

TA/TL/2022/1399

TUGAS AKHIR

**POTENSI *CONSORTIUM MICROBA* DENGAN
BAHAN PEMBENAH TANAH UNTUK RESTORASI
LAHAN GAMBUT: Percobaan Skala Rumah Kaca**

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



SINTA NINGSIH

17513169

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

TUGAS AKHIR

POTENSI *CONSORTIUM MICROBA* DENGAN BAHAN PEMBENAH TANAH UNTUK RESTORASI LAHAN GAMBUT: Percobaan Skala Rumah Kaca

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



SINTA NINGSIH
17513169

Disetujui,

Dosen Pembimbing:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.
NIK. 185130401

Tanggal: 7 Januari 2022

Dr. Ir. Kasam, M.T.
NIK. 925110102

Tanggal: 7 Januari 2022

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D
NIK. 025100406

Tanggal: 13 Januari 2022

HALAMAN PENGESAHAN
POTENSI *CONSORTIUM MICROBA* DENGAN
BAHAN PEMBENAH TANAH UNTUK RESTORASI
LAHAN GAMBUT: Percobaan Skala Rumah Kaca

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Jumat

Tanggal: 07 Januari 2022


Disusun Oleh:
SINTA NINGSIH
17513169

Tim Penguji:


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

()

Dr. Ir. Kasam, M.T

()

Annisa Nur Lathifah S.Si., M.Biotech., 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 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 tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab 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 serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 November 2021



Sinta Ningsih

PRAKATA

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala*, karena dengan limpahan rahmat, taufik, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Potensi Consortium Microba Dengan Bahan Pembena Tanah Untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca**” untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat sarjana (S1) pada program studi Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia.

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan serta dukungan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih saya tujukan kepada:

1. Allah *subhanahu wa ta'ala* berkat restu, kasih sayang serta pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini
2. Keluarga penulis terutama orang tua yang telah memberikan dukungan dan bantuan moril serta materiil sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik
3. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD. selaku dosen pembimbing I atas bimbingan dan arahan mulai dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan tugas akhir ini
4. Bapak Dr. Ir. Kasam, M.T selaku dosen pembimbing II atas bimbingan dan arahan mulai dari dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan tugas akhir ini
5. Bapak dan Ibu laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan atas pendampingan dan bimbingannya selama melakukan penelitian di laboratorium
6. Rekan *team pot experiment* dan *team wetland* atas bantuan serta semangat yang diberikan hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini
7. Semua pihak yang turut membantu doa serta dukungan kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya.

Yogyakarta, 15 November 2021



Sinta Ningsih

ABSTRAK

SINTA NINGSIH. Potensi *Consortium Microba* Dengan Bahan Pembenh Tanah Untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca. Dibimbing oleh Dewi Wulandari, S.Hut, M.Arg., Ph.D. dan Dr. Ir. Kasam, M.T.

Kebakaran lahan gambut menjadi salah satu penyebab terjadinya degradasi lahan yang berdampak buruk terhadap fungsi hidrologi, produksi dan ekologi. Degradasi lahan gambut mengurangi kandungan unsur hara, menurunkan pH tanah disertai naiknya konsentrasi logam berat. Upaya yang dapat dilakukan untuk menangani permasalahan tersebut yaitu dengan restorasi lahan gambut. Restorasi adalah suatu upaya untuk memulihkan ekosistem gambut yang rusak. Restorasi dapat dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme pembenh seperti Bakteri Endofit, Jamur *Indigenous* dan Cendawan Arbuskula Mikoriza. Penelitian ini dilakukan dalam skala rumah kaca bertujuan untuk mengetahui potensi Konsorsium dari Bakteri Endofit, Jamur *Indigenous* dan Cendawan Arbuskula Mikoriza (CAM) jenis *Acaulo* terhadap pertumbuhan dan biomassa tanaman uji *Melaleuca leucadendra* serta kemampuannya dalam mereduksi logam berat, menaikkan pH tanah dan juga pengaruhnya terhadap P-tersedia dan serapan P jaringan tanaman. Dilakukan analisa tendensi data tinggi, diameter batang, biomassa, pH, konsentrasi logam berat Fe, Mn dan Zn serta kandungan P-tersedia dan serapan P jaringan tanaman. Didapatkan hasil bahan pembenh asam humat dan SROP berpengaruh besar terhadap biomassa tanaman *Melaleuca leucadendra*. Selanjutnya bahan pembenh Asam Humat mampu menaikkan pH H₂O dari 3,62 menjadi 4,98. Reduksi logam hanya terjadi pada logam Zn sebesar 2,79% oleh perlakuan SROP. Akumulasi logam Fe oleh tanaman uji terbesar dilakukan oleh tanaman uji perlakuan SROP, kemudian logam Mn oleh Kitosan dan logam Zn oleh Asam Humat. Keseluruhan perlakuan juga mampu meningkatkan P-tersedia dalam tanah dan serapan fosfat jaringan batang tertinggi dalam tanaman dilakukan oleh SROP sebesar 0,045%.

Kata kunci: Restorasi lahan gambut, bahan pembenh tanah, *Consortium Microba*, *Melaleuca leucadendra*

ABSTRAK

SINTA NINGSIH, *Potential of Consortium Microbe with Soil Amendment Materials for Restoration in Peatlands: Greenhouse Scale Experiments*. Supervised by, Dewi Wulandari, S. Hut., M.Agr., Ph.D. and Dr. Ir. Kasam., M.T.

Peatland fires are one of the causes of land degradation which has a negative impact on hydrological, production and ecological functions. Peatland degradation reduces nutrient content, decrease soil pH, which is accompanied by an increase in heavy metal concentrations. The action that can be taken to deal with these problems can be done by restoring peatland. Restoration is an action to restore damaged peat ecosystems. Restoration can be done using repairing microorganisms such as endophytic bacteria, indigenous fungi and arbuscular mycorrhizal fungi. This research was conducted on a greenhouse scale with the aim of determining the potential of the Consortium of Endophytic Bacteria, Indigenous Fungi, and Arbuscular Mycorrhizal Fungi of the Acaulo species on the growth and biomass of the Melaleuca leucadendra test plant and its ability to reduce heavy metals, increase soil pH, and also its effect on Phosphate-Available with P uptake in shoot tissue. The data tended to be analyzed for height, shoots diameter, biomass, pH, heavy metal concentrations of Fe, Mn, and Zn as well as phosphate- available and P content of plant tissue. It was found that humic acid and SROP had a major effect on the biomass of Melaleuca leucadendra plant. Furthermore, humic acid was able to increase the Actual pH from 3.62 to 4.98. Metal reduction only occurred in Zn metal by 2,79% by SROP treatment. Fe can be accumulated well by SROP, while Mn by Kitosan and Zn are well accumulated by Humic Acid. The overall treatment was also able to increase the available P in soil and P uptake in shoot tissue of 0,045%.

Keywords: Peatland restoration, Soil Amendment Materials, Consortium Microbe, Melaleuca leucadendra.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN.....	ii
PRAKATA.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRAK</i>	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Karakteristik dan Restorasi Lahan Gambut.....	5
2.2 Bahan Pembenh Tanah.....	6
2.3 Tanaman Uji.....	7
2.4 Mikroorganisme Pembenh.....	9
2.4.1 Jamur <i>Indigenous</i>	9
2.4.2 Bakteri Endofit.....	9
2.4.3 Cendawan Arbuskula Mikoriza (CAM).....	10
2.5 Penelitian Terdahulu.....	12
BAB III.....	13
METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	13

3.2	Karakteristik Tanah.....	13
3.3	Tahapan Penelitian.....	14
3.5	Persiapan Semai.....	15
3.6	Persiapan Media Tanam.....	15
3.7	Penanaman Semai pada Media Tanam dan Penyiraman.....	16
3.8	Persiapan Konsorsium Inokulum.....	17
3.9	Inokulasi Konsorsium Mikroba.....	21
3.10	Proses Panen dan Pengambilan Sampel.....	22
3.11	Analisa pH pada Sampel Tanah.....	23
3.12	Analisa P-tersedia pada Sampel Tanah dan Serapan-P Tanaman.....	24
3.13	Analisa Logam Berat dalam Tanah dan Jaringan Tanaman.....	24
3.14	Analisis Statistik.....	25
BAB IV.....		26
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....		26
4.1	Pengaruh Inokulasi <i>Consortium Microba</i> terhadap Pertumbuhan Tanaman Kayu Putih.....	26
4.2	Hasil pengujian sampel pH tanah.....	34
4.3	Hasil pengujian Fosfat (P) Tersedia pada sampel tanah.....	36
4.4	Hasil pengujian Serapan Fosfat (Serapan-P) Jaringan Batang Tanaman Uji Kayu Putih (<i>Melaleuca leucadendra</i>).....	37
4.5	Pengaruh Inokulasi <i>Consortium Microba</i> terhadap Reduksi Logam Fe, Mn dan Zn.....	38
4.5.1	Reduksi Logam Fe.....	38
4.5.2	Reduksi Logam Mn.....	41
4.5.3	Reduksi Logam Zn.....	45
BAB V.....		48
KESIMPULAN DAN SARAN.....		48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Lahan Gambut	5
Gambar 2.2 Tanaman Kayu Putih.....	8
Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian	14
Gambar 3.2 Susunan Media Tanam dan Tanaman Uji Melaleuca Leucadendra...	16
Gambar 3.3 Bagan Alir Pembuatan Isolat CAM	17
Gambar 3.4 Bagan Alir Pembuatan Inokulum Jamur <i>Indigenous</i>	18
Gambar 3.5 Tahapan Sub-kultur Jamur <i>Indigenous</i>	19
Gambar 3.6 Tahapan Sub-Kultur Bakteri Endofit	20
Gambar 3.7 Tahapan inokulasi Bakteri Endofit.....	21
Gambar 4.1 Grafik Analisa Perubahan Ketinggian Tanaman <i>M. Leucadendra</i>	27
Gambar 4.2 Grafik Analisa Perubahan Diameter Tanaman <i>M. Leucadendra</i>	28
Gambar 4.3 Grafik Analisa Perubahan Jumlah Daun Tanaman <i>M. Leucadendra</i> .	29
Gambar 4.4 Grafik Berat Basah Jaringan Batang Tanaman <i>M. Leucadendra</i>	30
Gambar 4.5 Grafik Berat Basah Jaringan Akar Tanaman <i>M. Leucadendra</i>	31
Gambar 4.6 Grafik Berat Kering Jaringan Batang Tanaman <i>M. Leucadendra</i>	32
Gambar 4.7 Grafik Berat Kering Jaringan Akar Tanaman <i>M. Leucadendra</i>	33
Gambar 4.8 Grafik rerata pH H ₂ O pada tanah gambut	34
Gambar 4.9 Grafik rerata pH KCL pada tanah gambut	35
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan P-tersedia Tanah Gambut.....	36
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan serapan Fosfat Jaringan Batang	37
Gambar 4.12 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Fe Tanah Gambut Awal dengan Tanah Gambut yang diberi Perlakuan	38
Gambar 4.13 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Fe Jaringan Batang	40
Gambar 4.14 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Fe Jaringan Akar	41
Gambar 4.15 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Mn Tanah Gambut Awal dengan Tanah Gambut yang diberi Perlakuan	42
Gambar 4.16 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Mn Jaringan Batang.....	43
Gambar 4.17 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Mn Jaringan Akar	44

Gambar 4.18 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Zn Tanah Gambut Awal dengan Tanah Gambut yang diberi Perlakuan45
Gambar 4.19 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Zn Jaringan Batang46
Gambar 4.20 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Zn Jaringan Akar47



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar penelitian terdahulu.....	12
Tabel 3.1 Karakteristik awal tanah gambut bekas terbakar	13
Tabel 3.2 Populasi Bakteri Endofit dan Jamur <i>Indigenous</i> yang diinokulasikan ..	22
Tabel 3.3 Kategori pH tanah	25
Tabel 3.4 Kategori P-tersedia tanah	25
Tabel 3.5 Baku Mutu Logam Berat pada Tanah dan Tumbuhan.....	25



DAFTAR LAMPIRAN

1: ALAT DALAM PENELITIAN	55
2: BAHAN DALAM PENELITIAN	57
3: PREPARASI SAMPEL	58
4: TABEL DATA ANALISIS	60
5: DOKUMENTASI.....	64



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lahan gambut merupakan lahan yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa sebagian tumbuhan yang belum melapuk, biasanya memiliki kandungan C-organik sekurang-kurangnya 12% dengan ketebalan 50 cm [1]. Berdasarkan data yang diterbitkan oleh Wetland Internasional pada tahun 2005, Perkiraan luas lahan gambut di Indonesia sebesar 20,6 juta hektar yang tersebar luas di Kalimantan, Sumatera dan Papua serta sebagian kecil di Sulawesi [2]. Umumnya tanah gambut memiliki tingkat keasaman (pH) yang relatif tinggi yaitu berkisar antara 3 – 4 serta ketersediaan unsur makro yang rendah [3].

Kebakaran lahan gambut merupakan permasalahan lahan gambut yang sering terjadi di Indonesia baik karena kemarau panjang maupun sengaja dibakar untuk pembukaan lahan (*land clearing*) [4]. Di Kalimantan Selatan telah terjadi kebakaran lahan gambut sebesar 18,665 ha pada tahun 2015 [5]. Kebakaran tersebut tentunya berpengaruh terhadap kandungan hara tanah, sifat fisik dan kimia tanah. Kebakaran lahan gambut juga berpengaruh terhadap pH tanah, dimana semakin sering terjadinya kebakaran pada tanah gambut maka pH tanah semakin asam (rendah) sedangkan untuk kandungan logam berat semakin tinggi.

Degradasi tanah gambut dapat diperbaiki dengan melakukan upaya Restorasi. Restorasi yaitu suatu tindakan mengembalikan suatu ekosistem yang telah rusak kembali kepada fungsi aslinya [6]. Dalam hal ini media tanam terlebih dahulu dilakukan perbaikan tanah (*soil amendment*) dengan kitosan, asam humat dan SROP serta dilakukan inokulasi mikroorganisme pembenah yaitu menggunakan *consortium microba*. Bahan pembenah tanah tersebut kemudian di aplikasikan pada media tanam tanah gambut bekas terbakar untuk pertumbuhan tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*). *Consortium Microba* yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu Bakteri Endofit, Jamur *Indigenous* dan Cendawan Arbuscular Mikoriza (CAM) jenis Acaulo. Dalam

penelitian ini dilakukan analisis terkait pertumbuhan tanaman uji, pH dan kadar logam berat yang terkandung. Selain itu juga dilakukan pengujian kadar fosfat meliputi P-tersedia dalam tanah dan serapan P oleh jaringan tanaman untuk mengetahui pengaruh inokulasi *Consortium Microba* serta pemberian bahan pembenah terhadap unsur hara P. Fosfat dibutuhkan tanaman untuk proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi pembelahan dan pembesaran sel.

Penelitian mengenai restorasi lahan gambut ini dilakukan dalam skala rumah kaca dengan mengukur potensi dari tendensi mikroorganisme bakteri endofit, jamur *indigenous* dan CAM Acaulo dalam merestorasi lahan gambut bekas terbakar serta analisa kemampuannya dalam menstimulasi pertumbuhan tanaman. Selain itu juga mengukur potensi dari tendensi *Consortium Microba* dalam menaikkan pH, reduksi logam berat serta analisa kandungan P-tersedia dan serapan P oleh jaringan tanaman. Sebelumnya juga telah dilakukan penelitian terkait restorasi lahan gambut menggunakan fungi dan bakteri endofit dengan hasil dua mikroorganisme tersebut berpengaruh dalam pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman serta mampu menaikkan pH tanah dan menurunkan kadar logam berat. Sedangkan untuk penelitian kali ini dilakukan inokulasi *consortium microba* serta penambahan bahan pembenah tanah dengan harapan hasil yang dicapai dapat lebih maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

Rehabilitasi lahan gambut terbakar (*fired peatland*) menjadi masalah yang belum terselesaikan, sehingga dibutuhkan solusi berupa restorasi awal sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh inokulasi Konsorsium dari Bakteri Endofit, Jamur *Indigenous* dan Cendawan Arbuskula Mikoriza (CAM) serta pemberian bahan pembenah Kitosan, Asam Humat dan SROP terhadap pertumbuhan dan biomassa tanaman *Melaleuca leucadendra*?
2. Bagaimana pengaruh inokulasi Konsorsium dari Bakteri Endofit, Jamur *Indigenous* dan Cendawan Arbuskula Mikoriza (CAM) serta pemberian bahan pembenah Kitosan, Asam Humat dan SROP terhadap reduksi logam berat (Fe, Mn dan Zn), pH tanah gambut serta kandungan P-tersedia dan serapan P jaringan tanaman?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Investigasi potensi Konsorsium dari Bakteri Endofit, Jamur *Indigenous* dan Cendawan Arbuskula Mikoriza serta pemberian bahan pembenah Kitosan, Asam Humat dan SROP terhadap pertumbuhan tanaman dan biomassa *Melaleuca leucadendra*.
2. Investigasi pengaruh inokulasi Konsorsium dari Bakteri Endofit, Jamur *Indigenous* dan Cendawan Arbuskula Mikoriza serta pemberian bahan pembenah Kitosan, Asam Humat dan SROP terhadap reduksi logam berat (Fe, Mn dan Zn), pH tanah gambut serta kandungan P-tersedia dan serapan P jaringan tanaman.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai implementasi mikroba dalam upaya restorasi tanah di lahan gambut bekas terbakar (*fired peatland*).
2. Menjadi bahan acuan dalam melakukan restorasi pada area lahan gambut bekas terbakar (*fired peatland*) dengan metode yang sama dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian serupa.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dalam penelitian ini, yaitu:

1. Pembuatan Inokulum dengan memindahkan inokulum mikroba dari media lama ke media tanam yang baru dilakukan di rumah kaca
2. Pengujian serapan logam dan pH pada tanah gambut bekas terbakar
3. Pengujian konsentrasi fosfat yaitu P-tersedia dalam tanah gambut bekas terbakar dan serapan P jaringan tanaman uji
4. Pengujian logam berat pada jaringan tanaman setelah dilakukan inokulasi Konsorsium dari Bakteri Endofit, Jamur *Indigenous* dan Cendawan Arbuskula Mikoriza (CAM)
5. Penelitian, pengamatan dan pelaksanaan dilakukan dalam skala rumah kaca

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Restorasi Lahan Gambut

Gambut terbentuk secara alami oleh dekomposisi tidak sempurna sisa-sisa tumbuhan dan terakumulasi pada rawa. Timbulan sisa-sisa tanaman yang telah mati baik yang sudah lapuk maupun belum tersebut disebut tanah gambut. Lahan gambut merupakan lahan jenuh air yang tersusun oleh bahan organik >12% dengan ketebalan >50 cm yang berasal dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan dan jaringan yang melapuk[7]. Selain itu umumnya ketersediaan unsur makro N, P, K serta jumlah unsur makro dalam lahan gambut relatif rendah [8]. Produktivitas lahan gambut di Indonesia masih tergolong rendah, padahal sebetulnya mempunyai potensi yang sangat besar. Penurunan produktivitas lahan tersebut salah satunya disebabkan oleh kebakaran lahan gambut yang mengurangi tingkat kesuburan lahan. Sehingga diperlukan suatu usaha perbaikan tanah gambut untuk meningkatkan produktivitas lahan. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan tersebut yaitu dengan restorasi lahan gambut [9].



Gambar 2.1 Ilustrasi Lahan Gambut

Sumber: beritasatu.com

Restorasi adalah suatu tindakan untuk memulihkan ekosistem gambut yang rusak. Restorasi membantu pemulihan dan integritas ekologi suatu ekosistem yang rusak mencakup variabel hayati penting, struktur dan proses-proses ekologi pada konteks sejarah dan kewilayahan serta kelestarian praktik-praktik budaya dengan proses yang intens [10]. Dikenal juga adanya restorasi ekologi yang merupakan proses pemulihan secara alami suatu ekosistem yang telah menurun, rusak atau hancur [11]. Restorasi lahan gambut dapat dijadikan sebagai upaya pengaturan tata air alami serta mempercepat pemulihan fungsi ekosistem gambut pada satu kesatuan hidrologis gambut. Restorasi lahan gambut ini biasanya dilakukan dengan pendekatan pembasahan kembali, revegetasi, dan revitalisasi ekonomi lokal.

2.2 Bahan Pembenh Tanah

Bahan pembenh tanah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Kitosan, Asam Humat dan *Slow Release Organic Paramagnetic* (SROP). Senyawa Kitosan biasanya ditemukan dalam cangkang kepiting, udang, cumi-cumi dan kerang [12]. Kitosan berwarna putih kekuningan, berbentuk padatan amorf dan bersifat polielektrolit [13]. Kitosan adalah suatu biopolimer alami yang merupakan suatu produk deasetilasi kitin yang dapat digunakan sebagai substitusi pupuk dan pestisida kimia [14]. Kitosan berperan dalam pencegahan kolonisasi pantogen pada jaringan tanaman dan mampu meningkatkan daya tumbuh tanaman. Kitosan mampu mengurangi dan mengendalikan dampak negatif penyakit terhadap tanaman dan mampu menurunkan kandungan logam berat seperti halnya Ni, Cu, As, Cd dan Pb [15]. Konsentrasi kitosan 2% mampu mengadsorpsi logam berat Pb mencapai 94,97% [16].

Bahan pembenh lain yang digunakan yaitu Asam Humat. Asam Humat merupakan senyawa organik yang mengalami humifikasi yang dapat menggantikan pupuk kandang atau kompos. Asam Humat dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah [17]. Aplikasi asam humat dapat meningkatkan kesuburan tanah dan serapan hara oleh tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman semakin optimal [17]. Asam humat juga mampu

mengikat ion logam dan ion organik. Muatan negatif pada gugus-gugus asam humat mampu berinteraksi dan bereaksi dengan ion yang bermuatan positif [18]. Logam yang sangat memungkinkan untuk terikat oleh asam humat yaitu logam Fe, Cu dan Pb karena memiliki muatan positif. Penambahan 3,75 ton /ha asam humat dapat meningkatkan unsur hara makro, menurunkan salinitas tanah dan mengatur struktur komunitas mikroba tanah selain ini juga terbukti mampu meningkatkan biomassa tanaman [19]. Konsentrasi 10-20% asam humat juga terbukti mampu meningkatkan produktivitas hasil pertanian didukung dengan kesesuaian pH tanah, ketersediaan unsur hara dan salinitas tanah [20].

Bahan pembenah selanjutnya yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Slow Release Organic Paramagnetic* (SROP) yang merupakan humus buatan dari hasil reaksi pirolisis biochar dari biomassa yang mengandung lignin dan hidrokarbon melalui proses *Partial Hydrothermal Carbonization* (PHTC) pada kompos [21]. Humus aktif ini dapat memperbaiki kualitas tanah karena mengandung nutrisi yang cukup, memiliki pelepasan nutrisi yang lambat dan kandungan superparamagnetik. Aplikasi SROP dalam tanah mampu meningkatkan unsur hara makro, meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan pH tanah, peningkatan N-P-K tersedia, serta mampu menurunkan toksisitas mikronutrien (Fe, Mn, Zn, B, Cu, Cl dan Mo) dan logam berat (Pb, Cd, Ti, As dan Sn). Penggunaan SROP 10 ton/ha dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah sebesar 0,36% [21]. Konsentrasi SROP 10% cukup efektif untuk memperbaiki pH tanah menjadi hampir netral serta membantu pertumbuhan tanaman menjadi lebih optimal [21].

2.3 Tanaman Uji

Penelitian ini menggunakan Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*) sebagai tanaman uji yang akan ditanam pada media tanah gambut bekas terbakar dan diberi perlakuan berupa inokulasi mikroorganisme menguntungkan. Tanaman *Melaleuca leucadendra* merupakan famili *Myrtaceae* dari genus *Melaleuca* merupakan spesies tanaman tropis. Kayu putih tumbuh di hutan terbuka atau

semak terutama di tepi rawa dan sepanjang aliran air. Pohon Kayu Putih umumnya memiliki batang tunggal berdiameter 1,2 m dengan tinggi pohon 25-40 m dengan daun berwarna hijau gelap dan kulit batang berwarna keputihan. *Melaleuca leucadendra* dapat dijadikan sebagai agen reklamasi dan revegetasi lahan kritis karena tanaman ini mampu tumbuh dengan baik meskipun dilahan kering dan curah hujan rendah, memiliki sistem perakaran yang baik dan mampu bersosiasi dengan mikroorganisme tertentu [22]. Selain itu tanaman ini juga mampu mengakumulasi logam berat kedalam jaringan tanaman. Dengan adanya kemampuan tersebut tanaman Kayu Putih sesuai untuk dijadikan sebagai tanaman uji dalam penelitian ini agar logam berat yang terkandung dalam tanah dapat terakumulasi dengan maksimal.



Gambar 2.2 Tanaman Kayu Putih

Sumber : Data primer

2.4 Mikroorganisme Pembenah

Mikroorganisme pembenah yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu Jamur *Indigenous*, Bakteri Endofit dan Cendawan Arbuskula Mikoriza (CAM) jenis Acaulo. Mikroorganisme ini berasal dari hasil *reculture* dan pengembangbiakan mikroorganisme dari tanah gambut dan akar tanaman endemik di lahan gambut yang selanjutnya diinokulasikan ke tanaman.

2.4.1 Jamur *Indigenous*

Jamur *Indigenous* merupakan jamur yang berasal dari lahan tercemar sehingga memiliki ketahanan atau adaptasi yang baik. Jamur *Indigenous* berperan dalam mendegradasi logam berat serta dapat dijadikan sebagai biogen remediasi efektif dalam melakukan remediasi tanah tercemar yang mengandung logam berat tinggi karena kemampuannya yang tinggi untuk bertahan hidup pada lingkungan yang kurang menguntungkan [23]. Jamur *Indigenous* memiliki kemampuan mendegradasi senyawa organik menjadi sumber nutrisi [24]. Jamur *Indigenous* dapat mempengaruhi mobilisasi logam berat dan memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat melalui pengikatan pada dinding sel [25]. Dalam tanah, jamur juga berperan dalam menjaga ketersediaan unsur karbon (C) sebagai sumber energi sendiri maupun sumber energi organisme lain.

2.4.2 Bakteri Endofit

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh kesuburan tanah karena asupan nutrisi yang dibutuhkan tanaman seperti halnya aspek biologi terkandung didalam tanah. Salah satu mikroorganisme menguntungkan dalam tanah yaitu bakteri endofit. Bakteri endofit berinteraksi dengan tanaman inang dengan menghasilkan senyawa aktif dari hasil ekstraksi tanaman, khususnya tanaman obat [26]. Interaksi antara bakteri endofit dan tanaman tersebut merupakan bentuk simbiosis yang bersifat netral, mutualisme atau komensalisme [27]. Dikatakan simbiosis mutualisme karena bakteri endofit mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme

tanaman dan melawan bakteri pantogen untuk melindungi tanaman, sedangkan tanaman mendapatkan derivat nutrisi dan senyawa aktif yang diperlukan selama hidupnya [28]. Peranan bakteri endofit terhadap tanaman yaitu dapat memproduksi zat pengatur tumbuh tanaman, membantu fiksasi nitrogen, menghasilkan antibiotik serta mampu meningkatkan induksi resistensi tanaman inang terhadap pantogen dan parasite [29]. Bakteri endofit dapat hidup di dalam pembuluh vaskular atau di ruang intersel [30], akar, batang dan daun [31] yang masuk melalui akar kemudian tumbuh di satu titik tertentu atau menyebar ke seluruh tanaman.

2.4.3 Cendawan Arbuskula Mikoriza (CAM)

Cendawan Arbuskula Mikoriza (CAM) merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara cendawan dengan akar tanaman. Cendawan mikoriza dan akar tanaman inang yang kompatibel menjadikan terjadinya simbiosis. CAM mampu memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman karena mampu menyediakan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman muda dan berperan sebagai sumber pupuk hayati yang menyumbang nutrisi bagi tanaman [32]. Mikoriza berperan penting dalam ketersediaan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman seperti halnya P, Fe, Mn, Mg dan K yang terjadi melalui pembentukan hifa mikoriza dengan terjadi perpanjangan akar terutama di daerah yang miskin unsur hara, pH rendah serta kekurangan air [33]. Inokulasi cendawan mikoriza dalam media tanam tanaman uji dapat meningkatkan tinggi tanaman, berat kering dan ketersediaan unsur P dalam tanah[34]. Selain itu inokulasi CAM dalam akar juga dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam penyerapan Zn lebih cepat daripada tanaman yang tidak bermikoriza. Hal tersebut dapat terlihat pada kondisi tanah yang kering dan miskin hara, sedangkan pada tanah yang subur perannya tidak begitu nyata [33]. CAM diaplikasikan dalam tanah gambut yang menjadi media penanaman tanaman uji dengan

menggunakan media zeolite sebagai pupuk hayati mikoriza. Mineral zeolite ini merupakan senyawa alumino silikat hidrat dengan logam alkali tanah yang memiliki aerasi dan porositas yang ideal untuk perkembangan mikoriza [35]. CAM hidup disekitar akar tanaman dan memiliki kemampuan meningkatkan resistensi tanaman inang terhadap kondisi kekeringan dengan memodifikasi hubungan tanah dan tanaman serta meningkatkan kapasitas penyimpanan air [36]. Selain itu CAM juga berperan dalam memantapkan agregat dan struktur tanah [37].



2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai referensi dan pembandingan terhadap penelitian yang dilakukan. Berikut ini daftar penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dan pembandingan:

Tabel 2.1 Daftar penelitian terdahulu

No.	Penulis	Tema Penelitian	Hasil
1.	Soultan Simamora, 2020 [38]	Potensi Aplikasi Fungi Tanah dan Bakteri Endofit dengan Cendawan Tanah Gambut untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca	Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi fungi dan bakteri endofit ke dalam tanah gambut bekas terbakar berpengaruh terhadap tinggi dan diameter batang tanaman uji Kayu Putih dan juga berhasil menaikkan pH tanah menjadi 6,7 – 7.
2.	Nurhayati, Razali, dan Zuraida (2014) [8]	Peranan Berbagai Jenis Bahan Pembena Tanah terhadap Status Hara P dan Perkembangan Akar Kedelai pada Tanah Gambut Asal Ajamu Sumatera Utara	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan pembena tanah dan beberapa jenis mikroorganisme tanah mampu meningkatkan pH tanah.
3	Santi, dkk [39]	Pengaruh Fungi Idigenous Toleran Zn Terhadap Pertumbuhan Bibit Jagung Di Media Tailing Steril	Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi fungi indigenouse dapat membantu memperbaiki pertumbuhan tanaman dalam kondisi kelebihan logam Zn dibandingkan tanpa inokulan.
4	Gusmaini, dkk [40]	Potensi Bakteri Endofit dalam Upaya Meningkatkan Pertumbuhan, Produksi, dan Kandungan Andrografolid pada Tanaman Sambiloto	Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan, biomassa tanaman dan produksi andrografolid tanaman sambitol.
5	Mahram Nadir, Syamsia dan Sartika Laban, 2018 [32]	Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskular untuk Mereduksi Kadar Pb dan Cd pada Lahan Sawah serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada	Penambahan Cendawan Arbuskular Mikoriza terbukti menurunkan kandungan Pb dan Cd dalam tanah sawah. Untuk hasil yang lebih optimal disarankan untuk menambahkan pupuk organik serta mengurangi penggunaan pupuk kimiawi dan pestisida karena merupakan pemasok logam berat utama.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dalam skala rumah kaca pada bulan Maret 2021 hingga Oktober 2021. Penelitian dimulai dari tahapan persiapan media tanam, melakukan penyemaian tanaman *Melaleuca Leucadendra* dan dilanjutkan dengan pengambilan sampel data dan pemanenan tanaman *Melaleuca Leucadendra* di rumah kaca. Penelitian skala rumah kaca ini dilakukan di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Selanjutnya dilakukan analisis data sampel di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah gambut sekunder yang berasal dari KHDTK (Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus) Tumbang Nusa Palangkaraya Kalimantan Tengah.

3.2 Karakteristik Tanah

Sampel tanah gambut bekas terbakar yang akan digunakan terlebih dahulu diujikan karakteristik kimia awal. Karakteristik kimia awal yang diujikan dalam penelitian ini disajikan dalam tabel berikut:

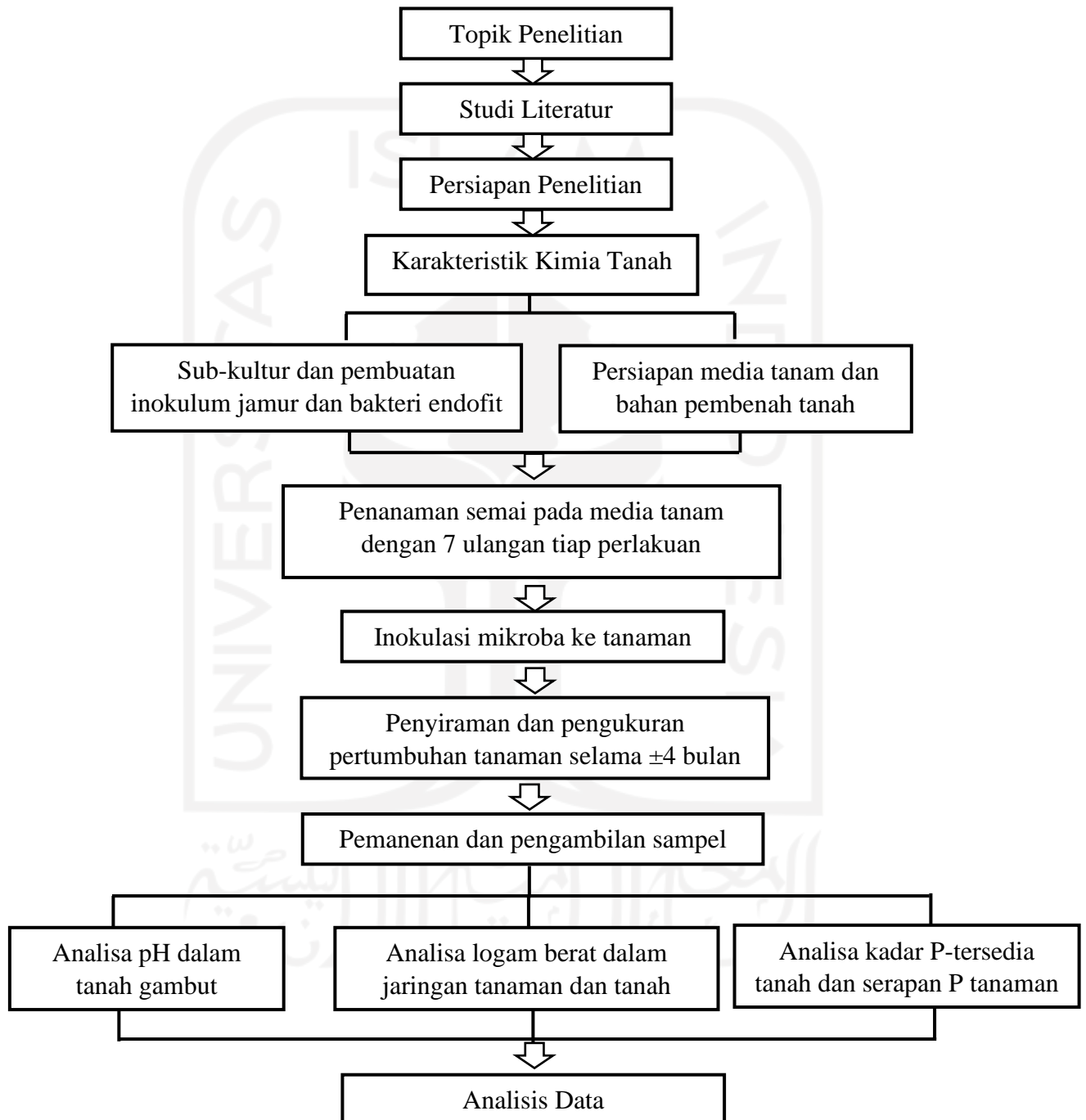
Tabel 3.1 Karakteristik kimia awal tanah gambut bekas terbakar

Parameter	Konsentrasi
Fe (mg/kg)	920.3
Mn (mg/kg)	12.4
Zn (mg/kg)	17.9
P ₂ O ₅ Bray I (mg/kg)	69.916
pH H ₂ O	3.62
pH KCL	2.59

Sumber : data primer

3.3 Tahapan Penelitian

Berikut alur tahapan penelitian yang akan dilakukan :



Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian

3.5 Persiapan Semai

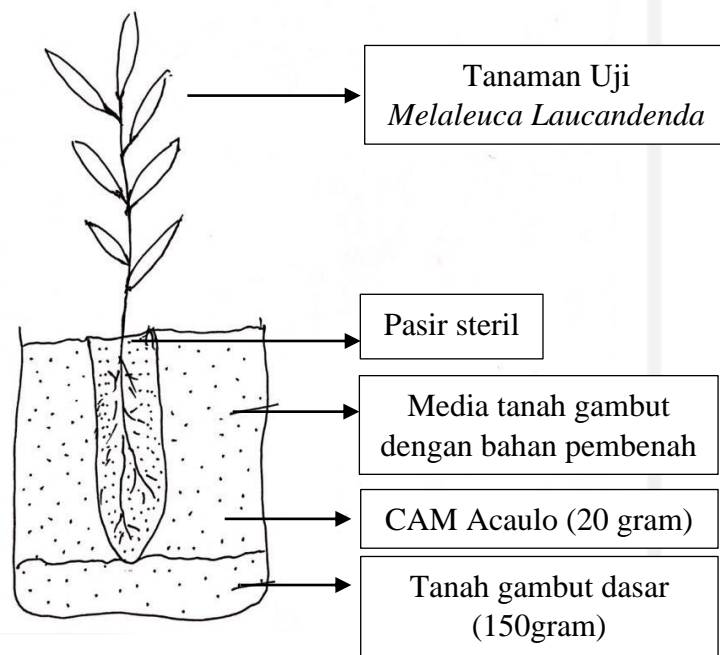
Persiapan semai dilakukan dengan membuat media tanam menggunakan pasir steril dalam polybag. Bibit tanaman yang akan disemai yaitu *Melaleuca leucadendra*. Jumlah tanaman yang disemai sesuai dengan perlakuan yang diberikan yaitu terdapat 4 perlakuan dengan 3 pembenah tanah (kitosan, asam humat dan SROP) dan 1 kontrol masing-masing sebanyak 7 ulangan. Selanjutnya dilakukan pemupukan tanaman dengan pupuk hyponex fosfat 1 ppm sebanyak 0,1 gram untuk 1 liter air. Penyemaian dilakukan di rumah kaca selama 2 bulan.

3.6 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah gambut asli bekas terbakar yang berasal dari KHDTK Tumbang Nusa Palangkaraya Kalimantan Tengah yang sudah disterilisasi. Tujuan dari sterilisasi tanah tersebut yaitu agar tanah terbebas dari kontaminasi mikroba lain sehingga nantinya dapat mengetahui pengaruh inokulasi *consortium microba* tanpa ada pengaruh dari mikroorganisme asli dari tanah gambut yang sudah terbakar. Selanjutnya tanah gambut yang sudah disterilisasi tersebut ditimbang dan dipisahkan sesuai perlakuan. Media tanam yang sudah siap ditimbang dan dimasukkan kedalam polybag ukuran 20x20 cm untuk ditanami tanaman *Melaleuca leucadendra* dengan 4 perlakuan yaitu kontrol, kitosan, asam humat dan SROP. Perlakuan pertama yaitu kontrol yang merupakan media tanah gambut tanpa penambahan bahan pembenah tanah yang diberi kode K.CS, perlakuan kedua yaitu media tanah gambut dengan penambahan bahan pembenah kitosan yang selanjutnya diberi kode CHI.CS, perlakuan ketiga yaitu media tanah gambut dengan penambahan bahan pembenah asam humat yang diberi kode AH.CS dan perlakuan terakhir yaitu media tanah gambut dengan penambahan bahan pembenah SROP yang diberi kode S.CS. Kode tersebut digunakan dari awal penelitian hingga akhir pada sampel tanah dan tanaman uji.

3.7 Penanaman Semai pada Media Tanam dan Penyiraman

Dilakukan penanaman semai sebanyak 7 ulangan dengan perlakuan kontrol dan pemberian bahan pembenah tanah yang akan ditanami tanaman *Melaleuca leucadendra* yang telah berumur 2 bulan. Tujuan pengulangan ini untuk mengurangi bias pada masa pertumbuhan tanaman. Media tanam kontrol berisikan tanah gambut sebesar 340 gram tiap polybag. Selanjutnya untuk masing-masing perlakuan bahan pembenah dilakukan penambahan kitosan dan asam humat sebesar 2,5% dari berat tanah dan SROP sebanyak 10% dari berat tanah [21].



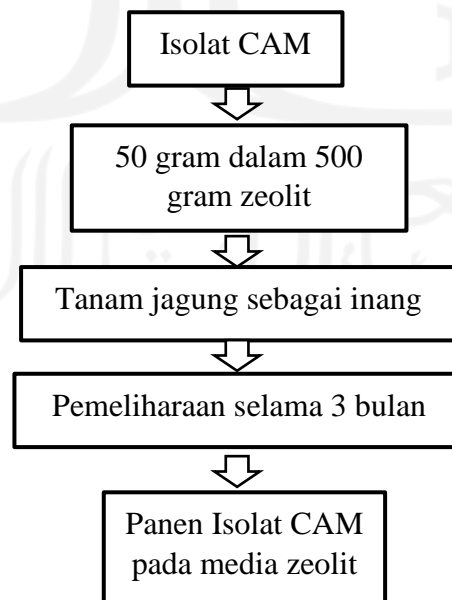
Gambar 3.2 Susunan Media Tanam dan Tanaman Uji *Melaleuca Leucadendra*

Media tanam dengan penambahan bahan pembenah kitosan dan asam humat memiliki perbandingan 1:40 yang berisikan 8,3 gram kitosan dan 331,7 gram tanah gambut. Selanjutnya untuk perlakuan SROP memiliki perbandingan 1:10 yang berisikan 30,9 gram SROP dan 309,1 gram tanah gambut. Total tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 13,3875 kg, sedangkan untuk bahan pembenah yang dibutuhkan yaitu asam humat sebesar 58,1 gram, kitosan sebesar 58,1 gram dan SROP sebesar 216,3 gram. Setelah

tanaman mampu beradaptasi dengan media tanam baru yaitu setelah penanaman selama 1 minggu selanjutnya dilakukan inokulasi *Consortium Microba* berupa bakteri endofit, jamur *indigenus* dan Cendawan Arbuskular Mikoriza (CAM) ke dalam tanaman melalui akar. Pemeliharaan tanaman berupa penyiraman dilakukan setiap 2 hari sekali pada waktu sore hari. Kemudian saat sudah memasuki musim kemarau maka akan dilakukan pengecekan tanaman setiap hari. Sedangkan untuk pengamatan perkembangan tanaman uji dengan mengukur pertumbuhan tanaman setiap 2 minggu sekali yaitu dengan mengukur ketinggian (cm), diameter batang tanaman (mm) dan jumlah daun.

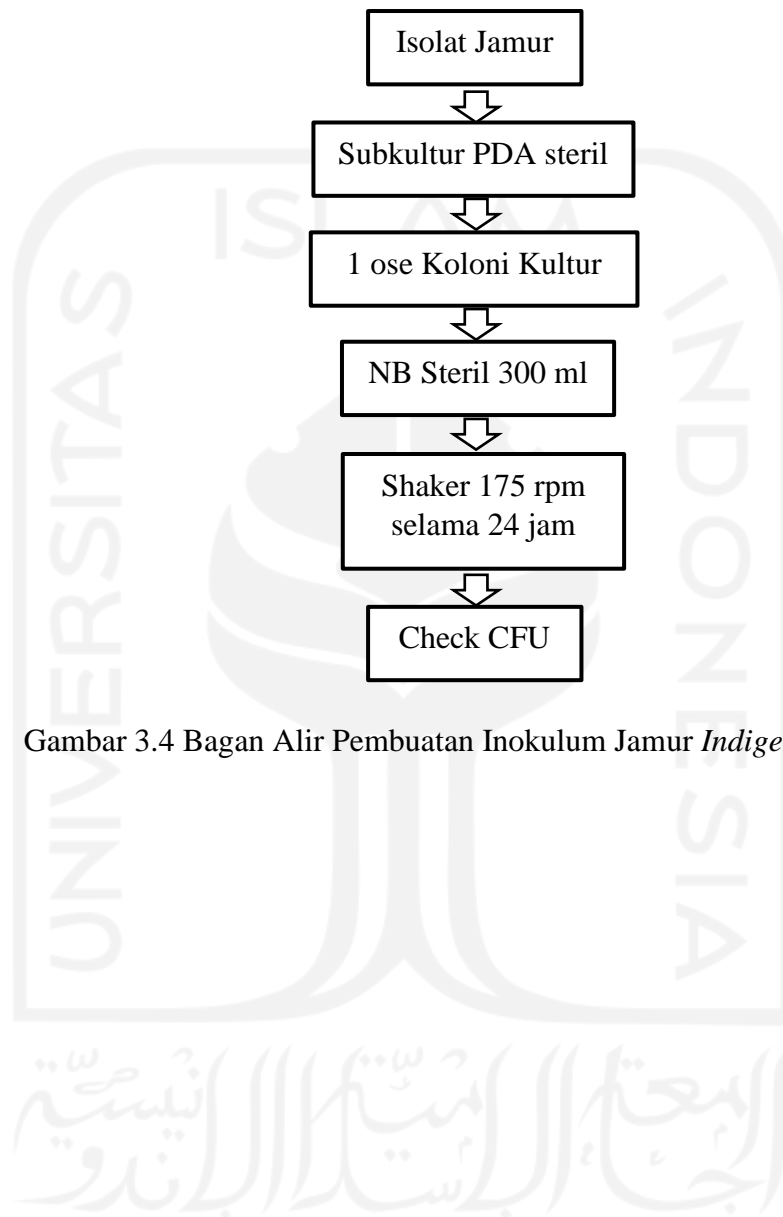
3.8 Persiapan Konsorsium Inokulum

Dalam persiapan konsorsium inokulum dilakukan pembuatan inokulum cendawan arbuskular mikoriza (CAM), jamur *indigenus*, dan inokulum bakteri endofit. Dilakukan sub-kultur dengan tujuan untuk memperbanyak biakan bakteri yang telah ada. Sub-kultur ini dilakukan dalam *Laminer Airflow* untuk mencegah kontaminan masuk kedalam media PDA. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan inokulum menggunakan NB (Nutrient Broth) yang bertujuan untuk memperbanyak bakteri dalam media cair agar mudah diinokulasi. Alur pembuatan isolat CAM pada gambar 3.2 berikut:

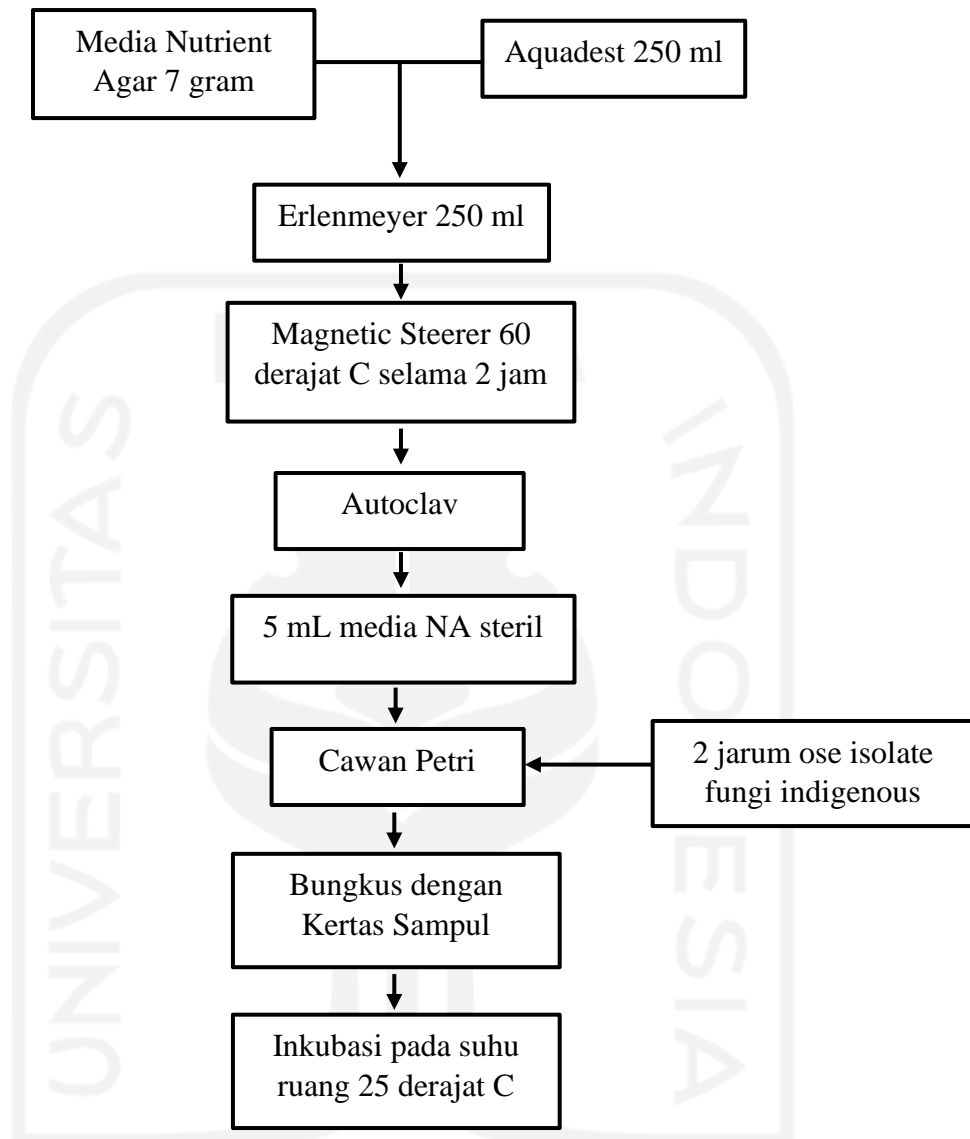


Gambar 3.3 Bagan Alir Pembuatan Isolat CAM

Selanjutnya juga dilakukan pembuatan inokulum jamur indigenous dengan alur pembuatan pada gambar 3.3 berikut:

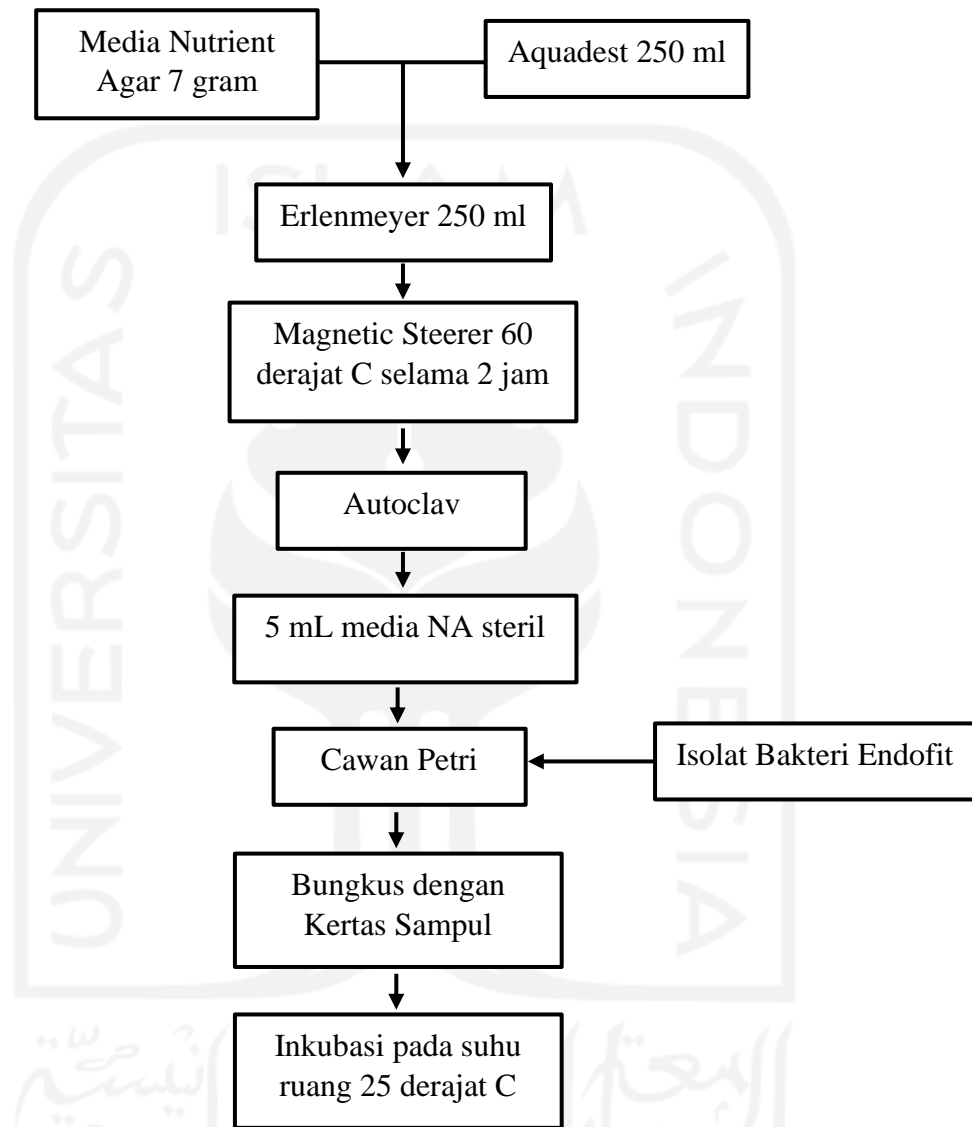


Gambar 3.4 Bagan Alir Pembuatan Inokulum Jamur *Indigenous*

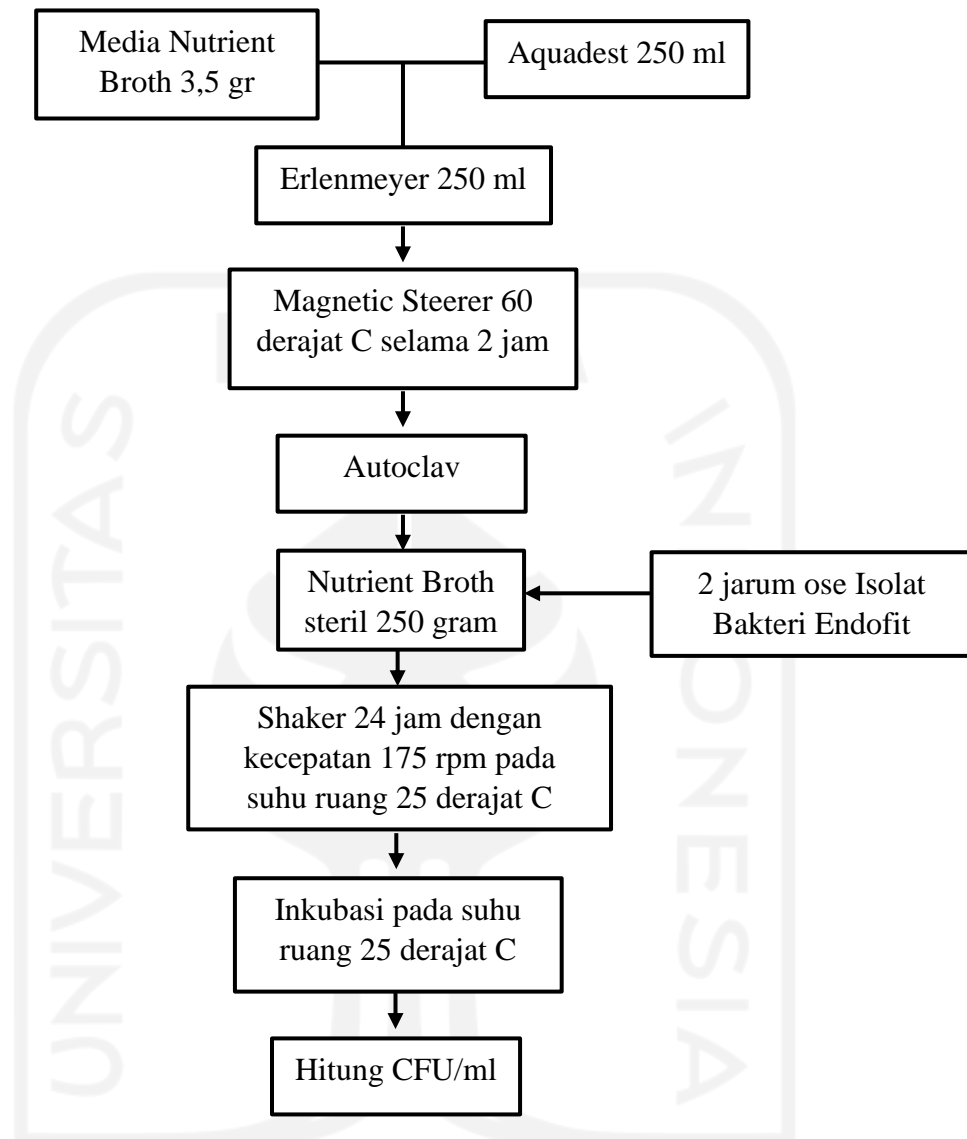


Gambar 3.5 Tahapan Sub-kultur Jamur *Indigenous*

Selain itu juga dilakukan subkultur dan inokulasi bakteri endofit, dengan alur sebagai berikut :



Gambar 3.6 Tahapan Sub-Kultur Bakteri Endofit



Gambar 3.7 Tahapan inokulasi Bakteri Endofit

3.9 Inokulasi Konsorsium Mikroba

Cendawan Arbuskula Mikoriza jenis Akaulo dimasukkan kedalam media tanam tanah gambut pada saat awal penanaman sebanyak 20 gram. Dilakukan persiapan inokulum bakteri endofit dan jamur *indigenous* dengan memindahkan inokulum mikroba dari media lama ke media tanam yang baru. Ketiga mikroorganisme pembenah yaitu Jamur *Indigenous*, Bakteri Endofit dan Cendawan Arbuskular Mikoriza di aplikasikan dalam media tanah gambut bekas terbakar dengan harapan perbaikan kualitas tanah gambut bekas terbakar

akan lebih optimal karena ketiga mikroorganisme pembenah memiliki pengaruh positif terhadap tanah dan tanaman. Inokulasi dilakukan dengan melubangi permukaan media tanam dalam polybag sedalam $\pm 4-5$ cm, kemudian masing-masing inokulum dari bakteri endofit dan jamur *indigenous* diinjeksikan dengan pipetmen 1 ml pada setiap media tanam dengan bahan pembenah tanah yang berbeda yang diinokulasikan ke bagian akar tanaman. Dilakukan perhitungan konsentrasi mikroba yang hidup dengan dilakukan pengenceran sebanyak 3 kali untuk jamur *indigenous* yaitu 10^{-1} , 10^{-2} , dan 10^{-3} . Selanjutnya untuk bakteri endofit dilakukan pengenceran sebanyak 1 kali yaitu 10^{-5} . Dilakukan perhitungan populasi mikroba dengan metode TPC (*Total Plate Count*) dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{CFU/ml (g)} : \text{Jumlah koloni per cawan} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}}$$

Sumber : [41]

Jumlah koloni jamur *indigenous* dan bakteri endofit yang diinokulasikan ke media tanam dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.2 Populasi Bakteri Endofit dan Jamur *Indigenous* yang diinokulasikan

Mikroba	Pengenceran	Jumlah Koloni	Perhitungan TPC (CFU/mg)	Rerata TPC (CFU/ml)
Bakteri Endofit				
E. 10^{-5} A	10^{-5}	48	4800000	4650000
E. 10^{-5} B	10^{-5}	45	4500000	
Jamur <i>Indigenous</i>				
F. 10^{-1} A	10^{-1}	237	2370	2335
F. 10^{-1} B	10^{-1}	230	2300	
F. 10^{-2} A	10^{-2}	166	16600	15300
F. 10^{-2} B	10^{-2}	140	14000	
F. 10^{-3} A	10^{-3}	108	108000	101000
F. 10^{-3} B	10^{-3}	94	94000	

Sumber : Data primer

3.10 Proses Panen dan Pengambilan Sampel

Pemanenan akan dilaksanakan setelah melakukan pengamatan pertumbuhan tanaman selama kurang lebih 4 bulan. Panen dilakukan dengan memisahkan antara bagian jaringan batang dengan jaringan akar. Pemisahan kedua bagian tanaman dilakukan dengan memotong 1 cm diatas jaringan akar

tubuh tanaman. Selanjutnya ditimbang dan dicatat berat basah dari jaringan batang dan jaringan akar. Jaringan batang dan jaringan akar yang sudah ditimbang dimasukkan kedalam amplop dan diberi identitas kode tanaman, sedangkan untuk tanah dimasukan kedalam plastik dan diberi identitas kode tanaman sesuai perlakuan. Setelah proses pemanenan selesai keringkan jaringan tanaman dalam oven pada suhu 70°C selama 93 jam untuk menghitung biomassa berat keringnya. Jaringan tanaman yang sudah kering ditimbang kembali dengan timbangan analitik ketelitian 0,001 gram. Sedangkan untuk tanah cukup dikeringkan dengan kering angin.

3.11 Analisa pH pada Sampel Tanah

Pengukuran pH tanah dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua macam pengekstrak di laboratorium yaitu pengekstrak akuades (H₂O) dan pengekstrak kalium (KCL) yang diuji menggunakan pH meter. Pengekstrak H₂O menyatakan kemasaman aktif atau biasa disebut pH tanah aktual. Sedangkan pengekstrak KCL 1 N menyatakan kemasaman cadangan atau biasa disebut pH tanah potensial [42]. pH potensial dapat terjadi oleh adanya pengaruh lain. Derajat keasaman (pH) dapat dijadikan parameter untuk memperkirakan mobilitas unsur-unsur kimia dalam tanah serta mengukur tingkat toksisitas dan pencemaran logam berat dalam tanah. pH rendah menunjukkan bahwa mobilitas logam dalam tanah semakin tinggi, sehingga dengan terjadinya kenaikan pH pada tanah asam diiringi dengan terjadinya reduksi logam berat [43].

Tabel 3.3 Kategori pH tanah

	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH	<4,5	4,5 – 5,5	5,5 – 6,5	6,6 – 7,5	7,6 – 8,5	>8,5

Sumber : Badan pertanian, 2005 [42]

3.12 Analisa P-tersedia pada Sampel Tanah dan Serapan-P Tanaman

Unsur fosfat (P) berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar dan merupakan salah satu indikator kesuburan tanah. Analisa P-tersedia dalam penelitian ini mengacu pada Petunjuk Teknis Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Sampel tanah yang diuji merupakan tanah gambut dengan pH dibawah 5,5 maka metode yang digunakan untuk pengujian fosfat yaitu metode Bray I [42]. Dilakukan analisa pengujian P-tersedia pada sampel tanah menggunakan metode Bray I dengan reagen Bray dan Kurtz. Timbang 2,5 gram contoh tanah 0,5 mesh, tambahkan reagen Bray dan Kurtz 25 ml kemudian kocok selama 5 menit dan saring. Pipet 2 ml ekstrak jernih masukan tabung reaksi. Hasil ekstrak dan deret standar kemudian direaksikan dengan pereaksi pewarna fosfat sebanyak 10 ml dan didiamkan selama 30 menit untuk diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. [42] Selanjutnya untuk pengujian P pada tanaman dilakukan dengan mengambil 1 ml ekstrak contoh dari hasil destruksi dan diencerkan 10 kali. Pipet 1 ml ekstrak encer contoh dan deret standar P ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 10 ml pereaksi pewarna P. Kocok hingga homogen selama 30 menit dan ukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm[42].

Tabel 3.4 Kategori P-tersedia tanah

	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
P ₂ O ₅	<4	5 – 7	8 – 10	11 – 15	>15

Sumber : Eviati dan Sulaeman, 2009 [44]

3.13 Analisa Logam Berat dalam Tanah dan Jaringan Tanaman

Sampel tanah dan jaringan tanaman dianalisa kandungan logam berat dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* pada panjang gelombang 693 nm. Sebelum dilakukan pengujian dilakukan preparasi terlebih dahulu dengan mengeringkan sampel di kering angin untuk sampel tanah dan dilakukan pengovenan pada suhu 70⁰ selama 93 jam pada sampel tanaman. Setelah kadar air dalam sampel hilang dilakukan penghalusan sampel dan diayak dengan ayakan ukuran 0,5 mm . Diambil 1 gram sampel tanah dan 0,5 gram sampel

tanaman untuk dilakukan destruksi dengan menambahkan 5 ml HNO₃ untuk sampel tanah dan penambahan 0,5 ml HClO₄ untuk sampel tanaman. Dilakukan destruksi basah pada sampel tanah dan tanaman kemudian disaring dan diencerkan setelah sampel siap dimasukkan ke dalam botol vial. Logam berat yang diujikan dalam penelitian ini yaitu Fe; Mn; dan Zn.

Tabel 3.5 Baku Mutu Logam Berat pada Tanah dan Tumbuhan

Parameter	Tanah	Tumbuhan
Fe (mg/kg)	100 ¹	112 ¹
Mn (mg/kg)	50 ¹	55 ¹ – 495 ²
Zn (mg/kg)	20 ¹ – 62 ³	19,6 ¹ – 110 ⁴
pH H ₂ O (1: 5)	4 ⁵ – 8,5 ⁵	-
pH KCL	4 ⁷	-
P jaringan tanaman (%)	-	0,1 ⁸ – 0,4 ⁸
P ₂ O ₅ (mg/kg)	17,9 ⁶ – 71,8 ⁶	-

Sumber :

- Schulze, dkk. 2019 [45]
- Reichman, dkk. 2004 [47]
- Vries, dkk. 2013 [49]
- Reichman, dkk. 2001 [51]
- Subhan, dkk.2020 [46]
- Masganti, dkk. 2017 [48]
- Sahrawat, dkk. 2000 [50]
- Zewide, dkk.2021 [52]

3.14 Analisis Statistik

Dilakukan analisis pengaruh *Consortium Microba* terhadap pertumbuhan tanaman uji, pH tanah serta reduksi logam berat disetiap perlakuan. Prosedur analisa data yang dilakukan yaitu dengan membandingkan hasil pengujian dari perlakuan yang dilakukan dengan tanah gambut awal yang disajikan dalam bentuk grafik dengan pendekatan *standard error* untuk mengetahui tendensi atau kecenderungan antar perlakuan dalam merestorasi lahan gambut dengan skala rumah kaca.

BAB IV

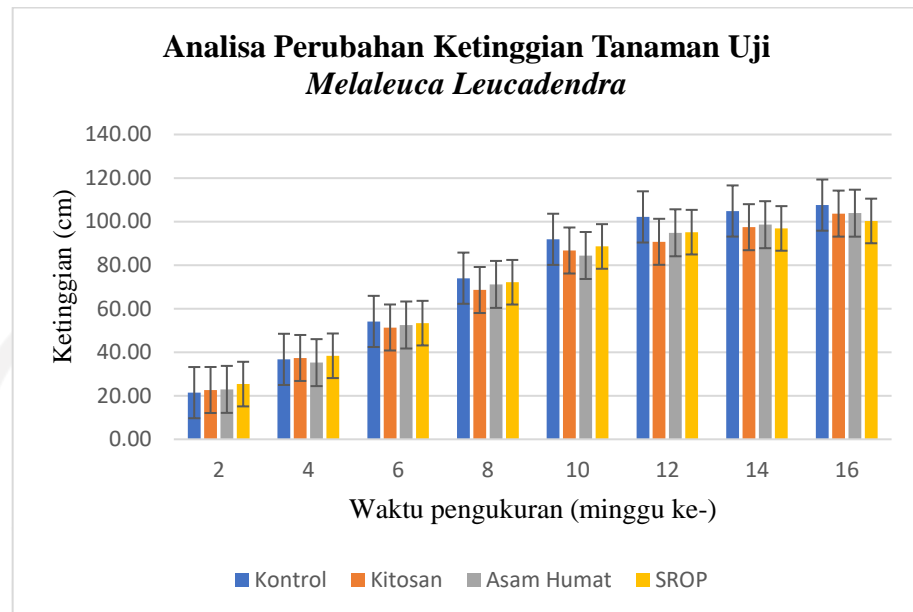
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Pengaruh Inokulasi *Consortium Microba* terhadap Pertumbuhan Tanaman Kayu Putih

Pengamatan pertumbuhan tanaman uji Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*) dilakukan dalam 2 minggu sekali dengan parameter pertumbuhan tanaman yang diukur yaitu tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah daun. Ketiga parameter tersebut merupakan indikator pertumbuhan untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diterapkan dan pengaruh lingkungan. Pengamatan pertumbuhan tanaman ini dilakukan selama 4 bulan sebelum akhirnya dilakukan pemanenan.

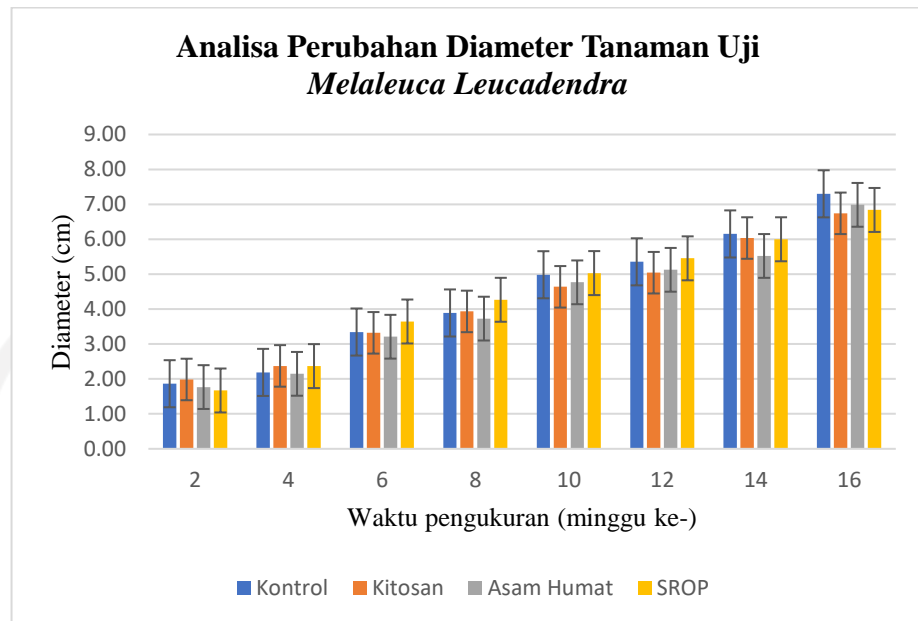
4.1.1 Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman yang diukur selama penelitian yaitu perubahan tinggi, diameter dan jumlah daun. Parameter tersebut dijadikan sebagai indikator untuk mengukur pengaruh atas perlakuan yang diterapkan yaitu dilakukannya inokulasi *Consortium Microba* dalam menstimulus pertumbuhan tanaman uji Kayu Putih. Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 merupakan grafik perubahan ketinggian, diameter batang dan jumlah daun pada tanaman uji kontrol dengan tanaman uji yang diberi perlakuan bahan pembenah. Dilakukan 4 perlakuan dalam penelitian ini yaitu “Kontrol” yang hanya diinokulasi *consortium microba* dengan keseluruhan media tanam tanah gambut, “Kitosan” yang diberi perlakuan inokulasi *consortium microba* serta penambahan bahan pembenah kitosan, “Asam Humat” yang diberi perlakuan inokulasi *consortium microba* serta penambahan bahan pembenah asam humat pada media tanam tanah gambut, dan terakhir yaitu “SROP” yang diberi perlakuan inokulasi *consortium microba* serta penambahan bahan pembenah *Slow Release Organic Paramagnetic*.



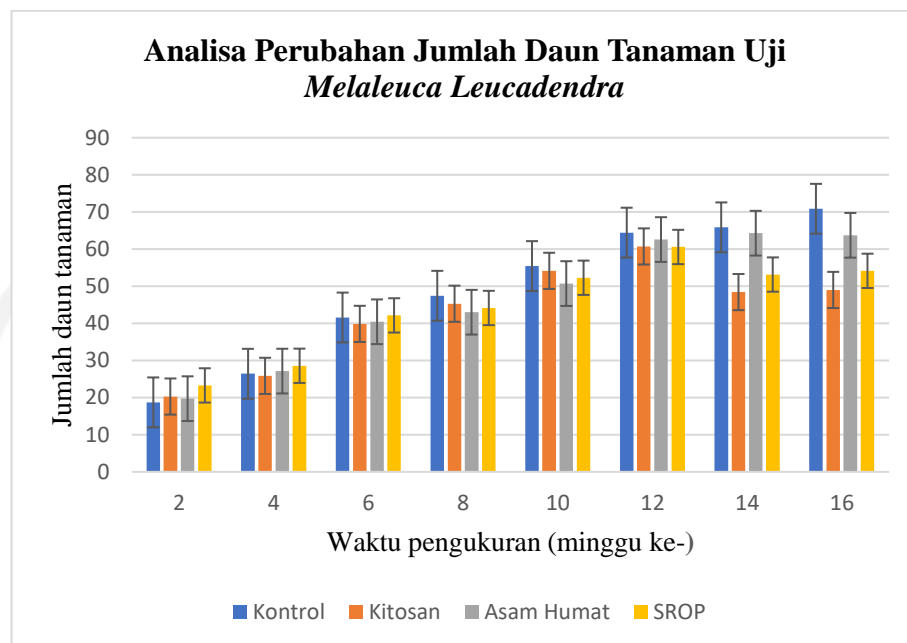
Gambar 4.1 Grafik Analisa Perubahan Ketinggian Tanaman Uji
Melaleuca Leucadendra

Gambar 4.1 merupakan grafik perubahan ketinggian tanaman uji yang menunjukkan bahwa tanaman uji kontrol memiliki rerata kenaikan tinggi yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanaman uji yang diberi perlakuan. Tanaman uji dengan perlakuan kontrol memiliki tinggi akhir sebesar 107,57 cm. Sedangkan tanaman uji dengan bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP masing-masing memiliki rerata ketinggian sebesar 103,67 cm; 103,86 cm; dan 100,29 cm. Tanaman uji kontrol memiliki rerata ketinggian yang lebih besar jika dibandingkan perlakuan bahan pembenah, hal tersebut diduga disebabkan oleh kurangnya waktu pengamatan yang mana interaksi antara konsorsium, bahan pembenah dan tanaman uji belum berjalan optimal.



Gambar 4.2 Grafik Analisa Perubahan Diameter Tanaman Uji
Melaleuca Leucadendra

Gambar 4.2 merupakan grafik perubahan diameter pada tanaman uji Kayu Putih. Grafik diatas menunjukkan tanaman uji kontrol memiliki rerata diameter yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanaman uji dengan perlakuan penambahan bahan pembenah. Pada minggu ke-4 sampai dengan minggu ke-12, bahan pembenah SROP memiliki rerata diameter paling besar jika dibandingkan dengan kontrol dan bahan pembenah lainnya. Namun, pada minggu ke-14 hingga minggu ke-16, tanaman uji kontrol memiliki rerata kenaikan diameter batang yang lebih besar dibandingkan tanaman uji yang diberi perlakuan. Rerata diameter batang akhir pada tanaman uji kontrol yaitu sebesar 7,30 mm, sedangkan untuk tanaman uji dengan perlakuan penambahan bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP masing-masing sebesar 6,74 mm, 6,99 mm dan 6,84 mm. Sama halnya dengan tinggi tanaman, kontrol memiliki diameter tanaman lebih besar jika dibandingkan dengan perlakuan bahan pembenah yang diduga disebabkan oleh kurangnya waktu pengamatan yang mana interaksi antara konsorsium, bahan pembenah dan tanaman uji belum optimal.

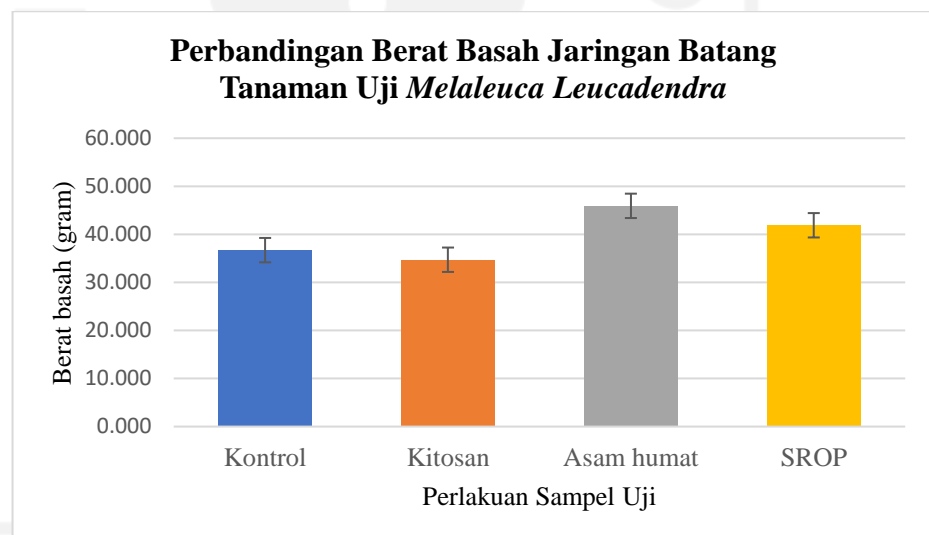


Gambar 4.3 Grafik Analisa Perubahan Jumlah Daun Tanaman Uji
Melaleuca Leucadendra

Pada Gambar 4.3 diatas menunjukkan bahwa terjadi kenaikan dan penurunan jumlah daun pada tanaman uji. Penurunan jumlah daun pada tanaman uji disebabkan oleh daun utama yang diukur sebelumnya telah berganti menjadi bakal ranting di bagian ketiak daun sehingga menyebabkan daun tersebut terlepas dari batang. Selain itu terjadi penurunan signifikan pada minggu ke-14 pada perlakuan kitosan disebabkan oleh adanya 1 tanaman uji yang mati. Jumlah daun akhir pada kontrol yaitu sebesar 71, sedangkan pada tanaman uji yang diberi penambahan bahan pembenah berupa kitosan, asam humat dan SROP masing-masing sebesar 49, 64 dan 54. Tanah gambut yang diberi bahan pembenah tanah memiliki jumlah daun yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Hal tersebut dikarenakan jumlah daun yang dihitung hanya daun utama yang selanjutnya terganti oleh bakal ranting, sehingga dengan penambahan bahan pembenah mampu meningkatkan jumlah ranting.

4.1.2 Biomassa Tanaman

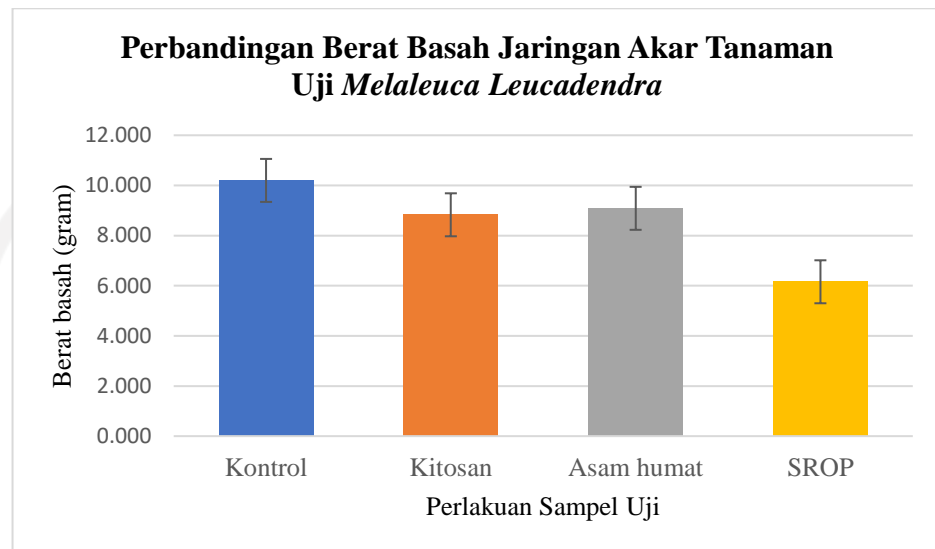
Biomassa tanaman dalam penelitian ini yaitu meliputi berat basah dan berat kering. Berat basah didapatkan dari berat jaringan tanaman setelah dipanen sedangkan untuk berat kering didapatkan setelah pengovenan selama 93 jam dengan suhu 70 °C. Pertumbuhan yang baik dengan pH dan media tanam yang sesuai menjadi faktor penting dalam besarnya biomassa tanaman. Dalam hal ini jaringan tanaman yang diukur biomassanya yaitu jaringan batang dan jaringan akar. Jaringan batang terdiri atas batang, ranting dan daun diatas leher akar. Sedangkan jaringan akar merupakan bagian akar tanaman yang berada dibawah leher akar.



Gambar 4.4 Grafik Berat Basah Jaringan Batang Tanaman Uji *Melaleuca Leucadendra*

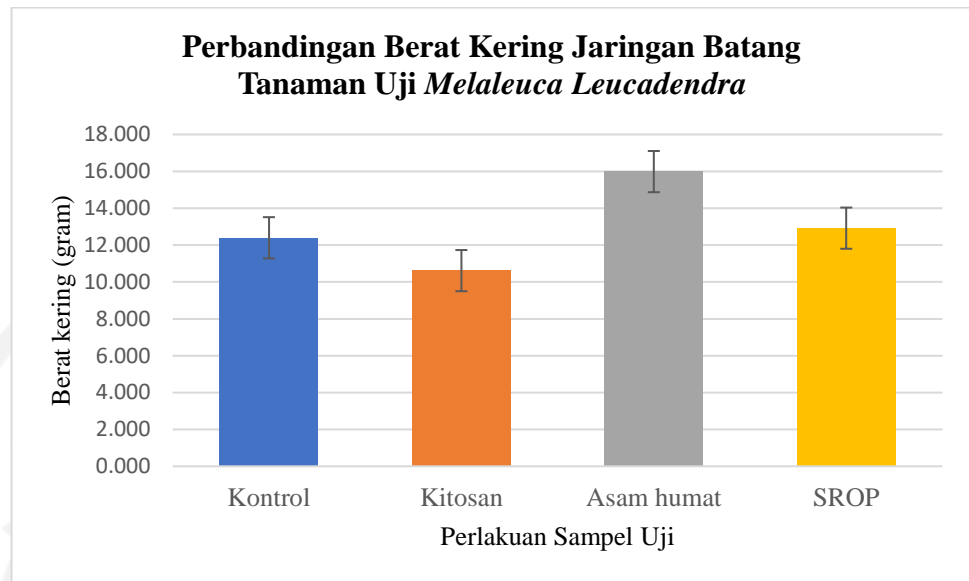
Pada Gambar 4.4 diatas menunjukkan bahwa grafik rerata berat basah jaringan batang tanaman uji dengan perlakuan Asam Humat dan SROP lebih besar jika dibandingkan kontrol. Berat basah jaringan batang kontrol yaitu sebesar 36,714 gram sedangkan pada perlakuan Asam Humat dan SROP masing-masing sebesar 45,929 gram dan 41,886 gram. Rerata berat basah jaringan batang paling rendah yaitu kitosan sebesar 34,714 gram. Rendahnya rerata berat basah kitosan disebabkan

oleh terjadinya kematian salah satu tanaman uji perlakuan kitosan yang diduga disebabkan oleh fitotoksisitas pada tanaman uji.



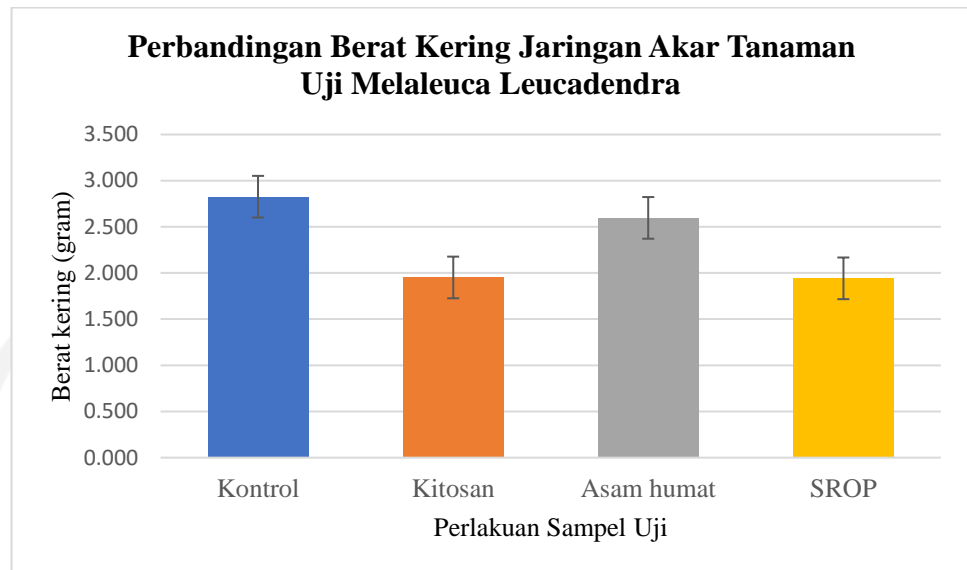
Gambar 4.5 Grafik Berat Basah Jaringan Akar Tanaman Uji *Melaleuca Leucadendra*

Kemudian pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa kontrol memiliki rerata berat basah jaringan akar yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanaman uji yang diberi perlakuan penambahan bahan pembenah. Rerata berat basah jaringan akar tanaman kontrol yaitu sebesar 10,20 gram sedangkan pada tanaman uji dengan perlakuan bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP masing-masing rerata berat basah jaringan akarnya sebesar 8,829 gram, 9,086 gram dan 6,157 gram. Rendahnya berat basah jaringan akar tanaman uji dengan perlakuan bahan pembenah diduga disebabkan oleh kondisi tanah yang cukup subur dengan kebutuhan unsur hara tanaman yang sudah tersedia disekeliling akar dari bahan pembenah yang diberikan sehingga perpanjangan akar yang terjadi tidak begitu besar.



Gambar 4.6 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Batang Tanaman Uji *Melaleuca Leucadendra*

Selanjutnya pada Gambar 4.6 diatas menunjukkan bahwa rerata berat kering jaringan batang tertinggi terdapat pada tanaman uji dengan perlakuan asam humat yaitu sebesar 15,987 gram. Selanjutnya untuk perlakuan bahan pembenah kontrol, kitosan dan SROP memiliki berat kering masing-masing sebesar 12,398 gram; 10,615 gram; dan 12,919 gram. Semakin tinggi nilai berat kering tanaman menunjukkan bahwa kadar unsur hara yang diserap semakin banyak sehingga diketahui bahwa kadar nutrisi pada tanaman uji yang diberikan perlakuan Asam Humat lebih tinggi jika dibandingkan kontrol dan bahan pembenah lain. Selain itu tanaman uji dengan bahan pembenah asam humat juga cenderung memiliki cabang ranting yang lebih lebat jika dibandingkan kontrol dan bahan pembenah lain.

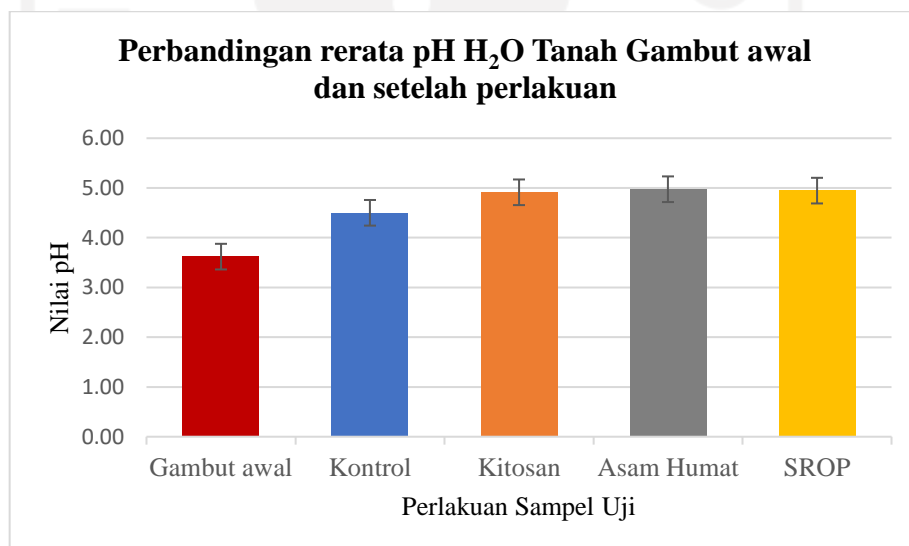


Gambar 4.7 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Akar Tanaman Uji *Melaleuca Leucadendra*

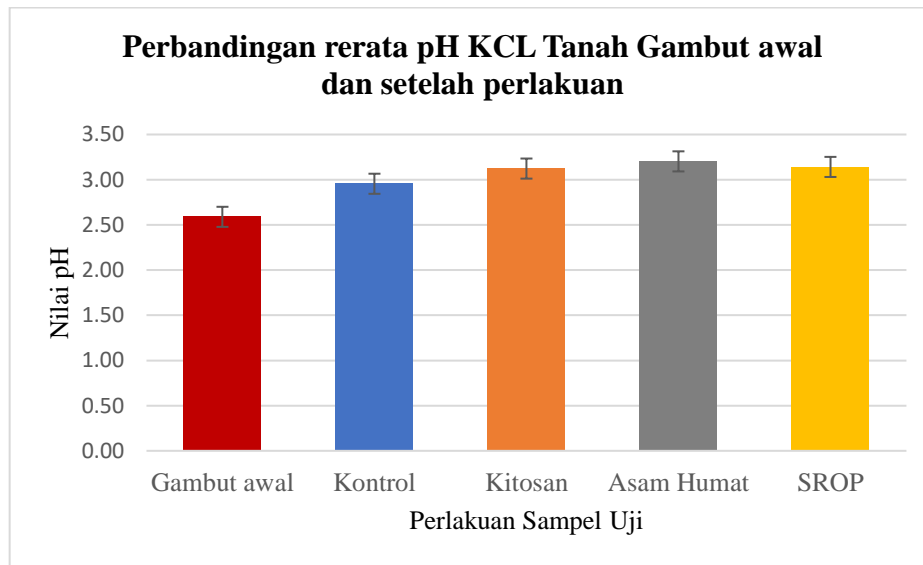
Kemudian untuk rerata berat kering jaringan akar dapat dilihat pada Gambar 4.7. Grafik diatas menunjukkan bahwa kontrol memiliki berat kering jaringan akar lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanaman uji yang diberi perlakuan penambahan bahan pembenah. Rerata berat kering jaringan akar tanaman kontrol sebesar 2,826 gram sedangkan pada tanaman uji dengan perlakuan bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP masing-masing sebesar 1,952 gram, 2,597 gram dan 1,942 gram. Penyebab terjadinya hal tersebut diduga karena kebutuhan unsur hara tanaman sudah tersedia disekeliling akar dari bahan pembenah yang diberikan sehingga perpanjangan akar yang terjadi tidak terlalu besar. Selain itu akumulasi logam berat yang terlalu tinggi dalam jaringan tanaman juga dapat menyebabkan terjadinya fitotoksisitas sehingga pertumbuhan akar terhambat dan menyebabkan biomassa akar tanaman rendah [53].

4.2 Hasil pengujian sampel pH tanah

Derajat keasaman (pH) berperan penting terhadap pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme [54]. pH tanah juga berperan penting terhadap proses penyerapan unsur hara oleh akar tanaman serta reduksi logam berat dalam tanah. Dilakukan pengujian terhadap pH tanah gambut awal sebelum perlakuan yang diukur menggunakan pH meter yaitu sebesar 3,62 untuk pH H₂O dan 2,59 untuk pH KCL. Selanjutnya setelah dilakukan perlakuan inokulasi *consortium microba*, pemberian bahan pembenah dan penanaman tanaman uji *Melaleuca Leucadendra*. pH tanah diukur kembali untuk mengetahui pengaruh pemberian perlakuan terhadap tanah gambut. Didapatkan hasil seperti Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 berikut :



Gambar 4.8 Grafik Rerata pH H₂O pada Tanah Gambut

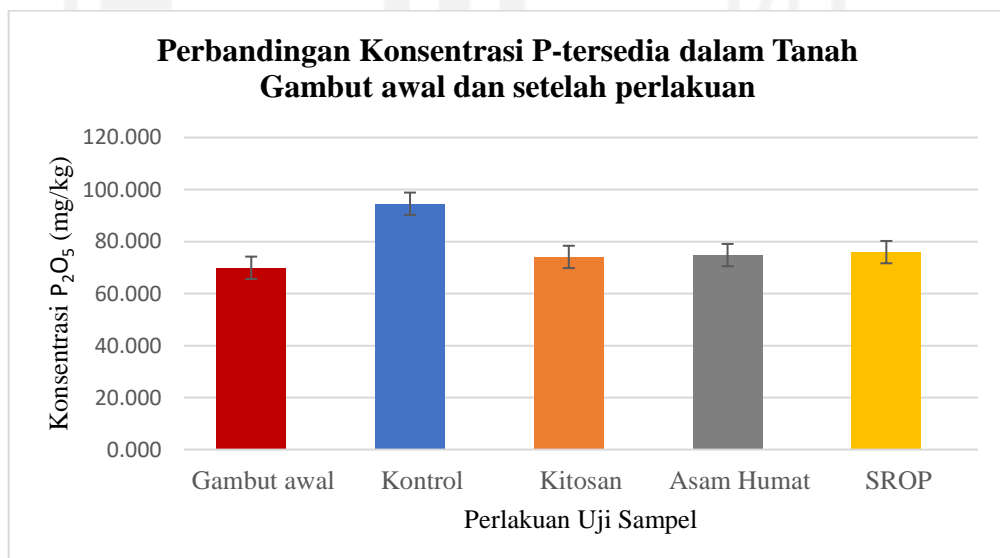


Gambar 4.9 Grafik Rerata pH KCL pada Tanah Gambut

Grafik diatas menunjukkan bahwa terjadi kenaikan pH yang cukup variatif. Tanah gambut dengan penambahan bahan pembenah terbukti mampu meningkatkan pH lebih baik dibandingkan kontrol baik pH H₂O maupun pH KCL. Kenaikan pH tertinggi terjadi pada perlakuan penambahan bahan pembenah Asam Humat yaitu dari 3,62 menjadi 4,98 untuk pH H₂O dan dari 2,59 menjadi 3,20 untuk pH KCL. pH H₂O tanah yang diberi perlakuan kitosan dan SROP masing-masing sebesar 4,91 dan 4,95 yang mana sebenarnya besaran nilai pH ketiga perlakuan bahan pembenah tidak jauh berbeda. Begitu pula untuk pH KCL besar masing-masing pH tanah gambut yang diberi perlakuan penambahan bahan pembenah kitosan dan asam humat yaitu sebesar 3,12 dan 3,14. Sedangkan untuk nilai pH kontrol yaitu sebesar 4,501 untuk pH H₂O dan 2,955 untuk pH KCL. Sehingga diketahui bahwa pemberian bahan pembenah tanah baik kitosan, asam humat maupun SROP ketiganya mampu meningkatkan kadar pH tanah terutama bahan pembenah Asam Humat. Begitu pula pada pH KCL, perlakuan inokulasi *Consortium Microba* dan pemberian ketiga bahan pembenah mampu menaikkan pH pada tanah gambut. Namun, mengacu pada tabel 3.3 kenaikan pH tersebut masih sangat rendah bahkan pH tanah gambut tersebut masih tergolong kategori masam.

4.3 Hasil pengujian Fosfat (P) Tersedia pada sampel tanah

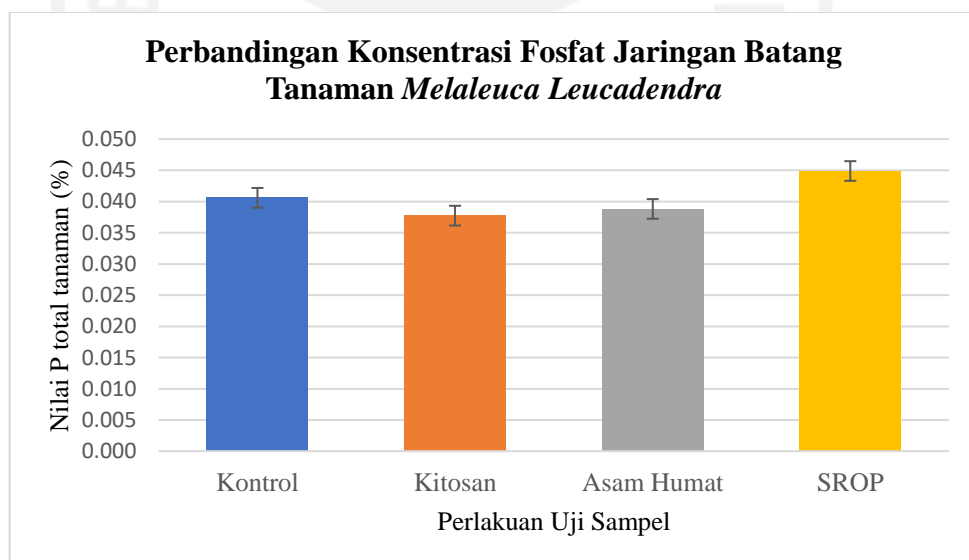
Pengujian P-tersedia dalam sampel tanah gambut dilakukan dengan menggunakan metode Bray dan diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 693 nm dapat dilihat pada Gambar 4.10. Dari hasil pengujian yang dilakukan diketahui bahwa perlakuan inokulasi *Consortium Microba* dan pemberian bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP mampu meningkatkan konsentrasi P-tersedia dalam tanah. Kadar P-tersedia pada gambut awal yaitu sebesar 69,916 mg/kg, sedangkan untuk kadar P-tersedia tanah gambut yang diberikan perlakuan penambahan bahan pembenah seperti halnya kitosan, asam humat dan SROP mengalami kenaikan dengan besaran masing-masing yaitu 74,093 mg/kg, 74,790 mg/kg dan 75,936 mg/kg. Namun, kadar tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrol yang memiliki kandungan P-tersedia sebesar 94,531 mg/kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa baik dengan penambahan bahan pembenah ataupun tidak perlakuan inokulasi *consortium microba* mampu meningkatkan konsentrasi P-tersedia dalam tanah, bahkan dengan inokulasi *Consortium Microba* saja kenaikan konsentrasi P-tersedia lebih optimal.



Gambar 4.10 Grafik Konsentrasi P-tersedia Tanah Gambut

4.4 Hasil pengujian Serapan Fosfat (Serapan-P) Jaringan Batang Tanaman Uji Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*)

Gambar 4.11 menunjukkan hasil pengujian serapan fosfat oleh jaringan batang tanaman uji *Melaleuca Leucadendra*. Menurut (Israel Zewdie, 2021) serapan P dalam tanaman secara umum berkisar antara 0,1% - 0,4% [52]. Sedangkan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan daya serap P dalam tanaman tertinggi sebesar 0,045% yang dilakukan oleh perlakuan bahan pembenah SROP. Serapan P oleh jaringan batang tanaman uji dengan perlakuan bahan pembenah kitosan, asam humat serta kontrol masing-masing sebesar 0,038% ; 0.039% dan 0,041%. Penyerapan fosfat yang dilakukan oleh tanaman uji masih belum optimal bahkan sangat rendah. Hal tersebut diduga disebabkan oleh sebagian besar P dalam tanah tidak tersedia bagi tanaman. Selain itu dapat pula disebabkan oleh kondisi tanah yang masih masam kemudian menyebabkan sebagian besar unsur P berikatan dengan Fe menjadi Fe-P sehingga unsur hara P yang terserap tanaman rendah [55].



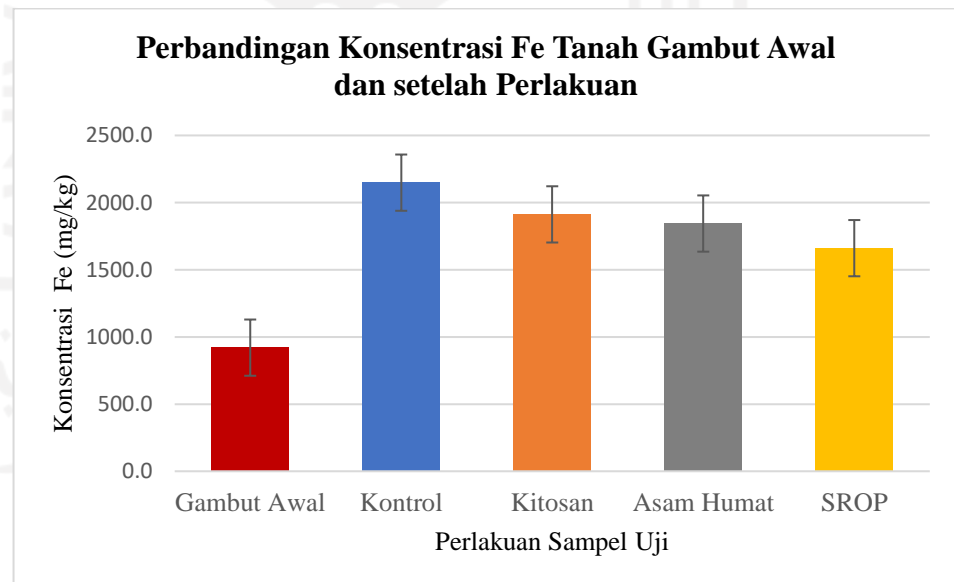
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Konsentrasi Fosfat Jaringan Batang Tanaman *Melaleuca Leucadendra*

4.5 Pengaruh Inokulasi *Consortium Microba* terhadap Reduksi Logam Fe, Mn dan Zn

Logam Fe, Mn dan Zn merupakan logam berat esensial yang mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme hidup, sedangkan dalam jumlah yang berlebih dapat membahayakan makhluk hidup karena menimbulkan efek racun. Dilakukan inokulasi *Consortium Microba* terhadap tanah gambut bekas terbakar yang digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman kayu putih dengan 1 kontrol dan 3 perlakuan penambahan bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP dengan periode penanaman selama 16 minggu.

4.5.1 Reduksi Logam Fe

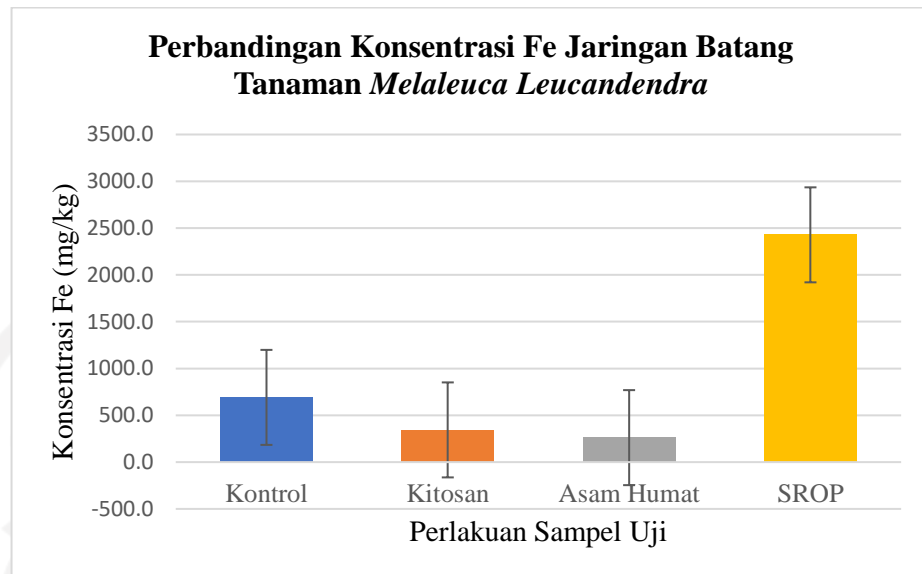
Berdasarkan hasil analisis diketahui terjadi kenaikan kadar logam Fe setelah perlakuan. Perbandingan kadar logam Fe dalam tanah gambut awal dan tanah gambut yang telah diberi perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Fe Tanah Gambut Awal dengan Tanah Gambut yang diberi Perlakuan

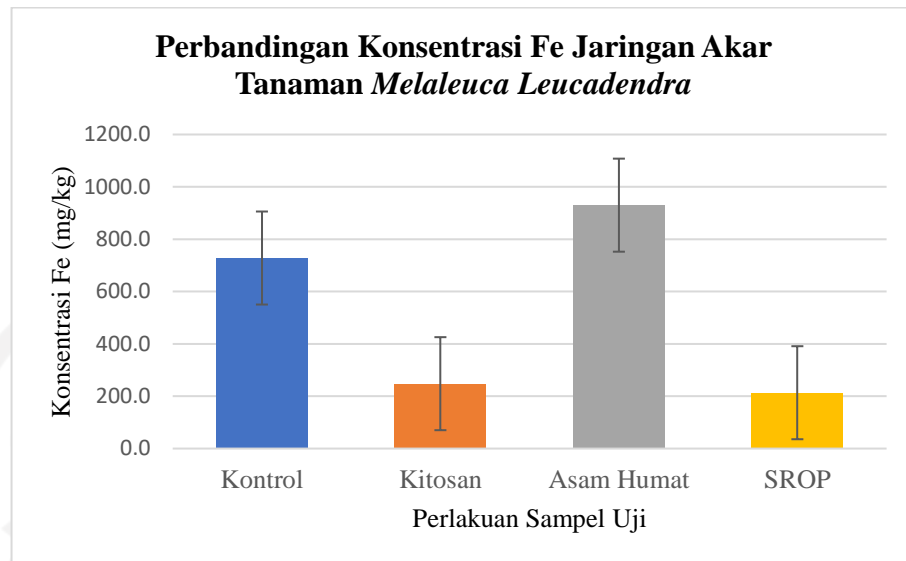
Diketahui kadar logam Fe dalam tanah gambut awal yaitu sebesar 920,3 mg/kg. Kandungan tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan,

baku mutu logam Fe dalam tanah yaitu sebesar 100 mg/kg [45]. Setelah dilakukan perlakuan sampel uji, terjadi kenaikan yang cukup signifikan terhadap kadar logam Fe dalam tanah gambut terutama kontrol. Konsentrasi logam Fe dalam tanah gambut kontrol mencapai 2148,5 mg/kg. Selanjutnya untuk kadar logam Fe dalam tanah yang diberi bahan pembenah berupa kitosan, asam humat dan SROP masing-masing sebesar 1912,3 mg/kg; 1844,2 mg/kg; dan 1660,8 mg/kg. Konsentrasi logam berat Fe pada tanah gambut yang diberi perlakuan bahan pembenah SROP memiliki konsentrasi paling rendah jika dibandingkan perlakuan lain. Penyebab terjadinya kenaikan logam berat setelah perlakuan sampel uji diduga disebabkan oleh tanaman uji tidak mampu beradaptasi dan resisten terhadap media tanah gambut bekas terbakar karena Kayu Putih bukan merupakan tanaman *indigenous* (asli) dari tanah gambut. Selain itu dapat pula disebabkan oleh kondisi tanah yang masih dalam kategori masam, yang mana kemasaman sangat erat hubungannya dengan mobilisasi logam berat dalam tanah. Menurut Novizan, 2002 [56] semakin rendah pH tanah maka semakin tinggi logam berat yang terkandung dalam media tanam. Kondisi tanah yang masam juga menyebabkan sebagian besar unsur hara P dalam tanah mengalami proses transformasi menjadi Fe-P yang tidak larut dalam tanah sehingga menyebabkan konsentrasi Fe tinggi [55].



Gambar 4.13 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Fe Jaringan Batang Tanaman *Melaleuca Leucadendra*

Gambar 4.13 diatas merupakan grafik perbandingan kadar Fe pada jaringan batang tanaman Kayu Putih yang telah diberi perlakuan berupa inokulasi *Consortium Microba* dan pemberian bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP. Akumulasi logam berat Fe dalam jaringan batang tertinggi yaitu dilakukan oleh SROP yang mampu mengakumulasi logam Fe kedalam jaringan batang sebesar 2428,0 mg/kg. Sedangkan untuk tanaman dengan media yang diberi penambahan bahan pembenah berupa kitosan dan asam humat masing-masing sebesar 344,1 mg/kg dan 261,6 mg/kg sedangkan pada kontrol yaitu sebesar 691,5 mg/kg. Konsentrasi logam Fe dalam jaringan batang oleh perlakuan SROP tersebut lebih tinggi jika dibandingkan konsentrasi Fe dalam tanah, hal tersebut menunjukkan bahwa *consortium microba* dan bahan pembenah SROP yang di aplikasikan dapat mengakumulasi logam Fe yang ada di tanah ke dalam jaringan tanaman [57].

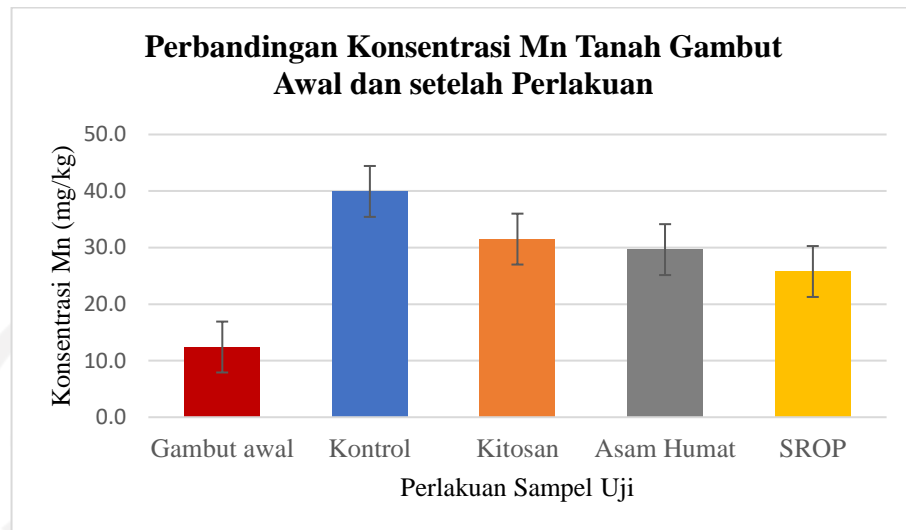


Gambar 4.14 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Fe Jaringan Akar Tanaman *Melaleuca Leucadendra*

Gambar 4.14 menunjukkan akumulasi logam berat Fe dalam jaringan akar tertinggi dilakukan oleh Asam Humat yaitu sebesar 930 mg/kg. Sedangkan untuk pembenah kitosan dan SROP akumulasi logam berat Fe ke jaringan akar cukup rendah yaitu masing-masing sebesar 248 mg/kg dan 213,4 mg/kg. Kemudian pada kontrol sebesar 728 mg/kg. Gugus-gugus negatif pada asam humat mampu mengikat logam yang memiliki ion positif seperti halnya Fe. Akumulasi total logam Fe dalam jaringan tanaman (batang dan akar) tertinggi dilakukan oleh tanaman uji dengan perlakuan bahan pembenah SROP.

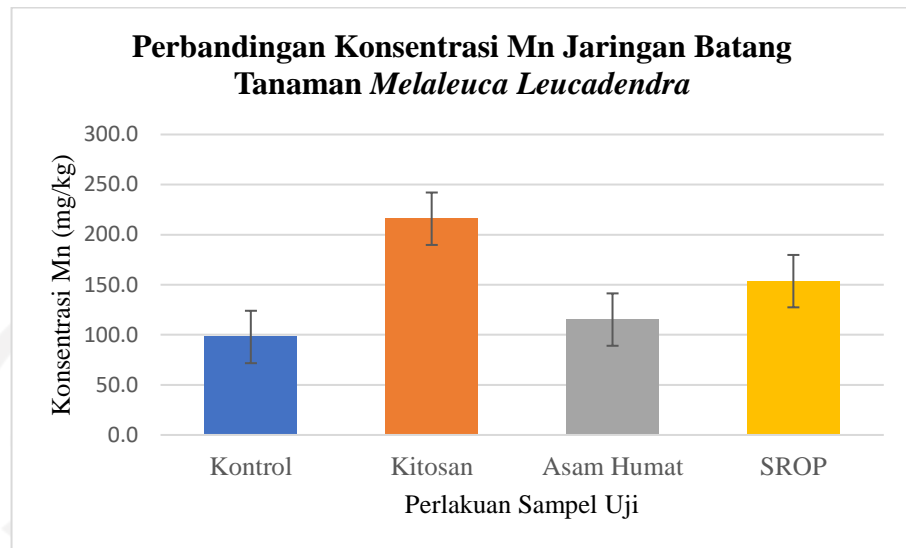
4.5.2 Reduksi Logam Mn

Berdasarkan Gambar 4.15 menunjukkan grafik perbandingan kadar Mn dalam tanah gambut awal dan tanah gambut setelah diberikan perlakuan inokulasi *Consortium Microba* dan penambahan bahan pembenah tanah kitosan, asam humat dan SROP.



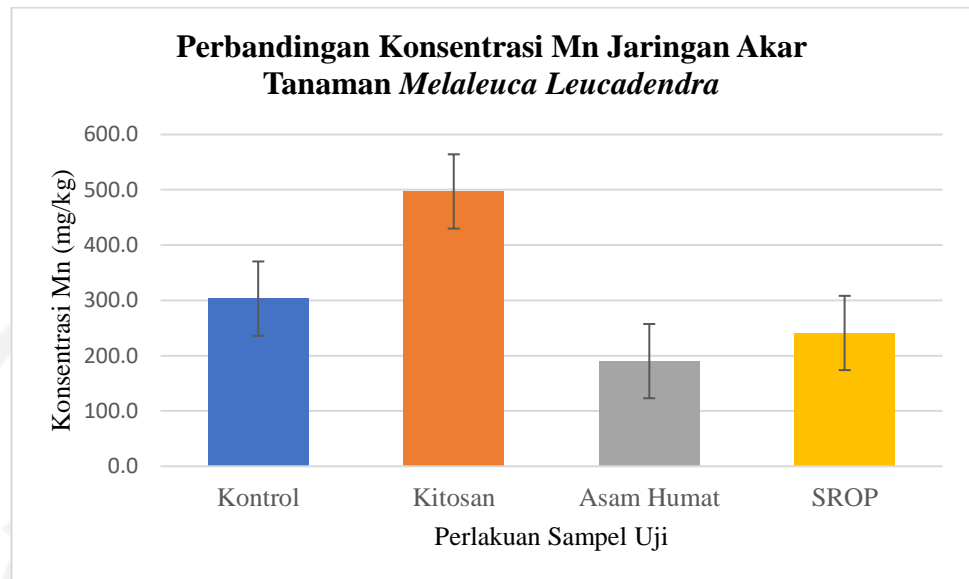
Gambar 4.15 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Mn Tanah Gambut Awal dengan Tanah Gambut yang diberi Perlakuan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, konsentrasi logam berat Mn tanah gambut awal yaitu sebesar 12,4 mg/kg. Konsentrasi tersebut jauh dibawah baku mutu yang ditetapkan. Menurut Schulze [45], ambang batas logam Mn dalam tanah sebesar 50 mg/kg. Konsentrasi logam Mn yang terlalu rendah juga kurang baik terhadap tanaman karena Mn merupakan salah satu logam essensial yang dibutuhkan oleh tanaman. Rendahnya kandungan Mn dalam tanah dapat menyebabkan defisiensi unsur pada tanaman. Dilakukan perlakuan penambahan bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP serta kontrol. Dilihat pada Gambar 4.15 terjadi kenaikan logam Mn setelah diberikan perlakuan. Kenaikan tertinggi terjadi pada kontrol sebesar 39,9 mg/kg dan untuk tanah yang diberi perlakuan bahan pembenah kitosan, asam humat dan SROP masing-masing sebesar 31,5 mg/kg; 29,6 mg/kg dan 25,8 mg/kg. Ketiga bahan pembenah memiliki konsentrasi logam Mn lebih rendah jika dibandingkan kontrol, konsentrasi terendah yaitu pada perlakuan pemberian bahan pembenah SROP. Kenaikan yang terjadi pada keseluruhan perlakuan masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan berada dalam batas wajar.



Gambar 4.16 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Mn Jaringan Batang Tanaman *Melaleuca Leucadendra*

Baku mutu logam Mn dalam jaringan tanaman yaitu sebesar 55 mg/kg [45] sampai 495 mg/kg [47]. Pada Gambar 4.16 diatas diketahui bahwa akumulasi logam Mn dalam jaringan batang tanaman uji terbaik dilakukan oleh kitosan yaitu sebesar 215,9 mg/kg. Konsentrasi Mn yang terkandung dalam kontrol yaitu sebesar 195,7 mg/kg sedangkan pada perlakuan asam humat dan SROP masing-masing sebesar 115,2 mg/kg dan 153,6 mg/kg. Jika dibandingkan dengan baku mutu Mn dalam tanaman, konsentrasi tersebut masih dibawah ambang batas yang ditetapkan. Sehingga diketahui bahwa konsentrasi Mn yang terkandung dalam jaringan batang tanaman uji masih dalam batas wajar dan tidak membahayakan tanaman karena kandungan Mn tersebut juga dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhan.

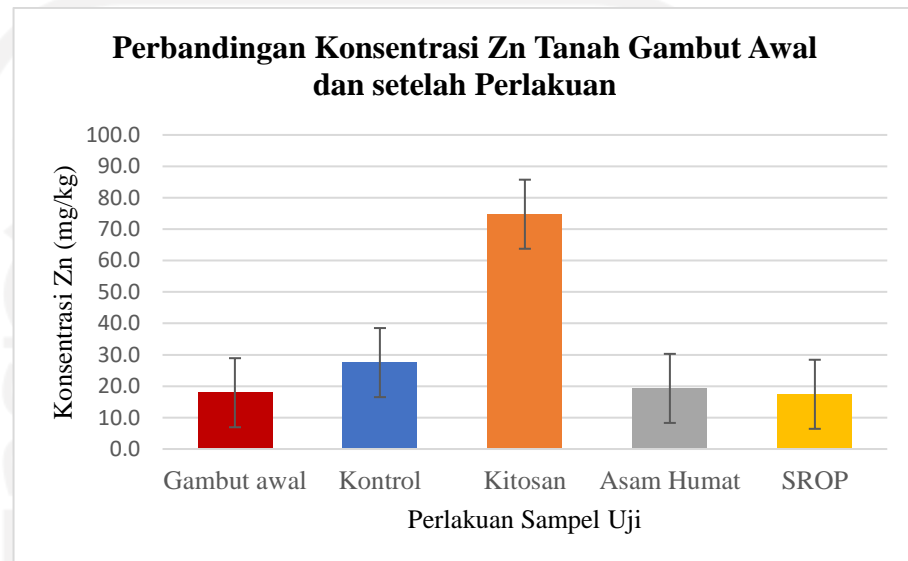


Gambar 4.17 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Mn Jaringan Akar Tanaman *Melaleuca Leucadendra*

Gambar 4.17 diatas menunjukkan perbandingan konsentrasi logam Mn dalam jaringan akar tanaman uji. Seperti halnya pada jaringan batang, akumulasi Mn dalam jaringan akar tertinggi juga dilakukan oleh tanaman uji dengan perlakuan bahan pembenah kitosan. Jaringan akar tanaman uji dengan perlakuan kitosan mampu menyerap logam Mn sebesar 497 mg/kg lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol dan bahan pembenah lain. Namun, jika dibandingkan dengan baku mutu konsentrasi Mn dalam akar tersebut melebihi ambang batas yang ditetapkan. Ambang batas tertinggi konsentrasi Mn dalam jaringan tanaman yaitu sebesar 495 mg/kg [49]. Kelebihan logam Mn dalam tanaman dapat menyebabkan fitotoksisitas yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Selanjutnya untuk konsentrasi logam Mn dalam kontrol yaitu sebesar 303,3 mg/kg dan untuk dua bahan pembenah lain yaitu asam humat dan SROP masing-masing sebesar 190,2 mg/kg dan 241,1 mg/kg. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa akumulasi logam Mn tertinggi oleh jaringan tanaman dalam tanah gambut bekas terbakar dilakukan oleh perlakuan bahan pembenah kitosan.

4.5.3 Reduksi Logam Zn

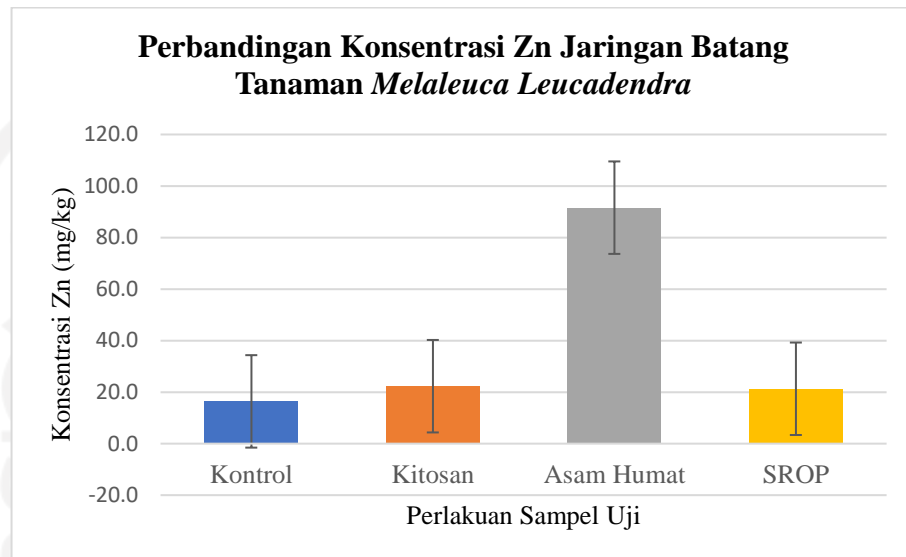
Berdasarkan penelitian yang dilakukan seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.18, diketahui bahwa konsentrasi logam Zn yang terkandung pada perlakuan berbeda-beda. Menurut Schulze [45] dan Vries [49] ambang batas logam Mn dalam tanah yaitu sebesar 20 - 62 mg/kg.



Gambar 4.18 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Zn Tanah Gambut Awal dengan Tanah Gambut yang diberi Perlakuan

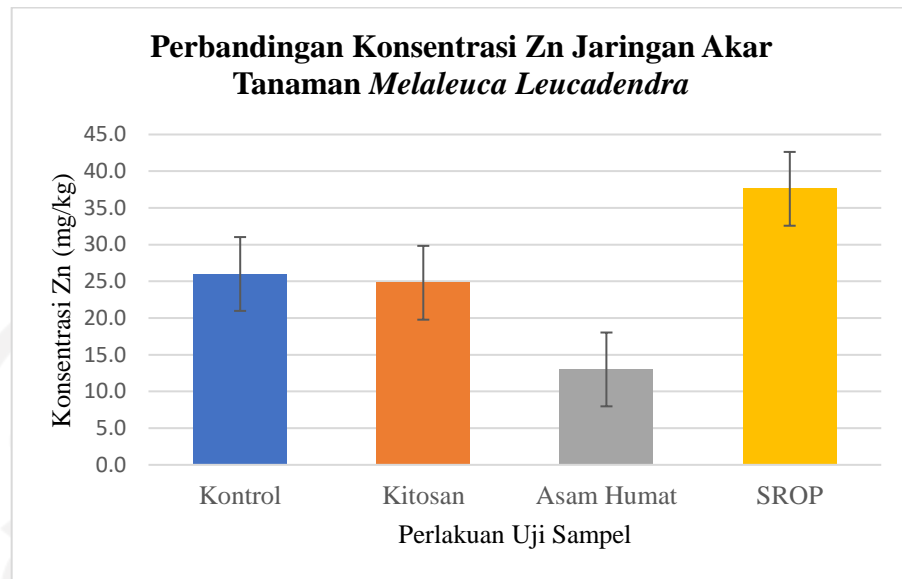
Konsentrasi logam Zn awal dalam tanah gambut bekas terbakar yaitu sebesar 17,9 mg/kg. Konsentrasi tersebut masih dibawah ambang batas yang ditetapkan. Kemudian setelah diberi perlakuan sampel uji menunjukkan hasil yang cukup variatif. Terjadi penurunan logam Zn dengan perlakuan SROP sebesar 2,79% yaitu menjadi 17,4 mg/kg. Sedangkan pada perlakuan lain konsentrasi Mn mengalami kenaikan terutama pada kitosan menjadi 74,8 mg/kg. Selanjutnya untuk kandungan logam Zn dalam kontrol sebesar 27,5 mg/kg dan perlakuan asam humat sebesar 19,3 mg/kg. Konsentrasi logam Zn dalam kontrol, asam humat dan SROP tersebut masih memenuhi ambang batas yang ditetapkan sedangkan pada kitosan melebihi ambang batas. Kelebihan konsentrasi Zn dalam tanah dapat menyebabkan terjadinya fitotoksisitas pada tanaman uji hal tersebut dapat diketahui pada salah

satu tanaman uji dengan perlakuan kitosan yang mati serta pertumbuhan lambat pada tanaman uji dengan perlakuan bahan pembenah kitosan jika dibandingkan dengan perlakuan lain.



Gambar 4.19 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Zn Jaringan Batang Tanaman *Melaleuca Leucadendra*

Berdasarkan Gambar 4.19 diatas menyatakan bahwa akumulasi logam Zn dalam jaringan batang paling besar dilakukan oleh perlakuan pemberian bahan pembenah Asam Humat yang mampu menyerap logam berat Zn sebanyak 91,6 mg/kg. Akumulasi logam berat Zn dalam jaringan batang tanaman yang diberi perlakuan bahan pembenah kitosan dan SROP masing-masing mengandung kadar logam Zn sebesar 22,3 mg/kg dan 21,3 mg/kg. Sedangkan untuk logam Zn yang terkandung dalam jaringan batang kontrol merupakan yang paling rendah yaitu sebesar 16,4 mg/kg. Konsentrasi Zn dalam kontrol berada dibawah ambang batas yang ditetapkan, sedangkan pada ketiga perlakuan lain terjadi kenaikan yang masih memenuhi batas wajar.



Gambar 4.20 Grafik Analisis Perbandingan Konsentrasi Zn Jaringan Akar Tanaman *Melaleuca Leucadendra*

Berdasarkan Gambar 4.20 diatas menyatakan bahwa konsentrasi logam berat Zn tertinggi diserap oleh bahan pembenah SROP sebanyak 37,6 mg/kg. Kemudian untuk kandungan logam berat Zn pada kontrol sebesar 26,0 mg/kg serta pada bahan pembenah kitosan dan asam humat masing-masing sebesar 24,8 mg/kg dan 13,0 mg/kg. Konsentrasi logam Zn total pada jaringan tanaman masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan aman bagi pertumbuhan tanaman. Dalam hal ini penyerapan logam berat Zn dalam jaringan akar paling besar dilakukan oleh pemberian bahan pembenah SROP. Hasil analisis menyatakan akumulasi total logam Zn dalam jaringan tanaman (batang dan akar) dilakukan oleh tanaman uji dengan perlakuan Asam Humat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perlakuan inokulasi *Consortium Microba* dan pemberian bahan pembenah tanah mampu memberikan pertumbuhan optimal bagi tanaman uji terutama pada kontrol. Biomassa jaringan batang tertinggi pada perlakuan Asam Humat sedangkan biomassa jaringan akar tertinggi pada kontrol.
2. Inokulasi *Consortium Microba* dan pemberian bahan pembenah tanah mampu menaikkan pH serta membantu tanaman uji dalam menyerap logam berat. Kenaikan pH tertinggi pada perlakuan Asam Humat dari 3,62 menjadi 4,98 untuk pH H₂O dan dari 2,59 menjadi 3,20 untuk pH KCL. Reduksi logam hanya terjadi pada logam Zn sebesar 2,79% oleh perlakuan SROP. Akumulasi logam Fe oleh tanaman uji terbesar dilakukan oleh tanaman uji perlakuan SROP, kemudian logam Mn oleh Kitosan dan logam Zn oleh Asam Humat. Keseluruhan perlakuan juga mampu meningkatkan P-tersedia dalam tanah dengan serapan fosfat jaringan batang tertinggi dalam tanaman dilakukan oleh SROP sebesar 0.045%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan adapun saran yang diberikan, yaitu:

1. Diperlukan analisis lebih lanjut mengenai dosis bahan pembenah tanah yang tepat atau penggunaan variasi dosis bahan pembenah sehingga mendapatkan dosis yang sesuai untuk reduksi logam Fe, Mn, dan Zn.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BBSDLP, *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian*, Edisi Kedu. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, 2011.
- [2] S. SABIHAM, S. D. TARIGAN, I. LAS, F. AGUS, and P. SETYANTO, "Organic carbon storage and management strategies for reducing carbon emission from peatlands: a case study in oil palm plantations in West and Central Kalimantan, Indonesia," *Pedologist*, vol. 55, no. 3, pp. 426–434, 2012.
- [3] G. Suhayono and Y. Menry, "Analisis Karakteristik Unsur-Unsur Dalam Tanah di Berbagai Lokasi Dengan Menggunakan XRF," in *Prosiding PPI – PDIPTN*, 2005, no. July 2005.
- [4] W. C. Adinugroho, I. N. N. Suryadiputra, and B. H. Saharjo, *Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut*. Bogor: Wetlands International-IP, 2004.
- [5] S. Marlina, "Pengelolaan Ekosistem Gambut Pasca Kebakaran Lahan Gambut di Provinsi Kalimantan Tengah," *Media Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 2, no. 1, pp. 26–30, 2017, doi: 10.33084/mitl.v2i1.129.
- [6] D. Charman, *Peatlands and Environmental Change*. John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- [7] W. Irma, T. Gunawan, and S. Suratman, "Pengaruh Konversi Lahan Gambut Terhadap Ketahanan Lingkungan di DAS Kampar Provinsi Riau Sumatera," *J. Ketahanan Nas.*, vol. 24, no. 2, p. 170, 2018, doi: 10.22146/jkn.36679.
- [8] Nurhayati, Razali, and Zuraida, "Peranan Berbagai Jenis Bahan Pembenh Tanah Terhadap Status Hara P Dan Perkembangan Akar Kedelai Pada Tanah Gambut Asal Ajamu Sumatera Utara," *J. Floratek*, vol. 9, no. 1, pp. 29–38, 2014.
- [9] D. Oktavia and Mawazin, "Restorasi ekosistem lahan gambut terdegradasi di KPH Tasik Besar Serkap , Riau," *Pros. Semin. Masy. Biodiversitas Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 330–335, 2019, doi: 10.13057/psnmbi/m050233.
- [10] R. Basri and A. . Kasturi, "Rencana Restorasi Rawa Wetland Restoration Plan," *Project Implementation Unit - Studi Ekosistem Rawa Tripa Universitas Syiah Kuala*, Banda Aceh, 2013.
- [11] T. Waryono, "Konsepsi Restorasi Ekologi Kawasan Penyangga Sempadan Sungai Di Dki Jakarta," *Seminar Nasional Evaluasi Pasca dan Rancang Tindak Penanggulangan Banjir Wilayah Perkotaan*, Jakarta, pp. 1–9, 2002.

- [12] S. Begum, N. Y. Yuhana, N. Md Saleh, N. H. N. Kamarudin, and A. B. Sulong, "Review of chitosan composite as a heavy metal adsorbent: Material preparation and properties," *Carbohydr. Polym.*, vol. 259, no. September 2020, p. 117613, 2021, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.117613.
- [13] Hasri, "Prospek Kitosan dan Kitosan Termodifikasi Sebagai Biopolimer Alami yang Menjanjikan," *J. Chem.*, vol. 11, no. 2, pp. 1–10, 2010.
- [14] P. Suptijah, A. M. Jacob, and D. Rachmania, "Karakterisasi Nano Kitosan Cangkang Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Dengan Metode Gelasi Ionik," *J. Sumberd. Perair.*, vol. 4, no. 1, pp. 24–29, 2010, doi: 10.17844/jphpi.v14i2.5315.
- [15] P. Pal, A. Pal, K. Nakashima, and B. K. Yadav, "Applications of chitosan in environmental remediation: A review," *Chemosphere*, vol. 266, pp. 1–19, 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128934.
- [16] D. D. Iriana, S. Sedjati, and B. Yulianto, "Kemampuan Adsorpsi Kitosan Dari Cangkang Udang Terhadap Logam Timbal," *Mar. Res.*, vol. 7, no. 4, pp. 303–309, 2018.
- [17] H. Victolika and Y. C. Ginting, "Pengaruh Pemberian Asam Humat dan K Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill)," *J. Agrotek Trop.*, vol. 2, no. 2, pp. 297–301, 2014.
- [18] F. Firda, O. Mulyani, and A. Yuniarti, "Pembentukan, Karakterisasi Serta Manfaat Asam Humat Terhadap Adsorpsi Logam Berat," *Soilrens*, vol. 14, no. 2, pp. 9–13, 2016, doi: 10.24198/soilrens.v14i2.11032.
- [19] M. Liu, C. Wang, F. Wang, and Y. Xie, "Maize (*Zea mays*) growth and nutrient uptake following integrated improvement of vermicompost and humic acid fertilizer on coastal saline soil," *Appl. Soil Ecol.*, vol. 142, no. April, pp. 147–154, 2019, doi: 10.1016/j.apsoil.2019.04.024.
- [20] W. Mindari, P. E. Sasongko, Z. Kusuma, Syekhfani, and N. Aini, "Efficiency of various sources and doses of humic acid on physical and chemical properties of saline soil and growth and yield of rice," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2019, no. 2018, 2018, doi: 10.1063/1.5061854.
- [21] C. Agus *et al.*, "Paramagnetic Humus and Callophyllum inophyllum for Rehabilitation of Tropical Anthropogenic Deserted Tin-mined Soil," vol. 29, no. 7, pp. 2931–2941, 2020.
- [22] R. D. N. Setyowati, N. A. Amala, and N. N. U. Aini, "Studi Pemilihan Tanaman Revegetasi Untuk Keberhasilan Reklamasi Lahan Bekas Tambang," *Al-Ard J. Tek. Lingkung.*, vol. 3, no. 1, pp. 14–20, 2017, doi: 10.29080/alard.v3i1.256.
- [23] E. Munir, "Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan," 2006.

- [24] I. Darlina and S. Wilujeng, "Isolasi dan Karakterisasi Jamur Indigenous dan Potensinya untuk Biodelignifikasi," *J. Agrotek Indones.*, vol. 2, no. 5, pp. 1–6, 2020.
- [25] M. RP and M. A, "Reduksi Logam Merkuri (Hg) Menggunakan Strain Jamur Lokal yang Diisolasi dari Kawasan Pertambangan Emas tanpa Izin Kuansing, Riau," *J. Mikol. Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2019.
- [26] D. Desriani, U. M. Safira, M. Bintang, A. Rivai, and P. Lisdiyanti, "Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dari Tanaman Binahong dan Katepeng China," *J. Kesehat. Andalas*, vol. 3, no. 2, pp. 89–93, 2014, doi: 10.25077/jka.v3i2.33.
- [27] C. W. Bacon and D. M. Hinton, "Bacterial endophytes: the endophytic niche, its occupants, and its utility," in *Plant-associated bacteria*, Springer, 2007, pp. 155–194.
- [28] M. Tanaka *et al.*, "Isolation, screening and phylogenetic identification of endophytes from plants in Hokkaido Japan and Java Indonesia," *Microbes Environ.*, vol. 14, no. 4, pp. 237–241, 1999.
- [29] S. J. Bhore and G. Sathisha, "Screening of endophytic colonizing bacteria for cytokinin-like compounds: crude cell-free broth of endophytic colonizing bacteria is unsuitable in cucumber cotyledon bioassay," *World J. Agric. Sci.*, vol. 6, no. 4, pp. 345–352, 2010.
- [30] D. K. Zinniel *et al.*, "Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 68, no. 5, pp. 2198–2208, 2002.
- [31] R. Simarmata, S. Lekatompessy, and H. Sukiman, "Isolasi Mikroba Endofitik dari Tanaman Obat Sambung Nyawa (*Gynura Procumbens*) dan Analisis Potensinya sebagai Antimikroba," *Berk. Penelit. Hayati*, vol. 13, no. 1, pp. 85–90, 2007.
- [32] M. Nadir, Syamsia, and S. Laban, "Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskular untuk Mereduksi Kadar Pb dan Cd pada Lahan Sawah Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada.," *J. Ecosolum*, vol. 7, no. 2, pp. 61–66, 2018, [Online]. Available: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/ecosolum/article/view/6853>.
- [33] M. Faizal and A. I. Yuliana, "Konsorsium Mikroba dan Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) sebagai Biofertilizer terhadap Biji Kedelai," vol. 2, no. 1, pp. 68–74, 2019.
- [34] N. Gunadi and Subhan, "Respons Tanaman Tomat Terhadap Penggunaan Jamur Mikoriza Di Lahan Marjinal," *J. Hortik.*, vol. 17, no. 2, pp. 138–149, 2007, doi: 10.21082/jhort.v17n2.2007.p.
- [35] N. W. Armini, I. G. P. Wirawan, and I. N. Wijaya, "Identifikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (Mva) Dari Rhizosfer Bawang Merah (*Allium Cepa*

- L.) Dan Talas (*Colocasean Esculenta* (L.) Schott) Serta Perbanyakannya Menggunakan Media Zeolit,” *E-Jurnal Agroekoteknologi Trop. (Journal Trop. Agroecotechnology)*, vol. 4, no. 4, pp. 324–333, 2015.
- [36] M. Echave, M. Conti, A. Clúa, M. Ruscitti, and J. Beltrano, “Responses of mycorrhizal infection in the drought resistance and growth of *Lotus glaber*,” *Lotus Newsl.*, vol. 35, no. 2, pp. 182–186, 2005.
- [37] Z. Fuady, “Kontribusi cendawan mikoriza arbuskular terhadap pembentukan agregat tanah dan pertumbuhan tanaman,” *J. Lentera*, vol. 13, no. 3, 2013.
- [38] S. Simamora, “POTENSI APLIKASI FUNGI TANAH DAN BAKTERI ENDOFIT DENGAN CENDAWAN TANAH GAMBUT UNTUK RESTORASI LAHAN GAMBUT: Percobaan Skala Rumah Kaca,” Universitas Islam Indonesia, 2020.
- [39] R. Santi, B. Joy, R. Hindersah, and D. D. Nusyamsi, “Pengaruh Fungi Idigenous Toleran Zn Terhadap Pertumbuhan Bibit Jagung Di Media Tailing Steril,” vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2015.
- [40] G. GUSMAINI, S. A. AZIZ, A. MUNIF, D. SOPANDIE, and N. BERMAWIE, “Potensi bakteri endofit dalam upaya meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan kandungan andrografolid pada tanaman sambiloto,” *J. Penelit. Tanam. Ind.*, vol. 19, no. 4, pp. 167–177, 2013.
- [41] A. Azizah and E. Soesetyaningsih, “Akurasi Perhitungan Bakteri pada Daging Sapi Menggunakan Metode Hitung Cawan,” *Berk. Sainstek*, vol. 8, no. 3, pp. 75–79, 2020, doi: 10.19184/bst.v8i3.16828.
- [42] B. P. dan P. P. Pengembangan, *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah, 2005.
- [43] H. Widyatmoko, “Akurasi pH sebagai Parameter Tingkat pencemaran Logam Berat dalam Tanah,” *J. Tek. Lingkungan.*, vol. 5, no. 5, pp. 173–178, 2011.
- [44] Eviati and Sulaeman, *Edisi 2: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah, 2009.
- [45] M. S.-L. Ernst-Detlef Schlze, Erwin Beck, Nina Buchmann, Stephan Clemens, Klaus Muller-Hohenstein, *Plant Ecology*, Second. Heidelberg: Springer, 2019.
- [46] E. Subhan and M. R. Benung, “Analisis Kesesuaian Lahan Budidaya Tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*) di Kecamatan Bukit Batu Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah,” *Media Ilm. Tek. Lingkungan.*, vol. 5, no. 2, pp. 83–90, 2020, doi: 10.33084/mitl.v5i2.1639.
- [47] S. M. Reichman, N. W. Menzies, C. J. Asher, and D. R. Mulligan, “Seedling responses of four Australian tree species to toxic concentrations of manganese in solution culture,” *Plant Soil*, vol. 258, no. 1, pp. 341–350,

2004.

- [48] M. Masganti, K. Anwar, and M. A. Susanti, "Potensi dan Pemanfaatan Lahan Gambut Dangkal untuk Pertanian (Potential and Utilization of Shallow Peatland for Agriculture)," *J. Sumberd. Lahan*, vol. 11, no. 1, pp. 43–52, 2017.
- [49] W. de Vries, J. E. Groenenberg, S. Lofts, E. Tipping, and M. Posch, "Critical Loads of Heavy Metals for Soils," no. January, pp. 211–237, 2013, doi: 10.1007/978-94-007-4470-7_8.
- [50] K. áL Sahrawat, "Elemental composition of the rice plant as affected by iron toxicity under field conditions," *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 31, no. 17–18, pp. 2819–2827, 2000.
- [51] S. M. Reichman, C. J. Asher, D. R. Mulligan, and N. W. Menzies, "Seedling responses of three Australian tree species to toxic concentrations of zinc in solution culture," *Plant Soil*, vol. 235, no. 2, pp. 151–158, 2001, doi: 10.1023/A:1011903430385.
- [52] I. Zewide and Y. Reta, "Review on the role of soil macronutrient (NPK) on the improvement and yield and quality of agronomic crops," *J. Agric. Food Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 7–11, 2021, doi: 10.26765/DRJAFS23284767.
- [53] M. Haryati, "Kemampuan tanaman genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch.) menyerap logam berat timbal (Pb) limbah cair kertas pada biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda," *LenteraBio Berk. Ilm. Biol.*, vol. 1, no. 3, pp. 131–138, 2012.
- [54] D. Agustiyani, H. Imamuddin, E. N. Faridah, and Oetjijono, "Effect of pH and organic substrate on growth and activities of ammonia-oxidizing bacteria," *Biodiversitas J. Biol. Divers.*, vol. 5, no. 2, pp. 43–47, 2004, doi: 10.13057/biodiv/d050201.
- [55] M. La Habi, J. I. Nendissa, D. Marasabessy, and A. M. Kalay, "Ketersediaan Fosfat, Serapan Fosfat, Dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Akibat Pemberian Kompos Granul Ela Sagu Dengan Pupuk Fosfat Pada Inceptisols," *Agrologia*, vol. 7, no. 1, pp. 42–52, 2018, doi: 10.30598/a.v7i1.356.
- [56] I. Novizan, *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka, 2005.
- [57] A. Fahmi and E. Hanudin, "Pengaruh kondisi redoks terhadap stabilitas kompleks organik-besi pada tanah sulfat masam," *J. Tanah dan Lingkung.*, vol. 8, no. 1, pp. 49–55, 2008.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: ALAT DALAM PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

No.	Alat	Kegunaan	Jumlah
1	Polybag	Sebagai wadah bagi media tanaman	28
2	Caliper Digital	Untuk mengukur diameter batang tanaman	1
3	Penggaris	Untuk mengukur tinggi tanaman	1
4	Pipetmen	Untuk menginjeksikan mikroba ke media tanaman	2
5	Jarum Ose	Untuk memindahkan biakan ke media tanam baru	1
6	Cawan Petri	Sebagai wadah pembiakan sel	4
7	Timbangan Analitik	Untuk mengukur berat basah dan berat kering tanaman uji	1
8	Timbangan Digital	Untuk menimbang bahan kimia yang digunakan	1
9	Oven	Untuk mengeringkan atau menghilangkan kadar air jaringan tanaman.	1
10	Amplop Coklat	Sebagai wadah jaringan akar dan jaringan batang	56
11	Plastik klip	Sebagai wadah sampel tanah	28
12	Tabung Reaksi	Sebagai wadah pencampuran sampel pengukuran fosfat	8
13	Rak Tabung Reaksi	Sebagai wadah meletakkan tabung reaksi	1
14	Erlenmeyer 250 ml	Sebagai wadah media dan preparasi sampel	6
15	Gelas Beaker 250 ml	Sebagai wadah destruksi sampel	8
16	Corong Kaca	Untuk meletakkan kertas saring saat menyaring sampel hasil destruksi	8
17	Kaca Arloji	Sebagai wadah menimbang sampel dan bahan	1
18	Labu ukur 25 ml dan 50 ml	Untuk pengenceran preparasi sampel sebelum di uji dengan AAS	4
19	Blander	Sebagai alat untuk menghancurkan sampel jaringan batang dan jaringan akar	1
20	Sendok sugu	Sebagai alat untuk mengambil sampel atau bahan yang akan ditimbang	1
21	Pipet volume 5 ml	Untuk mengambil cairan sesuai dengan volume yang diinginkan	1
22	Pipet hisap 1ml dan 5 ml	Untuk mengambil HNO ₃ dan HCLO ₄ saat destruksi	1

23	Karet hisap	Untuk menghisap atau mengeluarkan cairan dalam pipet ukur/volume	1
24	Krustang	Untuk mengambil gelas beaker dari hotplate saat destruksi	1
25	Gelas ukur 25 ml	Sebagai wadah serta penakar cairan yang dibutuhkan	1
26	Hotplate	Sebagai alat pemanas saat destruksi	1
27	Ayakan 50 mesh	Untuk mengayak sampel tanah dan jaringan tanaman	1
28	Spektrofotometer UV-Vis	Sebagai alat untuk mengukur kadar P tersedia dan P jaringan tanaman	1
29	pH meter	Sebagai alat untuk mengukur pH tanah	1
30	AAS (<i>Atomic Absorption Spectrometry</i>)	Sebagai alat untuk mengukur kadar logam berat Fe, Mn dan Zn pada sampel tanah dan jaringan tanaman	1
31	Magnetic Stirrer	Untuk menghomogenkan suatu larutan dengan pengadukan	1
32	Botol vial	Sebagai wadah sampel siap uji setelah destruksi	12
33	Aluminium foil	untuk menutup gelas kimia saat memanaskan suatu larutan atau selepas di sterilisasi	1
34	Shaker	untuk mengaduk campuran larutan agar homogen dengan gerakan satu arah	1
35	Sarung Tangan Safety	Sebagai alat pelindung diri dari bahan kimia berbahaya	1
36	Laminar Air Flow	Sebagai tempat untuk melakukan inokulasi	1
37	Bunsen	Untuk mengkondisikan area pada kondisi aseptis	1
39	Kuvet	Sebagai wadah larutan untuk diujikan dalam spektrofotometri UV-Vis	1

LAMPIRAN 2: BAHAN DALAM PENELITIAN

Berikut merupakan bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Kegunaan
1	Bibit tanaman Kayu Putih	sebagai tanaman uji sebagai vegetasi penguji dalam penelitian
2	Tanah gambut bekas terbakar yang sudah disterilisasi	sebagai media tanam dan media yang diujikan dalam remediasi lahan gambut
3	PDA (Potato Dextrose Agar)	sebagai media padat untuk menumbuhkan bakteri endofit dan jamur <i>indigenous</i>
4	Nutrient Broth	sebagai media cair untuk menumbuhkan bakteri
5	HNO ₃	untuk melarutkan sampel sebelum diuji dengan metode AAS
6	HClO ₄	untuk melarutkan sampel jaringan tanaman sebelum diuji dengan metode AAS
7	Aquadest	untuk melarutkan bahan-bahan kimia
8	Kertas saring Whatman No.1 dan No. 42	untuk menyaring hasil destruksi tanah dan jaringan tanaman
9	Bahan pembenah tanah (kitosan, asam humat dan SROP)	Sebagai bahan pembenah dalam penelitian

LAMPIRAN 3: PREPARASI SAMPEL

A. Preparasi Sampel Tanah dengan metode *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS)

1. Sampel tanah dari masing-masing jenis dan kode tanaman dikering anginkan
2. Tanah digerus dan diayak dengan ukuran 50 mesh
3. Tanah yang sudah halus ditimbang 1 gram dan dimasukkan ke Gelas Beaker kemudian ditambahkan aquadest 50 ml dan diaduk
4. Ditambahkan 5 ml HNO_3 dan didestruksi di lemari asam sampai tersisa 10 ml
5. Disaring menggunakan kertas saring Whatman no.42
6. Diencerkan dengan aquades sampai tanda batas memakai labu ukur ukuran 25 ml lalu dikocok hingga homogen.
7. Masukkan ke botol vial.

B. Preparasi Sampel Jaringan Batang dan Jaringan Akar Tanaman dengan metode *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS)

1. Sampel tanah dari masing-masing jenis dan kode tanaman dioven pada suhu 70 derajat selama 93 jam
2. Tanaman dihaluskan dengan diblender dan diayak dengan ukuran 50 mesh
3. Ditimbang 0,5 gram dan dimasukkan ke Gelas Beaker kemudian ditambahkan 5 ml HNO_3 dan 0,5 ml HClO_4 , biarkan satu malam
4. Panaskan dalam hotplate pada suhu 100°C selama 1 jam kemudian naikan menjadi 150°C sampai tersisa kurang lebih 0,5 ml
5. Disaring menggunakan kertas saring Whatman no.42
6. Diencerkan dengan aquades sampai tanda batas memakai labu ukur ukuran 50 ml lalu dikocok hingga homogen.
7. Masukkan ke botol vial.

C. Preparasi Sampel penetapan P-tersedia pada sampel tanah dan P jaringan tanaman.

Penetapan P-tersedia dalam tanah gambut dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Timbang 2,5 gram sampel tanah <50 mesh, ditambahkan pengestrak Bray dan Kurtz I sebanyak 25 ml
2. Kocok selama 5 menit menggunakan magnetic stirrer
3. Saring menggunakan kertas saring Whatman No.42
4. Pipet 2 ml ekstrak jernih ke dalam tabung reaksi
5. Contoh dan deret standar masing-masing ditambahkan pereaksi pewarna fosfat sebanyak 10 ml, kocok dan biarkan selama 30 menit
6. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 693 nm.

Penetapan P jaringan tanaman Kayu Putih dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Pipet masing-masing 1 ml ekstrak contoh ke dalam tabung kimia.
2. Tambahkan 9 ml aquades dan kocok (pengenceran 10x)
3. Pipet masing-masing 2 ml ekstrak encer contoh dan deret standar P (0-20 ppm PO_4) ke dalam tabung reaksi
4. Tambahkan 10 ml pereaksi P
5. Kocok dengan pengocok tabung sampai homogen dan biarkan 30 menit
6. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 693 nm.

LAMPIRAN 4: TABEL DATA ANALISIS

Tabel 1 Rerata ketinggian tanaman uji *Melaleuca Leucadendra*

Rerata Tinggi (cm)								
	2	4	6	8	10	12	14	16
Kontrol	21.43	36.71	54.14	74.00	91.86	102.14	104.86	107.57
Kitosan	22.64	37.36	51.36	68.57	86.71	90.71	97.43	103.67
Asam Humat	22.93	35.21	52.50	71.14	84.43	94.86	98.57	103.86
SROP	25.36	38.36	53.36	72.14	88.57	95.14	96.86	100.29

Tabel 2 Rerata diameter tanaman uji *Melaleuca Leucadendra*

Rerata Diameter (mm)								
	2	4	6	8	10	12	14	16
Kontrol	1.86	2.19	3.34	3.89	4.98	5.35	6.15	7.30
Kitosan	1.99	2.37	3.32	3.93	4.64	5.04	6.04	6.74
Asam Humat	1.77	2.15	3.21	3.73	4.77	5.13	5.52	6.99
SROP	1.67	2.37	3.65	4.27	5.03	5.45	6.00	6.84

Tabel 3 Rerata Jumlah Daun tanaman uji *Melaleuca Leucadendra*

Rerata Jumlah Daun								
	2	4	6	8	10	12	14	16
Kontrol	19	26	42	47	55	64	66	71
Kitosan	20	26	40	45	54	61	48	49
Asam Humat	20	27	40	43	51	63	64	64
SROP	23	29	42	44	52	61	53	54

Tabel 4 Rerata Biomassa Jaringan Batang dan Jaringan Akar

No.	Kode Tanaman	Rerata Berat Basah (gram) Jaringan Batang	Rerata Berat Kering (gram) Jaringan Batang	Rerata Berat Basah (gram) Jaringan Akar	Rerata Berat Kering (gram) Jaringan Akar
1	Kontrol	36.714	12.398	10.200	2.826
2	Kitosan	34.714	10.615	8.829	1.952
3	Asam Humat	45.929	15.987	9.086	2.597
4	SROP	41.886	12.919	6.157	1.942

Tabel 5 Rerata pH H₂O dan pH KCL

	Gambut Awal	Kontrol	Kitosan	Asam Humat	SROP
pH H ₂ O	3.62	4.50	4.91	4.97	4.95
pH KCL	2.59	2.96	3.12	3.20	3.14

Tabel 6 Konsentrasi P-tersedia dan Serapan P jaringan batang

Kode Tanaman	P ₂ O ₅ Tanah (mg/kg)	P Jaringan Atas (%)
Gambut awal	69.9	
Kontrol	94.5	0.041
Kitosan	74.1	0.038
Asam Humat	74.8	0.039
SROP	75.9	0.045

Tabel 7 Konsentrasi Fe dalam tanah gambut

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Fe (mg/kg)
Gambut Awal	0.2420	3.681	920.3
Kontrol	0.4765	8.594	2148.5
Kitosan	0.4314	7.649	1912.3
Asam Humat	0.4184	7.377	1844.2
SROP	0.3834	6.643	1660.8

Tabel 8 Konsentrasi Fe dalam jaringan batang

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Fe (mg/kg)
Kontrol	0.3428	6.915	691.5
Kitosan	0.1848	3.441	344.1
Asam Humat	0.1472	2.616	261.6
SROP	0.1822	2.428	2428.0

Tabel 9 Konsentrasi Fe Jaringan Akar

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Fe (mg/kg)
--------------	------	-----------	------------

Kontrol	0.4138	7.280	728.0
Kitosan	0.0780	0.246	246.0
Asam Humat	0.5974	9.300	930.0
SROP	0.5102	2.134	213.4

Tabel 10 Konsentrasi Mn dalam tanah gambut

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Mn (mg/kg)
Gambut awal	0.1121	0.497	12.4
Kontrol	0.3232	1.597	39.9
Kitosan	0.2667	1.260	31.5
Asam Humat	0.2718	1.186	29.6
SROP	0.2359	1.031	25.8

Tabel 11 Konsentrasi Mn dalam jaringan batang

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Mn (mg/kg)
Kontrol	0.3835	1.957	97.9
Kitosan	0.4173	2.159	215.9
Asam Humat	0.2486	1.152	115.2
SROP	0.3129	1.536	153.6

Tabel 12 Konsentrasi Mn dalam jaringan akar

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Mn (mg/kg)
Kontrol	0.5638	3.033	303.3
Kitosan	0.1122	0.497	497.0
Asam Humat	0.3743	1.902	190.2
SROP	0.4595	2.411	241.1

Tabel 13 Konsentrasi Zn dalam tanah gambut

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Zn (mg/kg)
Gambut awal	0.2458	0.717	17.9
Kontrol	0.3647	1.101	27.5

Kitosan	0.1166	0.299	74.8
Asam Humat	0.2628	0.772	19.3
SROP	0.2400	0.697	17.4

Tabel 14 Konsentrasi Zn dalam jaringan batang

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Zn (mg/kg)
Kontrol	0.0747	0.164	16.4
Kitosan	0.0928	0.223	22.3
Asam Humat	0.3077	0.916	91.6
SROP	0.0897	0.213	21.3

Tabel 15 Konsentrasi Zn dalam jaringan akar

Kode Tanaman	Abs.	ppm kurva	Zn (mg/kg)
Kontrol	0.1043	0.260	26.0
Kitosan	0.1007	0.248	24.8
Asam Humat	0.0642	0.130	13.0
SROP	0.1402	0.376	37.6

LAMPIRAN 5 :

DOKUMENTASI



Bibit Tanaman Uji Melaleuca
Leucadendra sebelum ditanam dalam
media tanah gambut



Persiapan media tanam dengan
mencampurkan tanah gambut dengan
bahan pembenah tanah



Penanaman tanaman uji ke media
tanam tanah gambut bekas terbakar
sesuai perlakuan



Penimbangan berat basah dan
berat kering tanaman uji



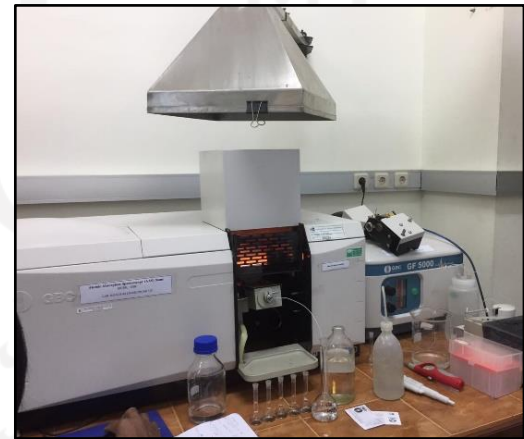
Destruksi basah sampel tanah dan sampel tanaman dalam ruang asam



Penyaringan ekstrak sampel tanah dan tanaman setelah didestruksi



Pengujian pH H₂O dan pH KCL



Pengujian logam berat Fe, Mn dan Zn menggunakan AAS

RIWAYAT HIDUP

Penulis Tugas Akhir bernama Sinta Ningsih yang biasa dipanggil Sinta. Lahir di Ngawi, 18 Juli 1999 merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara oleh pasangan Padi dan Pani. Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari sekolah dasar SDN Mengger 1 kemudian SMPN 2 Karanganyar dan dilanjutkan ke SMAN 1 Widodaren, Ngawi. Saat ini penulis merupakan mahasiswa Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia sejak tahun 2017.

Selain aktif dalam kegiatan akademik, penulis cukup aktif dalam kegiatan non-akademik. Penulis sangat aktif berorganisasi baik di dalam kampus maupun luar kampus. Penulis terlibat aktif pada organisasi dalam kampus sebagai pengurus pengabdian masyarakat Mahasiswa Pecinta Alam Universitas Islam Indonesia (MAPALA UNISI) pada tahun 2019-2021 sekaligus menjadi bendahara Zero Waste FTSP UII (2019-2020) dan menjadi anggota UII Excellent Community (2017-2021). Penulis juga turut aktif dalam kegiatan luar kampus baik berorganisasi maupun *social volunteering*. Penulis menjadi bagian dari pengurus Koalisi Pemuda Hijau Indonesia (KOPHI) Yogyakarta pada tahun 2017-2019 dan menjadi anggota Acintyacunyata Speleological Club (ASC) Yogyakarta pada tahun 2019-2020. Sedangkan dalam kegiatan *social volunteering*, penulis cukup aktif dalam Komunitas Pelajar Peduli, UII Help dan Earth Hour Yogyakarta.

Pada bulan Oktober 2020, penulis berkesempatan belajar dan turut serta dalam penelitian yang digagaskan oleh dosen Teknik Lingkungan UII yaitu Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D untuk melaksanakan penelitian dalam skala rumah kaca ini sebagai Tugas Akhir untuk menyelesaikan studi di program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.