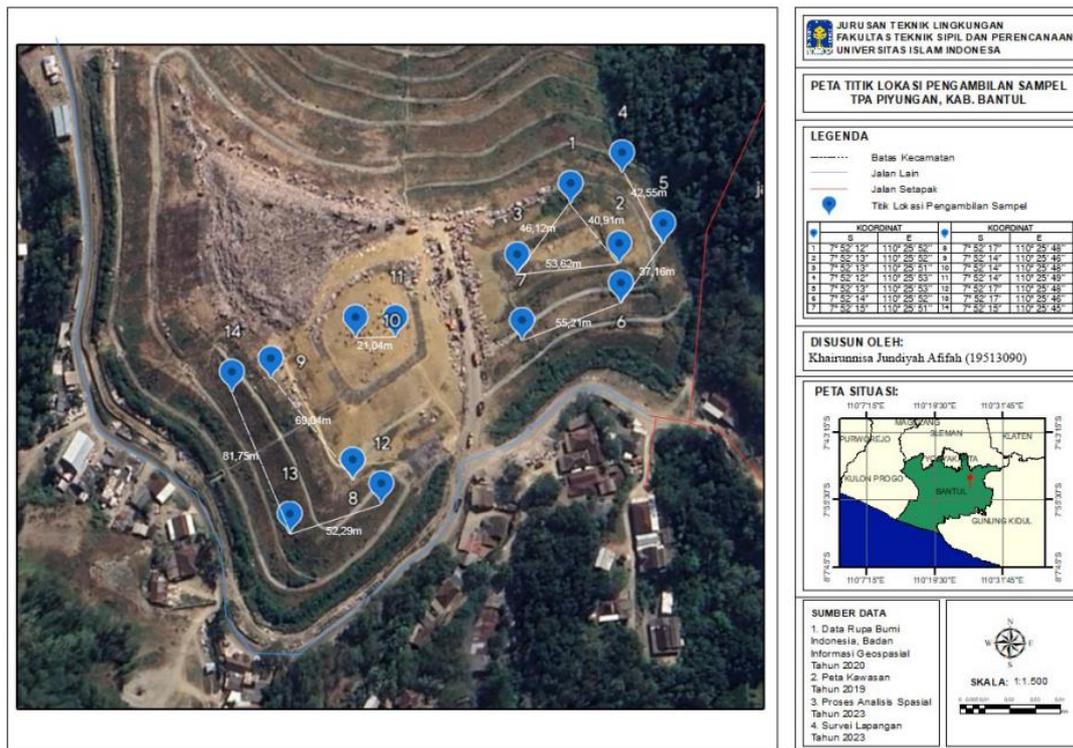
3.3.1 Persiapan Semai Tanaman

Pada tahap persiapan semai tanaman, disiapkan bibit yang dimasukkan kedalam polybag kecil yang berisikan tanah. Dilakukan penyiraman agar menjaga kelembapan tanah (Martiani, 2022). pada masa 2 bulan pertumbuhan, bibit tidak menggunakan tambahan pupuk. Pemeliharaan tanaman dilakukan di rumah kaca yang berada Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Provinsi Yogyakarta.

3.3.2 Pengambilan Sampel Tanah TPA

Untuk Pengambilan sampel tanah sebagai media tanam diambil di TPA Piyungan yang berlokasi pada Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo. Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia yang dilakukan pada bulan Februari 2023 - April 2023. Pada proses pengambilan tanah, digunakan metode *systematic grid sampling* yaitu pemilihan titik koordinat secara acak dengan jarak titik yang telah ditentukan dengan mempertimbangkan luas dan lokasi sampling (Wibowo, 2018).

Pengambilan tanah diambil pada tanah penutup bagian daerah atas, kemiringan, dan daerah vegetasi Dengan jumlah 14 titik, hal ini dikarena luasan sel sebesar 2.02 ha maka setiap jarak 20-80 meter dilakukan pengambilan sampel agar setiap bagian lereng dan pucak bukit mewakili bagian dari timbunan sampah. Kedalaman 10-20 cm dipilih dikarenakan sifat sifat pada tanah yang memiliki kekerasan berbeda pada tanah mineral (Badan Penelitian dan pengembangan pertanian kementerian pertanian, 2017)



Gambar 3.3 Peta Lokasi Pengambilan Sampel di TPA Piyungan, Bantul

3.3.3 Persiapan Media Tanam

Tanah yang telah diambil, dilakukan proses sterilisasi di *green house* dengan menggunakan *autoklaf*. Proses sterilisasi mengacu pada penelitian Annisa (2012) proses ini menggunakan *autoklaf* serta media yang dibungkus plastik, diatur mekanisme sterilisasi terhadap pengukuran suhu dan waktu untuk proses *autoklaf*, biarkan uap air keluar setelah selesai proses *autoklaf*, namun ketentuan pada suhu serta waktu pada *autoklaf* yang berbeda, karena dalam pada proses ini mensterilkan Tanah TPA sehingga penggunaanya menggunakan suhu 85 derajat celcius dengan waktu 5 jam agar mematikan pathogen.

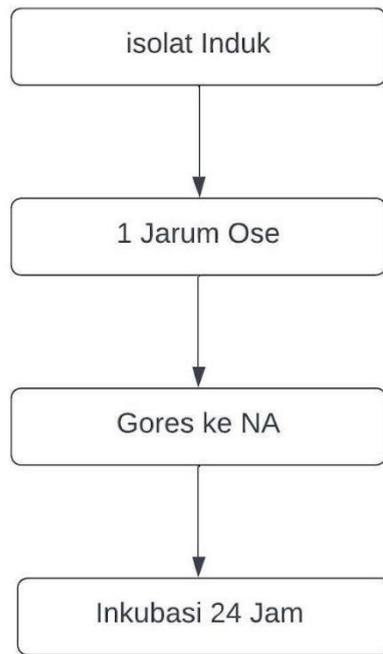
Pada saat proses sterilisasi telah selesai dan dalam keedinginan maka tanah dapat dikeluarkan, lalu dilanjutkan ke tahap selanjutnya dengan cara komposit dari beberapa titik pengambilan sampel tanah agar tanah dapat homogen. Metode komposit ini membantu sampel dalam menghasilkan data pada titik lokasi tertentu sehingga mampu mewakili seluruh titik penelitian (Singarimbun, 1989)

3.3.4 Persiapan Inokulum Mikroba

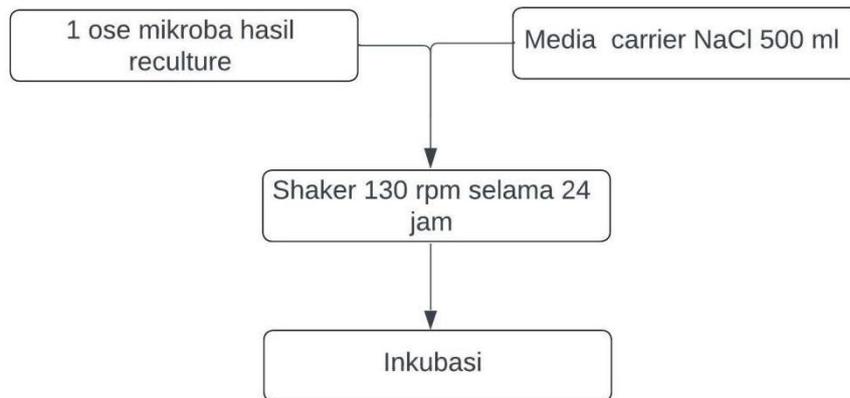
Dalam membantu pertumbuhan tanaman, penggunaan inokulum AMF dan PGPR didapat dari tanah degradasi lahan tambang. Pemakaian inokulum pada tanaman dapat membantu pemenuhan kebutuhan nutrisi selama pertumbuhan serta melakukan perpindahan dan penyerapan pada kotaminan yang berada di tanah ke akar tanaman dan berpindah pada jaringan lainnya.

Proses inokulum mikroorganise ini mengikuti metode penelitian (Wijaugi, 2022). Pada inokulum *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)* dilakukan budidaya mikroba pada media baru, dengan Reculture mikroba pada media berupa NA (*Nutrient Agar*) yang dimasukkan kedalam cawan petri pada *laminar air flow* agar tetap steril. Lalu mikroba induk yang telah dipindahkan kedalam NA dibungkus menggunakan kertas sampul dan diinkubasi selama 24 jam. Selanjutnya mikroorganisme yang terpilih diambil dari media NA lalu dimasukkan pada larutan media carrier NaCl, maka dilakukan homegenisasi menggunakan *shaker* dan *magnetic stirrer* pada kecepatan 130 ppm selama 24 jam. Penggunaan NaCl sebagai media tumbuh bakteri agar harga lebih lebih murah dari *Nutrient Broth*.

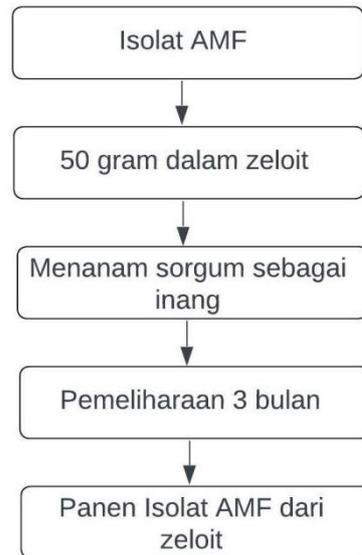
Pada Inokulum *Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)* dilakukan pembuatan semaian tanaman sorgum pada media zeolit dengan dilakukan perawatan penyiraman selama 3 hari. Lalu sorgum dipanen setelah 3 bulan penanaman dan media zeolit disimpan dalam plastik *zip lock* agar tidak kontaminasi. Pada inokulasi AMF, genus *Acaulospora sp* merupakan bibit yang lebih dominan.



Gambar 3.4 Reculture Mikroba



Gambar 3.5 Inokulasi ke media NaCl

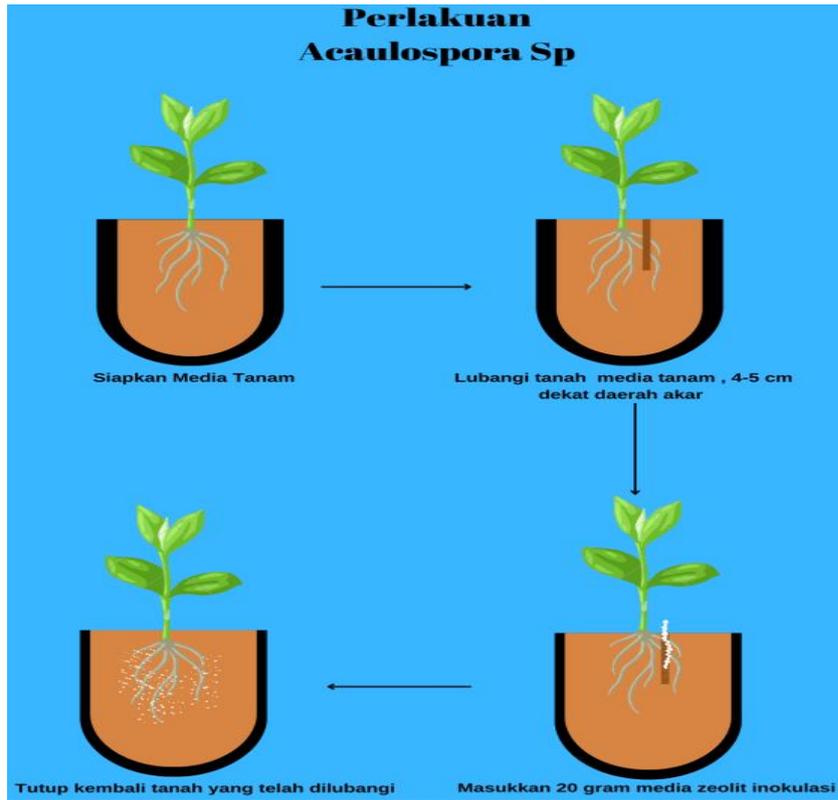


Gambar 3.6 Reculture AMF

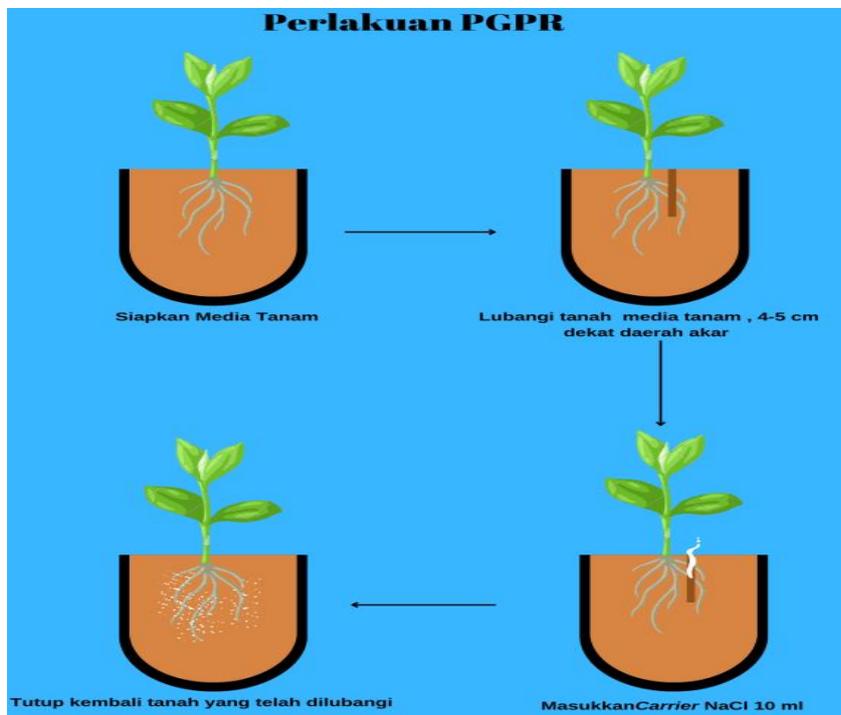
3.3.5 Proses Penanaman Tanaman dan Inokulasi

Metode yang digunakan pada penanaman tanaman dan inokulasi mengikuti metode penelitian (Wijaugi, 2022). Penanaman dan Inokulasi ini dilakukan dengan pemindahan semai tanaman dalam polybag baru yang berisikan media tanah steril sebanyak 350 gram tanah TPA yang telah dihomogenkan dengan perbandingan 1:3 dari tanah semai tanaman. Setiap jenis perlakuan memiliki jumlah sebanyak 25 tanaman. Fungsi dari banyaknya pengulangan pada tanaman ini membantu pengurangan bias pada pengukuran tanaman.

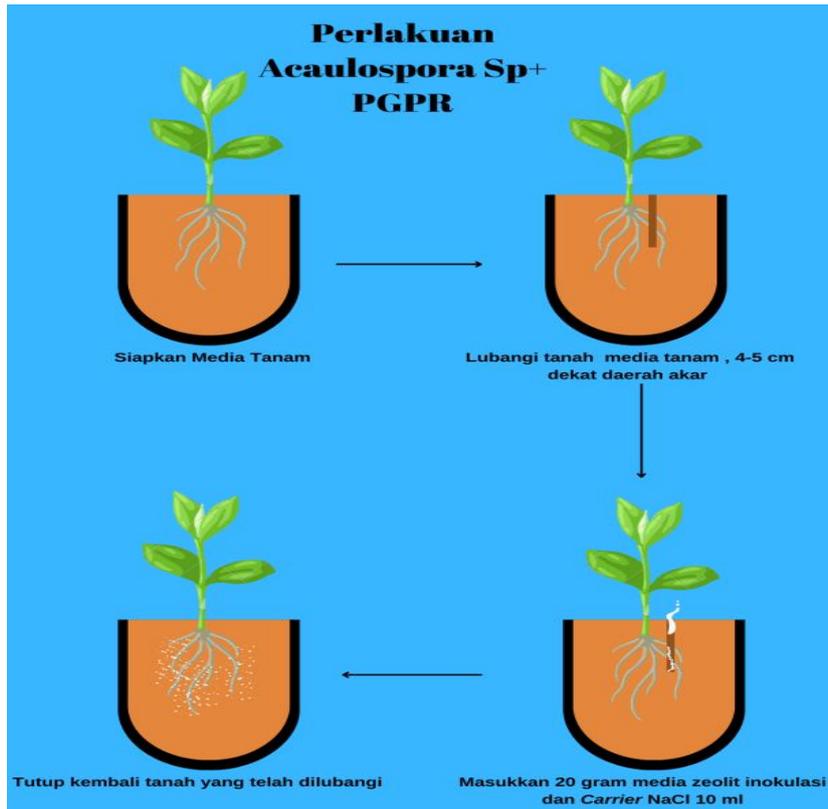
Menambahkan media zeolit dari inokulasi AMF pada media tanam *Ochroma bicolor rowlee* sebanyak 20 gram. Pemindahan inokulasi PGPR dilakukan dengan melubangi media tanam *Ochroma bicolor rowlee* sedalam 4-5 cm lalu dimasukkan 10 ml mikroba dan ditutup kembali



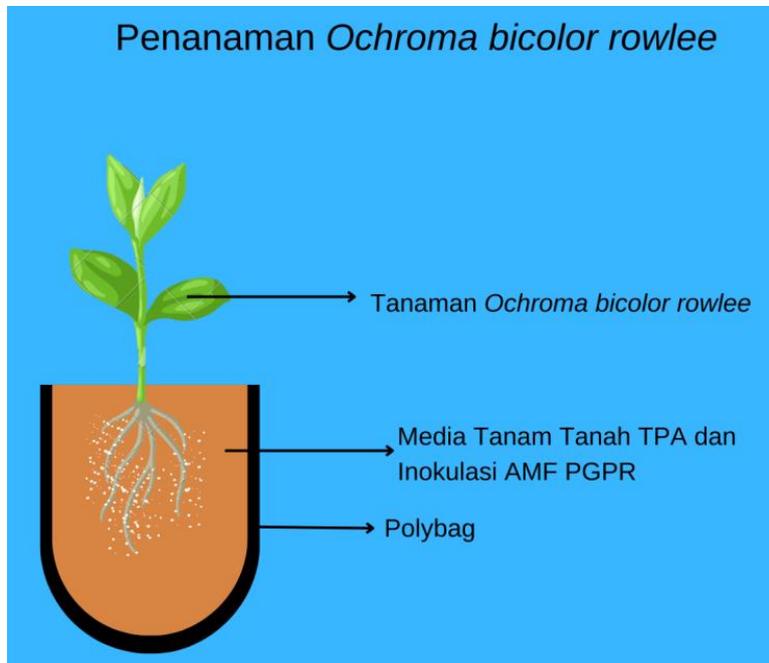
Gambar 3.7 Perlakuan *Acaulospora sp*



Gambar 3.8 Perlakuan PGPR



Gambar 3.9 Perlakuan *Acaulospora sp* + PGPR



Gambar 3.10 Penanaman *Ochroma bicolor rowlee*

Tabel 3.1 Populasi Mikroba PGPR

Kode koloni	Pengenceran	Jumlah Populasi
PGPR	10 ³	7.104 CFU/mL

Sumber: Data Primer

Tabel 3.2 Jumlah perlakuan pada penelitian

Perlakuan	Jumlah
Kontrol	25 Tanaman
Acaulospora sp +PGPR	25 Tanaman
Acaulospora	25 Tanaman
PGPR	25 Tanaman

3.3.6 Pemeliharaan Tanaman dan Pengamatan

Pemeliharaan tanaman ini dilakukan dengan penyiraman tanaman selama 3 hari sekali dan pengamatan tumbuhan selama 3 minggu sekali untuk mengukur diameter tanaman, tinggi tanaman, dan jumlah daun pada tumbuhan *Ochroma bicolor rowlee*, tanpa diberikan tambahan pupuk selama proses pertumbuhan.

3.3.7 Pemanenan Tanaman

Metode dalam pemanenan tanaman ini mengikuti Fathikasari, (2022). Tahap pemanenan dilakukan setelah 3 bulan penanaman, pemanenan dapat dilakukan menjadi beberapa bagian jaringan akar tanaman, daun tanaman, batang tanaman, serta tanah. Langkah selanjutnya dilakukan pengukuran biomassa basah dengan timbangan analitik untuk mengetahui kandungan logam berat pada bagian jaringan tumbuhan. Pada pengukuran biomassa kering dilakukan dengan memasukkan jaringan tanaman ke dalam oven selama 48 jam dengan suhu 70 C agar dapat dikeringkan, lalu ditimbang kembali dengan timbangan analitik untuk mengetahui massanya setelah dikeringkan.

3.3.8 Analisis pH Tanah

Pada analisa pH tanah, dibutuhkan 5 gram tanah TPA yang dicampurkan dengan menggunakan aquades, kemudian larutan tersebut di homogenkan dengan

menggunakan shaker selama 30 menit, pengukuran pH tanah dapat digunakan dengan instrumen pH meter ketika tanah telah mengendap kebawah dengan kalibrasi buffer 4, 6, dan 9.

Tabel 3.3 SNI Pengujian pH

No	Parameter	Metode	SNI	Keterangan
1	pH	Melarutkan Tanah	6989.11:2009	Cara uji derajat keasaman (pH) menggunakan alat pH

3.3.9 Analisis Logam Berat Tanah dan Jaringan Tumbuhan

Pada uji analisis logam berat penggunaan sampel tanah, akar, serta batang tumbuhan harus dalam keadaan kering angin dengan tahapan, mengambil 1 gram tanah lalu ditambahkan HNO₃ sebanyak 5 ml, 50 ml aquadest, dilanjutkan dengan destruksi selama 2 jam pada lemari asam hingga tersisa 10 ml. Untuk jaringan tanaman dilakukan perlakuan destruksi dengan mengambil berat sebanyak 0.5 gram jaringan tanaman lalu dicampur 5 ml HNO₃ dan 0.5 ml HClO₄. Setelah destruksi dilakukan, sampel dapat disaring dan dimasukkan kedalam labu ukur yang berukuran 25 ml dengan penambahan aquadest pada garis batas labu ukur setelah itu dihomogenkan. selanjutnya sampel dapat dimasukkan ke dalam botol vial yang akan diuji

Tabel 3.4 SNI Pengujian Pb

No	Parameter	Metode	SNI	Keterangan
1	Timbal(Pb)	Destruksi	06-6992.3-2004	Cara uji timbal (Pb) secara destruksi asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Tabel 3.5 Nilai Pb pada Tanah

Nilai kritis pada tanah	
Concentration	Range
Pb	100-400 mg/kg

Referensi : Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. Second Edition. Glasgow : Blackie Academic & Professional An Imprint of Chapman & Hall.

Tabel 3.6 Nilai Pb pada tumbuhan

Konsentrasi Pb di tumbuhan (contoh : rumput)		
concentrations	Range	conditions
Pb	0,3-1,5 $\mu g/g$	dry metter
	10 $\mu g/g$	late autumn
	30-40 $\mu g/g$	late winter

Referensi : Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. Second Edition. Glasgow : Blackie Academic & Professional An Imprint of Chapman & Hall.

3.3.10 Analisia Data

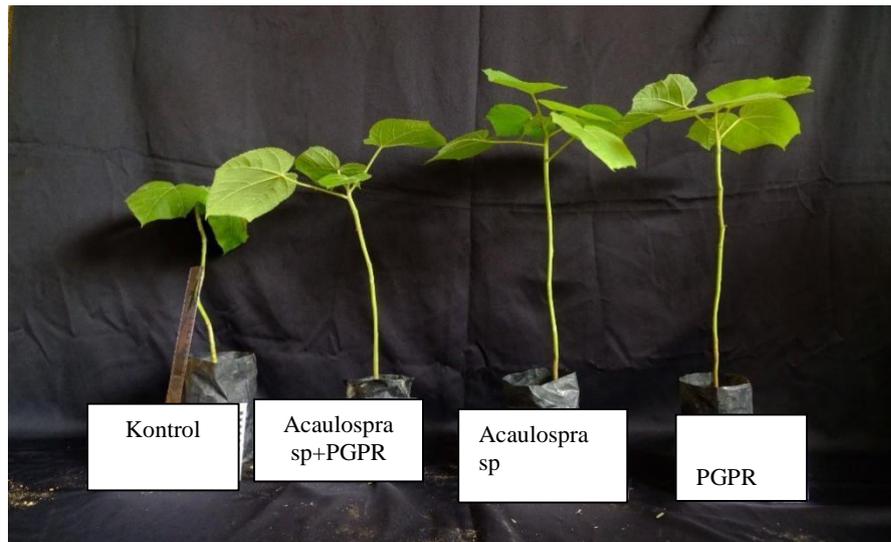
untuk mendapatkan beberapa analisa, maka dilakukan perbandingan empat jenis media tanam kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR pada tumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* yang mempunyai efektivitas dalam menyerap logam berat yang. Hasil data ditampilkan dalam bentuk statistik berupa grafik dan pendekatan *standard error*. Hal ini dikarenakan standar error merupakan nilai rata-rata pada penelitian yang mencakup keseluruhan data (Cahyono, 2018). Hasil keseluruhan dari penelitian ini, untuk melihat kecenderungan Tumbuhan yang dapat menyerap logam berat serta dapat memperbaiki pH Tanah TPA

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa Laju Pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee*

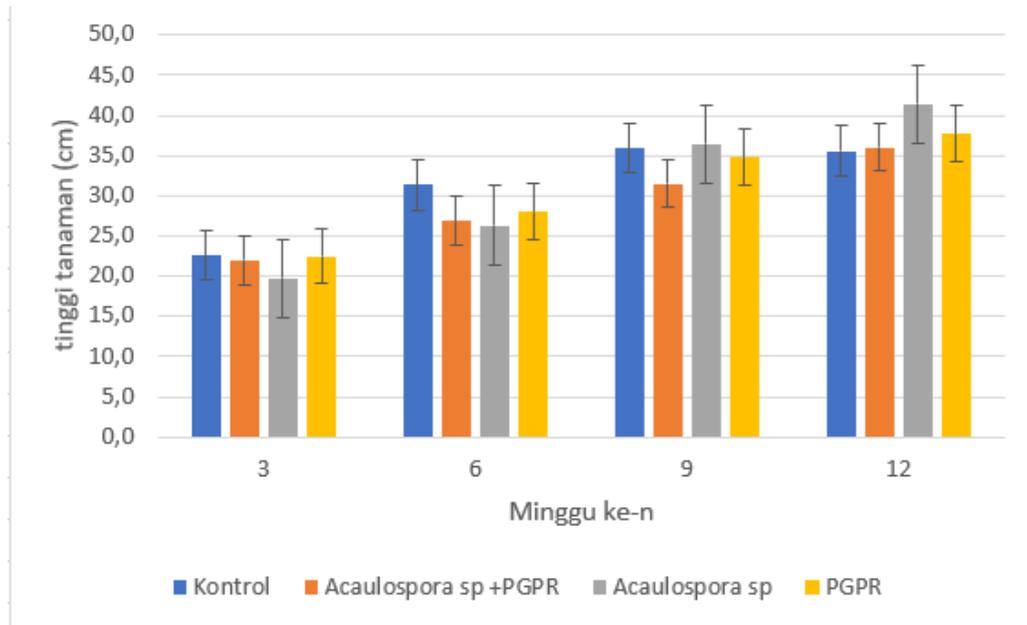
Pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee*, dilakukan pengukuran setiap 3 minggu sekali dengan parameter tinggi tanaman, diameter batang tanaman, serta jumlah daun.



Gambar 4.1 Pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* dengan perlakuan Kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR

4.1.1 Pengaruh Pada Tinggi Tanaman *Ochroma bicolor rowlee*

Perubahan tinggi pada pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* merupakan salah satu parameter yang diamati selama 12 minggu, agar dapat melihat laju pertumbuhan pada 4 jenis perlakuan berbeda, yaitu Kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR yang tertera pada gambar 4.2



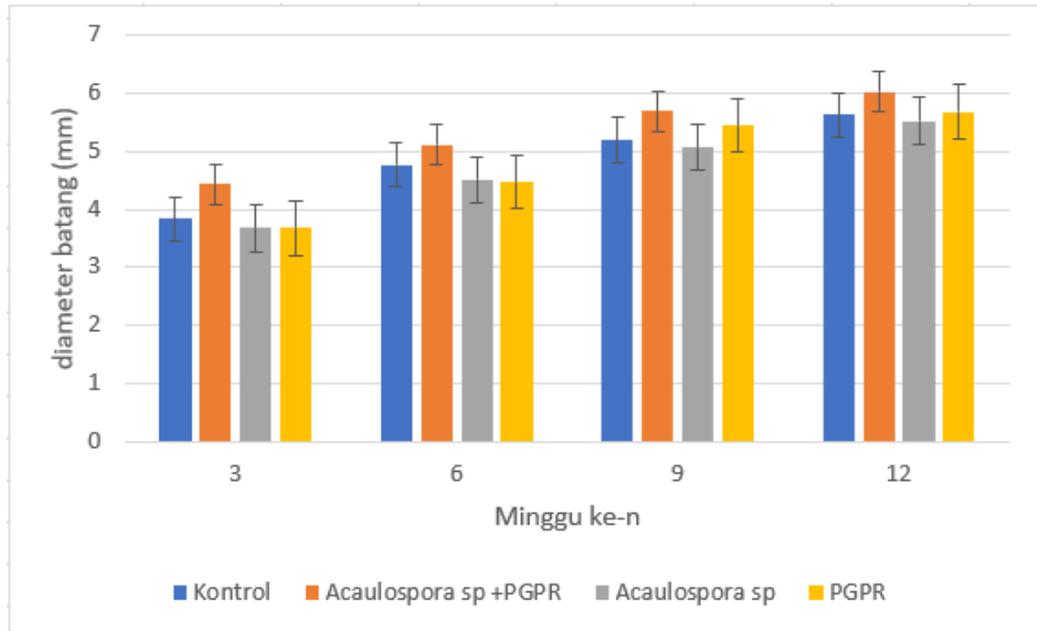
Gambar 4.2 hasil pengukuran tinggi tanaman pada Kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR dengan n=3 kali pengulangan

Berdasarkan gambar 4.2 pertumbuhan tinggi pada *Ochroma bicolor rowlee* mengalami pertumbuhan tinggi pada media tanam yang beda dengan data pertumbuhan pada waktu 3 minggu pertama, yang mengalami peningkatan tinggi sebesar 5 cm pada setiap perlakuan. Pada minggu ke 6 perubahan tinggi yang sangat signifikan berada pada kontrol dibandingkan dengan tambahan perlakuan yang lain. Perubahan di minggu ke 12, perlakuan *Acaulospora sp* memiliki tinggi 42 cm dari perlakuan jenis yang lain, sehingga dari pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* dengan perlakuan *Acaulospora sp* membuktikan bahwa, *Acaulospora sp* dapat memenuhi nutrisi pada pertumbuhan tinggi tanaman. Kejadian tersebut sejalan dengan pernyataan Purwanto (1985) bahwa *Acaulospora sp* melakukan infeksi pada jaringan akar tumbuhan di tanah yang rendah unsur hara, agar mendapatkan unsur hara pada tanah yang toksik, untuk memenuhi kebutuhan unsur hara makro.

4.1.2 Pengaruh Pada Diameter Tanaman *Ochroma bicolor rowlee*

Pertumbuhan yang terjadi pada diameter batang *Ochroma bicolor rowlee* perlu diukur dalam masa pengamatannya, dengan waktu pengukuran setiap 3 minggu sekali. Pengukuran dilakukan agar melihat perbedaan diameter *Ochroma bicolor rowlee* dari waktu ke waktu dengan penggunaan 4 perlakuan yang berbeda

yaitu kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR terhadap laju perbesaran diameter tanaman.

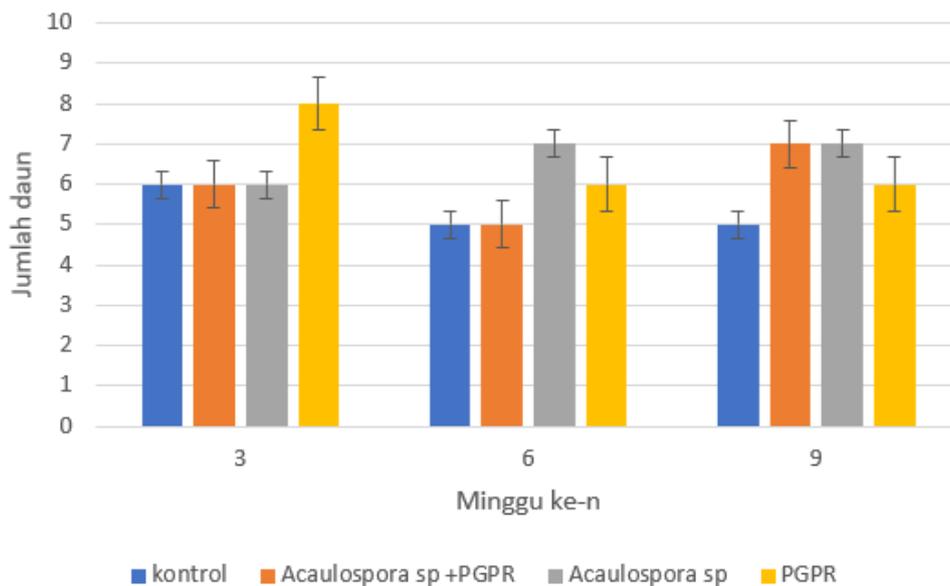


Gambar 4.3 hasil pengukuran diameter tanaman pada Kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR dengan n=3 kali pengulangan

Pengamatan *Ochroma bicolor rowlee* yang dilakukan selama 12 minggu mendapatkan hasil perlakuan *Acaulospora sp* + PGPR mengalami angka pertumbuhan diameter yang lebih besar dari pada pengaplikasian perlakuan lainnya, dengan pembesaran diameter batang setiap 3 minggu naik 0,4 cm sehingga ukuran diameter di minggu ke 12 berukuran 6 cm. Perbesaran diameter terjadi karena adanya pemenuhan nutrisi dari inokulasi *Acaulospora sp* yang menginfeksi akar + Inokulasi PGPR dengan merubah senyawa organik dan anorganik yang ada di tanah. Interaksi ini didukung oleh pernyataan Smith *et al.*, (2008) bahwa AMF memberi keuntungan bagi tanaman inang dengan cara membantu tanaman dalam menyerap unsur hara terutama Fosfor dan air pada akar tanaman yang dibutuhkan selama pertumbuhan. Begitu juga mikroorganisme yang berada di tanah dibantu oleh PGPR pada metabolisme terhadap bahan organik yang ada di tanah, sehingga proses dekomposisi organik membuat tanah menjadi subur serta membantu vegetatif tanaman (Husniyuda *et al.*, 2017).

4.1.3 Efektivitas Pengaplikasian pada Perbaikan Tanah TPA Terhadap Jumlah Daun Tanaman

Perkembangan *Ochroma bicolor rowlee* dapat diamati dengan menghitung jumlah daun yang dimiliki pada 1 pohon *Ochroma bicolor rowlee*, hal ini disebabkan karena bentuk daun berbentuk lebar dan mudah untuk dihitung jumlahnya. Pengukuran jumlah daun dihitung setiap 3 minggu sekali dengan penggunaan 4 jenis perlakuan berbeda pada *Ochroma bicolor rowlee* yaitu kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR.



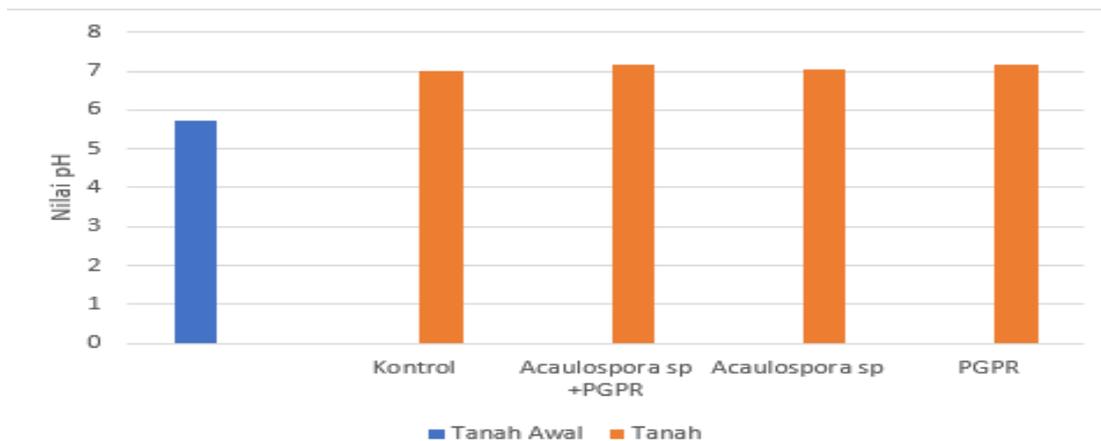
Gambar 4.4 hasil pengukuran jumlah daun pada Kontrol, *Acaulospora sp* + PGPR, *Acaulospora sp*, dan PGPR dengan n=3 pengulangan

Berdasarkan jumlah daun dari 4 perlakuan yang berbeda dengan durasi pengukuran selama 9 minggu. Data yang didapat, menunjukkan bahwa jumlah daun setiap 3 minggu sekali pada perlakuan PGPR, lebih banyak jumlahnya yang menyentuh 8 buah daun. Disusul peningkatan pertumbuhan daun pada perlakuan *Acaulospora sp* terjadi peningkatan dari minggu ke 3 yang berjumlah 6 daun lalu bertambah pada minggu ke 6 menjadi 7 daun dan pada minggu ke 9 tetap berada pada jumlah 7 daun. pertumbuhan jumlah daun tersebut berpengaruh

pada fotosintesis. Proses yang terjadi sejalan dengan pernyataan Proborini (2020) bahwa pengaruh Inokulasi AMF berpengaruh pada penyediaan nutrisi terhadap pertumbuhan daun sehingga laju fotosintesis pada daun meningkat, hal ini seiring dengan bertambahnya jumlah daun pada pucuk tanaman.

4.2 Hasil Analisa Uji pH

Pada Pertumbuhan tanaman, tanah menjadi tolak ukur pada kelayakan pertumbuhan tanaman, karena kondisi tanah yang subur membantu akar tumbuhan memenuhi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, serta kesuburan tanah berkaitan pada rekasi tanah (pH), oleh karena itu dilakukan pengukuran pH pada 4 perlakuan tanaman pada kondisi awal dan setelah dilakukan perlakuan.



Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi pH Pada Tanah di masing masing perlakuan dengan n=3 kali pengulangan

Berdasarkan gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa nilai pH Tanah awal pada 5,72 yang menunjukkan bahwa kondisi tanah awal asam, dapat diberikan perlakuan pada *Acaulospora* + PGPR memiliki Nilai pH 7,1 sehingga menunjukkan perubahan lebih baik dikarenakan terjadi pertukaran ion didalam tanah oleh *Acaulospora* + PGPR.

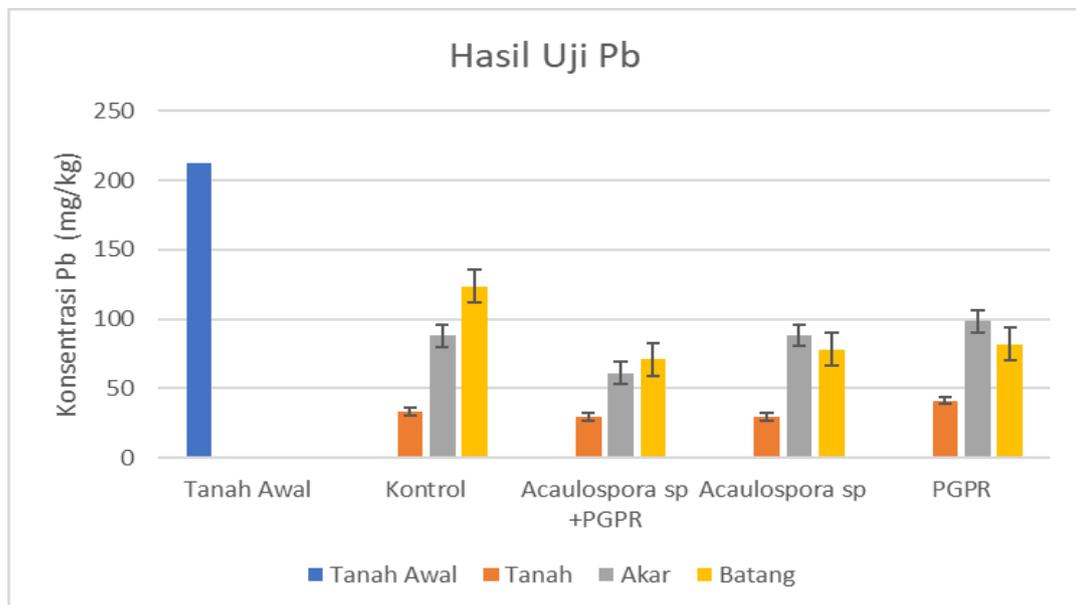
Proses perubahan pH terjadi karena AMF yang hidup kondisi pH 3,8-8,0 serta terjadi simbiosis dengan tumbuhan yang menghasilkan kolonisasi AMF diakar tanaman (Sieverding, 1991). Pada pH masam dan kekurangan unsur hara mampu membuat mikoriza dapat hidup dengan baik lalu menghasilkan asam-asam organik serta P-terfiksasi (Prihastuti, 2007). Selain itu pelarut fosfat

serta fiksasi nitrogen dihasilkan dari auxin, giberellin dan sitokinin yang diproduksi untuk hormon tumbuhan oleh PGPR.

Penggunaan bakteri pelarut fosfat ini dilakukan yang dengan mengubah fosfat serta mensekresi asam organik sehingga dapat menurunkan pH tanah (Firdausi *et al.*, 2016). Syekhfani (2010) menyatakan bahwa asam organik, memiliki bobot molekul tinggi dengan kemampuan sebagai buffer (penyangga). Mampu bermuatan positif (+) pada kondisi masam dan bermuatan negatif (-) pada kondisi basa supaya, dapat melepaskan unsur hara terutama sebagai pelepas P-fiksasi (Tan, 1991). Proses ini terjadi karena gugus karboksil (-COOH) dan gugus hidroksil (-OH) dengan bantuan aktivitas OH⁻ melakukan pengikatan ion H⁺. Sehingga pH tanah meningkat (Minardi *et al.*, 2011).

4.3 Hasil Analisa Pengujian Logam Berat Pada Jaringan Tumbuhan

Cara ini dilakukan dengan mengukur dari kandungan logam berat pada tanah setelah dilakukan perlakuan, serta kandungan logam berat pada jaringan akar dan batang pada *Ochroma bicolor rowlee*.



Gambar 4.6 Grafik Konsentrasi Logam Pb Pada Tanah, Akar dan Batang di masing masing perlakuan dengan n=3 kali pengulangan

Berdasarkan hasil pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa perlakuan media tanam yang diberikan perlakuan khusus mampu mendegradasi logam berat

dengan jumlah konsentrasi yang diserap. Konsentrasi perlakuan *Acaulospora sp*+PGPR dan perlakuan *Acaulospora sp* memiliki kandungan logam berat yang sama di tanah 29,54 mg/kg. Nilai tersebut masih dalam kategori aman berdasarkan pernyataan Alloway (1995) bahwa nilai kritis tanah untuk pb sebesar 100-400 mg/kg. Penurunan tersebut dikarenakan PGPR dan *Acaulospora sp* yang termasuk kategori mikroorganisme dengan kemampuan merubah senyawa berbahaya menjadi aman dengan proses metabolisme terhadap logam berat yang menghasilkan komponen yang dibutuhkan tanah dan tumbuhan.

Pada kondisi jumlah logam berat yang banyak, AMF membentuk hifa yang dapat menginfeksi akar sebagai bentuk perlindungan di akar (Chairiyah, 2013). Pertumbuhan hifa berkurang pada kondisi tanah terkontaminasi logam berat (Shalaby, 2003). Pada hifa AMF terdapat Misellium yang mampu menyerap logam berat (Kullu *et al.*, 2020; Janouvoka *et al.*, 2010). Misellium menghasilkan fosfat, namun dapat mencegah logam berat kembali pada tanah dengan melakukan pertukaran ion ion pada akar, sehingga kembali ke tanah dalam bentuk asam oksalat (Wang *et al.*, 2012).

Perlakuan PGPR pada tanah juga berpengaruh dalam penyerapan melalui perakaran yang memiliki berat 98,45 mg/kg .Penyebab ini didukung inokulasi carrier PGPR didalam tanah. Mekanisme ini terjadi dari kemampuan bakteri yang dapat toleran terhadap logam berat pb, sehingga memfasilitasi penyerapan logam berat pada akar dengan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat larut dan tersedia pada tanah (Abou-Shanab *et al.*, 2006). Mikroba melakukan penekanan logam berat tanpa menghilangkan ion logam dari sel mikroba dengan biotransformasi logam menjadi bentuk yang kurang beracun (Mamaril *et al.*, 1997). Mobilisasi transfer logam berat dengan memproduksi asam dan siderofor serta pelarutan fosfat pada Rhizobakteria (Khan *et al.*, 2009). Rhizobakteria menetralsir interkasi negatif antara tanaman dan logam pada tanah dengan merangsang pembentukan fitohormon bagi tumbuhan dengan menghasilkan Auksin, Sitokinin dan Giberellin sehingga tanaman terlihat lebih subur (Dewi *et al.*,2015).

Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan bahwa kontrol memiliki kandungan logam berat Pb yang tinggi pada jaringan batang yaitu sebesar 123,79

mg/kg. Faktor ini disebabkan penyerapan logam oleh akar pada tumbuhan akumulator lebih cepat dibandingkan tumbuhan normal (Lasat, 1996). Akumulasi logam berat oleh tumbuhan disebabkan proses difusi pada ion logam yg diserap dan ditranslokasi ke pada bagian tumbuhan dengan pengangkut xylem dan floem (Hardiani, 2009). tumbuhan membentuk senyawa kelat (fitokelatin) yang berasal dari gugus elektron agar mengikat logam.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) dan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) mampu membantu laju pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* di tanah TPA Piyungan.
2. Potensi Promoting Rhizobacteria (PGPR) dan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) pada pengaplikasian tanah TPA Piyungan mampu menyerap logam berat (Pb) pada tanah
3. Potensi Promoting Rhizobacteria (PGPR) dan *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) pada pengaplikasian tanah TPA Piyungan mampu memperbaiki nilai pH asam menjadi netral dengan peningkatan pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee*

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang yang dilakukan, maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini

1. Penggunaan Sampel tanah yang digunakan diharapkan lebih bervariasi pada kedalaman tanah yang lebih dalam untuk mengetahui efektifitas kerja dari PGPR dan AMF dalam mendegradasi kandungan logam berat pada tanah
2. Penggunaan dosis pada mikroorganisme PGPR dan AMF agar mengetahui variasi kerjanya secara optimal
3. Penggunaan sampel tanah tanpa dilakukan sterilisasi, agar dapat mengetahui kemampuan mikroorganisme pada keadaan alami tanah TPA

“Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Shana, R., Angle, J., Chaney., (2006) Bacterial Inoculants Affecting Nickel Uptake by *Alyssum murale* From Low, Moderate and High Ni Soil Biol. Biochem. 38(9), 2882-2889.
- Alloway, B. J. (1995). Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Professional, London, UK, 2nd edition.
- Ariyani, S.F., Putra, H.P., Kasam. (2018).Evaluasi Pengelolaan Sampah di TPA Piyungan, Kabupaten Bantul. Skripsi. Universita Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Annisa, J.S. (2012). Pengaruh Metpde Sterilisasi Uap dan Radiasi Sinar Gamma Co-60 Terhadap Viabilitas *Azobacter sp* Pada Bahan Pembawa (*Carrier*) Berbasis Kompos. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Skripsi.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka.
- Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. (2017). Pedoman Pengamatan Tanah Di Lapangan. Jakarta. IAARD Press.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). SNI 06-6992.3-2004. Cara Uji Timbal (Pb) Secara Destruksi Asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI 6989.11:2009.Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Menggunakan Alat pH. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Balai Penelitian Tanah. (2009). Petunjuk Teknis: Analisis Kimia Tanah Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Brundrett, M.N., Bougher, N., Del, B., Ove, T., and Malajczuk, N. (2008). Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32. Australian Center for International Agriculture Research. Canberra. 374 p.
- Charomaini, M., N. Kusumatuti. (2005). Skarifikasi Benih dan Penggunaan Atonik dalam Peningkatan Pertumbuhan Semai Ochroma bicolor rowlee . Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, 2(2): 80-87.
- Chairiyah, R.R. (2013). Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Cd, Cu dan Pb dengan Menggunakan Endomikoriza. Jurnal Online Agroekoteknologi ISSNNo.2337-6597. Vol.2 No.1:348-361.
- Cristian, M., Marius, M., Adela,C. (2013). Earthquake Resistant Multi Storey Structures.
- Cahyono, T. (2018). Statistika Terapan dan Indikator Kesehatan (1 sted.). Deepublish.

- Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) RI. (2010). Mengenal Logam Beracun. Jakarta.
- Dewi, T. K., Arum, E. S., Imamuddin, I., Antonius, A. (2015). Karakteristik Mikroba Perakaran (PGPR) Agen Penting Pendukung Pupuk Organik Hayati. PROS SEM NAS MASY BIODIV IDNON. 1 (2): 289-295
- Fathikasari. I. (2022). Potensi Bakteri Endofit dengan Bahan Pembenh Tanah untuk Restorasi Lahan Gambut Terbakar: Percobaan Skala Rumah Kaca. Skripsi. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta
- Fernando, D., Nakkeeran., Yilan. (2005). Biosynthesis of Antibiotics by PGPR and its Relation in Biocontrol Of Plant Diseases. dalam: Z.A. Siddiqui (ed.), PGPR: Biocontrol and Biofertilization 67-109. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Finmeta, A. W., Mansur, I., Wulandari, A.S. (2018). Pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula lokal dan tanaman inang *Desmodium sp.* Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Cendana (*Santalum album linn.*). Jurnal Silvikultur Tropika . 9(1):37-43.
- Firdausi, N., Muslihatin, W., Nurhidayati, T. (2016). Pengaruh Ombinasi Media Pembawa Pupuk Hayati Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap pH dan Unsur Hara Fosfor Dalam Tanah. Jurnal Sains dan Seni ITS 5(2):2337-3520.
- Gabbrielli, R., Mattioni, C., Vergnano, O. (1991). Accumulation mechanisms and heavy metal tolerance of a nickel hyperaccumulator. J Plant Nutr 14:1067-1080.
- Ghosh, M., Singh, S.P. (2005). A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of It's by Products. Asian Journal on Energy & Environment, 6, 214-231.
- Goswami, D., Choudhury, B. N. (2013). Chemical Characteristic of Leachate Contaminated Lateritic Soil. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology Volume 2(4): 999-1005.
- Gusnita,D. (2012). Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal. Jurnal Berita Dirgantara, 13(3): 95-101.
- Hardiani, H. (2009). Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. BS 44 (1): 27-40.
- Hendarjanti, H., Sukorini, H. (2022). Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (AMF) Pada Pembibitan Untuk Menekan Kejadian Penyakit Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit. Menara Perkebunan. 90(2):119-133.
- Hidayati, N. (2013). Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat .Pusat Penelitian Biologi LIPI. Bogor.

- Husnihuda, M. I., Sarwiti, R., & Susilowati, Y. E. (2017). Respon pertumbuhan dan Hasil Kubis Bunga (*Brassica oleracea var. botrytis*, L.) pada pemberian PGPR akar bambu dan komposisi media tanam. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 2(1), 13-16.
- Irawanto, R. (2010). Fitoremediasi Lingkungan dalam Taman Bali. UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI, 2(4): (29-35).
- Istiqomah, F. N. (2017). Peran Fungi Mikoriza Arbuskula Dan Asam Humat Terhadap Pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* (*Ochroma bicolor rowlee*.) Pada Tanah Terkontaminasi Timbal. Tesis. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Janoušková, M., Pavlíková, D. (2010). Cadmium Immobilization in The Rhizosphere of Arbuscular Mycorrhizal Plants by The Fungal Extraradical Mycelium. *Plant Soil*, 332, 511–520. [CrossRef].
- Juhaeti, T., Sharif, F., Hidayati, N. (2004). Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi. *Jurnal Biodiversitas*. Vol. 6 N0. 1 hal 31-33.
- Kasam. (2011). Analisis Lingkungan Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus: TPA Piyungan Bantul). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Vol. 3, Nomor 1, Januari, hal. 019-030.
- Kafle, A., F. Anil, T., Gautama, A., Andhikari, K., Bhattari, A. (2022). Fitoremediasi: Mekansime Pemilihan Tanaman dan Peningkatannya dengan bahan alami dan sintesis.
- Khan, M.S., Almas, Z., Ahmad, W.P., Mohammad, O. (2009). Role of Plant Growth Rhizobacteria in The Remediation of Metal Contaminated Soil. *Environ. Chem. Lett.* 7, 1-19.
- Kullu, B., Patra, D.K., Acharya, S., Pradhan, C., Patra, H. K. A. M. (2020). Fungi Mediated Bioaccumulation of Hexavalent Chromium in *Brachiaria Mutica*-a Mycorrhizal Phytoremediation Approach. *Chemosphere* 2020, 258, 127337. (CrossRef).
- Lasat, M.M., Baker, A. J. M., Kochian, L.V. (1996). Physiological characterization of root Zn²⁺ Absorption and Translocation to Shoot in Zn Hyperaccumulator and Non Accumulator Species of *Thlaspi*. *Plant Physiol* 112:1715-1722.
- Lukic, B., Antonio, P., David, H., Massimiliano, F., Eric, D. V., Giovanni E. (2017). A Review on The Officiency of Landfarming Integrated With Composting as A Soil Remediation Treatment, *Environmental Technology Reviews*, 6:1, 94 - 116, DOI: 10.1080/21622515.2017.1310310.
- Mamaril, J. C., Paner, E. T., Alpante, B. M. (1997) Biosorption and Desorption Studies of Chromium (III) By Free an Immobilized Rhizobium (BJVr 12) Cell DOI: 10.1023/A:108213712910.

- Marom, N., R. Rizal., M. Bintor. (2017). Uji Efektivitas Waktu Pemberian Dan Konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Terhadap Produksi Dan Mutu Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*). Program Studi Teknik Produksi Benih Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik Negeri Jember. *Journal of Applied Agricultural Sciences*. 1 (2) Hal. 191-202.
- Martiani, R. D. (2022). Pengaruh Kombinasi Takaran Pupuk Majemuk NPK dan Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada Merah. Tesis. Universitas Siliwangi : Tasikmalaya.
- Minardi, S., J. Syamsiyah., Sukoco. (2011). Pengaruh Bahan Organik dan Pupuk Fosfor Terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfor Pada Andisol dengan Indikator Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata strut*). *Sains Tanah* 8(1):23 – 30.
- Muyassar, M., Budianta. W., Warmada, W. I. (2021). Pencemaran Tanah Oleh Pb, Cu, Zn Dan Cd Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.
- Prihastuti. (2007). Isolasi dan Karakterisasi Mikoriza Vesikular-Arbuskular di Lahan Kering Masam, Lampung Tengah. *Berk. Penel. Hayati*. 12 : 99 -106 .
- Proborini, M. W., Darmayasa, I. B.G., Yusup D.S., Subagio, J.N. (2020). Cendawan Mikroriza Arbuskular (CMA) *Gigaspora sp* Sebagai Pupuk Hayati pada Pembibitan Mete (*Anacardium occidentale L.*). *Jurnal Mikologi Indonesia*. 4(2):193-200.
- Putra, C. A. (2017). Rancang Bangun Alat Pengukuran pH dan Suhu Tanah Berbasis Arduino. Skripsi. Universitas Negeri Semarang : Semarang . 44, p. 44.
- Pulungan, A. (2013). Infeksi Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Akar Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum L.*). *Jurnal Biosains Unimed*, 1(1), pp. 43 - 46.
- Putri, K.E., Budianta, W., Armada, I. W. (2021). Fitoremediasi Tanah Tercemar Timbal (Pb) dan Zn di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan, Yogyakarta. Tesis. Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.
- Purwanto. (1985). Identifikasi Spora-spora Endogone (*Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza*) di Tanah-tanah Pertanian Kabupaten Klaten, Jawa Tengah laporan penelitian. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Rahayu. (2005). European Environment Agency, Copenhagen. *Bulletin Penelitian Vol. 27 NO. 2* .
- Rini, M.V., Pertiwi, K.D., Saputra, H. (2017). Seleksi Lima Isolate Fungi Mikoriza Arbuscular Untuk Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) di pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5(3):138–143.

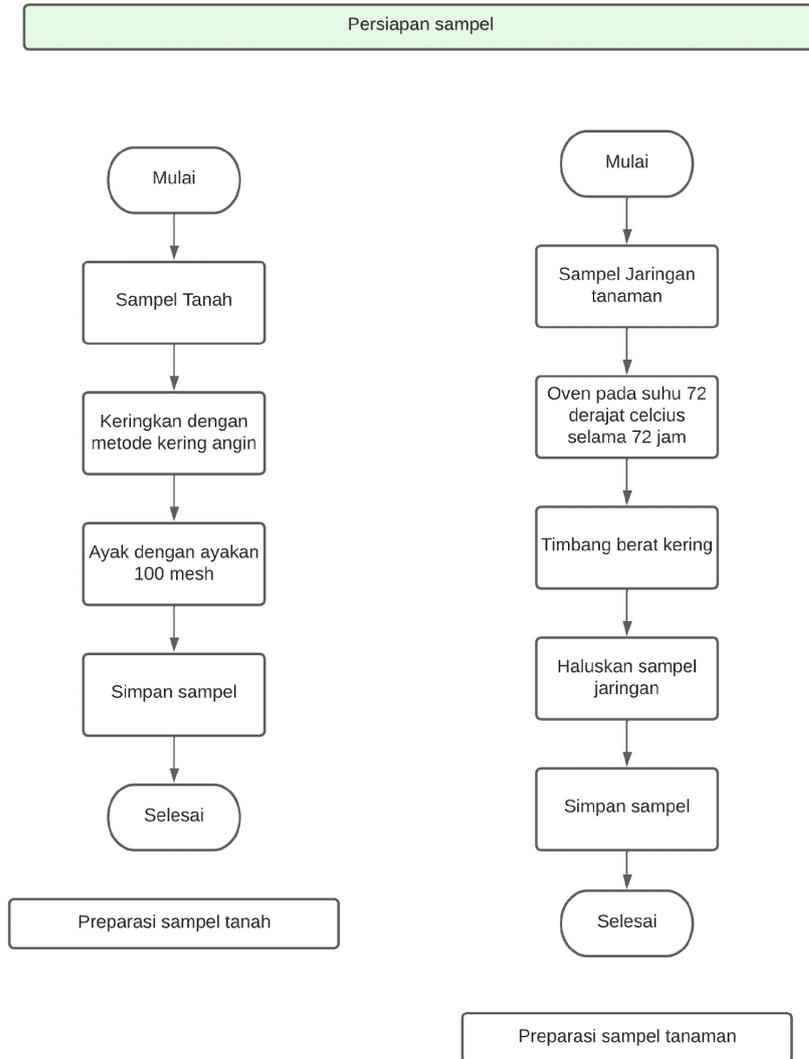
- Salt, D. E. (2000). Phytoextraction: Present Applications and Future Promise. Di dalam: Wise, D. L., Trantolo, D. J., Cichon, E. J., Inyang, H. I., Stottmeister, U. (Ed). Bioremediation of Contaminated Soils Marcek Dekker Inc. New York; Basel. hlm 729-743.
- Sari, V. F., Ekawati, R., Yuliza, E. (2021). Desain Bangun pH Tanah Digital Berbasis Arduino Uno. Jurnal Online, Vol. 7, Nomor 1, November, hal. 36-41.
- Shalaby, A.M. (2003). Responses of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Spores Isolated From Heavy Metal-Polluted and Unpolluted Soil to Zn, Cd, Pb and Their Interactions in Vitro. Pak. J. Biol. Sci. 2003, 6, 1416–1422. (CrossRef)
- Setiadi, D., M. Charomaini. (2000). Pengaruh Perlakuan Pendahuluan Terhadap Perkecambah Benih *Ochroma bicolor rowlee* (*Ochroma* Sp.). Buletin Pemuliaan Pohon. Puslitbang Bioteknologi dan Pemuliaan Benih Tanaman Hutan. Yogyakarta. Vol.4.
- Sieverding, E. (1991). Vesicular Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agroecosystem, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta. D.A., Saraswati.R., Setyorini. D., Hartatik. W. (2006). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor
- Singarimbun, M., Effendi, S. (1989). Metode Penelitian Survei. Jakarta. LP3ES.
- Smith, S. E., Read, D. (2008). Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition. Academic Press, Elsevier, New York.
- Soesanto, L. (2008). Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Syekhfani. (2010). Hubungan hara - tanah - air - tanaman. Dasar Kesuburan Tanah Berkelanjutan. Edisi ke-2. PMN - ITS, Surabaya. p 247.
- Tan, K.H. (1991). Principle of Soil Chemistry (Dasar-dasar Kimia Tanah)(Alih bahasa: Didiek Hadjar Goenadi). Gajah Mada University Press. Yogyakarta. p 295.
- Undang Undang No 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.
- Utami, A.P. (2018). Pengaruh PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), Kapur dan Kompos pada Tanaman Kedelai di Ultisol Cibirong Bogor. Universitas Brawijaya.
- Wang, F.Y., Wang, L., Shi, Z.Y., Li, Y.J., Song, Z.M. (2012) Effects of AM Inoculation and Organic Amendment, Alone or In Combination, on Growth, P Nutrition, and Heavy-Metal Uptake of Tobacco in Pb-Cd-contaminated soil. J. Plant Growth Regul. pp, 31, 549–559. (CrossRef).

- Wardah, R. Z., Arinie, F., Waluyo. (2019). Deteksi Kadar Keasaman Media Tanah Untuk Penanaman, Jurnal Jartel, 9(4),pp. 488–493.
- Wibowo, W.T. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat (Cd,Cr,Cu,Fe,Mn,Pb,Zn) dalam Tanah dan Potensi Risiko Lingkungan di TPA Gunung Tugel Banyumas. Skripsi.Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta.
- Widyastuti, D. (2019). Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Lama Perendaman ZPT IAA terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan *Ochroma bicolor rowlee* (*Ochroma bicolor rowlee*).Skripsi Univeritas Muhammdiyah Malang : Malang.
- Wijaugi, A.S.L. 2022. Potensi Penggunaan Bahan Pembawa (*Carrier*) Mikroorganisme dengan NaCl Untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut. Skripsi. Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta.

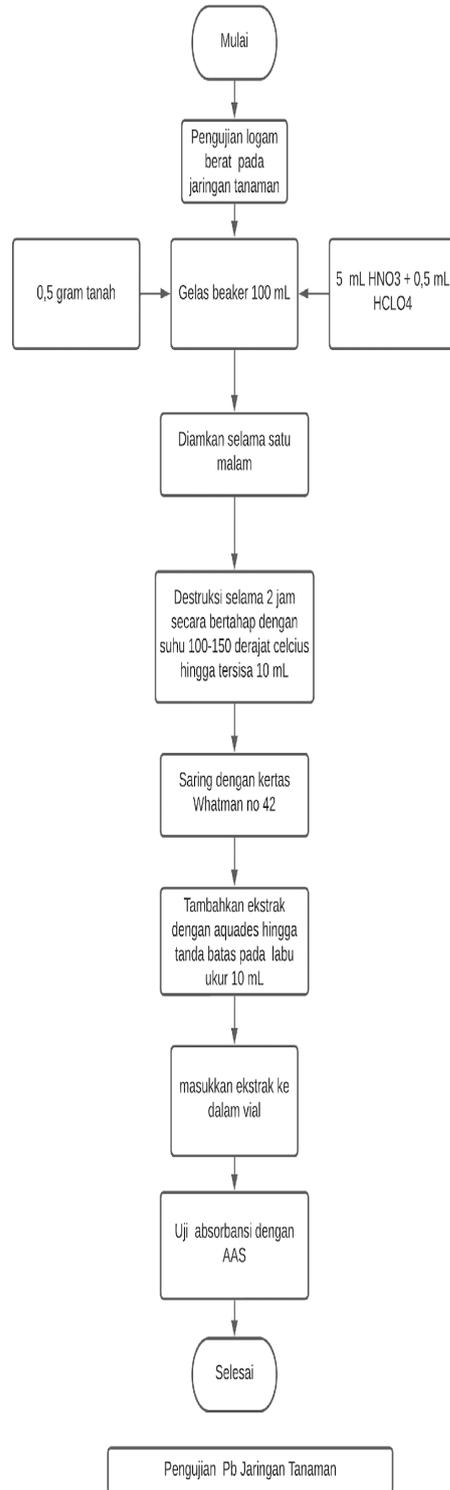
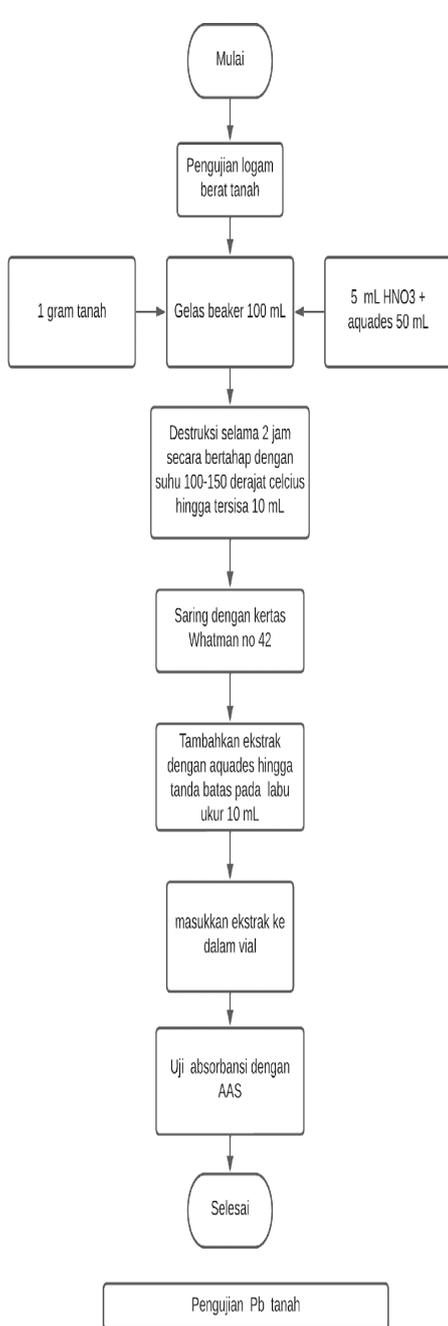
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

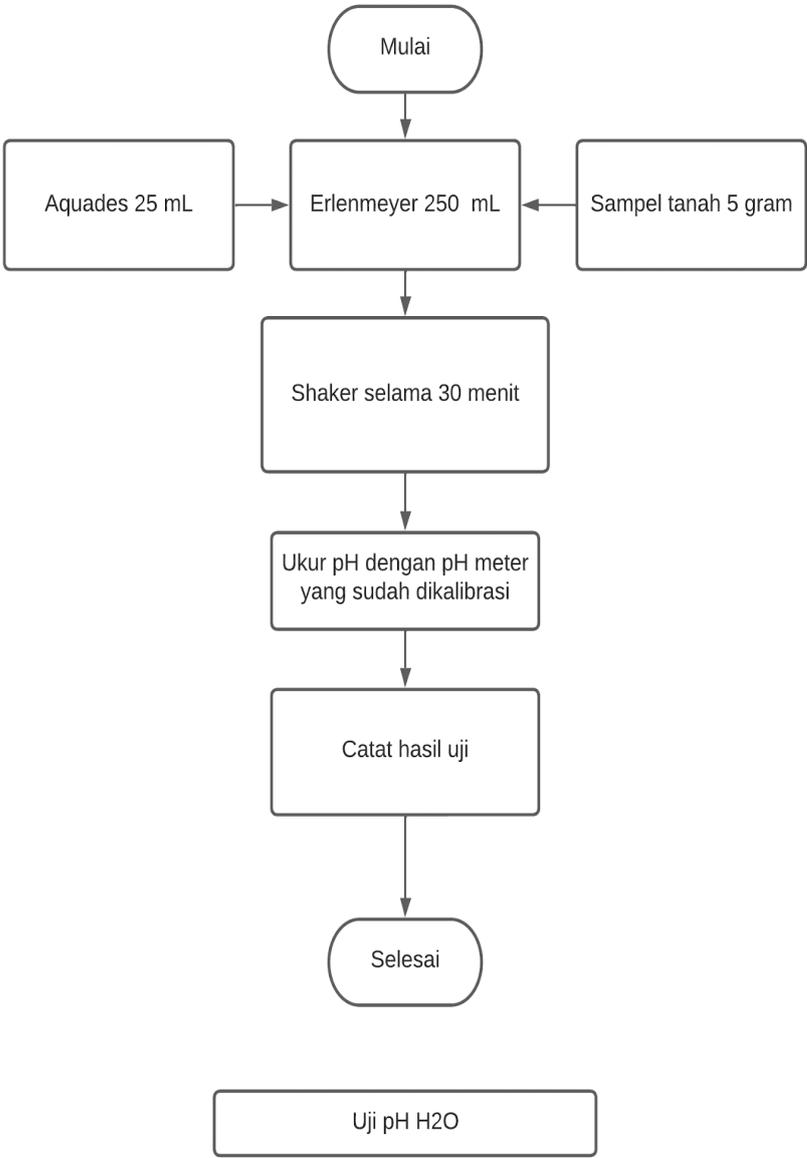
Lampiran 1.1 Langkah Uji Sampel



Persiapan Destruksi untuk uji Pb



Uji pH



Lampiran 1.2 Perhitungan

Analisa perhitungan logam berat pada tanah dan jaringan akar serta jaringan batang tanaman

Rumus

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

Keterangan =

ppm kurva = nilai yang didapat dari hubungan kadar deret standar setelah dikoreksi blanko

1000 = pembagian satuan ppm (mg/kg)

Pengujian logam berat pb pada tanah

Jenis	Parameter	Mean Abs.	Conc. (µg/ml)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi (mg/ml)	Volume Ekstrak (ml)	Sampel Tanah	Konsentrasi	Rata-Rata	
Tanah Awal		0,2887	1,4561	5,0000	0,0073	5,5000	0,001	40,043	40,043	
Tanah	AC 3	0,0047	0,8870	5,0000	0,0044	5,5000	0,001	24,393	32,972	
	AC 15	0,0131	1,8697	5,0000	0,0093	5,5000	0,001	51,417		
	AC 22	0,0043	0,8402	5,0000	0,0042	5,5000	0,001	23,106		
	K3	K3	0,0037	0,7700	5,0000	0,0039	5,5000	0,001	21,176	29,540
		K 15	0,0059	1,0274	5,0000	0,0051	5,5000	0,001	28,254	
		K 22	0,0093	1,4252	5,0000	0,0071	5,5000	0,001	39,192	
	NaCl 20	NaCl 20	0,0047	0,8870	5,0000	0,0044	5,5000	0,001	24,393	29,540
		NaCl 16	0,0058	1,0157	5,0000	0,0051	5,5000	0,001	27,932	
		NaCl 15	0,0084	1,3199	5,0000	0,0066	5,5000	0,001	36,296	
	AC+NaCl 10	AC+NaCl 10	0,0136	1,9282	5,0000	0,0096	5,5000	0,001	53,026	41,337
		AC+NaCl 22	0,0099	1,4954	5,0000	0,0075	5,5000	0,001	41,122	
		AC+ NaCl 3	0,0064	1,0859	5,0000	0,0054	5,5000	0,001	29,862	

Kode Tanaman	Konsentrasi (mg/Kg)	Rerata (mg/Kg)	ST DEV	SQRT	ST ERROR
K3	24,393	32,972	15,98677357	1,732050808	9,229968022
K 15	51,417				
K 22	23,106				
AC+ NaCl 3	21,176	29,540	9,076689897	1,732050808	5,240429355
AC+NaCl 10	28,254				
AC+NaCl 22	39,192				
AC 3	24,393	29,540	6,112580128	1,732050808	3,529099782
AC 15	27,932				
AC 22	36,296				
NaCl 15	53,026	41,337	11,58322009	1,732050808	6,687575239
NaCl 16	41,122				
NaCl 20	29,862				

Pengujian logam berat pb pada jaringan akar

Jenis	Parameter	Mean Abs.	onc. (µg/m	Pengenceran	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi ppm (mg/kg)	Rata-rata
Akar	AC 15	0,0079	1,2614	10	12,614	126,138	88,313
	AC 3	0,0045	0,8636	10	8,636	86,362	
	AC 22	0,0016	0,5244	10	5,244	52,440	
	AC+NaCl 22	0,0017	0,1266	10	1,266	12,660	61,016
	AC+NaCl 10	0,0009	0,4425	10	4,425	44,250	
	AC+ NaCl 3	0,0079	1,2614	10	12,614	126,138	
	K 15	0,0076	1,2263	10	12,263	122,628	87,922
	K 3	0,0038	0,7817	10	7,817	78,173	
	K 24	0,0025	0,6296	10	6,296	62,965	
	NaCl 16	0,0022	0,5946	10	5,946	59,455	98,451
NaCl 15	0,0059	1,0274	10	10,274	102,740		
NaCl 20	0,0085	1,3316	10	13,316	133,157		

Kode Tanaman	Konsentrasi (mg/Kg)	Rerata (mg/Kg)	ST DEV	SQRT	ST ERROR
K 3	78,173	87,922	31,00344193	1,732050808	17,89984554
K 15	122,628				
K 24	62,965				
AC+ NaCl 3	126,138	61,016	58,56728182	1,732050808	33,81383592
AC+NaCl 10	44,250				
AC+NaCl 22	12,660				
AC 3	86,362	88,313	36,88763259	1,732050808	21,29708461
AC 15	126,138				
AC 22	52,440				
NaCl 15	102,740	98,451	37,03772963	1,732050808	21,38374317
NaCl 16	59,455				
NaCl 20	133,157				

Pengujian Logam Berat Pb pada jaringan batang

Jenis	Parameter	Mean Abs.	Conc. ($\mu\text{g/ml}$)	Pengenceran	Konsentrasi	Konsentrasi ppm	Rata-Rata	
Batang	AC 3	0,0043	0,8402	10	8,402	84,022	78,173	
	AC 15	0,0044	0,8519	10	8,519	85,192		
	AC 22	0,0027	0,6530	10	6,530	65,304		
	K	K 3	0,0082	1,2965	10	12,965	129,647	123,798
		K 15	0,0116	1,6942	10	16,942	169,423	
		K 24	0,0033	0,7232	10	7,232	72,324	
	NaCl	NaCl 20	0,0084	1,3199	10	13,199	131,987	82,073
		NaCl 16	0,0003	0,3723	10	3,723	37,228	
		NaCl 15	0,0037	0,7700	10	7,700	77,003	
	AC + NaCl	AC + NaCl 10	0,0046	0,8753	10	8,753	87,532	70,764
		AC + NaCl 22	0,0036	0,7583	10	7,583	75,833	
		AC + NaCl 3	0,0013	0,4893	10	4,893	48,926	

Kode Tanaman	Konsentrasi (mg/Kg)	Rerata (mg/Kg)	ST DEV	SQRT	ST ERROR
K 3	129,647	123,798	48,81324235	1,732050808	28,18233861
K 15	169,423				
K 24	72,324				
AC + NaCl 3	48,926	70,764	19,79585322	1,732050808	11,42914119
AC + NaCl 10	87,532				
AC + NaCl 22	75,833				
AC 3	84,022	78,173	11,15986566	1,732050808	6,443151442
AC 15	85,192				
AC 22	65,304				
NaCl 15	77,003	82,073	47,58277658	1,732050808	27,47192887
NaCl 16	37,228				
NaCl 20	131,987				

Lampiran 1.3 Dokumentasi Pelaksanaa Penelitian

	
<p>Pengukuran diameter pada tanaman</p>	<p>pengujian logam berat pada Pb dengan AAS</p>
	
<p>Persiapan destruksi sampel</p>	<p>Melakukan komposit tanah TPA</p>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

|

RIWAYAT HIDUP

Khairunnisa Jundiyah Afifah lahir di Tanjungpinang, 13 Juli 2001 anak pertama dari empat bersaudara, putri dari pasangan (Alm) Muhammad Arif. dan Finaliantry yang menempuh pendidikan di SMAIT ALfityah dan melanjutkan pendidikan jenjang S1 di Teknik Lingkungan Univesitas Islam Indonesia pada tahun 2019.

Selama jenjang pendidikan S1 ini, Penulis aktif pada kegiatan organisasi anak daerah diluar kampus selama 2 periode, kepanitiaan pada event acara dikampus serta berpartisipasi menjadi asisten praktikum hygiene industry pada semester ganjil tahun ajaran 2023/2024. Penulis melakukan penelitian ini atas lanjutan dari topik tugas akhir pada mata kuliah metode penelitian dengan melakukan penelitian remediasi pada tanah TPA yang tercemar logam berat yang dibimbing oleh Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.