

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Bahan Pembawa (*Carrier*) Mikroorganisme dengan NaCl untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut

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



ANDI SITTI LAPENGNIA WIJAUGI

18513190

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

2022

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Bahan Pembawa (*Carrier*) Mikroorganisme dengan NaCl untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut

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



ANDI SITTI LAPENGIYA WIJAUGI

18513190

Disetujui,
Dosen Pembimbing

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

NIK: 18513041

Tanggal: 14 November 2022

Annisa Nur L., S.Si., M.Biotech., Ph.D.

NIK: 155130505

Tanggal: 14 November 2022

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Dr. Eng. Awasuddin Nurmiyana, S.T., M.Eng.

NIK: 095130403

Tanggal: 22 Desember 2022



“Halaman Sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

HALAMAN PENGESAHAN
POTENSI PENGGUNAAN BAHAN PEMBAWA (*CARRIER*)
MIKROORGANISME DENGAN NaCl UNTUK PENINGKATAN
PRODUKTIVITAS LAHAN GAMBUT

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Kamis

Tanggal: 22 Desember 2022

Disusun Oleh:

ANDI SITTI LAPENGIYA WIJAUGI

18513190

Tim Penguji:

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

()

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

()

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 13 Oktober 2022

nyataan,

Andi Sitti Lapengniya Wijaugi
NIM: 18513190

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas berkat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan dengan judul “Potensi Penggunaan Bahan Pembawa (*Carrier*) Mikroorganisme dengan NaCl untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut” Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah *subhanahu wa ta'ala*, berkat nikmat sehat, kekuatan, dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas ini.
2. Keluarga penulis terutama Mama, Papa, serta saudara penulis Andi Denuang Tenridolong Wijaugi, Andi Mappesameng Alsulthan Wijaugi, dan Primastuti Indah Permatasari yang selalu memberikan do'a dan dukungan baik secara moril dan materil hingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD selaku dosen pembimbing I atas bimbingan, dukungan dan arahan mulai dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan dan memberi semangat dalam mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
4. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech, Ph.D selaku dosen pembimbing II atas bimbingan dan arahan mulai dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan pada penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan atas dampingan dan bimbingannya selama melakukan penelitian di laboratorium.
7. Rekan team gambut, team timah dan emas atas kerja keras, bantuan, yang diberikan hingga terselesainya laporan tugas akhir ini.
8. Teman-teman penulis lainnya yang selalu memberikan semangat, do'a, dan canda tawa menghibur ketika menjalani tugas akhir ini.
9. Semua pihak yang telah membantu sampai pada saat ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi menjadikan laporan tugas akhir ini lebih baik. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan sebagai referensi penelitian berikutnya. Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 13 Oktober 2022



Andi Sitti Lapengniya Wijangi



ABSTRAK

ANDI SITTI LAPENGNIA WIJAUGI. Potensi Penggunaan Bahan Pembawa (*Carrier*) Mikroorganisme dengan NaCl untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut. Dibimbing oleh Dewi Wulandari, S.Hut, M.Arg., Ph.D. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech, Ph.D.

Menurunnya produktivitas lahan gambut di Indonesia masih menjadi permasalahan yang masih belum teratasi secara optimal saat ini. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan dan mengoptimalkan produktivitas pada lahan gambut yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme terseleksi untuk membantu meningkatkan produktivitas pada lahan gambut. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisa pengaruh bahan pembawa mikroorganisme dengan NaCl terhadap parameter pertumbuhan tanaman, nutrisi, logam dan pH pada tanah gambut. Tanaman uji yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman kategori *Fast Growing Species* yaitu Kayu Putih (*Melaleuca leucandendra*). Proses penanaman dilakukan selama 12 minggu. Metode Analisa yang digunakan yaitu pendekatan *standar error* dan *annova*. Metode *annova* digunakan untuk melihat signifikansi pertumbuhan tanaman dan biomassa tiap perlakuan. Sedangkan metode *standar error* digunakan pada parameter pH, nutrisi, dan logam pada sampel uji yang telah dipilih berdasarkan pertumbuhan yang terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan dengan *carrier* NaCl memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dengan kontrol di beberapa parameter. Hasil uji pH H₂O yang memberikan hasil yang baik yaitu perlakuan 3 konsorsium sebesar 5,00. Pada pH KCl yaitu perlakuan 15+16 sebesar 3,82. Selanjutnya perlakuan yang secara keseluruhan memberikan pengaruh yang signifikan pada P-total dan Kalium tanah dan jaringan tanaman yaitu perlakuan 3 konsorsium dan perlakuan 15+16. Akumulasi logam Fe tertinggi pada jaringan tanaman atas yaitu perlakuan 15+16 sebesar 50,6 mg/Kg, kemudian logam Mn dan Zn oleh 16+R301 sebesar 62 mg/Kg; 63,8 mg/Kg. Dari hasil pengamatan secara keseluruhan, mikroorganisme dengan *single* konsorsium atau konsorsium 2 bakteri cenderung lebih unggul di beberapa parameter dibandingkan dengan konsorsium 3 jenis bakteri.

Kata Kunci: *Carrier*, Gambut, Konsorsium mikroba, *Melaleuca leucandendra*, Mikroorganisme terseleksi.

ABSTRACT

ANDI SITTI LAPENGNIA WIJAUGI. Potential Use of Microorganism Carrier Materials with NaCl to Increase Peatland Productivity. Supervised by Dewi Wulandari, S.Hut, M.Arg., Ph.D. and Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech, Ph.D.

*The decline in peatland productivity in Indonesia is still a problem that has not been optimally resolved at this time. One of the efforts that can be done to increase and optimize productivity on peatlands is by utilizing selected microorganisms to help increase productivity on peatlands. The purpose of this study was to analyze the effect of microorganism carriers with NaCl on plant growth parameters, nutrients, heavy metals and pH in peat soils. The test plant used in this study was a plant in the Fast Growing Species category, Kayu Putih (*Melaleuca leucandendra*). The planting process was carried out for 12 weeks. The analytical method used is the standard error and annova. The annova method was used to see the significance of plant growth and biomass for each treatment. While the standard error method is used on the parameters of pH, nutrients, and heavy metals in the test samples that have been selected based on the best growth. The results showed that the plants treated with NaCl carriers had results that were not much different from the control in several parameters. The results of the pH H₂O test that gave good results were the treatment of 3 consortiums of 5.00. At the pH KCl, the treatment was 15+16, which was 3.82. The overall treatment had a significant effect on Phosphate and Potassium soil and plant tissue, namely treatment 3 consortium and treatment 15+16. The highest accumulation of Fe metal in the upper plant tissue was treatment 15+16 by 50.6 mg/Kg, then Mn and Zn metals by 16+R301 by 62 mg/Kg; 63.8 mg/Kg. From the overall observations, microorganisms with a single consortium or a consortium of 2 bacteria are superior in several parameters compared to a consortium of 3 types of bacteria.*

Keywords: *Carrier, Peat, Microbial consortium, Melaleuca leucandendra, Selected microorganisms.*

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| PERNYATAAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| ABSTRAK..... | iv |
| ABSTRACT | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.2 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.3 Mikroorganisme Terseleksi | 5 |
| 2.5 Penelitian Terdahulu..... | 6 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 8 |
| 3.2 Tahapan Penelitian | 8 |
| 3.3 Persiapan Inokulum Mikroorganisme | 9 |
| 3.3 Persiapan Bahan Pembawa (<i>Carrier</i>) NaCl | 11 |
| 3.4 Persiapan Media Tanam dan Penanaman Semai..... | 12 |
| 3.5 Proses Panen dan Pengambilan Sampel | 13 |
| 3.6 Analisis pH pada Sampel Tanah | 15 |
| 3.7 Analisis Nutrisi pada Sampel Tanah dan Jaringan Tanaman..... | 15 |
| 3.8 Analisis Logam pada Sampel Tanah dan Jaringan Tanaman | 16 |
| 3.9 Analisis Statistik..... | 17 |
| BAB IV | 18 |
| 4.1.1 Tinggi dan Diameter Tanaman..... | 18 |
| 4.1.2 Biomassa Jaringan Tanaman..... | 20 |
| 4.2 Hasil Analisa Sampel pH Tanah | 24 |
| 4.3 Hasil Analisa Nutrisi | 26 |

| | |
|--|----|
| 4.3.1 Hasil Analisa Fosfat (P) Total pada Tanah dan Jaringan Tanaman Uji | 26 |
| 4.3.2 Hasil Analisa Kalium pada Tanah..... | 28 |
| 4.3.3 Hasil Analisa Kalium Jaringan Tanaman Uji..... | 29 |
| 4.4 Hasil Analisa Logam..... | 31 |
| 4.4.1 Hasil Analisa Serapan Logam Fe | 31 |
| 4.4.2 Hasil Analisa Serapan Logam Mn..... | 34 |
| 4.4.3 Hasil Analisa Serapan Logam Zn..... | 36 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 38 |
| DAFTAR PUSTAKA | 39 |
| LAMPIRAN..... | 42 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Refrensi Penelitian Terdahulu | 6 |
| Tabel 3.1 Perlakuan <i>carrier</i> NaCl yang digunakan Dalam Penelitian | 11 |
| Tabel 3.2 Populasi Mikroba per 1 ml | 12 |
| Tabel 3.3 Variabel Perlakuan dan Jumlah Pengulangan Carrier NaCl yang diinokulasikan pada Media Tanam..... | 13 |
| Tabel 3.4 Jumlah Perlakuan Sampel yang Akan diuji Nutrisi, Logam, dan pH | 14 |
| Tabel 3.5 Batas Kritis pada Tanah dan Tanaman..... | 16 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Kerangka Berpikir Penelitian | 3 |
| Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian..... | 8 |
| Gambar 3.2 Bagan Alir Pembuatan <i>Reculture</i> Bakteri | 9 |
| Gambar 3.3 Bagan Alir Pembuatan Inokulum Bakteri Terseleksi | 10 |
| Gambar 3.4 Tanaman Uji dengan Perlakuan <i>Carrier</i> | 14 |
| Gambar 4.1 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse..... | 18 |
| Gambar 4.2 Grafik Rerata Diameter Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse..... | 19 |
| Gambar 4.3 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Atas Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse | 20 |
| Gambar 4.4 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Atas Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse | 21 |
| Gambar 4.5 Grafik Rerata Berat Basah Akar Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse..... | 22 |
| Gambar 4.6 Grafik Rerata Berat Kering Akar Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse..... | 23 |
| Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji pH H ₂ O Sampel Tanah Gambut Selama 3 Bulan di Greenhouse..... | 24 |
| Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji pH KCl Sampel Tanah Gambut Selama 3 Bulan di Greenhouse..... | 25 |
| Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Konsentrasi P Total pada Sampel Tanah Gambut dan Jaringan Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse..... | 26 |
| Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Kalium pada Sampel Tanah Gambut Selama 3 Bulan di <i>Greenhouse</i> dengan Tanaman Kayu Putih | 28 |
| Gambar 4.11 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Kalium pada Sampel Jaringan Tanaman Kayu Putih di <i>Greenhouse</i> Selama 3 Bulan | 29 |
| Gambar 4.12 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Logam Fe pada Sampel Tanah Gambut Selama 3 Bulan di <i>Greenhouse</i> dengann Tanaman Kayu Putih..... | 31 |
| Gambar 4.13 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Logam Fe pada Sampel Jaringan Tanaman Uji Kayu Putih Selama 3 Bulan di <i>Greenhouse</i> | 32 |
| Gambar 4.14 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Logam Mn pada Sampel Tanah Gambut dan Jaringan Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di <i>Greenhouse</i> | 34 |
| Gambar 4.21 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Logam Zn pada Sampel Tanah Gambut dan Jaringan Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse | 36 |

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN..... 42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menjelaskan bahwa pada Tahun 2022 periode I luas lahan gambut di Indonesia mencapai 66.511.600 Ha. Dengan adanya hal tersebut Indonesia tercatat sebagai negara urutan keempat yang memiliki lahan gambut yang luas, lahan gambut sebagian besar ada di Pulau Kalimantan, Sumatera dan Papua (Masganti et al., 2020). Tanah gambut sering dijadikan media tanam karena memang karakteristik yang dimiliki gambut 65% didominasi oleh bahan organik, ditambah tanah gambut juga mampu menyimpan air. Namun, tanah gambut juga bisa kehilangan kemampuan daya serap airnya apabila terjadi kekeringan kadar air mencapai $< 100\%$. Semakin berkembangnya pembangunan atau infrastruktur saat ini mampu memicu dampak kerusakan lahan gambut yang terjadi secara teknis, yaitu kegiatan yang dapat memicu pengeringan gambut, amblesan lahan, dan kerusakan tata air lahan (Putri, 2017).

Dengan adanya peristiwa kerusakan lahan gambut tersebut dapat mengurangi kemampuan produktivitas tanah gambut untuk dimanfaatkan sebagai media tanam, maka dari itu perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan produktivitas pada tanah gambut tersebut, salah satunya dengan metode restorasi tanah secara bioremediasi. Memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memperbaiki senyawa-senyawa organik dalam tanah merupakan tujuan dari bioremediasi (Zafira, 2021). Salah satu kemampuan mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut adalah kemampuannya dalam menaikkan pH atau derajat keasaman tanah. Kemudian mikroorganisme juga digunakan sebagai pupuk hayati yang dapat memberikan nutrisi untuk tanaman, salah satu tanaman yang mampu bersimbiosis dengan ragam mikroorganisme tanah dan tanaman yang tidak mempunyai syarat tertentu untuk dapat tumbuh dan hidup di lahan gambut yaitu tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucandendra*). Selain dapat bersimbiosis dengan jenis mikroba tanah Tanaman Kayu Putih adalah tanaman yang mampu beradaptasi dengan setiap kondisi tanah, sehingga dengan kemampuannya tersebut tanaman Kayu Putih dapat menjadi salah satu tanaman yang mampu untuk hidup dilahan gambut (Simamora, 2020).

Mikroba sebelum diaplikasikan ke tanah, diinokulasikan terlebih dahulu ke

bahan pembawa sebagai media tumbuh mikroba. Bahan pembawa pupuk hayati terbagi menjadi dua jenis yaitu bahan pembawa cair dan padat, beberapa contoh bahan pembawa padat yaitu kompos, dedak padi. Sedangkan contoh bahan pembawa cair yaitu molase, limbah cair pengolahan tebu (Setiawati et al., 2017).

Pada penelitian ini dilakukan analisis terkait pertumbuhan tanaman, kadar nutrisi, pH, dan juga kadar logam guna melihat potensi pengaruh bahan pembawa mikroorganisme dengan NaCl menggunakan mikroba terhadap peningkatan produktivitas lahan gambut. Penelitian terkait peningkatan produktivitas lahan gambut ini beberapa telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Namun untuk penelitian mengenai peningkatan produktivitas tanah gambut menggunakan bahan pembawa (*carrier*) mikroorganisme terseleksi dengan NaCl, masih jarang ditemukan diberbagai sumberjurnal nasional. Maka dari itu penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat berguna sebagai referensi penelitian selanjutnya dan mendapatkan hasil yang lebih baik dan maksimal agar kedepannya hasil penelitian ini diharap dapat diaplikasikan dilapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa produktivitas lahan gambut masih menjadi masalah saat ini, sehingga penggunaan NaCl sebagai bahan pembawa (*carrier*) mikroorganisme pada penelitian ini diharap dapat solusi untuk meningkatkan produktivitas lahan gambut. Untuk membantu dalam penyelesaian masalah, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh bahan pembawa mikroorganisme dengan NaCl terhadap pertumbuhan tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*)?
2. Bagaimana pengaruh bahan pembawa mikroorganisme dengan NaCl terhadap nutrisi, reduksi logam dan pH pada tanah gambut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisis potensi bahan pembawa mikroorganisme dengan NaCl terhadap pertumbuhan tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*).
2. Melakukan analisis pengaruh bahan pembawa mikroorganisme dengan NaCl terhadap nutrisi, logam dan pH pada tanah gambut.

1.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

3. Memberikan informasi terkait implementasi bahan pembawa (*carrier*) NaCl menggunakan mikroba dalam upaya meningkatkan produktivitas pada lahan gambut.
4. Menjadi bahan acuan untuk penelitian serupa selanjutnya dan menjadi bahan acuan untuk melakukan peningkatan produktivitas lahan gambut dengan menggunakan metode yang sama

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Pembuatan inokulum dengan memindahkan mikroba dari media lama ke bahan pembawa (*carrier*) NaCl dilakukan di laboratorium.
2. Pembuatan inokulum dengan memindahkan konsorsium mikroba dengan bahan pembawa NaCl ke media tanam yang dilakukan di rumah kaca.
3. Pengukuran pertumbuhan tanaman Kayu Putih pada media tanah gambut dilakukan di rumah kaca.
4. Pengujian logam, nutrisi dan pH pada tanah gambut dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FTSP UII.
5. Penelitian, pengamatan dan pelaksanaan dilaksanakan dalam skala rumah kaca.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lahan Gambut

Menurut Agus dan Subiksa dalam J. Fitra et al., (2019) Gambut memiliki karakteristik tanah yang sangat kaya akan bahan organik, karena gambut merupakan tanah yang terbentuk dari sisa tanaman yang belum melapuk seluruhnya. Selain itu ditemukan juga karakteristik pada gambut yang dapat menyulitkan pemanfaatan lahan gambut itu sendiri. Sifat-sifat tersebut antara lain adalah pH yang rendah, kering yang tidak bisa balik jika kekeringan (irreversible), mudah terbakar, kekurangan unsurhara makro: P dan K, kekurangan unsur hara mikro: Zn, Cu dan B (Putri, 2017). Banyaknya kendala yang ditemukan pada lahan gambut menjadi penilaian bahwa tingkat produktivitas pada tanah gambut masih tergolong rendah untuk dimanfaatkan (Astri, 2017).

Karakteristik yang ada pada lahan gambut, menjadi acuan ketika lahan tersebut ingin dimanfaatkan. Saat ini pemerintah Indonesia sedang mengusung dan memberi perhatian khusus dalam upaya peningkatan produktivitas lahan gambut serta penceahan kerusakan lahan gambut. Program atau strategi yang dirancang oleh pemerintah ini bertujuan agar kedepannya lahan gambut di Indonesia dapat dimanfaatkan baik itu sebagai lahan budidaya, maupun lahan pertanian (Pangaribuan, 2018).

2.2 Bahan Pembawa (*Carrier*)

Bahan pembawa (*carrier*) adalah media untuk membawa sel atau mikroba tertentu yang sebelumnya telah diinokulasikan didalamnya (Hutauruk, 2018). Berdasarkan wujudnya *carrier* atau bahan pembawa ini memiliki dua jenis yaitu, *carrier* padat dan *carrier* cair. Syarat yang perlu diperhatikan saat pemilihan bahan pembawa yaitu bahan pembawa tersebut dapat menjadi media tumbuh dan menjamin keberlangsungan hidup serta efektivitas mikroba didalamnya (Setiawati et al., 2017). Pada penelitian Departemen Ilmu Tanah IPB yang disebutkan dalam Rahmayuni et al., (2018) sampel tanah diteliti menggunakan beberapa media pembawa atau bahan pembawa salah satunya yaitu NaCl. NaCl atau *Natrium Chlorida* juga memiliki manfaat dapat mempertahankan sel-sel bakteri agar tetap dalam kondisi isotonis sehingga tidak terjadi lisis. Berdasarkan karakteristiknya ini NaCl bisa digunakan

sebagai media pembawa beberapa kelompok-kelompok bakteri. Menurut Lestari dalam Sugiarti (2021) NaCl adalah larutan yang steril yaitu tidak ditumbuhi atau tidak adanya mikroba asli didalamnya sehingga baik untuk dijadikan media. Selain NaCl merupakan larutan steril NaCl juga merupakan larutan fisiologis dimana larutan fisiologis adalah salah satu media terbaik yang dapat digunakan sebagai bahan pembawa bakteri, karena mampu menjaga ketahanan hidup isolat bakteri serta menjaga keseimbangan ion sel mikroba. Selain itu NaCl juga berfungsi sebagai sumber mineral untuk mikroba sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba.

2.3 Mikroorganisme Terseleksi

Beberapa jenis mikroorganisme pada penelitian sebelumnya telah terbukti dapat bermanfaat untuk kesuburan tanah. Salah satu manfaat atau kemampuan mikroba yang telah diteliti adalah mikroba terseleksi yang mampu melarutkan unsur P (fosfat) atau disebut bakteri pelarut Fosfat (Ali et al., 2021). Bakteri pelarut fosfat merupakan jenis bakteri yang mampu melarutkan fosfat yang sulit dilarutkan menjadi terlarut, sehingga dapat diserap oleh tanaman (Larasati et al., 2018). Unsur P adalah salah satu unsur hara makro utama yang diserap oleh tanaman. Unsur P memiliki peranan penting dalam proses fotosintesis, respirasi dan metabolisme tanaman (Agroekoteknologi et al., 2017). Dengan mikroba terseleksi ini dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan efisiensi unsur P dan mengatasi rendahnya kandungan unsur P dalam tanah (Saraswati, 2015).

2.4 Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*)

Kayu putih atau *Melaleuca leucadendra* merupakan jenis tanaman yang dapat menghasilkan manfaat untuk ekologi, ekonomi, dan sosial. Salah satu manfaat ekologi dari tanaman ini yaitu kerap kali digunakan untuk proses perbaikan lahan kritis contohnya restorasi lahan gambut, karena tanaman Kayu Putih termasuk kategori *fast growing species* (FGS). Karakteristik lahan juga menjadi faktor lingkungan yang penting untuk perkembangan tanaman Kayu Putih (Priswantoro et al., 2021). Walaupun karakteristik lahan menjadi bagian yang penting dalam pertumbuhan setiap tanaman, termasuk dengan tanaman Kayu Putih. Akan tetapi untuk tanaman Kayu Putih ini merupakan jenis tanaman yang memiliki tingkat adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungannya. Sudaryono dan Dibia menyebutkan dalam Sadono et al., (2020) bahwa tanaman kayu putih mampu tumbuh dengan baik pada kondisi tergenang maupun kering. Selain itu berdasarkan penelitian sebelumnya, tanaman Kayu Putih memiliki kemampuan untuk

mengakumulasi logam kedalam jaringan tanaman (Ningsih, 2022).

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai refrensi dan pembanding terhadap penelitian yang dilakukan. Berikut ini daftar penelitian terdahulu yang dijadikan refrensi dan pembanding:

Tabel 2.1 Refrensi Penelitian Terdahulu

| No | Penulis | Tema Penelitian | Hasil |
|----|---------------------------|--|--|
| 1. | Soultan Simamora, 2020 | Potensi Aplikasi Fungi Tanah dan Bakteri Endofit dengan Cendawan Tanah Gambut untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca | Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh inokulasi jamur dan baktei endofit pada pertumbuhan tinggi, diameter batang tanaman uji dan pH tanah. |
| 2. | Sinta Ningsih, 2021 | Potensi <i>Consortium Microba</i> Dengan Bahan Pembenah Untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca | Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah perlakuan inokulasi <i>Consortium Microba</i> dan pemberian bahan pembenah tanah memberikan penaruh terhadap pertumbuhan tanaman uji dan juga mampu menaikkan pH serta mereduksi logam berat. |

| | | | |
|----|-----------------------------------|---|--|
| 3. | Erlina <i>et al.</i> , 2018 | Karakteristik Dan Viabilitas Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Dalam Bahan Pembawa Kompos dan Zeolit | Hasil penelitian ini memperoleh bahwa dari 4 isolat bakteri pelarut fosfat, 2 diantaranya berpotensi digunakan untuk pupuk hayati dan juga media pembawa kompos dan zeolit cocok dengan dua isolat yang berbeda. |
| 4. | Setiawati <i>et al.</i> , 2017 | Karakteristik Azolla Pinnata sebagai Pengganti Bahan Pembawa Pupuk Hayati Padat Bakteri Penambat N ₂ dan Bakteri Pelarut P | Pada hasil penelitian ini didapatkan bahwa Azolla Pinnata berpotensi sebagai alternatif bahan pembawa (<i>carrier</i>). |

BAB III

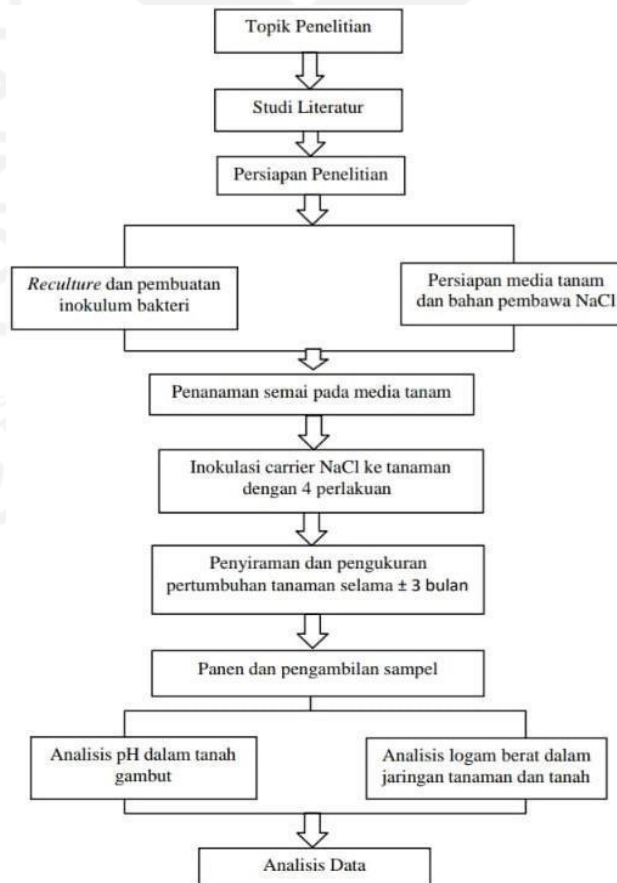
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Tahapan pertama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dimulai dengan reculture mikroorganism, persiapan media tanam, penanaman tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra*), perawatan dan pengukuran tanaman Kayu Putih, panen dan pengambilan sampel Kayu Putih untuk dianalisis pH, nutrisi dan logam. Kegiatan ini dilakukan di Rumah Kaca (*greenhouse*) yang terletak di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Penelitian ini dimulai dari bulan Desember 2021 hingga Juli 2022. Untuk analisis sampel dilakukan mulai bulan Agustus 2022 hingga September 2022 di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.2 Tahapan Penelitian

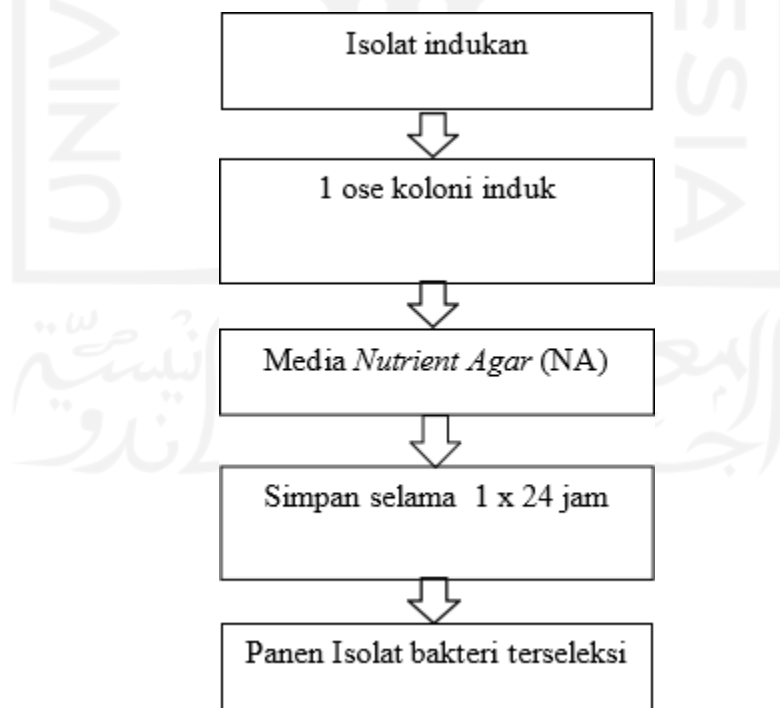
Berikut alur tahapan penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian

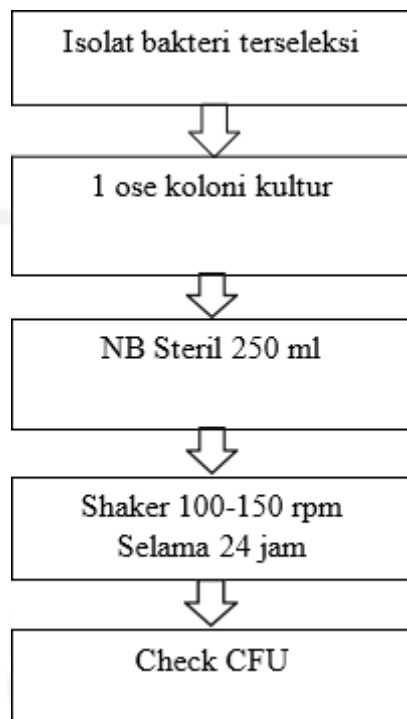
3.3 Persiapan Inokulum Mikroorganismenya

Tahapan pertama yang dilakukan untuk persiapan inokulasi mikroorganismenya adalah melakukan reculture bakteri menggunakan *Nutrient Agar* (NA) sebagai media isolat mikroorganismenya. Dilakukannya *reculture* ini agar memperbanyak biakan bakteri indukan yang telah ada sebelumnya dan bakteri indukan yang digunakan merupakan bakteri yang bersumber dari *degraded area*. Untuk mencegah terjadinya kontaminasi pada saat melakukan kegiatan inokulasi bakteri semuanya dilakukan secara aseptik dan harus didalam *Laminar Airflow*. Setelah kegiatan *reculture* ini, kemudian menentukan bakteri terseleksi yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada penelitian ini digunakan 3 jenis mikroba terseleksi dengan masing-masing kode yaitu kode 15 (*selected phosphate solubilizing microbes 1*), kode 16 (*selected phosphate solubilizing microbes 2*), dan terakhir kode R31 (*Enterobacter Species*). Selanjutnya dilanjutkan dengan pembuatan inokulum dengan 3 jenis bakteri terseleksi tersebut menggunakan media cair yaitu *Nutrient Broth* (NB) agar mudah untuk diinokulasikan ke dalam bahan pembawa (*carrier*) NaCl. Alur pembuatan *reculture* bakteri pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Bagan Alir Pembuatan *Reculture* Bakteri

Selanjutnya alur pembuatan inokulum bakteri terseleksi pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.3 Bagan Alir Pembuatan Inokulum Bakteri Terseleksi

3.3 Persiapan Bahan Pembawa (*Carrier*) NaCl

Berdasarkan hasil CFU bakteri terseleksi maka ditentukan penelitian ini menggunakan 7 perlakuan *carrier* NaCl dengan masing-masing mikroba. 7 perlakuan tersebut terdiri dari single, 2 konsorsium, dan 3 konsorsium. Konsorsium adalah perpaduan populasi mikroba membentuk komunitas yang mampu bersinergis dan membangun hubungan kooperatif antar mikroba (Citra et al., 2016). Berikut Tabel 3.1 Perlakuan *carrier* NaCl yang digunakan dalam penelitian:

| No | Kode | Perlakuan |
|----|--------------|--|
| 1 | Kontrol | Kontrol (tanpa perlakuan) |
| 2 | 15 | Pemberian <i>selected phosphate solubilizing microbes 1</i> (130 ml) + NaCl 870 ml |
| 3 | 16 | Pemberian <i>selected phosphate solubilizing microbes 2</i> (130 ml) + NaCl 870 ml |
| 4 | R31 | Pemberian <i>Enterobacter Sp.</i> (130 ml) + NaCl 870 ml |
| 5 | 15+R3 | Pemberian <i>selected phosphate solubilizing microbes 1</i> dan <i>Enterobacter Sp.</i> masing-masing sebanyak 65 ml + NaCl 870 ml |
| 6 | 16+R3 | Pemberian <i>selected phosphate solubilizing microbes 2</i> (65 ml) + <i>Enterobacter Sp.</i> (65 ml) + NaCl 870 ml |
| 7 | 15+16 | Pemberian <i>selected phosphate solubilizing microbes 1</i> (65 ml) + <i>selected phosphate solubilizing microbes 2</i> (65ml) + NaCl 870 ml |
| 8 | 3 Konsorsium | Kombinasi perlakuan 2,3, dan 4 (130 ml) pada NaCl 870 ml |

Tabel 3.1 Perlakuan *carrier* NaCl yang digunakan Dalam Penelitian

Karena 7 perlakuan *carrier* NaCl yang akan digunakan maka hal pertama yang perlu dilakukan pada persiapan Bahan Pembawa (*carrier*) NaCl adalah menyiapkan NaCl sebanyak 7 Liter dengan kadar NaCl 0,9 %. Sebelumnya NaCl dipindahkan terlebih dahulu kedalam botol masing-masing 1 Liter. Kemudian dilakukan inokulasi bakteri terseleksi pada bahan pembawa dengan *treatment* yang berbeda-beda. Setelah diinokulasi bakteri terseleksi kedalam NaCl kemudian botol bahan pembawa NaCl tersebut ditutup dengan kertas sampul, tujuannya agar menjaga kondisi *carrier* dalam keadaan gelap dan disimpan dengan suhu ruang selama ± 30 hari. Setelah umur inokulum ± 49 hari, dilakukan pengenceran untuk

menghitung populasi mikroba dalam *carrier* NaCl tersebut per 1 ml. Berikut tabel

3.1 Populasi Mikroba yang akan diinokulasikan per 1 ml:

| No | Treatment Mikroba | Jumlah Koloni Sebelum Inokulasi (unit koloni/ml) | Jumlah Koloni Setelah Inokulasi (unit koloni/ml) |
|----|-------------------|--|--|
| 1. | 16 | 285×10^{-5} | 86×10^{-5} |
| 2. | R31 | 83×10^{-5} | 34×10^{-5} |
| 3. | 15 | 142×10^{-5} | 72×10^{-5} |
| 4. | 16 + R31 | | 60×10^{-5} |
| 5. | 15 + R31 | | 32×10^{-5} |
| 6. | 15 + 16 | | 43×10^{-5} |
| 7. | 3 Konsorsium | | 287×10^{-5} |

Tabel 3.2 Populasi Mikroba per 1 ml

3.4 Persiapan Media Tanam dan Penanaman Semai

Media tanam yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah gambut yang bersumber dari KHDTK Tumbang Nusa Palangkaraya Kalimantan Tengah. Dalam menyiapkan media tanam ini yang pertama kali dilakukan adalah sterilisasi tanah gambut. Sterilisasi ini guna untuk menyeterilkan tanah gambut tersebut agar bebas dari kontaminan mikroorganisme lain. Sehingga dapat dilihat nantinya pengaruh inokulasi bahan pembawa (*carrier*) mikroorganisme tanpa pengaruh dari mikroorganisme asli dari tanah. Kemudian tanah gambut yang sudah steril tadi ditimbang, dan dimasukkan kedalam *polybag* berukuran $\frac{1}{2}$ kg yang sudah berisikan semai tanaman uji. Perbandingan antara tanah gambut dengan semai tanaman uji yaitu 1:1 sampai menutupi akar. Setelah \pm 1 minggu tanaman beradaptasi dengan media tanam baru, selanjutnya dilakukan inokulasi bahan pembawa (*carrier*) NaCl kedalam tanaman melalui akar sebanyak 7 perlakuan. Berikut tabel 3.2 menampilkan variabel perlakuan dan jumlah pengulangan *carrier* NaCl yang diaplikasikan pada tanah gambut dengan Tanaman Kayu Putih:

| Variabel Perlakuan | Jumlah Pengulangan |
|-----------------------------------|--------------------|
| Carrier NaCl Bakteri 16 | 3 |
| Carrier NaCl Bakteri R31 | 4 |
| Carrier NaCl Bakteri 16 | 3 |
| Carrier NaCl Bakteri 16 + R31 | 3 |
| Carrier NaCl Bakteri 15 + R31 | 3 |
| Carrier NaCl Bakteri 15 + 16 | 4 |
| Carrier NaCl Bakteri 3 Konsorsium | 4 |
| Kontrol (Tanpa Inokulasi Bakteri) | 4 |
| Jumlah | 28 |

Tabel 3.3 Variabel Perlakuan dan Jumlah Pengulangan *Carrier* NaCl yang diinokulasikan pada Media Tanam

Bahan pembawa NaCl yang diinokulasikan berjumlah 7 ml dalam 1 *polybag* dan diinokulasi dengan jarak ± 2 cm dari batang tanaman. Selanjutnya setelah inokulasi bahan pembawa (*carrier*) NaCl pada media tanam, dilanjutkan dengan perawatan atau pemeliharaan tanaman dengan melakukan penyiraman. Penyiraman ini dilakukan tergantung dengan cuaca setiap harinya, bila keadaan cuaca sedang panas akan dilakukan penyiraman setiap hari, namun jika cuaca sedang tidak begitu panas tanaman disiram 2 hari sekali. Waktu penyiraman dilakukan pada saat pagi atau sore. Untuk pengamatan dan pengukuran perkembangan tanaman uji dilakukan setiap 2 minggu sekali yaitu dengan mengukur diameter (mm) batang tanaman uji dan mengukur ketinggian (cm).

3.5 Proses Panen dan Pengambilan Sampel

Pemanenan akan dilakukan setelah ± 12 minggu pengamatan pertumbuhan pada tanaman. Untuk panen tanaman uji dilakukan dengan memisahkan antara bagian jaringan batang dan jaringan akar. Setelah tahap pemanenan selesai, maka selanjutnya jaringan tanaman tersebut di masukan ke dalam amplop coklat kemudian diberi kode sesuai penamaan treatment tanaman masing-masing. Kemudian seluruh sampel jaringan tanaman di oven untuk menghitung biomassa berat kering dengan suhu 70°C selama 93 jam. Jaringan tanaman sudah kering tersebut kemudian ditimbang kembali untuk mengetahui berat keringnya dengan menggunakan timbangan analitik ketelitian 0,001 gram. Sedangkan untuk sampel

tanah setelah pemanenan dimasukkan kedalam plastik dengan kode masing-masing treatment. Setelah semua perlakuan jaringan tanaman ditimbang, maka selanjutnya yaitu memilih tanaman yang akan di uji konsentrasi nutrisi, logam, dan pH pada jaringan tanaman tersebut. Tanaman uji dipilih berdasarkan rerata pertumbuhan yang paling baik. Selanjutnya setelah ditentukan tanaman yang akan di analisa maka tanaman tersebut dihaluskan. Berikut tabel 3.3 menampilkan perlakuan yang akan diuji:

| Variabel Perlakuan | Jumlah Sampel |
|-----------------------------------|---------------|
| Carrier NaCl Bakteri 16 | 1 |
| Carrier NaCl Bakteri R31 | 1 |
| Carrier NaCl Bakteri 16 + R31 | 1 |
| Carrier NaCl Bakteri 15 + 16 | 1 |
| Carrier NaCl Bakteri 3 Konsorsium | 1 |
| Kontrol (Tanpa Inokulasi Bakteri) | 1 |
| Jumlah | 6 |

Tabel 3.4 Jumlah Perlakuan Sampel yang Akan diuji Nutrisi, Logam dan pH



Gambar 3.4 Tanaman Uji dengan Perlakuan *Carrier* NaCl

3.6 Analisis pH pada Sampel Tanah

Analisis pH sampel tanah pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pengukuran pH dengan dua macam pengestrak, yang pertama yaitu pengestrak H₂O dan pengestrak KCl yang diuji menggunakan instrumen pH meter. Pengujian nilai pH tanah dengan pengestrak H₂O berfungsi untuk menyatakan pH aktual atau kemasaman aktif. Sedangkan pengujian pH dengan pengestrak KCl menyatakan kemasaman cadangan atau pH potensial (Friedlein et al., 2019). Penetapan kadar pH sampel tanah penelitian ini mengacu pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, air, dan pupuk dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Sampel tanah yang akan diuji masing-masing ditimbang sebanyak 5 gram kemudian di campurkan dengan H₂O (pH H₂O) sebanyak 25 ml aquadest. Sama seperti pengestrak H₂O pengujian pH menggunakan pengestrak KCl juga menggunakan 5 gram tanah kemudian dicampurkan dengan larutan KCl (pH KCl) sebanyak 25 ml selanjutnya masing-masing sampel tanah di *shaker* selama 30 menit. Setelah itu diukur menggunakan pH meter yang sudah dikalibrasi dengan buffer 7 dan 4.

3.7 Analisis Nutrisi pada Sampel Tanah dan Jaringan Tanaman

Nutrisi merupakan salah satu indikator penting untuk kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kadar nutrisi P dan K pada sampel tanah dan jaringan tanaman. Pada analisa P dan K mengacu pada Petunjuk Teknis Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian Tahun 2005 menggunakan metode ekstrak HCl 25%. Untuk menguji kadar P dan K pada sampel tanah dan jaringan tanaman masing-masing sampel tanah yang akan diuji ditimbang sebanyak 2 gram. Sedangkan untuk tanaman dan akar yang akan diuji ditimbang secukupnya dengan menyesuaikan berat kering masing-masing sampel. Setelah sampel ditimbang kemudian ditambahkan 10 ml HCl 25% lalu di *shaker* selama 5 jam. Setelah *shaker* selesai sampel uji didiamkan selama semalam. Kemudian selanjutnya ekstrak murni dari sampel yang sudah didiamkan tersebut disaring dan diambil sebanyak 0,5 ml ke dalam labu ukur 10 ml dan dicampurkan aquades sampai tanda batas kemudian dihomogenkan. Selanjutnya, 2 ml ekstrak

sampel dan larutan standar di masukkan kedalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 10 ml larutan pereaksi pewarna P dan didiamkan selama 30 menit, lalu di ukur absorbansi P menggunakan instrumen *spektrofotometer* dengan gelombang 693 nm. Sedangkan untuk uji K menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) tipe Afanta merek GBS.

3.8 Analisis Logam pada Sampel Tanah dan Jaringan Tanaman

Sampel tanah dan jaringan tanaman diuji kadar logam didalamnya, logam yang akan di uji yaitu Fe; Mn; dan Zn. Mengacu pada SNI 8910:2021 Pengujian kadar logam sampel tanah dan jaringan tanaman pada penelitian ini menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) merek GBS tipe Afanta. Setelah kondisi sampel tanah dipastikan sudah kering angin, sampel tanah diambil 2 gram kemudian ditambah 10 ml HNO₃ 1:1. Kemudian di destruksi di lemari asam hingga larutan sampel menjadi jernih atau asap yang dikeluarkan dari sampel tidak berwarna coklat. Sedangkan untuk destruksi jaringan tanaman yaitu dengan mencampurkan 0,5 gram sampel dengan 5 ml HNO₃ dan 0,5 ml HClO₄. Setelah sampel didestruksi, sampel tersebut disaring dan diestraksi dengan aquades hingga tanda batas pada labu ukur 100 ml untuk sampel tanah dan labu ukur 50 ml untuk sampel jaringan tanaman. Selanjutnya sampel dimasukkan kedalam botol vial dan di uji untuk parameter logam.

Tabel 3.5 Batas Kritis Logam pada Tanah dan Tanaman

| No | Parameter | Batas Kritis (mg/Kg) | |
|----|-----------|-------------------------------------|------------------------------------|
| | | Tanah | Tanaman |
| 1 | Fe | 100 ² -300 ² | 112 ³ |
| 2 | Mn | 100 ¹ -4000 ¹ | 55 ³ -495 ⁴ |
| 3 | Zn | 10 ¹ -300 ¹ | 100 ¹ -400 ¹ |

1. (Haumahu & Habi, 2016)

2. (Noor et al., 2012)

3. (Schulze et al., 2019)

4. (Reichman et al., 2004)

3.9 Analisis Statistik

Pada penelitian ini untuk melihat pengaruh bahan pembawa (*carrier*) bakteri terseleksi dengan NaCl terhadap pertumbuhan tanaman uji, kandungan nutrisi, pH tanah dan pengikatan logam disetiap treatment maka dilakukan Analisa statistik. Analisa yang dilakukan yaitu dengan membandingkan hasil pengujian dari tanaman uji yang diberi perlakuan dengan tanaman uji kontrol melalui pendekatan *Standard Error* yang disajikan dalam bentuk grafik. Sedangkan untuk hasil pertumbuhan tanaman menggunakan pendekatan Anova *Single Factor* dengan taraf signifikansi 5%.



BAB IV

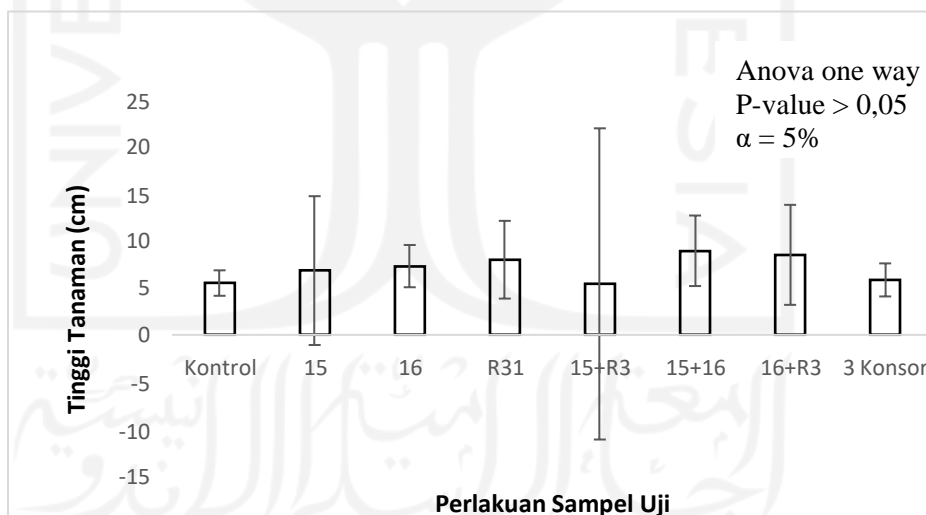
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Hasil Analisa Pertumbuhan Tanaman Kayu Putih

Pengamatan parameter pertumbuhan tanaman Kayu Putih dilakukan setiap 2 minggu sekali pada masa tanam 3 bulan. Parameter pertumbuhan yang diamati yaitu tinggi dan diameter tanaman. Selain pengukuran parameter tinggi dan diameter, dilakukan juga pengukuran biomassa setelah masa tanam 12 minggu.

4.1.1 Tinggi dan Diameter Tanaman

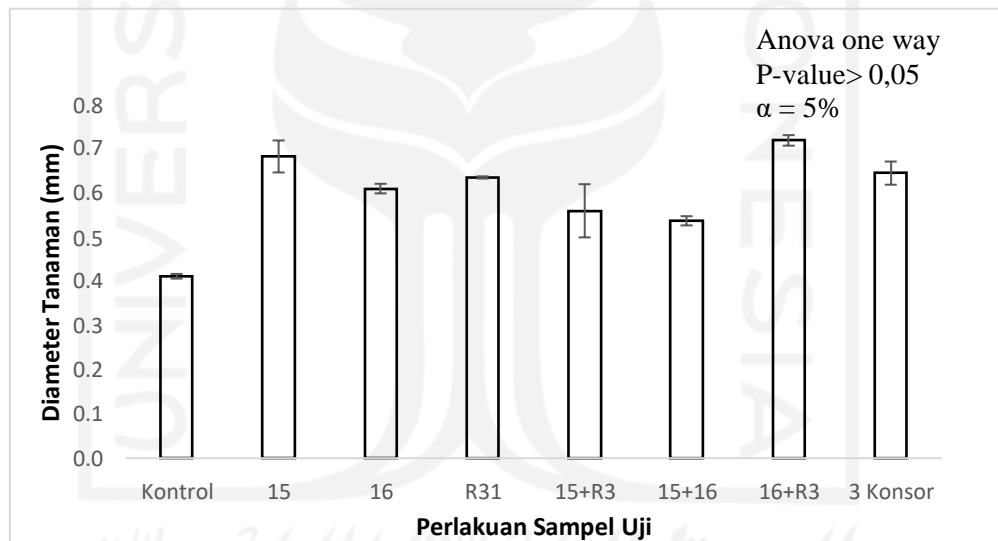
Tinggi tanaman uji merupakan salah satu indikator untuk melihat pengaruh dari bahan pembawa (*carrier*) mikroorganisme dengan NaCl terhadap pertumbuhan tanaman. Tanaman uji diukur mulai dari bagian leher batang hingga bagian ujung batang. Pada Gambar 4.1 Grafik Analisa Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kayu Putih.



Gambar 4.1 Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

Pada Gambar 4.1 menampilkan bahwa rerata pertumbuhan tinggi tanaman Kayu Putih memiliki variasi pada setiap perlakuan. Pada tanaman

uji kontrol rerata tinggi sebesar 5,47 cm. Sedangkan tanaman Kayu Putih yang diberikan perlakuan bahan pembawa (*carrier*) NaCl bakteri 15, bakteri 16, bakteri R31, bakteri 15+16, dan bakteri 16+ R31 masing-masing memiliki rerata pertumbuhan tinggi sebesar 6,80 cm; 7,27 cm; 7,95 cm; 8,91 cm; 8,47 cm. Rerata pertumbuhan tinggi tanaman Kayu Putih terbesar yaitu pada tanaman Kayu Putih dengan bakteri 15+16. Sedangkan rerata pertumbuhan tinggi tanaman Kayu Putih yang terkecil yaitu tanaman dengan perlakuan bakteri 15+R31 yaitu sebesar 5,38 cm, rerata ini lebih kecil dibandingkan rerata pertumbuhan tanaman kontrol. Pada penelitian sebelumnya hal ini dapat terjadi dikarenakan kurangnya waktu pengamatan sehingga interaksi antar konsorsium mikroba pada tanaman uji tersebut tidak bekerja secara optimal (Ningsih, 2022).



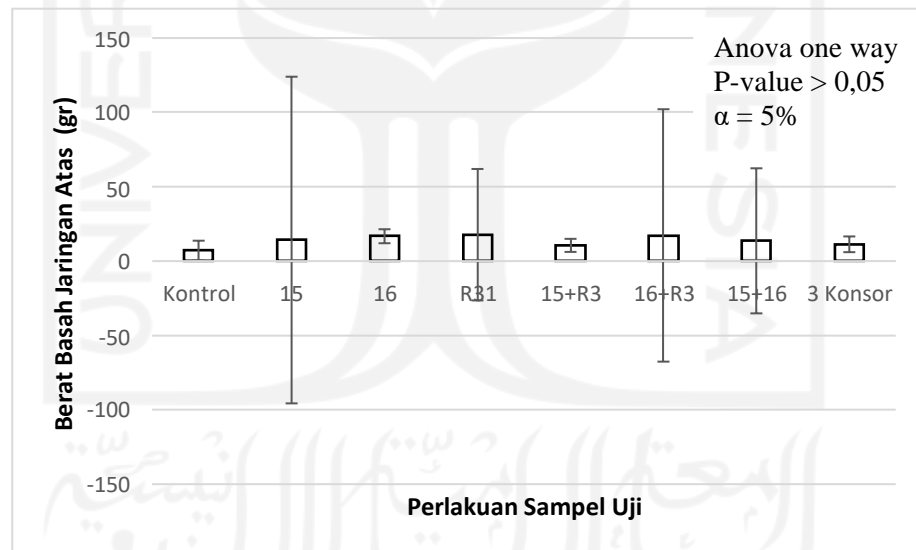
Gambar 4.2 Grafik Rerata Diameter Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa aplikasi bahan pembawa (*carrier*) mikroorganisme dengan NaCl memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan diameter tanaman Kayu Putih. Data menunjukkan bahwa pertumbuhan diameter terbesar ada pada tanaman bakteri 16+R31 yaitu sebesar 0,71 mm. Sedangkan tanaman kontrol paling rendah dibandingkan tanaman dengan perlakuan *carrier* yaitu sebesar 0,41 mm. Secara keseluruhan, pada pengamatan pertumbuhan diameter tanaman dapat

disimpulkan bahwa tanaman Kayu Putih dengan perlakuan masing-masing bakteri dengan *carrier* NaCl lebih unggul dibanding dengan tanaman kontrol yang tidak diberi perlakuan. Hal ini menandakan bahwa mikroba yang ada pada *carrier* NaCl tersebut mampu bersinergis dengan baik sehingga memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan diameter secara optimal (Citraet al., 2016).

4.1.2 Biomassa Jaringan Tanaman

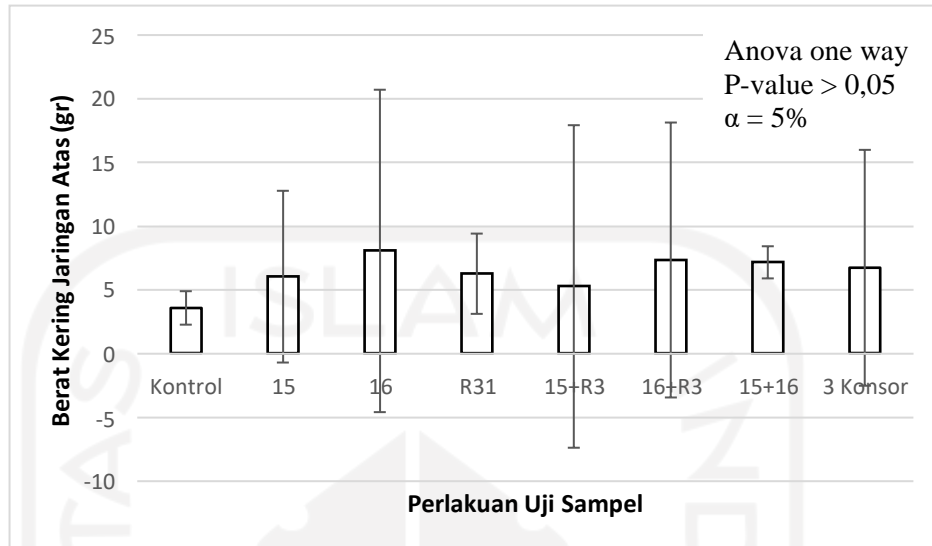
Biomassa jaringan tanaman pada penelitian ini terdiri dari berat basah batang, berat kering batang, berat basah akar, dan berat kering akar. Berat basah ditimbang setelah pemanenan, sedangkan berat kering ditimbang setelah di oven selama 93 jam. Jaringan batang yang ditimbang mulai dari bagian batang, daun bagian leher atas akar, dan ranting. Sedangkan jaringan akar yang ditimbang yaitu bagian akar tanaman mulai dari bagian leher akar kebawah.



Gambar 4.3 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Atas Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

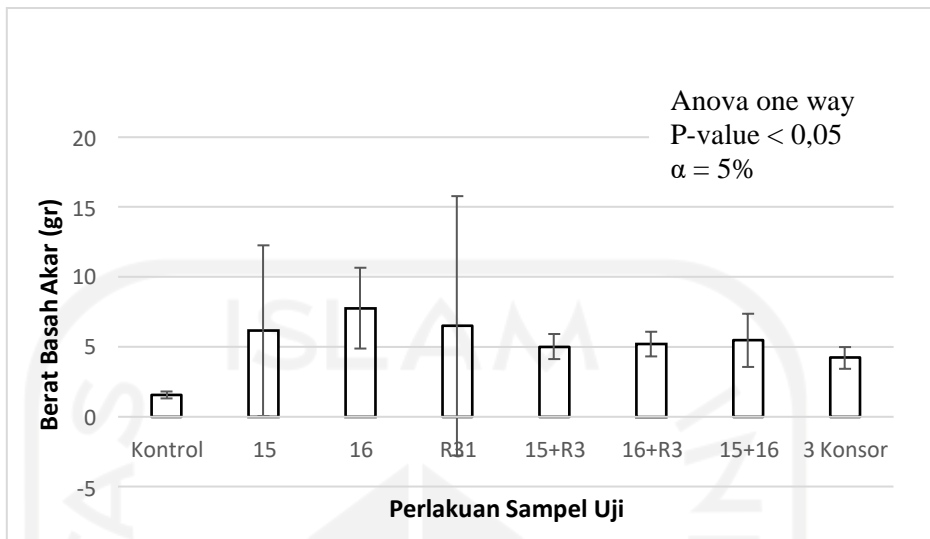
Pada Gambar 4.3 yang menampilkan grafik berat basah batang tanaman Kayu Putih, rerata berat basah tanaman yang paling besar yaitu pada tanaman dengan perlakuan bakteri R31 sebesar 17,68 gr/plant. Sedangkan yang terkecil yaitu kontrol dengan rerata berat basah tanaman 7,08 gr/plant. Dapat disimpulkan dalam hal ini bahwa ketika dibandingkan dengan tanaman

kontrol, tanaman Kayu Putih yang diaplikasikan menggunakan bakteri dengan *carrier* NaCl memiliki nilai berat basah yang lebih tinggi.



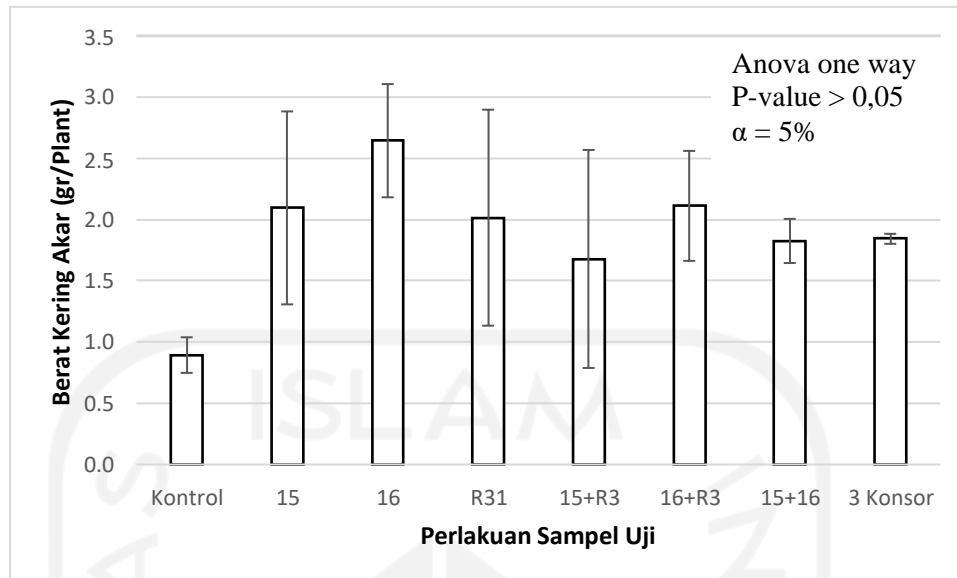
Gambar 4.4 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Atas Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

Berat kering merupakan salah satu indikator untuk melihat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Karena pada nilai berat kering dapat menggambarkan akumulasi keseluruhan senyawa organik yang mampu disintesis oleh jaringan tanaman tersebut (Boiler et al., 2014). Pada Gambar 4.4 menunjukkan grafik berat kering batang tanaman Kayu Putih. Berdasarkan grafik tersebut, rerata berat kering batang yang paling kecil dimiliki oleh tanaman kontrol yaitu sebesar 3,59 gr. Sedangkan tanaman yang menggunakan *treatment carrier* NaCl dengan bakteri masing-masing memiliki nilai rerata berat kering yang tidak jauh berbeda antar perlakuannya. Namun ketika nilai rerata dibandingkan dengan nilai rerata berat kering tanaman kontrol tanaman yang menggunakan perlakuan lebih besar. Nilai rerata yang paling besar yaitu adapada tanaman Kayu Putih dengan bakteri 16 yaitu 8,05 gr/plant.



Gambar 4.5 Grafik Rerata Berat Basah Akar Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

Berdasarkan grafik berat basah jaringan akar pada grafik Gambar 4.5 menunjukkan bahwa rerata berat basah pada akar tanaman kontrol yang tidak diberi perlakuan apapun memiliki nilai terendah yaitu sebesar 1,56 gr/plant. Sedangkan rerata yang terbesar adalah pada tanaman Kayu Putih dengan perlakuan bakteri 16 yaitu 7,76 gr/plant. Dapat disimpulkan bahwa berat basah tanaman yang diberikan perlakuan lebih besar dibandingkan dengan tanaman kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa semua treatment dengan bahan pembawa (*carrier*) mikroorganisme dengan NaCl mampu memberikan pengaruh terhadap pertambahan biomassa pada bagian akar.

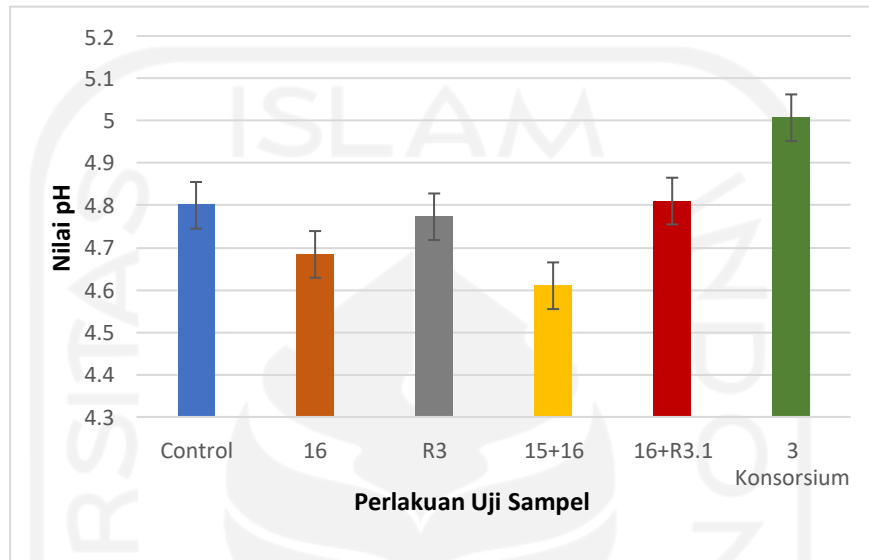


Gambar 4.6 Grafik Rerata Berat Kering Akar Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

Berdasarkan Gambar 4.6 yang menampilkan grafik rerata berat kering akar pada tanaman Kayu Putih, nilai rerata berat kering terbesar yaitu ada pada tanaman dengan perlakuan bakteri 16 yaitu 2,65 *gr/plant*. Sama seperti pada berat basah akar. Dengan rerata berat kering yang tinggi pada perlakuan bakteri 16 menunjukkan bahwa perlakuan tersebut bekerja dengan baik untuk menyerap unsur hara, karena semakin tinggi nilai berat kering pada tanaman menunjukkan bahwa terjadinya penyerapan unsur hara yang tinggi (Ningsih, 2022). Sedangkan nilai rerata berat kering akar yang terendah ada pada tanaman kontrol yaitu senilai 0,89 *gr/plant*. Dapat disimpulkan bahwa rerata berat kering akar pada setiap tanaman yang menggunakan *carrier* NaCl mempengaruhi berat kering pada akar dibandingkan tanaman kontrol.

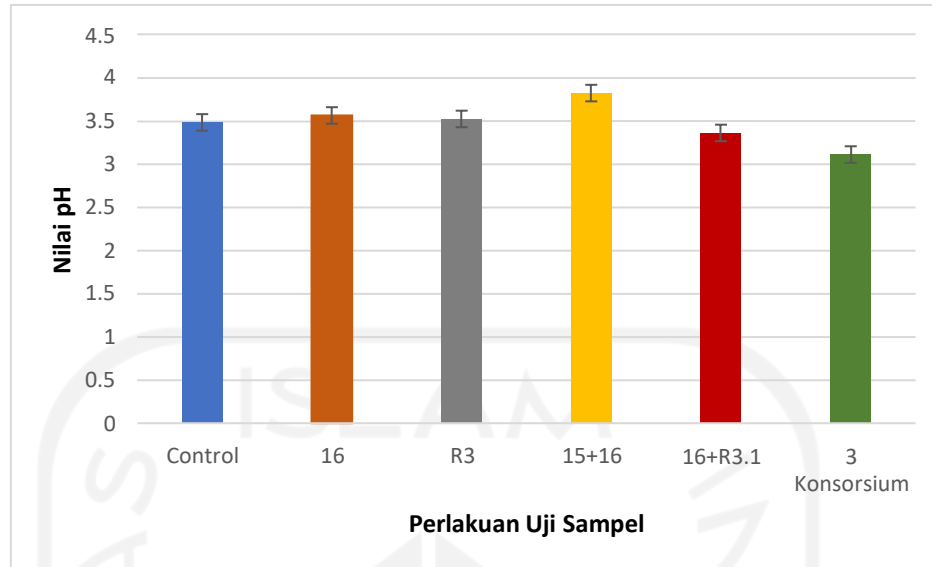
4.2 Hasil Analisa Sampel pH Tanah

Pengujian derajat keasaman atau pH pada tanah sampel guna untuk melihat pengaruh pH terhadap unsur hara dalam nutrisi serta fungsi reduksi logam yang ada pada tanah (Ningsih, 2022).



Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji pH H₂O Sampel Tanah Gambut Selama 3 Bulan di *Greenhouse* dengan Tanaman Kayu Putih.

Pengujian yang telah dilakukan pada pH sampel tanah menggunakan pengestrak H₂O, didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.6. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil pH H₂O tertinggi ada pada tanaman dengan perlakuan bakteri 3 konsorsium yaitu sebesar 5,007. Sedangkan nilai pH H₂O perlakuan bakteri 16, bakteri R31, bakteri 15+16 dan 16 + R31 yaitu 4,68; 4,77; 4,61; dan 4,81. Sedangkan pH H₂O tanah pada tanaman kontrol yaitu sebesar 4,80. Berdasarkan hasil pengukuran pH tersebut dapat disimpulkan bahwa aplikasi bahan pembawa (*carrier*) mikroorganismen NaCl secara keseluruhan pada tanah sampel memiliki pH H₂O tanah yang lebih besar dibandingkan dengan tanah kontrol.



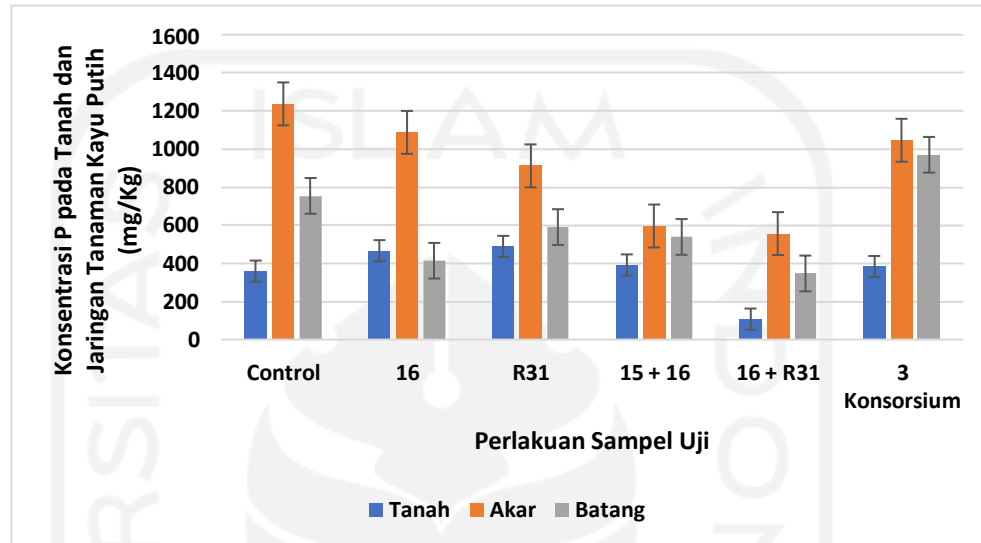
Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji pH KCl Sampel Tanah Gambut Selama 3 Bulan di *Greenhouse* dengan Tanaman Kayu Putih.

Grafik hasil uji pH KCl sampel tanah pada Gambar 4.8 menampilkan hasil yang variatif pada setiap perlakuan. Berdasarkan grafik tersebut pH KCl atau pH potensial tanah yang memiliki nilai tertinggi yaitu dimiliki oleh tanah dengan perlakuan bakteri 15+16 sebesar 3,82. Sedangkan nilai pH KCl yang terendah yaitu pada tanah perlakuan 3 konsorsium yaitu 3,11. Ketika dibandingkan dengan pH tanah kontrol yaitu sebesar 3,48 nilai pH kontrol masih lebih tinggi dibandingkan tanah pada perlakuan bakteri 3 konsorsium dan bakteri 16+R31. Namun secara keseluruhan pH pada tanah dengan perlakuan juga meningkat.

4.3 Hasil Analisa Nutrisi

4.3.1 Hasil Analisa Fosfat (P) Total pada Tanah dan Jaringan Tanaman Uji

Berikut merupakan grafik hasil uji konsentrasi P total pada sampel tanah gambut dan tanaman uji Kayu Putih:



Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Konsentrasi P Total pada Sampel Tanah Gambut dan Jaringan Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

Pada Gambar 4.9 menampilkan grafik hasil uji konsentrasi P-total dalam tanah dan jaringan tanaman uji. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil yang bervariasi. Hasil pengujian nilai P-total tersebut yang cenderung memiliki nilai P-total lebih rendah pada setiap perlakuan sampel uji yaitu P-total pada tanah diantara nilai P pada jaringan tanaman. Hal tersebut menandakan terjadinya proses penyerapan P-total pada tanah oleh ujung-ujung akar menggunakan jaringan meristem sehingga unsur hara yang diserap oleh akar akan masuk ke jaringan batang (Siswandari, 2016). Hasil konsentrasi P-total dalam tanah yang menunjukkan hasil yang paling tinggi adalah perlakuan bakteri R31 yaitu senilai 488,74 mg/Kg artinya pada perlakuan bakteri R31, bakteri mampu bekerja dengan baik untuk meningkatkan konsentrasi P dalam tanah dengan melarutkan fosfat yang semula rendah atau tidak tersedia hingga meningkat menjadi tersedia (Sonia et al., 2022). Sedangkan tanah kontrol yaitu sebesar 359,5 mg/Kg, nilai P

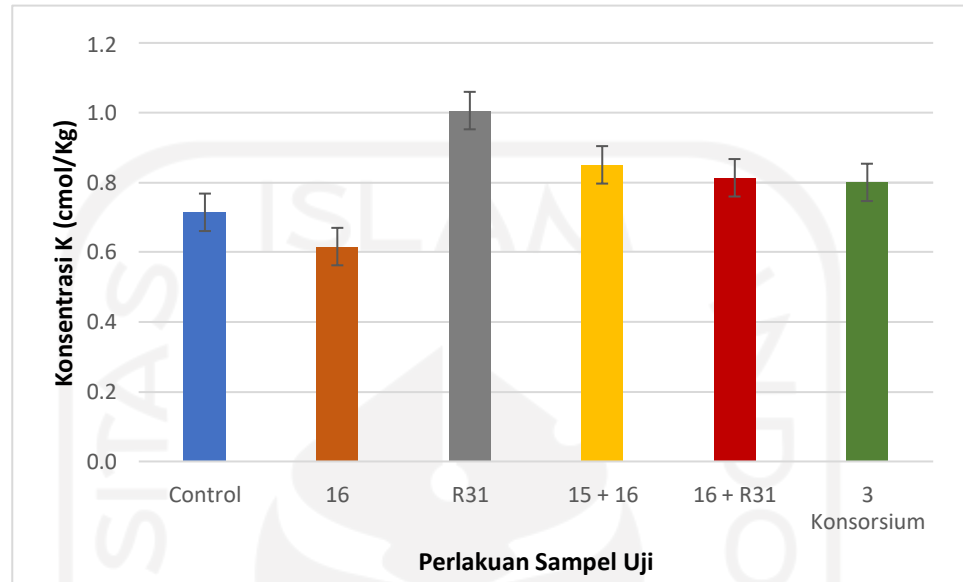
pada tanah kontrol ketika dibandingkan dengan tanah yang menggunakan perlakuan merupakan tanah kedua dengan nilai P-total terendah. Nilai P-total paling rendah yaitu ada pada tanah dengan perlakuan bakteri 16+R31 yaitu sebesar 107,63 mg/Kg. Namun, menurut Holdford & Cullis dalam Hazelton & Murphy (2019) konsentrasi P-total tanah pada perlakuan 16+R31 masih termasuk kategori kandungan P *very high* karena > 25 mg/Kg.

Selanjutnya konsentrasi fosfat yang diserap oleh akar. Grafik tersebut juga menampilkan kemampuan akar tanaman uji untuk menyerap fosfat pada tanah. Setelah melakukan pengujian dan pengolahan data didapatkan hasil konsentrasi P pada akar yang terbesar ada pada tanaman kontrol yaitu 1237,42 mg/Kg dan yang terendah yaitu pada perlakuan bakteri 16+R31 yaitu 556,25 mg/Kg. Ketika dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan bahan pembawa (*carrier*) mikroorganisme NaCl, tanaman kontrol memiliki kemampuan lebih unggul untuk menyerap dan meningkatkan kadar P pada akar.

Kemudian hasil konsentrasi P pada jaringan tanaman atas menunjukkan tanaman 3 konsor memiliki konsentrasi fosfat yang paling unggul pada jaringan tanaman atas yaitu sebesar 970,03 mg/Kg. Hal ini menandakan bahwa konsorsium mikroba pada perlakuan 3 konsorsium tersebut mampu berinteraksi dan bersinergi sehingga menghasilkan nilai P yang optimal pada jaringan tanaman atas (Citra et al., 2016). Sedangkan konsentrasi P pada jaringan tanaman atas yang terendah ada pada tanaman dengan perlakuan bakteri 16+R31, selaras dengan P pada akar perlakuan bakteri 16+R31 yang juga rendah. Sedangkan untuk tanaman kontrol memiliki konsentasi P pada jaringan batang sebesar 754,66 mg/Kg. Sama halnya pada jaringan akar tanaman kontrol cenderung memiliki serapan fosfat pada jaringan tanaman atas lebih unggul dibandingkan tanaman dengan perlakuan, kecuali pada jaringan tanaman 3 konsorsium serapan fosfat pada jaringan tanaman atas masih lebih tinggi dibandingkan tanaman kontrol. Hal ini terjadi karena unsur P Sebagian besar berikatan dengan Fe sehingga P yang terserap pada jaringan tanaman menjadi rendah (Habi et al., 2018).

4.3.2 Hasil Analisa Kalium pada Tanah

Berikut merupakan grafik hasil uji konsentrasi Kalium pada sampel tanah gambut:



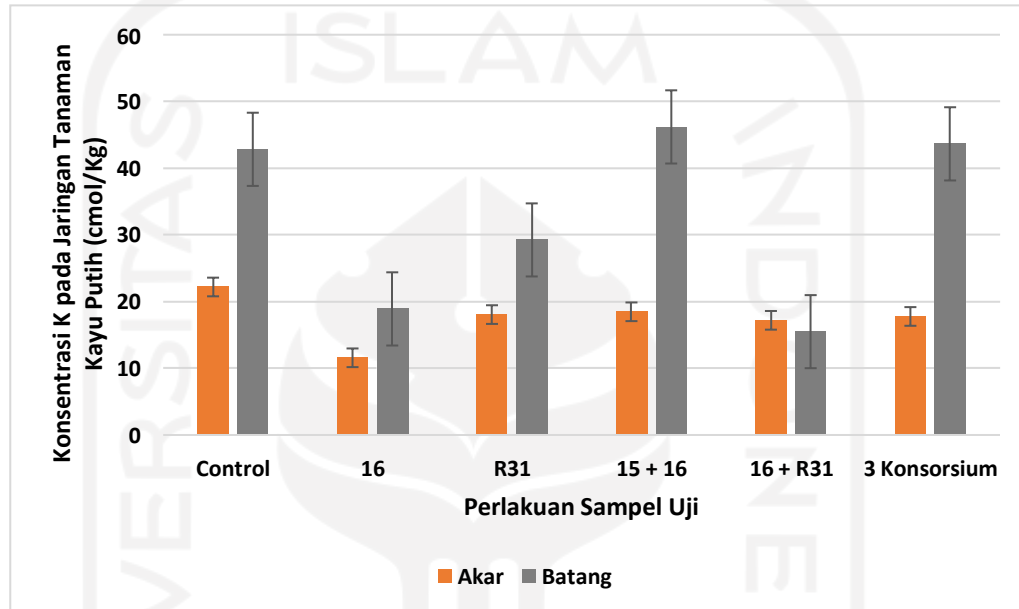
Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Kalium pada Sampel Tanah Gambut Selama 3 Bulan di *Greenhouse* dengan Tanaman Kayu Putih

Gambar 4.10 diatas menampilkan hasil uji konsentrasi Kalium pada tanah. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil yang cukup variatif pada setiap tanah. Grafik tersebut menunjukkan bahwa tanah yang memiliki kadar Kalium yang paling besar yaitu ada pada tanah dengan perlakuan R31 yaitu sebesar 1,01 cmol/Kg. Berdasarkan pengujian nutrisi pada tanah yaitu Fosfat dan Kalium tanah dengan perlakuan bakteri R31 memiliki kadar nutrisi yang tinggi. Hal tersebut menandakan bahwa bahan pembawa (*carrier*) mikroorganisme NaCl dengan perlakuan bakteri R31 tersebut memiliki kemampuan lebih unggul untuk meningkatkan konsentrasi Kalium pada tanah dibandingkan tanah kontrol yang tidak diberi perlakuan apapun. Konsentrasi Kalium pada tanah kontrol yaitu sebesar 0,71 cmol/Kg. Sedangkan pada perlakuan bakteri 16 memiliki konsentrasi Kalium yang paling rendah yaitu sebesar 0,62 cmol/Kg. Hasil uji konsentrasi K pada tanah secara keseluruhan masih termasuk kategori aman dengan nilai K tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman karena $> 0,5$ cmol/Kg.

Menurut Gourley dalam Hazelton & Murphy (2019) ketika konsentrasi K 0,2-0,5 cmol/Kg maka berpotensi menghambat pertumbuhan tanaman.

4.3.3 Hasil Analisa Kalium Jaringan Tanaman Uji

Berikut grafik yang menampilkan hasil uji konsentrasi Kalium pada sampel jaringan tanaman uji Kayu Putih:



Gambar 4.11 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Kalium pada Sampel Jaringan Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.11 yang menampilkan hasil konsentrasi Kalium pada akar, dari hasil pengujian tersebut konsentrasi Kalium paling tinggi yaitu pada akar tanaman kontrol yaitu sebesar 22,21 cmol/Kg. Tanaman yang telah diberikan perlakuan *carrier* mikroorganisme dengan NaCl konsentrasi Kalium pada akar antar perlakuan tidak jauh berbeda namun masih lebih rendah dibandingkan konsentrasi Kalium pada akar tanaman kontrol. Konsentrasi Kalium bakteri 16 yaitu 11,59 cmol/Kg merupakan konsentrasi paling rendah diantara yang lainnya. Konsentrasi Kalium pada akar perlakuan bakteri R31, bakteri 15+16, bakteri 16+ R31 dan 3 konsorsium berturut-turut sebesar 18,07 cmol/Kg; 18,49 cmol/Kg; 17,21 cmol/Kg; dan 17,78 cmol/Kg.

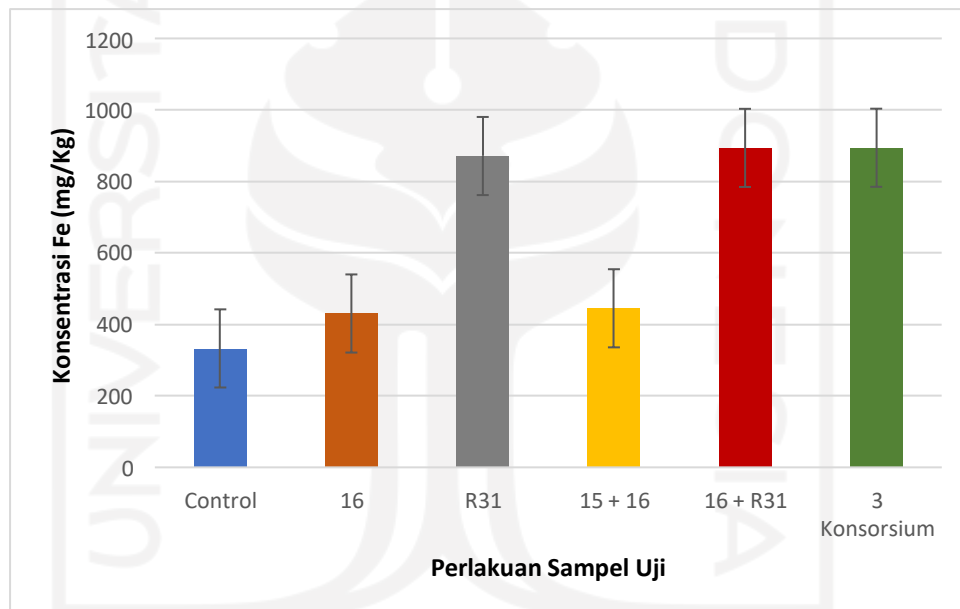
Kemudian hasil pengujian konsentrasi Kalium pada jaringan tanaman atas menunjukkan bahwa terdapat 3 tanaman dengan konsentrasi kalium yang tinggi pada jaringan tanaman atas. Pertama yaitu batang dengan perlakuan 15+16 yaitu 46,17 cmol/Kg. Selanjutnya 3 konsorsium yaitu 43,64 cmol/Kg dan tanaman kontrol 42,83 cmol/Kg. Berdasarkan data hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tanaman dengan perlakuan bakteri R31 dan bakteri 15+16 memiliki konsentrasi Kalium jaringan tanaman atas yang lebih besar dibanding jaringan tanaman kontrol. Hal ini menandakan aktivitas bakteri dan tanaman pada perlakuan ini dapat beradaptasi dengan baik. Namun pada ketiga tanaman perlakuan lainnya yaitu bakteri 16, bakteri R31, dan bakteri 16+R31 memiliki konsentrasi kalium batang yang lebih rendah dibanding tanaman kontrol. Hal ini selaras dengan konsentrasi Kalium pada akar ketiga perlakuan tersebut juga lebih rendah dibandingkan kontrol, sehingga konsentrasi Kalium yang diserap pada jaringan tanaman atas juga cenderung rendah, karena sebagian besar proses degradasi adalah hasil dari *rhizoremediation* yaitu asosiasi kompleks dari akar, rhizofer, eksudat akar, dan mikroba (Winata, 2018).

4.4 Hasil Analisa Logam

Logam yang diuji pada tanah, akar, dan batang yaitu Fe, Mn, dan Zn. Ketiga parameter logam tersebut dapat membahayakan tanaman jika kandungannya berlebihan, namun parameter tersebut juga sangat dibutuhkan keberadaannya sebagai unsur hara untuk perumbuhan tanaman dengan batas krisis tertentu seperti pada Tabel 3.3.

4.4.1 Hasil Analisa Serapan Logam Fe

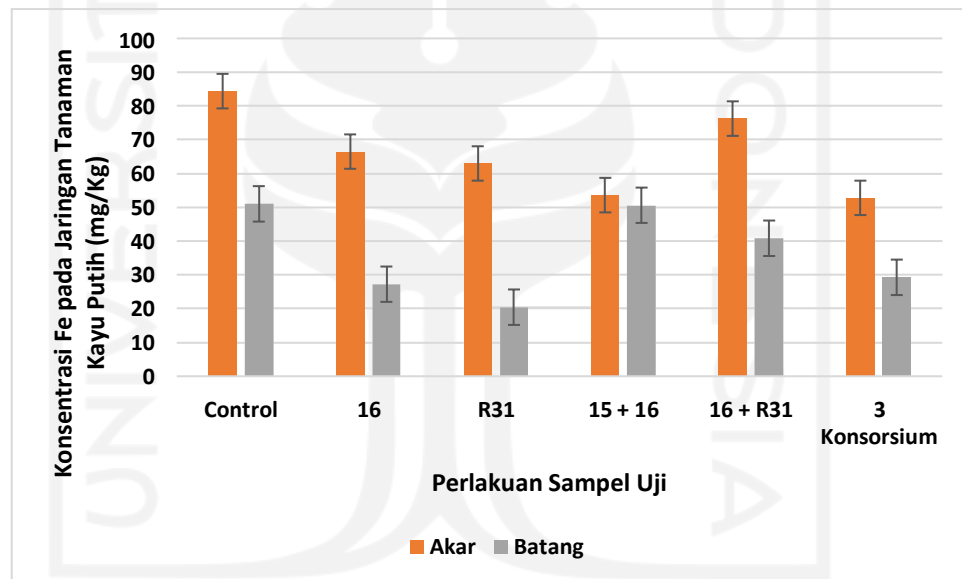
Berikut merupakan grafik hasil uji konsentrasi Fe pada sampel tanah gambut:



Gambar 4.12 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Logam Fe pada Sampel Tanah Gambut Selama 3 Bulan di *Greenhouse* dengan Tanaman Kayu Putih.

Pada Gambar 4.12 menunjukkan hasil uji konsentrasi Fe pada tanah yang beragam. Berdasarkan hasil uji dan pengolahan data didapatkan kadar logam Fe pada tanah kontrol yaitu sebesar 333,18 mg/Kg. Sedangkan pada tanah dengan *carrier* NaCl perlakuan bakteri lebih tinggi kadar logam Fe didalamnya dibandingkan kontrol. Pada perlakuan 16+R31 memiliki korelasi dengan konsentrasi P yang rendah pada tanah, karena memiliki serapan konsentrasi logam Fe yang cukup tinggi yaitu 894,14 mg/Kg. Unsur P yang terikat pada logam Fe, menyebabkan konsentrasi P pada tanah tidak tersedia

untuk diserap oleh jaringan tanaman (Agroekoteknologi et al., 2017). Dari hasil data tersebut semua tanah tanaman uji baik dengan perlakuan maupun kontrol (tanpa mikroba) memiliki konsentrasi Fe diatas batas krisis tanah pada Tabel 3.4. Dibandingkan dengan hasil uji konsentrasi Fe tanah gambut pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ningsih (2021) hasil uji konsentrasi Fe pada tanah gambut penelitian tersebut juga memiliki konsentrasi Fe tanah diatas batas kritis tanah. Tingginya konsentrasi Fe pada tanah disebabkan karena kondisi pH tanah yang masih tergolong masam sehingga unsur hara P pada tanah sebagian besar bertransformasi menjadi Fe-P yang tidak larut dalam tanah sehingga menyebabkan konsentrasi Fe tinggi (Habi et al., 2018).



Gambar 4.13 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Logam Fe pada Sampel Jaringan Tanaman Uji Kayu Putih Selama 3 Bulan di Greenhouse.

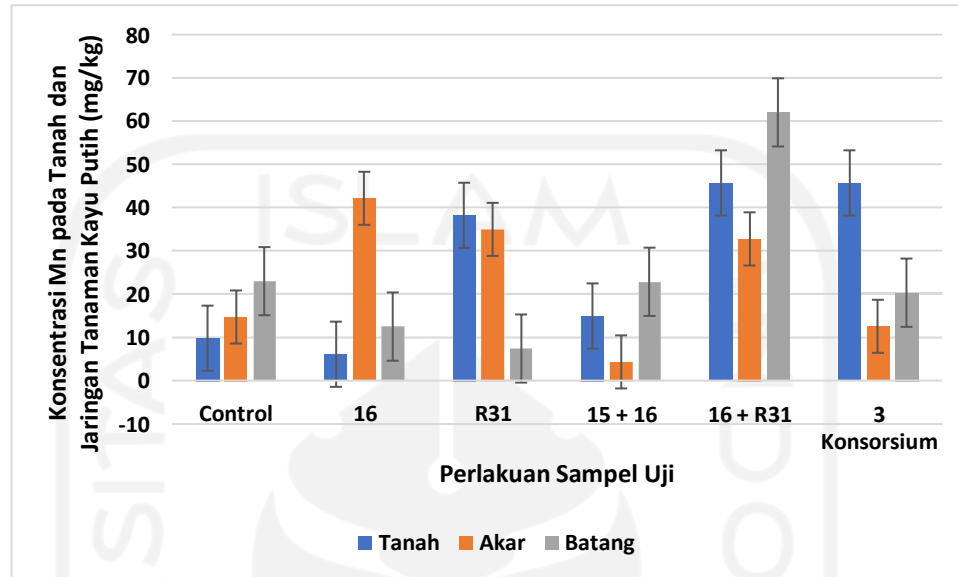
Gambar 4.13 menampilkan grafik hasil uji konsentrasi logam Fe yang terserap pada bagian akar dan jaringan tanaman atas. Berdasarkan grafik tersebut akar yang memiliki Fe tertinggi yaitu ada pada akar tanaman kontrol sebesar 84,38 mg/Kg. Sedangkan akar tanaman yang diaplikasikan *carrier* NaCl Ketika dibandingkan dengan akar tanaman kontrol memiliki serapan Fe yang lebih rendah. Pada perlakuan bakteri 16, bakteri R31, bakteri 15+16, bakteri 16+R3, dan 3 konsorsium yaitu sebesar 66,49 mg/Kg;

62,98 mg/Kg; 53,61mg/Kg; 76,25mg/Kg; dan 52,79mg/Kg. Berdasarkan batas krisis logam pada Tabel 3.4 konsentrasi Fe pada akar tanaman uji masih dibawah batas krisis.

Selain itu grafik tersebut juga menunjukkan perbandingan antara jaringan tanaman atas yang menggunakan *carrier* NaCl dengan jaringan tanaman atas kontrol terhadap hasil konsentrasi logam Fe. Selaras dengan konsentrasi Fe pada akar, konsentrasi logam Fe pada jaringan tanaman atas yang tertinggi ada pada tanaman kontrol yaitu sebesar 51,03 mg/Kg. Berbeda sedikit dari kontrol, tanaman dengan perlakuan bakteri 15+16 mampu mengakumulasikan logam Fe kedalam jaringan atas tanaman sebesar 50,60 mg/Kg. Sedangkan konsentrasi Fe yang paling rendah pada jaringan batang yaitu R31 sebesar 20,44 mg/Kg. Pada perlakuan R31 tersebut memiliki konsentrasi Fe pada tanah dan jaringan akar yang lebih tinggi dibandingkan pada jaringan tanaman atas, hal ini menandakan bahwa bakteri tersebut mampu menjerap Fe sehingga tidak banyak yang terserap ke jaringan tanaman atas. Secara keseluruhan dari hasil pengolahan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi Fe pada jaringan tanaman atas tidak melebihi batas krisis konsentrasi Fe tanaman yaitu sebesar 112 mg/Kg (Schulze et al., 2019).

4.4.2 Hasil Analisa Serapan Logam Mn

Berikut merupakan grafik hasil uji konsentrasi logam Mn pada sampel tanah gambut dan jaringan tanaman Kayu Putih:



Gambar 4.14 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Logam Mn pada Sampel Tanah Gambut dan Jaringan Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*.

Berdasarkan grafik tersebut, terdapat 3 jenis tanah dengan *carrier* NaCl yang memiliki konsentrasi logam Mn yang cukup tinggi. Konsentrasi logam Mn yang paling tinggi yaitu pada tanah perlakuan bakteri 16+R31 dan 3 konsorsium yang memiliki konsentrasi yang sama yaitu 45,71 mg/Kg. Sedangkan konsentrasi Mn yang paling rendah yaitu pada tanah perlakuan bakteri 16 sebesar 6,1 mg/Kg. Konsentrasi logam Mn pada tanah kontrol yaitu senilai 9,80 mg/Kg merupakan kedua terendah setelah tanah perlakuan bakteri 16. Konsentrasi batas krisis logam Mn pada tanah yaitu sebesar 100-4000 mg/Kg (Haumahu & Habi, 2016). Berdasarkan batas krisis tersebut artinya pada semua sampel tanah uji memiliki konsentrasi logam Mn yang tidak melebihi standar.

Pada Gambar 4.14 juga menampilkan grafik uji konsentrasi logam Mn pada jaringan akar. Berdasarkan hasil pengolahan data konsentrasi logam Mn tersebut, yang memiliki konsentrasi logam Mn tertinggi ada pada akar tanaman perlakuan bakteri 16 yaitu sebesar 42,14 mg/Kg. Berbeda

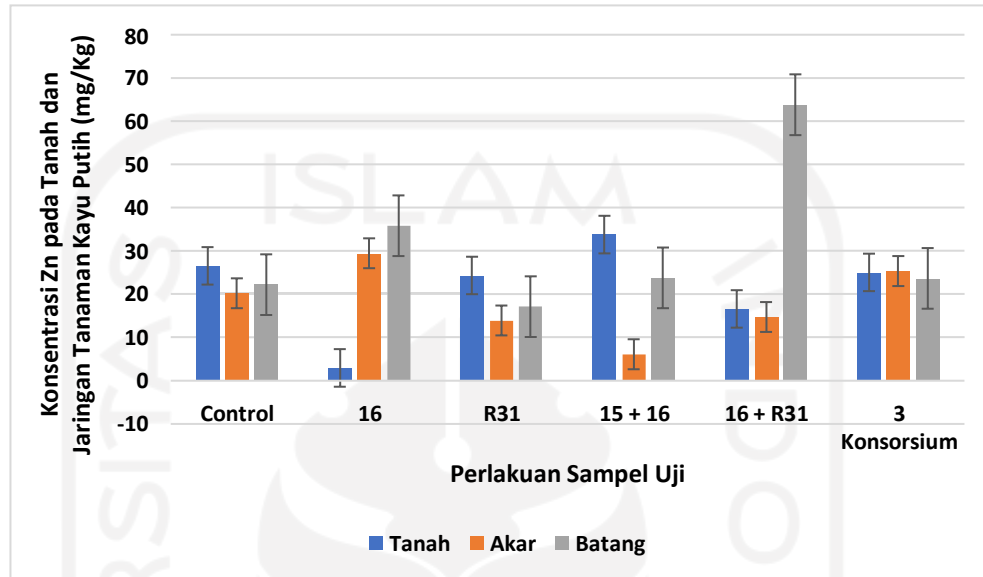
dengan konsentrasi logam Mn pada tanah sebelumnya, bahwa tanah dengan perlakuan bakteri 16 memiliki konsentrasi logam Mn yang rendah, artinya pada perlakuan ini bakteri dapat bekerja secara optimal sehingga terjadinya

fitoakumulasi, yang dimana fitoakumulasi merupakan salah satu proses atau mekanisme pada fitoremediasi. Ketika penyerapan polutan oleh tanaman dari tanah dan kemudian diserap atau diakumulasikan pada jaringan tanaman atas (Nur, 2013). Selain itu, konsentrasi Mn yang paling kecil pada jaringan akar yaitu tanaman dengan perlakuan bakteri 15+16 sebesar 4,32 mg/Kg. Sedangkan tanah kontrol memiliki konsentrasi Mn pada akar 14,703 mg/Kg..

Dalam gambar grafik tersebut juga menampilkan konsentrasi logam Mn jaringan tanaman atas, dimana nilai tertinggi konsentrasi logam Mn jaringan tanaman atas yaitu pada tanaman dengan perlakuan bakteri 16+R31 sebanyak 62,01 mg/Kg. Pada perlakuan 16+R31 juga memiliki konsentrasi logam Mn yang paling tinggi pada tanah, artinya terjadi fitoekstraksi yang baik pada perlakuan dengan bakteri 16+R31 tersebut karena mampu menyerap dan mengisolasi banyak logam Mn dari tanah sampai pada jaringan tanaman atas tanpa merusak struktur tanah dan kesuburan tanah (Nur, 2013). Sedangkan untuk konsentrasi logam Mn pada batang kontrol yaitu sebesar 22,98 mg/Kg. Konsentrasi Mn terendah pada jaringan batang yaitu batang dengan perlakuan R31 sebesar 7,42 mg/Kg akumulasi Mn yang terserap di jaringan tanaman. Secara keseluruhan hasil uji konsentrasi Mn pada batang tanaman uji masih berada dibawah standar krisis logam Mn pada tanaman pada Tabel 3.4 yaitu sebesar 55-495 mg/Kg.

4.4.3 Hasil Analisa Serapan Logam Zn

Berikut merupakan grafik hasil uji konsentrasi logam Zn pada sampel tanah gambut dan jaringan tanaman Kayu Putih:



Gambar 4.15 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Logam Zn pada Sampel Tanah Gambut dan Jaringan Tanaman Kayu Putih Selama 3 Bulan di *Greenhouse*

Pada grafik hasil uji konsentrasi logam Zn pada tanah diatas menampilkan hasil yang cukup variatif. Tanah dengan perlakuan bakteri 16 memiliki konsentrasi Zn yang paling sedikit diantara yang lain. Konsentrasi Zn tanah perlakuan bakteri 16 yaitu sebesar 2,93 mg/Kg. Sedangkan yang tertinggi konsentrasi Zn adalah pada tanah dengan perlakuan bakteri 15+16 yaitu sebanyak 33,76 mg/Kg, diikuti terbesar setelahnya adalah tanah kontrol dengan konsentrasi Zn sebesar 26,52 mg/Kg. Selanjutnya yaitu pada tanah dengan perlakuan bakteri R31, bakteri 16+R31, dan bakteri 3 sebesar 24,31 mg/Kg; 16,57 mg/Kg; dan 25,02 mg/Kg. Dapat disimpulkan bahwa konsentrasi tanah tanaman uji secara keseluruhan masih dibawah batas kritis logam Zn tanah yaitu sebanyak 50-300 mg/Kg (Haumahu & Habi, 2016).

Grafik diatas menampilkan hasil pengujian dan pengolahan data konsentrasi logam Zn pada jaringan akar. Berdasarkan hasil tersebut konsentrasi logam Zn pada perlakuan bakteri 16 memiliki konsentrasi yang paling tinggi yaitu 29,44 mg/Kg, sedangkan pada konsentrasi Zn tanah perlakuan bakteri 16. Hal ini menandakan bahwa bakteri pada perlakuan tersebut mampu mengakumulasi dan menyerap logam Zn tersedia ditanah ke jaringan akar atau disebut fitoekstraksi, dimana terjadinya translokasi logam dalam tanah oleh akar tanaman (Sukono et al., 2020). Berbanding sebaliknya pada perlakuan bakteri 15+16 konsentrasi logam Zn pada tanah adalah yang tertinggi namun pada konsentrasi Zn akar memiliki konsentrasi yang terendah yaitu sebesar 6,09 mg/Kg. Sedangkan akar kontrol memiliki konsentrasi logam Zn sebesar 20,19 mg/Kg. Semua konsentrasi logam Zn tanaman uji masih berada di bawah standar krisis logam Zn sesuai pada Tabel 3.4.

Selanjutnya hasil uji konsentrasi logam Zn pada jaringan tanaman atas. Berdasarkan grafik tersebut tanaman yang memiliki konsentrasi logam Zn tertinggi yaitu ada pada jaringan tanaman atas dengan perlakuan bakteri 16+R31 sebesar 63,81 mg/Kg. Hal itu menunjukkan bahwa perlakuan bakteri tersebut lebih banyak menyerap logam Zn pada jaringan tanaman atas dibandingkan tanaman lainnya. Sedangkan konsentrasi logam Zn terendah pada jaringan tanaman atas yaitu pada R31 sebesar 17,11 mg/Kg. Dengan konsentrasi logam Zn pada jaringan tanaman yang rendah tersebut menandakan bahwa pada bakteri R31 mampu menyerap logam Zn yang tersedia pada tanah dan akar agar tidak banyak yang terserap pada bagian jaringan tanaman atas. Konsentrasi logam Zn pada batang tanaman kontrol yaitu sebesar 22,19 mg/Kg. Konsentrasi logam Zn pada batang tanaman uji masih dibawah standar krisis logam Zn pada tanaman yaitu 100-400 mg/Kg.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang dilakukan makadapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian bahan pembawa (*carrier*) mikroorganism dengan NaCl pada media tanah gambut mampu menghasilkan pertumbuhan yang optimal dengan tanaman uji Kayu Putih mampu memberikan hasil tinggi dan diameter yang lebih baik dibandingkan tanaman kontrol.
2. Pengaplikasian bahan pembawa (*carrier*) mikroorganism dengan NaCl memberikan pengaruh pada kenaikan pH sampel tanah gambut, dan penyerapan nutrisi (P dan K). Serta memberikan pengaruh mengakumulasikan logam di tanah dan akar sehingga logam tersedia untuk diserap oleh jaringan tanaman atas.

5.2 Saran

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan Adapun saran yang diberikan, yaitu:

1. Melakukan analisis lebih lanjut terkait penelitian ini dengan melakukan pengujian karakteristik awal tanah gambut guna mengetahui konsentrasi awal masing-masing parameter sehingga dapat menjadi pembanding untuk hasil setelah dilakukan *treatment*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agroekoteknologi, J., Usu, F. P., & No, E. (2017). Aplikasi Mikroba Pelarut Fosfat Dan Bebarapa Sumber Pupuk P Untuk Meningkatkan Serapan P Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Andisol Terdampak Erupsi Gunung Sinabung. *Agroekoteknologi*, 5(4), 768–773.
- Ali, A., Juanda, M., SJahid, A. F., & Rante, H. (2021). Improving Cassava Productivity by Soil Bioaugmentation with Phosphate-Solubilizing Actinomycetes and Fungi. *Jurnal AgroBiogen*, 16(2), 89. <https://doi.org/10.21082/jbio.v16n2.2020.p89-96>
- Astri, A. (2017). The Feasibility of Red Chili Farming in Peatland of Palangka Raya in Central Kalimantan. *Jurnal AGRI PEAT*, 18(2), 98–104.
- Boiler, A. B. U., Pupuk, D. A. N., Pada, U., & Pembibitan, M. (2014). *No Title*. 2(2337), 1021– 1029.
- B. P. dan P. P. Pengembangan, Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Bogor: Balai Penelitian Tanah, 2005.
- Citra, A., Zulaika, E., Biologi, J., Matematika, F., Alam, P., Teknologi, I., Nopember, S., Arief, J., Hakim, R., & Indonesia, S. (2016). *Sinergisme Antar Isolat Azotobacter Yang Dikonsorsiumkan*. 5(2), 57–59.
- Friedlein, R., Kössler, T., Auffarth, C., Baader, H., Heinz, M., Ricklin, T., Nelting, D., Linke, B., Heintze, H.-J., Jaspert, N., Borutta, M., Lichtenberger, A., Haller, D., Klinck, F., Koller, M., Zwierlein, C., Wolf, G., Eckl, A., Kolditz, S., ... c/o EDV Fotowerk Huber, E. Z. (2019). Geologie. *Handbuch Der Mediterranistik*, 129–144. https://doi.org/10.30965/9783657766277_011.
- Habi, M. La, Nendissa, J. I., Marasabessy, D., & Kalay, A. M. (2018). *Ketersediaan Fosfat , Serapan Fosfat , dan Hasil Tanaman Jagung (Ze a m a y s L .) Akibat Pemberian Kompos Granul Ela Sagu Dengan Pupuk Fosfat Pada Inceptisols P-Availability , P-Uptake , and Corn (Zea mays L .) Yield Due To Applied Sago Pith Waste Gran.*
- Haumahu, J. P., & Habi, L. (2016). *Spatial Analysis of Heavy Metals Pollution as the Impact of Waste Landfill Ambon at Wai Yori Watershed in*. 12(2), 55–65.
- Hazelton, P., & Murphy, B. (2019). Interpreting Soil Test Results. *Interpreting Soil Test Results*. <https://doi.org/10.1071/9781486303977>
- Hutauruk, D. S. (2018). Potensi Bakteri Kitinolitik NR09 pada Beberapa Media Pembawa dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur Patogen Sclerotium rolfsii dan Fusarium oxysporum pada Benih Cabai Merah (Capsicum annum L.). *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan)*, 4(2), 138. <https://doi.org/10.31289/biolink.v4i2.1182>

- Larasati, E. D., Rukmi, M. I., Kusdiyantini, E., & Ginting, R. C. B. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Gambut. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 20(1), 1. <https://doi.org/10.14710/bioma.20.1.1-8>
- Masganti, M., Anwar, K., & Susanti, M. A. (2020). Potensi dan Pemanfaatan Lahan Gambut Dangkal untuk Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(1), 43. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v11n1.2017.43-52>
- Ningsih, S. (2022). Potensi Consorsium Microba dengan Bahan Tanah untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
- Noor, A., Lubis, I., Ghulamahdi, M., & Chozin, M. A. (2012). Pengaruh Konsentrasi Besi dalam Larutan Hara terhadap Gejala Keracunan Besi dan Pertumbuhan Tanaman Padi *The Effect of Iron Concentration in Nutrient Solution to Iron Toxicity Symptoms and Growth of Rice*. 40(2), 91–98.
- Pangaribuan, N. (2018). Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan dengan budidaya tanaman pangan dan sayuran. *Seminar Nasional FMIPA Universitas Terbuka 2018*, 10, 329–350. [http://repository.ut.ac.id/7474/1/15_Nurmala Pangaribuan.pdf](http://repository.ut.ac.id/7474/1/15_Nurmala%20Pangaribuan.pdf)
- Priswantoro, A. A., Sulaksana, N. N., Endyana, C. C., & Tri Mursito, A. A. (2021). Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kayu Putih sebagai Strategi Modifikasi Konservasi dan Kepentingan Nilai Tambah Ekonomi di Desa Cikembang, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 068–077. <https://doi.org/10.29122/jtl.v22i1.4253>
- Putri, T. T. A. (2017). Pengelolaan Sumberdaya Lahan Gambut di Kubu Raya Kalimantan Barat Menuju Lahan Tanpa Bakar. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, 4(2), 92–109.
- Rahmayuni, E., Ismiani, S., Muslimah, D. H., Wilujeng, E. D. I., & Rizqulloh, M. N. (2018). Karakterisasi dan viabilitas isolat bakteri pelarut fosfat dalam bahan pembawa kompos dan zeolit. *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*, 3(1), 31–38. jurnal.umj.ac.id/index.php/ftan
- Reichman, S. M. et al. (2004) ‘Responses of four Australian tree species to toxic concentrations of copper in solution culture’, *Journal of Plant Nutrition*, 29(6), pp. 1127–1141. doi: 10.1080/01904160600689274.
- Saraswati, R. (2015). Pemanfaatan Mikroba Penyubur Tanah sebagai Komponen Teknologi Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*, 3(1), 41–58.
- Schulze, E. et al. (2019) *Plant ecology*. Second edi, Nature. Second edi. Germany: Springer. doi: 10.1038/111827b0.
- Setiawati, M. R., Suryatmana, P., & Chusnul, A. (2017). Karakteristik *Azolla pinnata*

sebagai Pengganti Bahan Pembawa Pupuk Hayati Padat Bakteri Penambat N₂ dan Bakteri Pelarut P. *SoilREns*, 15(1), 46–52. <https://doi.org/10.24198/soilrens.v15i1.13346>

Simamora, S. (2020). *Potensi Aplikasi Fungi Tanah dan Bakteri Endofit dengan Cendawan Tanah Gambut untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca*.

Siswandari, A. M. I. H. S. (2016). Fitoremediasi Fosfat Limbah Cair Laundry Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dan Bambu Air (*Equisetum hyemale*) Sebagai Sumber Belajar Biologi. *J. Pendidikan Biologi Indonesia*, 2(3), 222–230.

SNI 8910:2021. (2021). Cara uji kadar logam dalam contoh uji limbah padat, sedimen, dan tanah dengan metode destruksi asam menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA)-Nyala atau Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES). *Bsn*. <http://sispk.bsn.go.id/PNPS/DetilPNPS/21297>

Sonia, A. V., Studi, P., Tanah, I., Pertanian, F., & Jember, U. (2022). *Aktivitas bakteri pelarut fosfat terhadap peningkatan ketersediaan fosfat pada tanah masam The activity of phosphate solubilizing bacteria on increasing phosphate available in acid soil*. 15(1), 44–53.

Sugiarti, S. (2021). ISOLASI SENYAWA FENOLIK DARI BEKATUL TERFERMENTASI (*Lactobacillus plantarum*) DAN UJI AKTIVITAS SEBAGAI ANTIOKSIDAN.

Winata, A. Y. (2018). Fitoremediasi Tanah Tercemar Pelumas Bekas Menggunakan Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*). *Jurnal Purifikasi*, 18(2), 97–105. <https://doi.org/10.12962/j25983806.v18.i2.362>

Zafira, Z. (2021). Bioremediasi sebagai Alternatif Pengembalian Fungsi Tanah yang Tercemar Minyak Bumi. *Jurnal Jaring SainTek*, 3(2), 67–74. <https://doi.org/10.31599/jaringsaintek.v3i2.456>

Nur, F. (2013). Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(1), 74–83. <https://doi.org/10.24252/bio.v1i1.450>

Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, E., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme Fitoremediasi: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(2), 40–47. <https://doi.org/10.35970/jppl.v2i2.360>

LAMPIRAN



Persiapan pemindahan bibit Kayu Putih ke media tanam tanah gambut.



Tanaman Kayu Putih setelah dipindah ke media tanam gambut



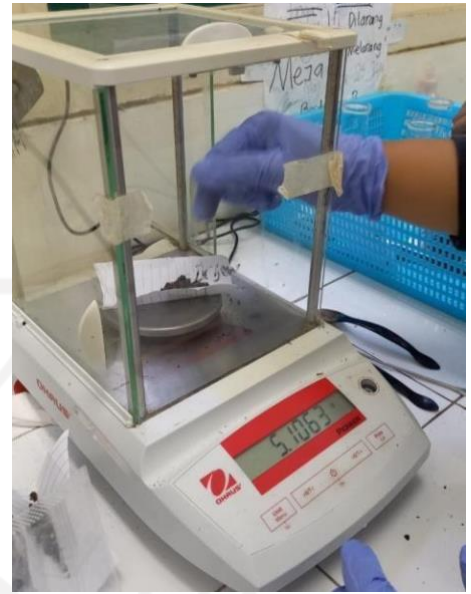
Pengukuran Tinggi tanaman setiap 2 minggu sekali



Pengukuran Diameter tanaman setiap 2 minggu sekali



Penimbangan berat kering sampel tanaman



Penimbangan sampel tanah untuk di uji



Penggojokan sampel untuk pengujian P dan K



Pengujian parameter P



Penyaringan sampel tanah dan tanaman setelah digojok



Destruksi sampel untuk uji logam di lemari asam



Pengujian pH H₂O dan pH KCl tanah



Pengujian parameter logam Fe, Mn, dan Zn menggunakan AAS