

TA/TL/2022/1591

TUGAS AKHIR

**UJI EFEKTIVITAS INOKULASI CARRIER MOLASE
SEBAGAI MEDIA MIKROORGANISME UNTUK
PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TANAH
GAMBUT**

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



**SYAMSUL MAARIF
18513054**

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

2022

TUGAS AKHIR
UJI EFEKTIVITAS INOKULASI CARRIER MOLASE
SEBAGAI MEDIA MIKROORGANISME UNTUK
PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TANAH
GAMBUT

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



SYAMSUL MAARIF
18513054

Disetujui,
Dosen Pembimbing

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

Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401

Tanggal : 14 Februari 2023

LEMBAR PENGESAHAN
UJI EFEKTIVITAS INOKULASI CARRIER MOLASE
SEBAGAI MEDIA MIKROORGANISME UNTUK
PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TANAH
GAMBUT

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa, 14 Februari 2023

Tanggal :

Disusun Oleh :

SYAMSUL MAARIF
18513054

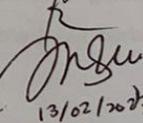
Tim Penguji :

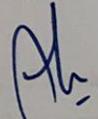
Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

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

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

()

(
13/02/2023)

()

LEMBAR 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 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 dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



SYAMSUL MAARIF

18513054

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warah Matullahi Wa Barakatuh

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala dengan segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini selesai bukan hanya dengan saya sendirian, akan tetapi banyak orang-orang yang sayang dan peduli dengan penulis sehingga dapat mendorong penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menghaturkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Keluarga penulis terutama Ibu, serta saudara penulis yang selalu memberikan do'a dan dukungan baik secara moril dan materil hingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. sebagai dosen pembimbing atas bimbingan, dukungan dan arahan mulai dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan dan memberi semangat dalam mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
3. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech, Ph.D. dan Ibu Any Juliani S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan pada penelitian hingga penyusunan tugas akhir.
4. Teman sepermainan selama berkuliah yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah berjuang bersama-sama
5. Dan seluruh pihak yang telah terlibat

Pada tugas akhir ini penulis menyadari penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran dari para pembaca tugas akhir ini. Sehingga dengan kritikan dan saran tersebut dapat semakin menyempurnakan tugas akhir ini.

Yogyakarta, 15 Januari 2023

Penulis,



SYAMSUL MAARIF

18513054





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

SYAMSUL MAARIF. Uji Efektivitas Inokulasi Carrier Molase Sebagai Media Mikroorganisme Untuk Peningkatan Produktivitas Tanah Gambut. Dibimbing oleh Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Sebagian besar lahan gambut telah digunakan untuk berbagai keperluan industri dan lahan pertanian. Namun dalam proses pengaplikasiannya, sebagian masih belum memenuhi kaidah-kaidah keberlanjutan yang berakibat kerusakan lahan. Kendala yang dihadapi dalam melakukan pengelolaan tanah gambut adalah karena tingkat keasaman, dan kandungan logam berat yang tinggi, dan juga adanya bahan-bahan beracun pada tanah gambut. 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 efektivitas bahan pembawa mikroorganisme dengan molase terhadap parameter pertumbuhan tanaman, nutrisi, logam berat dan pH pada tanah gambut. Tanaman uji yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman Kayu Putih (*Melaleuca leucandendra*). Proses penanaman dilakukan selama 12 minggu. Metode Analisa yang digunakan yaitu pendekatan standar error dan annova untuk melihat pertumbuhan tanaman tiap perlakuan, peningkatan pH, ketersediaan nutrisi, dan reduksi logam berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan mikroba dengan carrier molase memiliki hasil yang tidak begitu berbeda dibanding dengan kontrol di beberapa parameter. Hasil uji pH aktual yang memberikan hasil yang baik yaitu perlakuan R3 konsorsium sebesar 6,7. Sedangkan pada pH potensial yaitu perlakuan 16+R3 sebesar 4,62. Selanjutnya perlakuan yang secara keseluruhan memberikan pengaruh yang signifikan pada P-total dan Kalium tanah dan jaringan tanaman yaitu perlakuan mikroba 16, dan juga mampu mereduksi kandungan logam berat Fe secara signifikan dibandingkan dengan sampel kontrol. Dari hasil pengamatan secara keseluruhan,

mikroorganisme dengan *single* konsorsium dan *double* konsorsium bakteri cenderung lebih unggul di beberapa parameter dibandingkan dengan 3 konsorsium mikroba.

Kata kunci : Carrier, Gambut, *Melaleuca leucandendra*, Mikroorganisme terseleksi



ABSTRACT

SYAMSUL MAARIF. *TESTING THE EFFECTIVENESS OF MOLASSE CARRIER INOCULATION AS A MICROORGANISM MEDIA FOR INCREASING PEAT PRODUCTIVITY*. Supervised by Dewi Wulandari, S.Hut, M.Arg., Ph.D.

Most of the peatlands have been used for various industrial and agricultural purposes. However, in the application process, some of them still do not meet the principles of sustainability which result in land damage. The obstacles faced in managing peat soil are due to its acidity and high heavy metal content, as well as the presence of toxic materials in peat soil. One of the efforts that can be made 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 effectiveness of molasses as a carrier for microorganisms on plant growth parameters, nutrients, heavy metals and pH in peat soils. The test plant used in this study was Eucalyptus (Melaleucea leucandendra). The planting process was carried out for 12 weeks. The analytical method used is the standard error approach and annova to see plant growth for each treatment, increase in pH, availability of nutrients, and reduction of heavy metals. The results showed that plants treated with carrier molasses had results that were not so different from those of the control in several parameters. The actual pH test results that gave good results were the consortium's R3 treatment of 6.7. Meanwhile, the potential pH, namely the 16+R3 treatment, was 4.62. Furthermore, the overall treatment had a significant effect on P-total and Potassium soil and plant tissue, namely the 16 microbial treatment, and was also able to significantly reduce the content of the heavy metal Fe compared to the control sample. From the overall observation results, microorganisms with a single consortium and a double consortium of bacteria tend to be superior in several parameters compared to the 3 microbial consortia.

Keywords : *Carrier, Peat, Melaleuca leucandendra, Selected microorganisms*





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Kerangka Berpikir.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanah Gambut.....	5
2.2 <i>Carrier</i> Molase	6
2.3 Mikroba Terseleksi	7
2.4 <i>Melaleuca leucadendra</i> (Kayu Putih).....	7
2.5 Penelitian Terdahulu	8
BAB III METODE PENELITIAN.....	11

3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	11
3.2	Karakteristik Tanah.....	11
3.3	Fitoremediasi	12
3.4	Tahapan Penelitian.....	13
3.5	Isolasi Mikroba	14
3.6	Persiapan Media Tanam.....	15
3.7	Inokulasi Mikroba.....	15
3.8	Penyiraman dan Pengukuran Tanaman.....	16
3.9	Proses Panen dan Pengambilan Sampel.....	17
3.10	Analisis pH, Nutrisi, dan Logam Berat.....	17
3.11	Analisa Data.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		20
4.1	Hasil dan Analisis Pertumbuhan Tanaman <i>Melaleuca leucadendra</i> . 20	
4.1.1	Tinggi Tanaman	20
4.1.2	Diameter Tanaman	21
4.1.3	Biomassa Tanaman.....	22
4.2	Hasil dan Analisis Pengujian Sampel pH Tanah	25
4.3	Hasil dan Analisis Nutrisi.....	26
4.3.1	Kadar Fosfat (P) Total.....	26
4.3.2	Kadar Kalium Total.....	29
4.4	Hasil dan Analisis Logam Berat	32
4.4.1	Penyerapan Logam Ferrum (Fe).....	32
4.4.2	Penyerapan Logam Zinc (Zn).....	35
4.4.3	Penyerapan Logam Mangan (Mn).....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		40

5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP.....	48





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3. 1 Karakteristik Awal Tanah Gambut	11
Tabel 3. 2 Variabel Perlakuan Mikroba	15
Tabel 3. 3 Jumlah Populasi Mikroba.....	16
Tabel 3. 4 Acuan Analisa Data.....	18





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian	4
Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian.....	13
Gambar 4. 1 Grafik Rerata Pertambahan Tinggi Tanaman Melaleuca leucandendra dengan Perlakuan Mikroba pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	21
Gambar 4. 2 Grafik Rerata Pertambahan Diameter Tanaman Melaleuca leucandendra dengan Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	22
Gambar 4. 3 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Akar dan Batang Tanaman Melaleuca leucandendra dengan Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	23
Gambar 4. 4 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Akar dan Batang Tanaman Melaleuca leucadendra dengan Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	25
Gambar 4. 5 Grafik pH H ₂ O dan KCL Tanah dengan Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	26
Gambar 4. 6 Grafik Konsentrasi P Total Tanah dengan Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	27
Gambar 4. 7 Grafik Konsentrasi P Total Jaringan Akar Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16),	

Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	28
Gambar 4. 8 Grafik Konsentrasi P Total Jaringan Batang dengan Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	29
Gambar 4. 9 Grafik Konsentrasi Kalium Tanah dengan Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	30
Gambar 4. 10 Grafik Konsentrasi Kalium Akar Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	31
Gambar 4. 11 Grafik Konsentrasi Kalium Batang Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	31
Gambar 4. 12 Grafik Konsentrasi Logam Berat Fe Tanah dengan Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	33
Gambar 4. 13 Grafik Konsentrasi Logam Berat Fe Akar Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	34
Gambar 4. 14 Grafik Konsentrasi Logam Berat Fe Batang Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	34
Gambar 4. 15 Grafik Konsentrasi Logam Berat Zn Tanah dengan Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16),	

Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	35
Gambar 4. 16 Grafik Konsentrasi Logam Berat Zn Akar Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	36
Gambar 4. 17 Grafik Konsentrasi Logam Berat Zn Batang Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	37
Gambar 4. 18 Grafik Konsentrasi Logam Berat Mn Tanah dengan Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	38
Gambar 4. 19 Grafik Konsentrasi Logam Berat Mn Akar Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	39
Gambar 4. 20 Grafik Konsentrasi Logam Berat Mn Batang Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase.....	39



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Desain Perlakuan Mikroba dengan Carrier Molase pada Tanaman Melaleuca leucadendra.....	44
Lampiran 2 Dokumentasi Perawatan dan Pemanenan Tanaman	45
Lampiran 3 Dokumentasi Laboratorium.....	47
Lampiran 4 Riwayat Hidup.....	48





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki lahan gambut cukup luas dan diperkirakan sekitar 50% areal lahan gambut tropis dunia berada di Indonesia. Sebagian besar lahan gambut telah digunakan untuk berbagai keperluan lahan pertanian dan sebagai hutan tanaman industri. Namun dalam proses pengaplikasiannya, sebagian masih belum memenuhi kaidah-kaidah keberlanjutan yang berakibat kerusakan lahan. Kerusakan lahan gambut mayoritas dikarenakan adanya kegiatan *illegal logging*, pengembangan hutan tanaman industri, dan fungsi lahan lainnya (Herman, 2020).

Tanah gambut merupakan kumpulan sisa timbunan tumbuhan yang sudah mati dan telah diuraikan oleh bakteri (Arisanty, 2013). Tanah gambut memiliki sifat kimia meliputi ketersediaan zat hara, KTK, kemasaman tanah, dan cadangan karbon. Unsur basa pada gambut ditemukan berkategori rendah, sedangkan N dan P berkategori sedang hingga tinggi, namun tidak langsung tersedia bagi tanaman (Wiratmoko, 2008). Kendala yang dihadapi dalam melakukan pengelolaan tanah gambut adalah karena tingkat keasaman, dan kandungan logam berat yang tinggi, dan juga adanya bahan-bahan beracun pada tanah gambut (Barchia, 2006). Tanah gambut yang mengalami kekeringan akan menyebabkan pirit teroksidasi, sehingga berisiko mengalami peningkatan kemasaman tanah dan terjadinya pelarutan kandungan Fe dan Mn yang bersifat toksik bagi tanaman (Fahmi, 2014).

Salah satu upaya untuk memperbaiki status kesuburan tanah gambut adalah dengan melakukan pengaplikasian mikroorganisme pada media tumbuh sebagai peningkatan produktivitas lahan. Populasi dan proses mikroba memiliki efek perbaikan pada kesuburan tanah untuk menghilangkan kendala guna mempertahankan produktivitas tanah. Mikroorganisme berperan aktif dalam siklus biogeokimia yang berfungsi dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi

tanaman serta membantu dalam degradasi bahan organik (Vyas, 2007). Salah satu media tanam yang mampu bersimbiosis dengan mikroorganisme adalah *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih). Tanaman ini juga memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan tiap kondisi tanah, dapat bertahan di kondisi kering, dan waktu pertumbuhannya yang cepat sehingga mampu digunakan untuk restorasi lahan gambut (Simamora, 2020).

Bahan pembawa inokulum atau *carrier* merupakan suatu bahan yang dapat digunakan sebagai tempat hidup inokulum pupuk hayati sebelum diaplikasikan yang bertujuan agar tetap hidup selama jangka waktu tertentu. Kesuksesan inokulan mikrobial tergantung dari beberapa faktor, dimana *carrier* merupakan faktor yang paling penting (Tyas, 2008). Molase mengandung nutrisi yang cukup tinggi untuk kebutuhan bertahan hidup suatu mikroorganisme, sehingga dapat dijadikan bahan alternatif sebagai sumber karbon dalam media tumbuh mikroba (Kusmiati, 2007). Molase banyak mengandung gula dan asam-asam organik. Kandungan gula dari molase terutama sukrosa berkisar 40-55%. Dalam kelangsungan hidupnya mikroba memerlukan substrat seperti molase dengan gula sebagai sumber karbonnya (Nainggolan, 2011).

Penelitian ini dilakukan dalam skala rumah kaca untuk membuktikan keefektifan penggunaan *carrier* molase sebagai media mikroorganisme dalam pertumbuhan tanaman kayu putih (*M. leucadendra*) serta serapan kandungan nutrisi, nilai pH, dan kadar logam berat pada peningkatan produktivitas tanah gambut. Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroba pelarut P dan penambat N yang telah diseleksi dengan menggunakan tanaman *M. leucadendra* sebagai model pertumbuhan. Penelitian mengenai peningkatan produktivitas tanah gambut menggunakan inokulasi *carrier* molase pada mikroorganisme masih minim dilakukan, sehingga diharapkan penelitian ini dapat berguna sebagai referensi penelitian selanjutnya dan dapat diaplikasikan langsung di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa efektifkah inokulasi *carrier* molase sebagai media mikroorganisme terhadap pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih)?
2. Seberapa efektifkah inokulasi *carrier* molase sebagai media mikroorganisme terhadap serapan kadar logam berat (Fe, Mn, Zn), nilai pH, dan kandungan nutrisi (P-tersedia & K) pada lahan gambut?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui efektivitas inokulasi *carrier* molase sebagai media mikroorganisme terhadap pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih).
2. Untuk mengetahui efektivitas inokulasi *carrier* molase sebagai media mikroorganisme terhadap serapan kadar logam berat (Fe, Mn, Zn), nilai pH, dan kandungan nutrisi (P-Total & K) pada lahan gambut.

1.4 Ruang Lingkup

Batasan pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Uji efektivitas inokulasi *carrier* molase sebagai media mikroorganisme dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Pengujian serapan kadar logam berat (Fe, Mn, Zn), kandungan nutrisi (P-tersedia & K), dan pH pada tanah gambut dari lahan gambut.
3. Pengujian serapan kadar logam berat (Fe, Mn, Zn), kandungan nutrisi (P-tersedia & K), dan pH pada jaringan tanaman maupun tanah gambut setelah dilakukan inokulasi *carrier* molase pada mikroorganisme.

4. Penelitian, pengamatan, dan pelaksanaan dilakukan dalam skala rumah kaca.

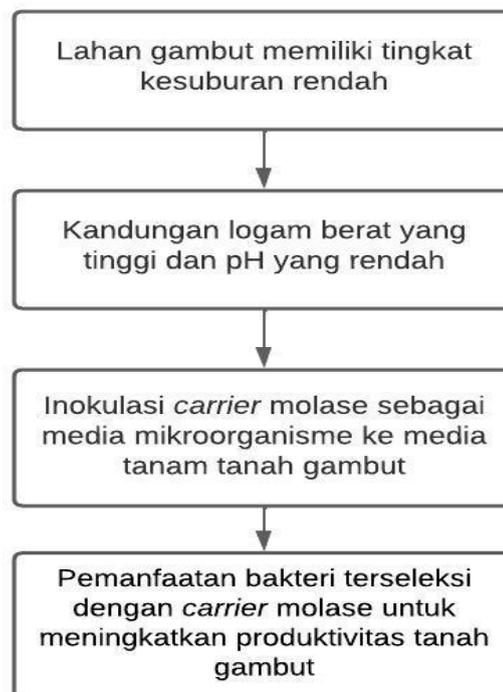
1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang efektivitas inokulasi *carrier* molase sebagai media mikroorganisme dalam upaya peningkatan produktivitas tanah di lahan gambut.
2. Menjadi bahan acuan dalam melakukan peningkatan produktivitas tanah gambut dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian serupa.

1.6 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Gambut

Gambut adalah bahan yang terbentuk dalam kondisi asam, dan kondisi anaerobik lahan basah. Gambut terdiri dari bahan organik yang sebagian terurai secara bebas dengan memiliki lebih dari 50% komposisi karbon. Tidak seperti lahan lainnya, makhluk hidup yang mati di lahan gambut tidak mengalami pembusukan hingga ratusan tahun. Ini terjadi karena kondisi air yang selalu menggenang, dimana minimnya kandungan oksigen yang menyebabkan terhambatnya mikroorganisme dalam melakukan pembusukan bangkai makhluk hidup. Hal tersebut menyebabkan materi organik di lahan gambut mudah untuk diidentifikasi. Pembentukan tanah gambut merupakan proses yang sangat lambat karena memerlukan waktu sekitar 10 tahun untuk dapat membentuk lapisan sedalam 1 cm (Nautiyal, 2008).

Secara alamiah lahan gambut memiliki tingkat kesuburan rendah karena kandungan unsur hara yang rendah dan mengandung berbagai macam asam-asam organik yang sebagian bersifat toksik bagi tanaman. Namun demikian kandungan asam-asam tersebut merupakan bagian aktif dari tanah yang menentukan kemampuan tanah gambut untuk menahan unsur hara. Karakteristik dari asam-asam organik ini akan menentukan sifat kimia lahan gambut (Agus, 2008).

Lahan gambut tropis memiliki kandungan asam organik yang tinggi, hasil dari degradasi lignin tanaman yang melapuk dan menyebabkan peningkatan keasaman tanah yang menyebabkan pH tanah menjadi rendah. Mikroba potensial dari lahan gambut seperti fungi atau mikroba dapat dimanfaatkan untuk mengonsumsi asam-asam organik sebagai sumber zat karbon untuk pertumbuhan, sehingga aktivitas mikroba tersebut akan memberikan dampak positif untuk peningkatan kualitas tanah (Harsono, 2017).

2.2 *Carrier* Molase

Carrier biasanya berbentuk padat, semi padat atau substansi cair, yang dapat mendukung kehidupan mikroba dalam jangka waktu tertentu. Salah satu sifat penting yang diperlukan dari bahan pembawa (*carrier*) adalah kemampuannya dalam mempertahankan populasi dari inokulan bakteri agar tetap tinggi selama jangka waktu penyimpanan (Karnataka, 2007).

Molase merupakan hasil samping dari pengolahan gula yang berbentuk cair. Molase merupakan sumber energi yang mendasar dengan kandungan gula didalamnya, oleh karena itu molase banyak dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk pakan karena memiliki kandungan zat gizi yang cukup baik (Sukria, 2009). Molase dicirikan oleh warna cokelat tua, dengan nilai pH sedikit asam yakni 5–6, berwujud kental, memiliki kandungan padatan 75–85 % berat, dan mengandung fraksi abu yang substansial sekitar 10–20 pada berat % dasar molase kering (Eifendy, 2013).

Molase mengandung beberapa zat diantaranya: sukrosa 55%, gula pereduksi 18,27%, abu sulfat 12,74%, Pol, 29,25%, dan Brix 81,27% (Rohim, 2014). Kandungan organik utama pada molase adalah gula, oligosakarida, polisakarida, protein, dan asam organik, sedangkan kalium, kalsium, klorin, dan belerang merupakan unsur anorganik yang ada dalam molase. Selain itu, molase memiliki nilai kalor sekitar 14 MJ/kg molase kering, dengan laju produksi 3,5–4 ton molase basah per 100 ton tebu basah (Larangahen, 2016).

Penggunaan molase sebagai *carrier* dapat dijadikan sebagai sumber karbon untuk bahan alternative dalam media fermentasi dikarenakan molase memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi untuk kebutuhan hidup suatu mikroba (Fifendy, dkk, 2013). Molase juga memiliki kelebihan lain seperti efektif dalam meningkatkan proses reduksi kimia, dapat meningkatkan metabolisme mikroba, serta biaya yang murah untuk digunakan sebagai proses bioremediasi (Punjungsari, 2017).

2.3 Mikroba Terseleksi

Mikroba yang digunakan pada penelitian ini adalah bakteri yang terseleksi untuk dimanfaatkan dalam uji efektifitas lahan gambut menggunakan inokulasi carrier molase. Pertimbangan utama dalam pengelolaan kesuburan tanah secara biologis adalah dengan melakukan pemanfaatan praktik pengelolaan tanah untuk mempengaruhi populasi dan proses mikroba. Populasi dan proses mikroba memiliki efek positif seperti perbaikan pada kesuburan tanah untuk mempertahankan produktivitas tanah (Suarjana, 2017).

Mikroorganisme memiliki peran aktif dalam siklus biogeokimia yang berfungsi untuk membantu mendegradasi bahan organik serta meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman. Komponen tanah dan kapasitas dalam menahan air sangat dipengaruhi oleh aktivitas pengangkutan partikel mikroflora dalam tanah serta agregasi partikel tanah oleh fungi dan mikroba (Sopiah, 2011). Masalah degradasi kesuburan tanah sering dihadapi oleh petani, karena itulah pengendalian erosi dan peningkatan kesuburan tanah menjadi fokus utama untuk pengembangan pertanian berkelanjutan (Tata, 2015).

2.4 *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih)

Tanaman kayu putih (*M. leucadendra*) merupakan salah satu jenis pohon dari *family Myrtaceae*, merupakan tanaman asli Indonesia yang cukup penting bagi industri minyak atsiri. Di Indonesia umumnya tanaman ini berwujud sebagai hutan alam dan hutan tanaman, tanaman ini terdapat hampir di semua penjuru wilayah Indonesia. Tanaman kayu putih termasuk kategori spesies yang cepat tumbuh, sehingga dapat digunakan sebagai tanaman restorasi ekosistem gambut (Istina, dkk, 2019).

Melaleuca leucadendra memiliki umur yang panjang dimana tanaman ini tumbuh cepat walau berada di daerah terendam air. Perawakan dari pohonnya memiliki tinggi mencapai 40 meter, berakar panjang dan melebar, dan memiliki batang berbungkus kulit tebal dengan banyak lapisan. Daun *M. leucadendra*

apabila dipegang akan mengeluarkan aroma khas karena mengandung minyak atsiri. Sementara bunganya terletak di pucuk-pucuk ranting, dan memiliki warna putih. Ketika tanaman ini sudah tua, warnanya berubah menjadi merah tua keabu-abuan. Tanaman ini memiliki buah berbentuk bulat, berlubang, dan didalamnya mengandung biji-biji yang sangat halus dan ringan (Mongabay, 2021).

2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan tabel penelitian terdahulu yang dijadikan acuan pada penelitian ini:

Tabel 2. 1 Studi Penelitian Terdahulu

No	Peneliti dan Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1.	Ida Nur Istina, Benny Joy, Aisyah D. Suyono (2014)	Peningkatan Produktifitas Lahan Gambut Melalui Teknik Ameliorasi Dan Inokulasi Mikroba Pelarut Fosfat	Hasil dari penelitian ini menunjukkan ameliorasi menggunakan kompos tandan kosong kelapa sawit pada tanah gambut meningkatkan P tersedia, serapan P oleh batang dan akar, berat biomassa dan berat kering batang. Selanjutnya ternyata bahwa Inokulasi <i>MPF</i> tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan P tersedia, serapan hara P, berat brangkas, berat kering dan lingkaran batang bibit kelapa sawit.
2.	Mades Eifendy, Eldini, Erdawati	Pengaruh Pemanfaatan Molase Terhadap	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa

	(2013)	Jumlah Mikroba Dan Ketebalan Nata Pada Teh Kombucha	pemanfaatan molase dengan kadar yang berbeda dan waktu fermentasi yang berbeda berpengaruh terhadap jumlah mikroba dan ketebalan nata pada teh <i>kombucha</i> yang dihasilkan.
3.	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 Fungi dan bakteri endofit berpengaruh dalam upaya restorasi lahan gambut bekas terbakar dibuktikan dengan pertumbuhan tinggi maupun diameter batang Tanaman uji Jelutung (<i>Dyera Costaluta</i>) dan Kayu Putih (<i>Melaleuca leucandendra</i>) dengan media tanah dari Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Fungi dan bakteri endofit juga berhasil menaikkan pH tanah yang semula 5,4 menjadi 6,7-7. Berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi logam berdasarkan hasil dan analisis.

4.	Jusman Nainggolan (2009)	Kajian Pertumbuhan Bakteri <i>Acetobacter Sp.</i> Dalam Kombucha- Rosela Merah (<i>Hibiscus Sabdarriffa</i>) Pada Kadar Gula Dan Lama Fermentasi Yang Berbeda	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa <i>Acetobacter sp</i> dapat tumbuh dengan baik pada ekstrak rosella yang ditambah gula %, 10%, 12% dan paling optimum terjadi pada perlakuan kadar gula 10% dengan lama fermentasi selama 10 hari. Uji <i>organoleptic</i> membuktikan bahwa <i>kombucha-rosella</i> cukup disukai dari segi warna, rasa, dan aroma.
5.	Surhariyanto et al., (2018)	Pengaruh penambahan molase pada perkembangan tanaman jagung	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan penambahan molase dapat meningkatkan pertumbuhan panjang batang dan panjang akar tanaman jagung, namun untuk lebar daun tanaman tanpa perlakuan (kontrol) lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan pemberian molase.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam skala rumah kaca. Penelitian dimulai dari pembuatan media tanam, hingga berakhir pada analisis data sampel yang diambil. Pembuatan media tanam, penanaman *Melaleuca leucadendra*, pengambilan sampel data, dan pemanenan *M. leucadendra* dilakukan di rumah kaca. Selanjutnya, analisis data sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Sampel tanah yang digunakan untuk dilakukan uji efektivitas peningkatan produktivitas lahan berupa tanah gambut yang berasal dari Kalimantan Tengah. Adapun penelitian pertumbuhan bakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.2 Karakteristik Tanah

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah gambut yang sebelumnya sudah dilakukan pengujian parameter awal oleh (Soulтан, 2020). Berikut merupakan parameter karakteristik awal tanah gambut yang akan digunakan pada penelitian ini:

Tabel 3. 1 Karakteristik Awal Tanah Gambut

Parameter	Pembacaan	Pengenceran	Pemekatan	Konsentrasi (mg/kg)
Fe	1,0289	100	5	2057,8
Mn	0,284	10	5	49,6
Zn	0,1824	10	5	36,48

Sumber: Soulтан, 2020

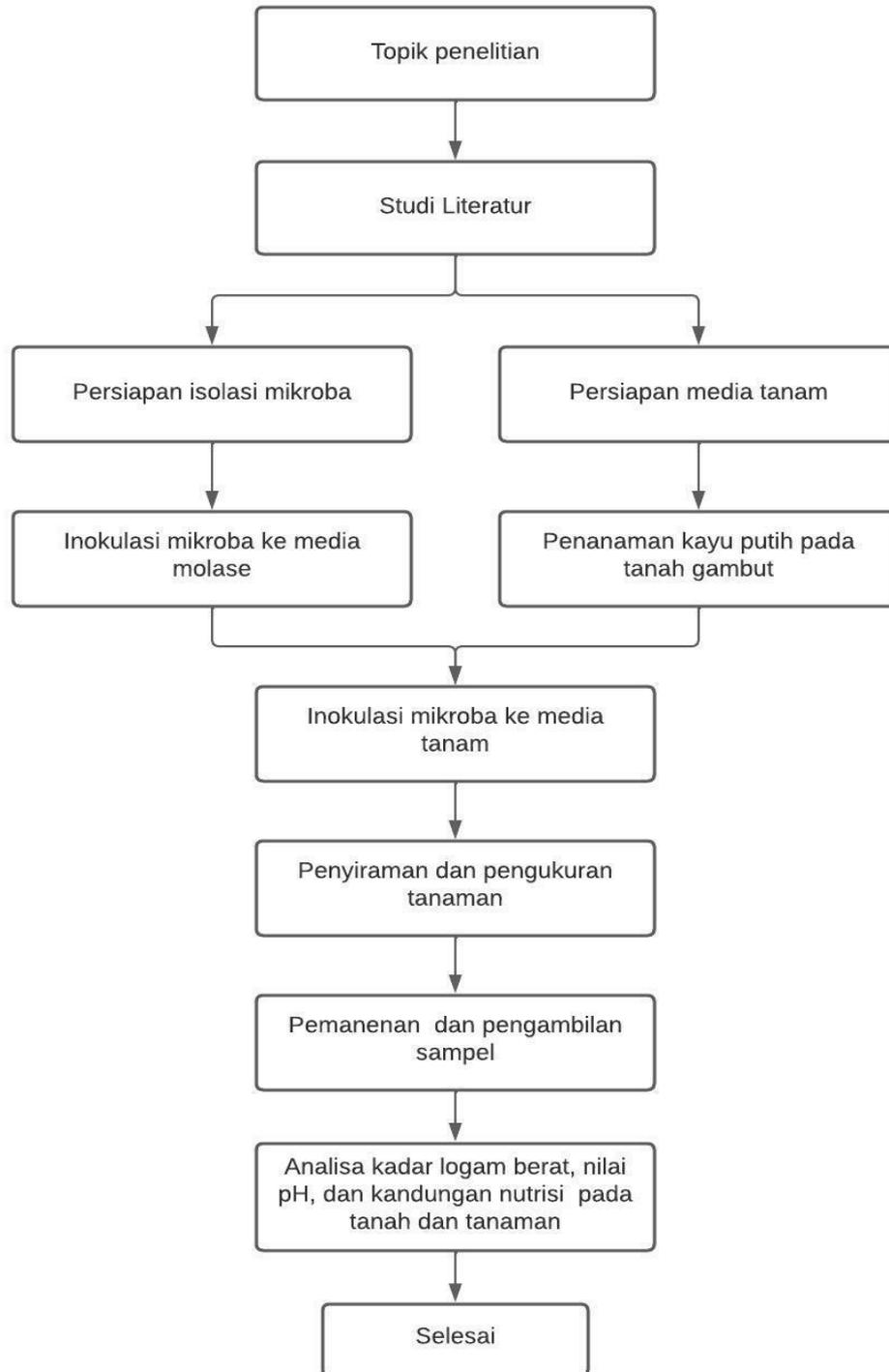
3.3 Fitoremediasi

Pada penelitian ini, digunakan metode fitoremediasi dimana ini merupakan metode yang dilakukan dengan menanam tanaman yang dapat menyerap logam berat dari dalam tanah (Bayu, 2010). Dalam melakukan penyerapan, jaringan tanaman akar menyerap kandungan logam berat yang ada pada tanah, yang kemudian di translokasikan ke jaringan tanaman lain melalui jaringan pengangkut (Winata, 2016). Penyerapan logam berat oleh tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sifat alamiah tanaman, jenis tanah, dan tinggi rendahnya konsentrasi logam (Indsrasti, 2006).

Proses fitoremediasi terbagi menjadi beberapa jenis dalam melakukan mekanisme menghilangkan logam berat pada tanah maupun air. Salah satu diantara mekanisme fitoremediasi adalah fitodegradasi, dimana tanaman menyerap zat polutan dengan memanfaatkan reaksi mikroba dan enzim disekitar akar. Selain itu, terdapat mekanisme fitoekstraksi yaitu dilakukannya translokasi logam berat yang ada di tanah menuju ke jaringan daun dan batang (Muske, 2016).

3.4 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan alur tahapan penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian

3.5 Isolasi Mikroba

Mikroba yang digunakan pada penelitian ini yaitu mikroba yang berasal dari lahan terdegradasi yang telah diseleksi dengan masing-masing kode yaitu 15 (mikroba pelarut P sekaligus penambat N 1), 16 (mikroba pelarut P sekaligus penambat N 2), dan R3 (spesies enterobakter) yang diaplikasikan agar mampu membantu proses peningkatan produktivitas tanah gambut. Isolasi bertujuan untuk menumbuhkan mikroba terseleksi pada *carrier* molase sehingga dapat diuji efektivitasnya dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut. Seluruh kegiatan isolasi dan sub-kultur dilakukan di dalam kabinet laminar agar mencegah terjadinya kontaminasi pada media tempat bakteri tumbuh.

Isolasi dilakukan dengan metode direct plate menggunakan media NA (Nutrient Agar), dilakukan pengenceran indukan mikroba terlebih dahulu sebanyak 4 kali pengulangan pada cawan petri yang berisi media yang digunakan. Kemudian cawan petri berisi mikroba dan media agar didiamkan selama 2 hari dengan dibungkus kertas berwarna gelap. Setelah diambil isolatnya, kemudian dilakukan sub-kultur pada isolat media NA yang bertujuan untuk memperbanyak biakan mikroba yang ada. Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan inokulasi bakteri ke dalam media NB (Nutrient Broth) dan kemudian dihomogenkan. Hasil inokulasi media NB kemudian barulah dilakukan inokulasi ke dalam *carrier* molase menggunakan pipet tetes.

Carrier molase yang digunakan memiliki campuran air dengan perbandingan 1:3, yaitu 250 ml molase dan 750 ml air yang kemudian diambil 100 ml yang akan digunakan sebagai kontrol. Selanjutnya dilakukan inokulasi dengan cara menyuntikkan inokulum ke dalam masing-masing perlakuan mikroba dengan dosis 40 ml untuk satu konsorsium, 20 ml untuk dua konsorsium, dan 13 ml untuk tiga konsorsium mikroba. Tahap terakhir adalah menyimpan media *carrier* molase dengan waktu 60 hari sebelum diinokulasikan ke tanaman. Gambar dari tiap perlakuan terdapat pada lampiran. Berikut ini merupakan variabel perlakuan masing-masing konsorsium mikroba:

Tabel 3. 2 Variabel Perlakuan Mikroba

No.	Perlakuan Mikroba
1	15
2	16
3	R3
4	16+R3
5	15+ 16 + R3
6	Kontrol (tanpa mikroba)

Sumber: Data Primer

3.6 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan untuk penelitian ini adalah tanah gambut asli yang berasal dari Kalimantan Tengah yang sudah disterilisasi menggunakan autoklaf selama 1 jam. Dilakukannya sterilisasi media tanam guna untuk menghilangkan mikroorganisme asli dari sampel tanah gambut sehingga dapat diketahui efektivitas inokulasi mikroba dengan tempat tumbuh molase terhadap peningkatan produktivitas tanah. Selanjutnya, disiapkan media tanam sebanyak 12 buah untuk dilakukan perlakuan dan 6 buah sebagai media tanam kontrol. Tanah gambut sebagai media tersebut dimasukkan dengan perbandingan 1:1 kedalam polybag berukuran 15x10 cm yang telah diletakkan tanaman *M. leucadendra* didalamnya.

3.7 Inokulasi Mikroba

Mikroba yang telah dilakukan inokulasi ke dalam *carrier* molase kemudian dilakukan pengenceran untuk mengetahui jumlah populasi dari keempat macam mikroba terseleksi sebelum dilakukan inokulasi ke media *carrier* molase. Metode yang digunakan adalah pengenceran 10^{-5} dengan mengambil 1 mL inokulum menggunakan pipet tetes yang kemudian dimasukkan kedalam cawan petri dan ditambah media TSA (*Tryptic Soy Agar*). Setelah itu, dilakukan masa inubasi selama 48 jam, kemudian dihitung jumlah populasi mikroba menggunakan

metode *Pour Plate*. Pada tabel 3.2 disajikan data populasi mikroba dari masing-masing perlakuan yang akan diinokulasikan ke media *carrier* molase per 1 mL:

Tabel 3. 3 Jumlah Populasi Mikroba

No	<i>Treatment</i> Mikroba	Jumlah koloni / mL
1.	16	26,5 x 10 ⁵
2.	R3	99 x 10 ⁵
3.	16+R3	53 x 10 ⁵
4.	15+ 16 + R3	33 x 10 ⁵

Sumber: Data Primer

Setelah diketahui populasi mikroba pada masing-masing perlakuan media *carrier* molase, selanjutnya dilakukan inokulasi media *carrier* molase ke media tanam tanah gambut yang sudah ditanami kayu putih (*M. leucadendra*). Disediakan juga media tanpa perlakuan uji sebagai kontrol. Inokulasi dilakukan dengan melubangi permukaan media tanam dalam *polybag* sedalam 2 cm dari batang permukaan. Selanjutnya inokulum mikroba diinjeksikan dengan menggunakan pipet tetes sebanyak 7 mL pada semua perlakuan yakni 1 konsorsium (15, 16 dan R3), 2 konsorsium (16 + R3), dan 3 konsorsium (15+16+R3) mikroba. Kemudian dilakukan pengukuran awal untuk melihat tinggi dan diameter pada tumbuhan.

3.8 Penyiraman dan Pengukuran Tanaman

Tanaman yang sudah dilakukan inokulasi mikroba dengan media molase kemudian dilakukan perawatan berupa penyiraman tanaman di waktu pagi dan sore hari. Penyiraman dah dilakukan setiap hari dikarenakan tanah gambut memiliki sifat *hidrofilik* sehingga cepat mengalami kekeringan. Selanjutnya dilakukan pengamatan perkembangan tanaman uji dengan mengukur tinggi tanaman (cm) dan diameter batang tanaman (mm) pertumbuhan kayu putih setiap 2 minggu. Tinggi tanaman diukur menggunakan penggaris, sedangkan diameter diukur menggunakan *calliper digital*. Pengukuran tanaman uji berlangsung

selama 3 bulan dengan pengukuran pertama sebelum dilakukannya perlakuan digunakan sebagai inisial data.

3.9 Proses Panen dan Pengambilan Sampel

Untuk tahap panen dilakukan setelah pengamatan pertumbuhan tanaman uji telah berlangsung selama 3 bulan. Proses panen dilakukan dengan memisahkan bagian jaringan atas dengan bagian jaringan akar. Pemisahan kedua bagian tanaman dilakukan dengan memotong 1 cm diatas jaringan akar tubuh tanaman. Setelah dilakukan pemisahan, masing-masing jaringan atas dan jaringan akar ditimbang menggunakan timbangan analitik guna melihat berat basah tiap jaringan. Kemudian, seluruh sampel jaringan dimasukkan ke dalam masing-masing amplop cokelat yang diberi identitas kode tanaman. Untuk pengambilan sampel tanah, masing-masing dimasukkan ke dalam plastik kedap udara dan diberi identitas kode tanaman. Seluruh jaringan tanaman kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 70°C selama 36 jam untuk dilakukan pengeringan guna menghitung biomassa berat kering jaringan tanaman. Setelah kering dan dihitung beratnya, masing-masing jaringan ditimbang kembali dengan timbangan analitik dengan ketelitian 0,001 gram.

3.10 Analisis pH, Nutrisi, dan Logam Berat

Seluruh sampel jaringan tanaman dan sampel tanah, dilakukan analisa logam berat dan nutrisi menggunakan kurva kalibrasi yang didapat dari penggunaan alat laboratorium AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dan Spektrofotometric UV-Vis di laboratorium Teknik Lingkungan UII. Parameter kadar logam berat yang diujikan diantaranya adalah Fe, Zn, dan Mn. Selain itu, dilakukan analisa nilai pH dengan melakukan pengukuran menggunakan dua bahan pengekstrak yaitu H₂O dan KCL. Selanjutnya sampel diuji menggunakan pH meter. Selanjutnya juga dilakukan analisa kandungan nutrisi Kalium menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dan P-Total dengan menggunakan metode ekstrak HCl pada sampel jaringan tanaman dan sampel

tanah menggunakan Spektrofotometric UV-Vis merek Thermo Scientific tipe Orion Aqua Mate 8000 dengan asam karbonat pada panjang gelombang 693 nm. Berikut ini merupakan acuan yang digunakan pada pengujian sampel yang dilakukan:

Tabel 3. 4 Acuan Analisa Data

No.	Parameter	SNI
1	Fe	SNI 6989.4:2009 tentang air dan dan air limbah – Bagian 4: Cara uji Besi (Fe) secara spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala
2	Mn	SNI 6989.5:2009 tentang air dan dan air limbah – Bagian 5: Cara uji Mangan (Mn) secara spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala
3	Zn	SNI 6989.7:2009 tentang air dan dan air limbah – Bagian 7: Cara uji Seng (Zn) secara spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala
4	Ph	SNI 06-6989.11:2004 tentang air dan dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter
5	Kalium	SNI 6989.69:2009 tentang air dan dan air limbah – Bagian 69: Cara uji Kalium (K) secara spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala
6	Fosfat	SNI 06- 6989.31:2009 tentang air dan dan air limbah – Bagian 31: Cara uji kadar Fosfat dengan spektrofotometer secara akrobat

Sumber: Standar Nasional Indonesia

Selanjutnya dilakukan analisa data pada tanaman uji dengan membandingkan hasil kinerja dari inokulasi mikroba pada media *carrier* molase dengan kontrol yang terdapat bakteri terseleksi, dan kontrol tanpa media *carrier* serta mikroba. Analisa data dilakukan dengan melihat perbandingan pertumbuhan dan serapan logam disetiap jaringan tumbuhan. Hasil akhir dari penelitian ini

adalah untuk melihat efektivitas inokulasi mikroba dengan media tumbuh molase yang dibandingkan dengan media kontrol, apakah media perlakuan lebih efektif dibanding media kontrol dalam melakukan peningkatan produktivitas tanah gambut pada penelitian skala rumah kaca.

3.11 Analisa Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan analisa statistik dengan melakukan pendekatan standar *error* (n) dimana media *carrier* molase menggunakan 4 macam perlakuan mikroba yang berbeda yaitu variabel perlakuan 16, R3, 16+R3, dan 3 konsorsium yang nantinya dibandingkan dengan variabel tanpa inokulasi sebagai media kontrol. Standar *error* dihitung menggunakan aplikasi *Microsoft excel* dengan rumus $SE = \frac{SD}{\sqrt{n}}$ dimana SD merupakan standar deviasi, dan n adalah banyaknya jumlah sampel. Dilakukannya standar *error* ini guna untuk melihat apakah data sampel yang diperoleh layak apa tidak, yang kemudian hasil dari pendetaran standar error tersebut akan disajikan dalam bentuk diagram *bar error*. Selain itu, untuk data pertumbuhan tanaman serta biomassa tanaman digunakan analisis Anova (*Analysis Of Variance*) *One-Way* agar mengetahui korelasi dari tiap-tiap sampel perlakuan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

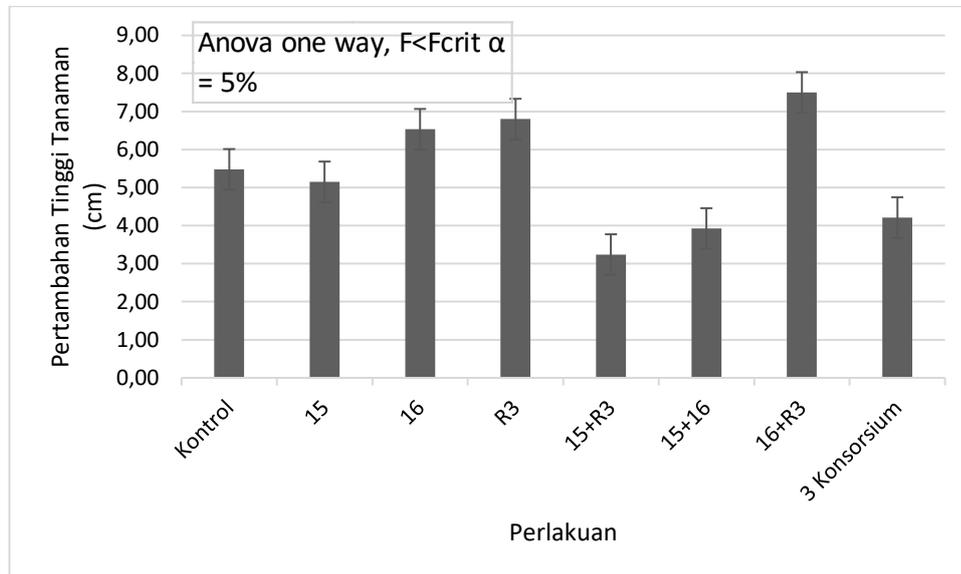
4.1 Hasil dan Analisis Pertumbuhan Tanaman *Melaleuca leucadendra*

Pengamatan pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucadendra* meliputi tinggi dan diameter tanaman. Pengukuran tinggi dilakukan dari atas permukaan tanaman hingga pucuk tanaman, dan untuk pengukuran diameter dilakukan dengan mengukur batang tanaman ± 2 cm di atas permukaan tanaman. Pengamatan parameter pertumbuhan dilakukan setiap 2 minggu sekali dengan jangka waktu 3 bulan. Pengamatan ini dilakukan guna mengetahui pengaruh dari carrier molase sebagai media mikroba.

4.1.1 Tinggi Tanaman

Pada **Gambar 4.1** terdapat perbedaan rerata pertambahan tinggi tanaman dari masing-masing tanaman uji terhadap tanaman uji kontrol (tanah uji tanpa adanya perlakuan). Pertumbuhan tinggi tanaman uji kontrol memiliki rerata sebesar 5,48 cm. Sedangkan tanaman uji dengan perlakuan carrier molase 15, 16, R3, 15+R3, 15+16, 16+R3, dan 15+16+R3 masing-masing memiliki rerata pertumbuhan tinggi tanaman sebesar 5,15 cm; 6,53 cm; 6,80 cm; 3,24 cm; 3,93 cm; 7,50 cm; dan 4,21 cm. Dilihat dari data yang disajikan, perlakuan dua konsortium mikroba yakni 16+R3 menjadi yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dengan nilai rerata sebesar 7,50 cm. Sedangkan perlakuan 15+R3, 15+16, dan 15+16+R3 memiliki nilai rerata tinggi yang lebih rendah dibanding nilai tanaman kontrol, hal ini diduga karena adanya ketidakcocokan antar mikroba sehingga menyebabkan tanaman uji tumbuh dengan tidak optimal. Pada pengolahan data menggunakan *Analysis Of Variance (One Way)* untuk melihat efek pemberian perlakuan yang berbeda, didapatkan nilai F hitung sebesar 2,21 yang lebih kecil dibanding nilai F kritis yang memiliki nilai sebesar 2,51, hal ini menunjukkan bahwa dengan taraf signifikan 5% rerata

pertumbuhan tinggi tanaman uji tidak begitu berbeda pada masing-masing perlakuan.

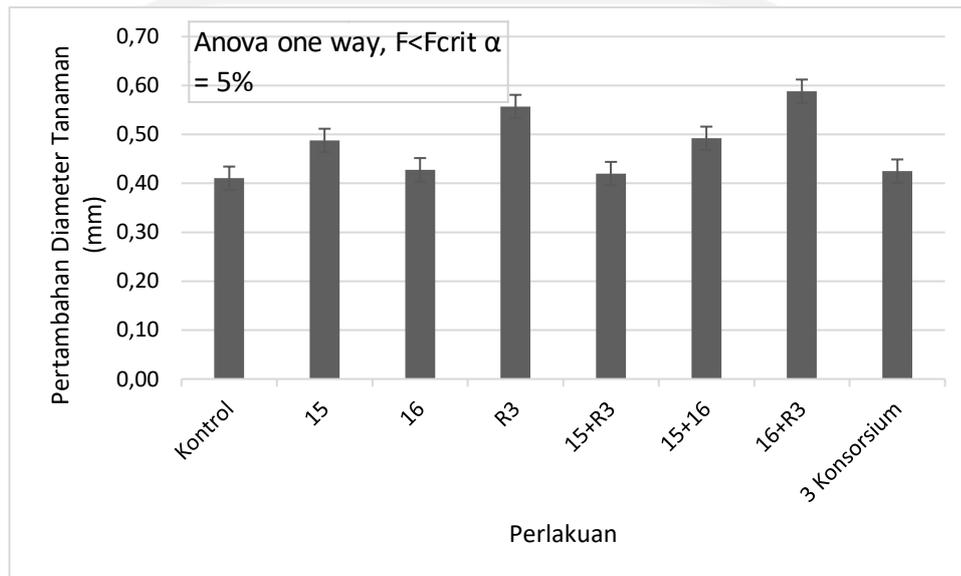


Gambar 4. 1 Grafik Rerata Pertambahan Tinggi Tanaman Melaleuca leucandendra dengan Perlakuan Mikroba pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

4.1.2 Diameter Tanaman

Pada **Gambar 4.2** disajikan data pertumbuhan diameter tanaman yang bervariasi, dapat dilihat dari gambar bahwa semua perlakuan mengalami peningkatan rerata diameter batang, dengan perlakuan dua konsortium 16+R3 menunjukkan pertumbuhan diameter tertinggi yakni sebesar 0,59 mm. Sedangkan untuk perlakuan 16, 15+R3, dan 3 konsortium tidak menunjukkan respon pertumbuhan yang begitu signifikan dibanding tanaman kontrol yang memiliki nilai 0,41 mm. Nilai rerata dari diameter tanaman di minggu ke-12 pada perlakuan mikroba 15, 16, R31, 15+R3, 15+16, 16+R3, dan 15+16+R3 masing-masing memiliki nilai pertumbuhan sebesar 0,49; 0,43; 0,56; 0,42; 0,49; 0,59; dan 0,43 mm. Besar suatu diameter tanaman berbanding lurus dengan besar biomasnya (Nuranisa, 2020), hasil kombinasi mikroba 16 dan mikroba R3 yang diinokulasikan ke dalam sampel dapat bekerja dengan baik dibanding perlakuan

yang lain. Pada pengolahan data menggunakan *Analysis of Variance (One Way)* didapatkan nilai F hitung sebesar 0,81 yang lebih kecil dibanding nilai F kritis yang memiliki nilai sebesar 2,51, hal ini menunjukkan bahwa dengan taraf signifikan 5%, rerata pertumbuhan diameter tanaman uji tidak begitu jauh berbeda pada masing-masing perlakuan.



Gambar 4. 2 Grafik Rerata Pertambahan Diameter Tanaman *Melaleuca leucandendra* dengan Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

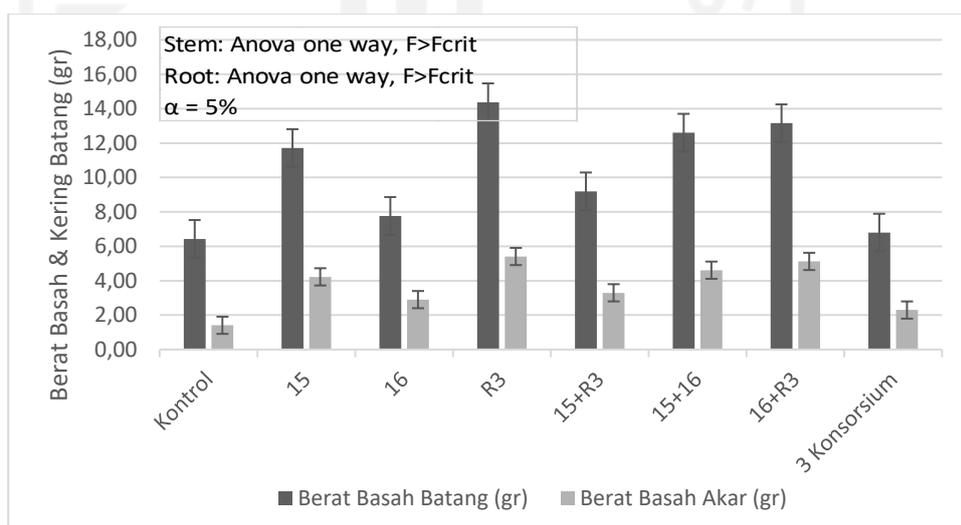
4.1.3 Biomassa Tanaman

Pengukuran biomassa tanaman pada penelitian ini meliputi berat basah jaringan batang, berat kering jaringan batang, berat basah jaringan akar, dan berat kering jaringan akar. Pengukuran berat basah tanaman uji dilakukan setelah jaringan batang dan akar dipisah yang kemudian dibersihkan. Sedangkan untuk berat kering tanaman dilakukan pengukuran sehari setelah tanaman uji dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70°C selama 3 hari.

1. Berat Basah Jaringan Akar dan Batang Tanaman

Berdasarkan **Gambar 4.3** menunjukkan bahwa berat basah jaringan akar dan batang memiliki nilai yang bervariasi. Rerata berat basah pada perlakuan carrier molase dan mikroba R3 memiliki nilai rerata berat basah terbesar yakni 14,38 gr pada jaringan batang, dan 5,41 gr pada jaringan akar. Sedangkan untuk perlakuan yang memiliki berat basah terendah dimiliki tanaman uji kontrol yakni sebesar 6,43 gr dan 1,41 gr, hal ini menunjukkan bahwa tanaman uji yang diaplikasikan menggunakan bakteri dengan carrier molase mampu meningkatkan biomassa pada batang tanaman.

Selain itu, dilakukan uji ANOVA (Analysis of Variance) One-Way pada berat basah jaringan tanaman untuk melihat adanya perbedaan efek akibat penambahan perlakuan mikroba pelarut P terseleksi (15 dan 16), dan mikroba *Enterobacter* (R3). Diketahui bahwa nilai F kritis lebih kecil dari nilai F hitung sehingga ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan taraf signifikansi 5%, rata-rata berat basah jaringan batang dan akar tanaman pada tiap perlakuan dengan *carrier* molase memiliki perbedaan efek perlakuan yang nyata.

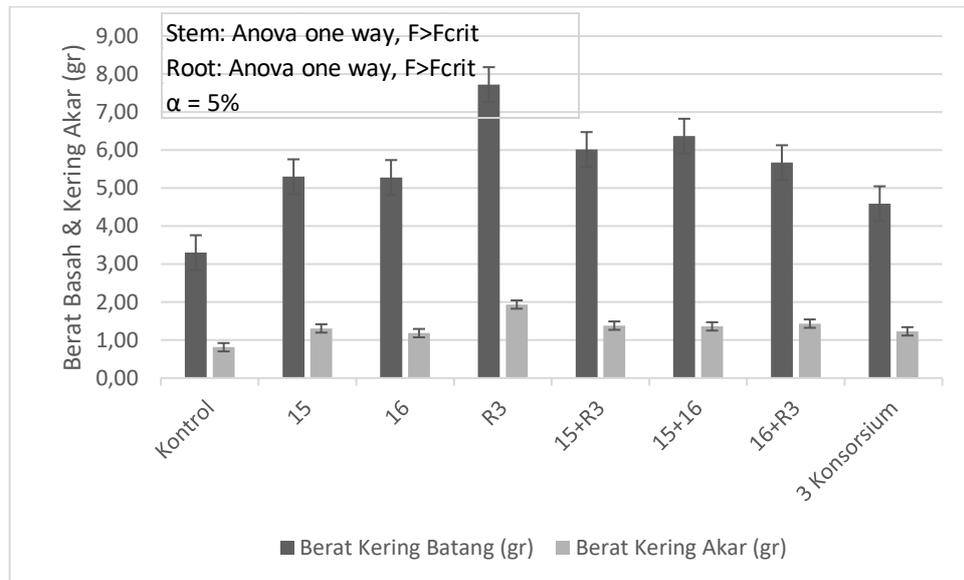


Gambar 4.3 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Akar dan Batang Tanaman *Melaleuca leucandendra* dengan Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

2. Berat Kering Jaringan Akar dan Batang Tanaman

Pada **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa berat kering jaringan akar dan batang tanaman uji juga memiliki nilai yang bervariasi, dimana perlakuan single R3 memiliki nilai rerata tertinggi yakni sebesar 7,73 gr pada jaringan batang dan 1,94 gr pada jaringan akar. Sedangkan untuk berat kering jaringan akar dan batang terendah ditunjukkan oleh tanaman uji kontrol dengan nilai rerata berat kering sebesar 0,81 gr pada akar dan jaringan batang terendah sebesar 3,30 gr. Dapat disimpulkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan carrier molase dengan mikroba berpengaruh terhadap berat kering jaringan akar serta jaringan batang tanaman, tanaman mampu mentranslokasikan nutrisi dan air dengan optimal sehingga berat jaringan batang lebih besar dibanding berat jaringan akar (Jainurti, 2016).

Selain itu, pada berat kering jaringan tanaman juga dilakukan uji ANOVA (Analysis of Variance) One-Way pada untuk melihat adanya perbedaan efek akibat penambahan perlakuan mikroba pelarut P terseleksi (15 dan 16), dan mikroba *Enterobacter* (R3). Diketahui bahwa nilai F kritis yang dihasilkan lebih kecil dari nilai F hitung sehingga ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan taraf signifikan 5%, rata-rata berat kering jaringan batang dan akar tanaman dengan *carrier* molase memiliki beda yang nyata pada tiap perlakuan.



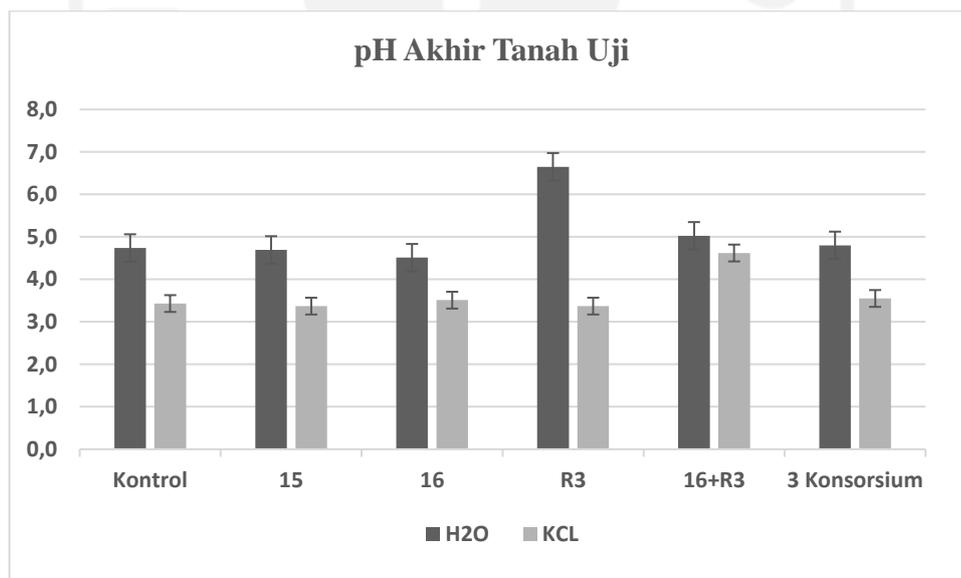
Gambar 4. 4 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Akar dan Batang Tanaman *Melaleuca leucadendra* dengan Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

4.2 Hasil dan Analisis Pengujian Sampel pH Tanah

pH merupakan parameter penting dalam tumbuh atau tidaknya suatu tanaman. Semakin rendah pH tanah akan membuat tanaman sulit untuk tumbuh dikarenakan tanah yang masam dan mengandung racun. Sebaliknya, semakin tinggi nilai pH tanah maka tanaman juga sulit untuk tumbuh karena kandungan kapur dan tanah yang bersifat basa (Rusdiana, 2012).

Dalam penentuan pH dilakukan menggunakan 2 metode, yaitu dengan penambahan air (H₂O) dan dengan penambahan KCl yang bertujuan untuk mengekstrak ion H⁺ yang ada didalam tanah. Pada **Gambar 4.5** dapat dilihat bahwa rerata nilai pH H₂O dengan perlakuan mikroba R3, 16+R3, 15+16+R3 mengalami kenaikan dibanding tanaman kontrol dengan nilai pH sebesar 6,7; 5; dan 4,8 dimana nilai tertinggi ada pada perlakuan mikroba R3. Sedangkan untuk perlakuan mikroba 15 memiliki nilai yang sama dengan tanah kontrol yakni sebesar 4,7. Hal sebaliknya, nilai pH pada perlakuan mikroba 16 memiliki nilai pH yang lebih rendah dibanding tanah kontrol yakni sebesar 4,5.

Sedangkan untuk nilai pH KCL tanah, perlakuan 15; 16; R3; 16+R3; dan 3 Konsortium memiliki nilai masing-masing sebesar 3,43; 3,37; 3,51; 3,37; 4,62; dan 3,55. Dimana tanah uji tanpa adanya perlakuan memiliki nilai kandungan pH KCL sebesar 3,43. Berdasarkan hasil pengukuran uji pH tersebut, nilai pH pada tanah uji menunjukkan pH actual yang lebih tinggi dibanding pH potensial, maka dapat dikatakan muatan positif yang mendominasi pada muatan tanah uji. Disimpulkan juga bahwa penggunaan carrier molase dengan mikroba secara keseluruhan mampu memberikan pengaruh yang baik pada sampel uji, dimana nilai pH pada tanah mengalami kenaikan sehingga mendekati nilai pH normal. Kecuali pada perlakuan mikroba 16 (pH actual & potensial) dan mikroba 16+R3 (pH potensial).

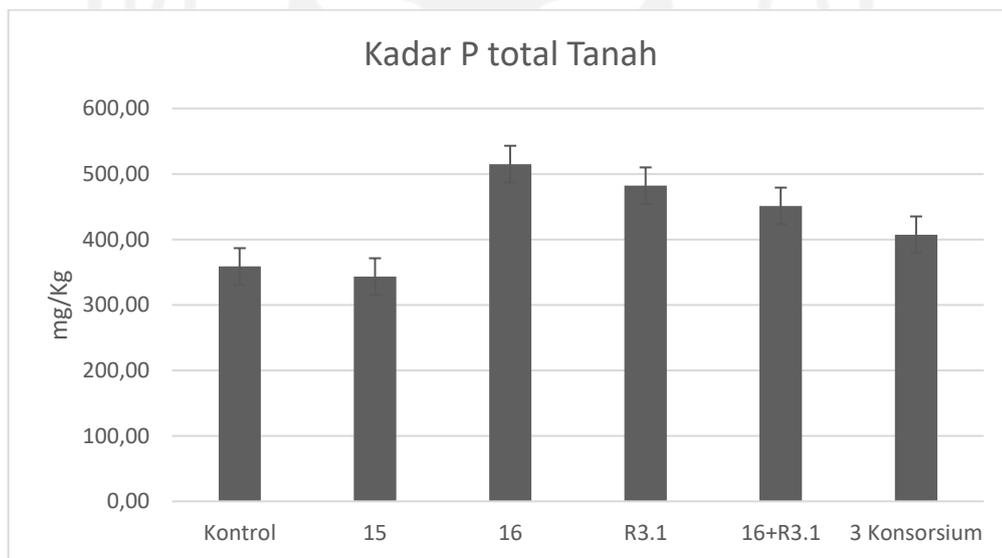


Gambar 4. 5 Grafik pH H₂O dan KCL Tanah dengan Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

4.3 Hasil dan Analisis Nutrisi

4.3.1 Kadar Fosfat (P) Total

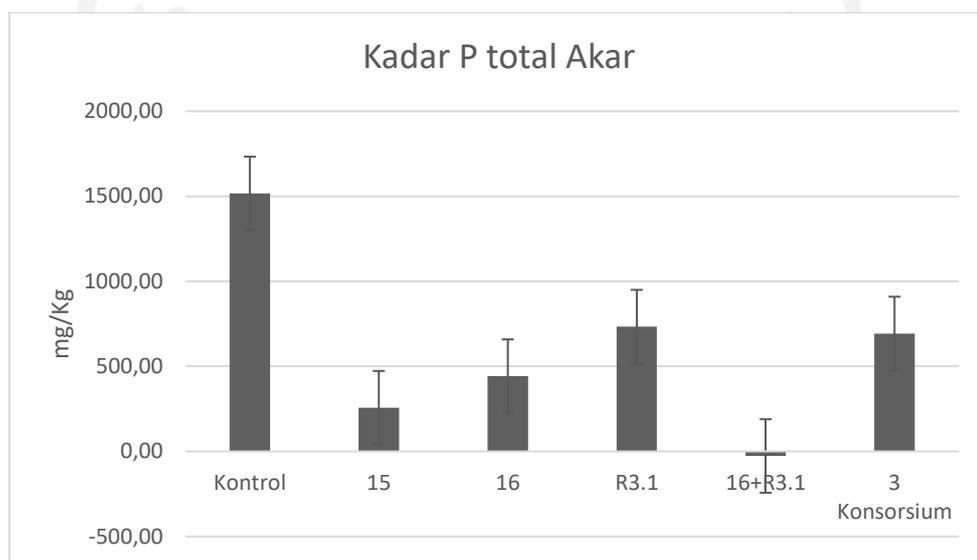
Nilai pH dalam tanah berpengaruh terhadap ketersediaan fosfat pada tanah, selain itu juga dipengaruhi oleh factor lain seperti bahan organik, suhu, dan aerasi tanah (Siswanto, 2019). Pada **Gambar 4.6** dapat dilihat bahwa kadar P-Total dalam tanah dengan pengaplikasian mikroba dengan carrier molase menunjukkan perbedaan dibandingkan dengan tanah tanpa perlakuan. Pengaruh paling signifikan untuk meningkatkan kadar P-Total dalam tanah yaitu pada perlakuan mikroba 16 dengan carrier molase, yaitu sebesar 515,17 mg/kg. Terkecuali pada perlakuan mikroba single 15 yang memiliki kadar P-Total dibawah tanah kontrol yakni sebesar 343,35 mg/kg. Dari grafik yang disajikan dapat disimpulkan bahwa pengaplikasian carrier molase dengan mikroba secara keseluruhan memberikan respon yang baik untuk meningkatkan nilai konsentasi P-Total pada tanah dibandingkan dengan tanah uji tanpa perlakuan.



Gambar 4. 6 Grafik Konsentrasi P Total Tanah dengan Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

Berdasarkan **Gambar 4.7** dapat dilihat bahwa kadar P-Total pada jaringan akar dengan pengaplikasian mikroba dengan carrier molase menunjukkan nilai yang bervariasi. Dari hasil pengujian, tanaman yang diberi perlakuan tidak menunjukkan nilai yang begitu signifikan dalam meningkatkan kadar P-Total

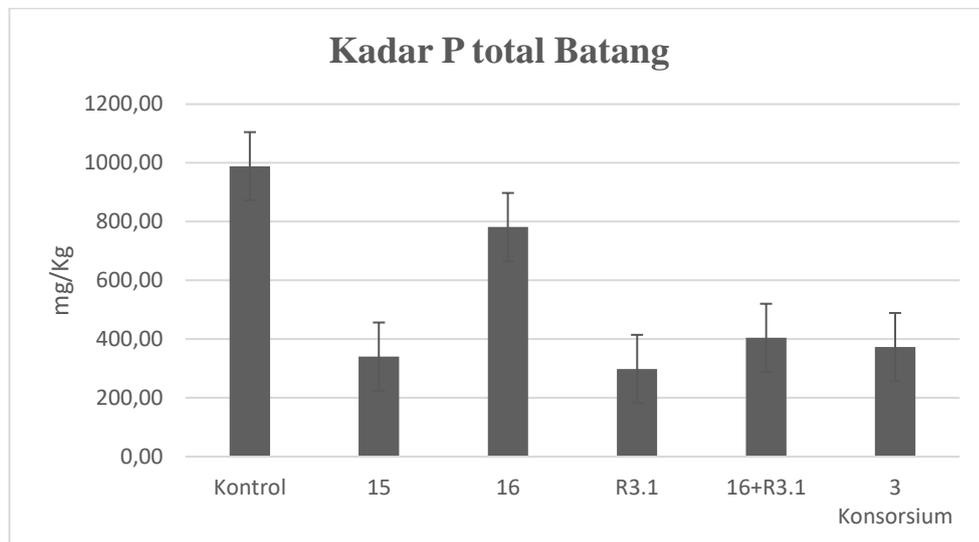
pada jaringan akar, Tanaman uji yang diberi perlakuan dengan nilai P-Total tertinggi yaitu pada perlakuan R3 yakni sebesar 733,64 mg/kg. Disamping itu, perlakuan 16+R3 memiliki nilai konsentrasi P-Total yang sangat kecil sehingga tidak dapat terdeteksi oleh instrument spektro. Tanaman uji yang memiliki nilai P-Total tertinggi ditunjukkan oleh tanaman uji kontrol yaitu sebesar 1516,51 mg/kg, hal ini diduga karena tidak adanya perlakuan mikroorganisme yang menyokong penyerapan nutrisi secara menyeluruh ke jaringan atas tanaman.



Gambar 4. 7 Grafik Konsentrasi P Total Jaringan Akar Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

Hasil pengujian kadar P-Total pada jaringan batang tanaman yang dilihat dari **Gambar 4.8** menunjukkan nilai yang beragam, Kadar P-Total pada batang tanaman kontrol memiliki nilai yang paling tinggi, yakni sebesar 988,82 mg/kg. Perlakuan mikroba single 16 memiliki nilai tertinggi kedua yakni sebesar 781,72 mg/kg, perlakuan mikroba yang lain juga mengalami peningkatan kadar P-Total dibanding nilai kadar P-Total pada akar, hal ini berarti bahwa kandungan nutrisi P-Total yang dimiliki oleh akar diserap dan disimpan oleh jaringan batang. Hal ini berarti bahwa tanaman uji dengan perlakuan mikroba tidak lebih baik dalam

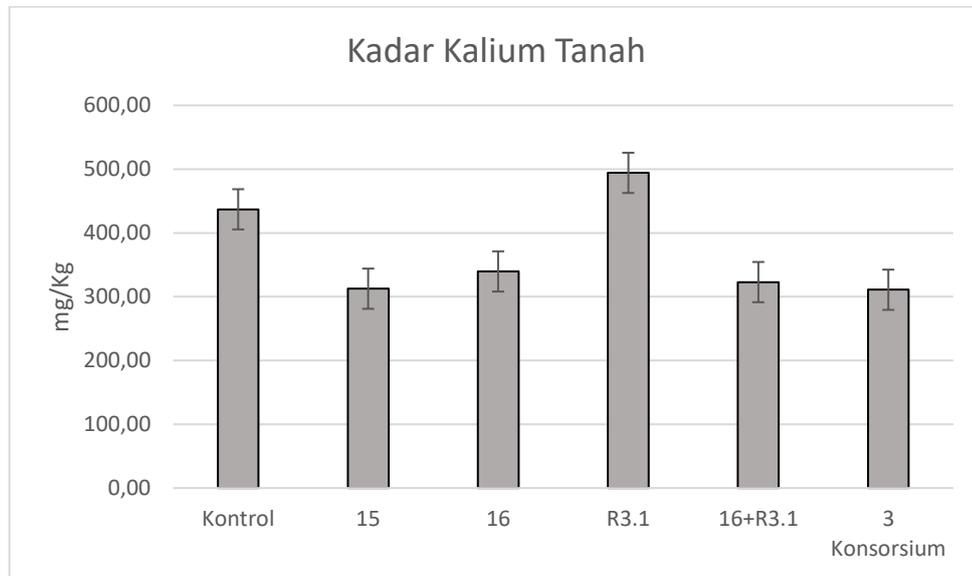
memberikan peningkatan nutrisi dibandingkan tanaman uji kontrol pada jaringan akar dan batang.



Gambar 4. 8 Grafik Konsentrasi P Total Jaringan Batang dengan Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

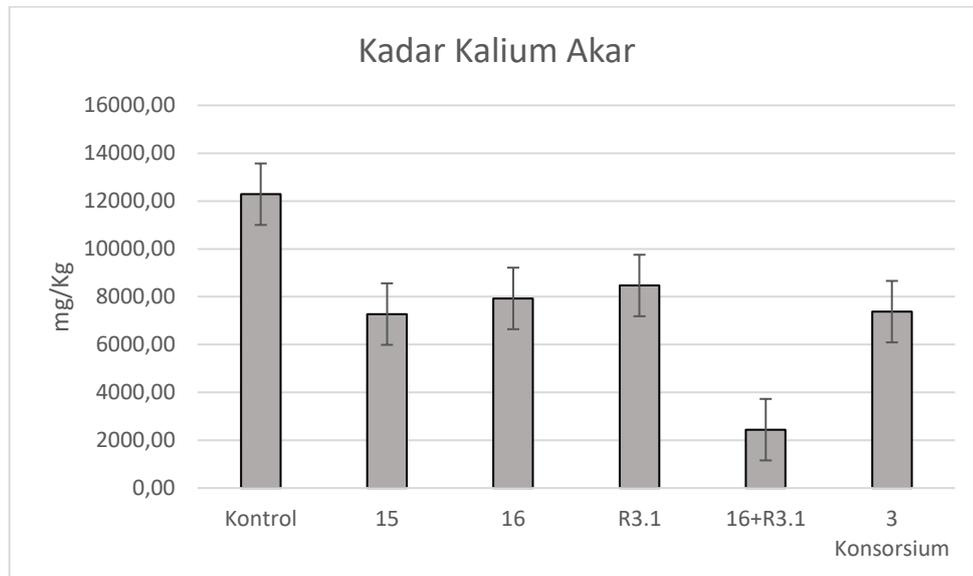
4.3.2 Kadar Kalium Total

Kadar kalium total pada tanah umumnya memiliki nilai yang cukup tinggi, diperkirakan mencapai 2,06% dari total berat tanah, serapan kalium dari dalam tanah menjadi lebih besar apabila adanya pemupukan unsur hara nitrogen dan fosfor dalam jumlah besar (Damanik dkk., 2010). Berdasarkan grafik kadar kalium tanah pada **Gambar 4.9**, perlakuan mikroba R3 memiliki kadar kalium tertinggi dibanding perlakuan lainnya yakni sebesar 494,91 mg/kg. Nilai tertinggi kedua ada pada tanaman uji kontrol dengan kadar kalium sebesar 437,04 mg/kg, sedangkan perlakuan mikroba yang lain memiliki nilai kadar kalium kisaran 310 hingga 339 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan kadar kalium mengalami penurunan setelah dilakukan pengaplikasian mikroba dengan carrier molase dibanding dengan tanah uji tanpa perlakuan, terkecuali pada perlakuan R3.

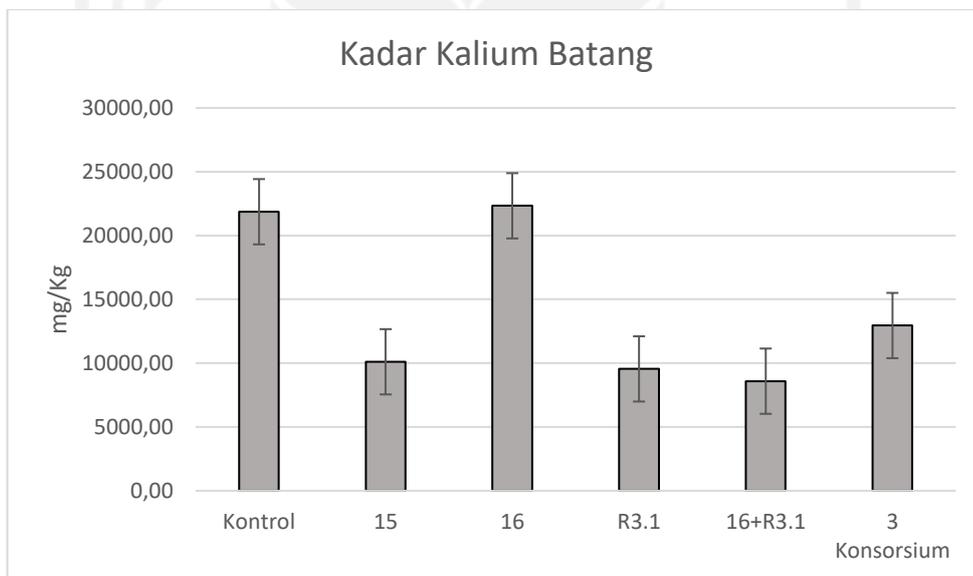


Gambar 4. 9 Grafik Konsentrasi Kalium Tanah dengan Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

Pada **Gambar 4.10** dan **Gambar 4.11** yaitu grafik konsentrasi Kalium total pada jaringan akar dan batang tanaman dengan perlakuan mikroba, memperlihatkan bahwa kalium total pada jaringan batang memiliki kadar yang lebih tinggi dibandingkan pada jaringan akar, ini berarti bahwa sebagian besar kalium pada akar telah diserap oleh jaringan atas tanaman, hal tersebut terjadi karena jaringan batang lebih banyak membutuhkan kalium dibandingkan jaringan akar. Dari data yang didapatkan, sebagian besar perlakuan dengan pemberian mikroba pada carrier molase tidak menunjukkan penambahan kadar nutrisi kalium yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman uji tanpa perlakuan.



Gambar 4.10 Grafik Konsentrasi Kalium Akar Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase



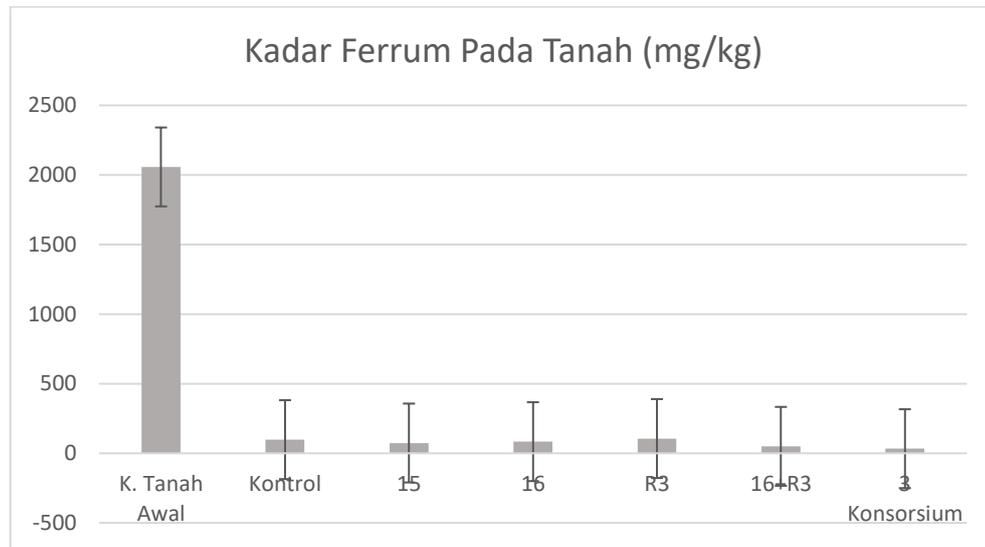
Gambar 4.11 Grafik Konsentrasi Kalium Batang Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

4.4 Hasil dan Analisis Logam Berat

Pengukuran konsentrasi logam berat pada sampel tanah, jaringan akar, dan jaringan batang tanaman dilakukan menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Logam berat yang diuji meliputi Ferrum, Zinc, dan Mangan, yang merupakan unsur logam berat yang biasanya ditemukan pada tanah gambut. Unsur hara logam berat pada dasarnya dibutuhkan oleh tanaman sebagai penyokong pertumbuhan tanaman, namun jika kandungan unsur hara logam berat yang ada memiliki konsentrasi yang tinggi, maka akan bersifat toksik sehingga mengganggu kesuburan tanaman.

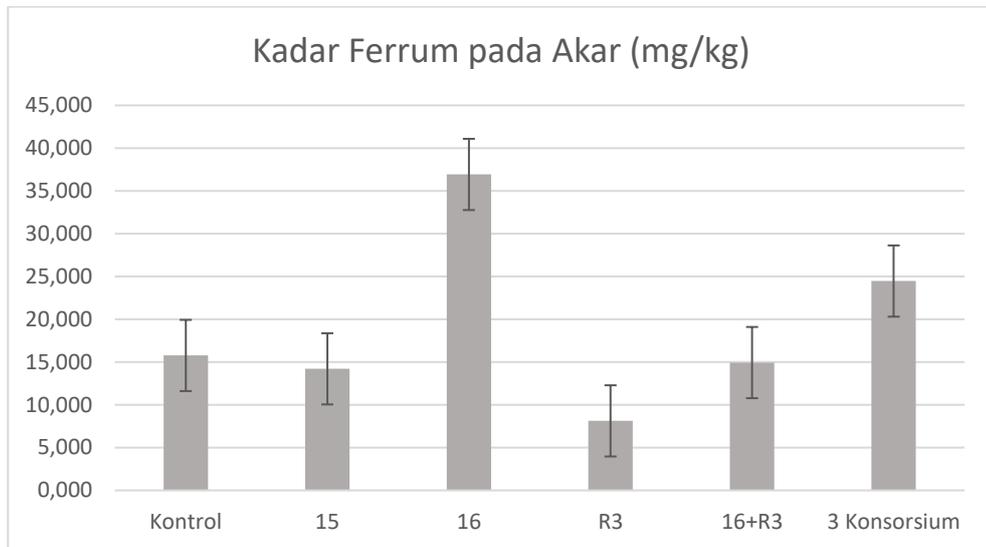
4.4.1 Penyerapan Logam Ferrum (Fe)

Dari analisis data **Gambar 4.12** dapat dilihat bahwa kadar logam Fe pada sebagian besar perlakuan mengalami degradasi dibandingkan dengan tanah kontrol, perlakuan 3 konsortium memiliki nilai Fe terendah yakni sebesar 33,013 mg/kg. Hal ini membuktikan bahwa pengaplikasian mikroba dengan carrier molase pada tanah gambut dapat mereduksi kandungan logam berat yang terkandung, terkecuali untuk perlakuan mikroba R3 dimana memiliki nilai Fe yang lebih tinggi dibandingkan kontrol yakni sebesar 105,788 mg/kg. Sedangkan jika tanah uji dibandingkan dengan karakteristik tanah awal gambut yang bernilai sebesar 2057,8 mg/kg, maka dapat dilihat bahwa terjadi pendegradasian logam berat Fe yang signifikan. Kadar Fe yang ada pada tanah umumnya memiliki nilai sebesar 100 ppm (Schulze dkk, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa semua pemberian mikroba dengan carrier molase secara signifikan mampu untuk mereduksi kadar logam berat yang ada dalam tanah gambut.

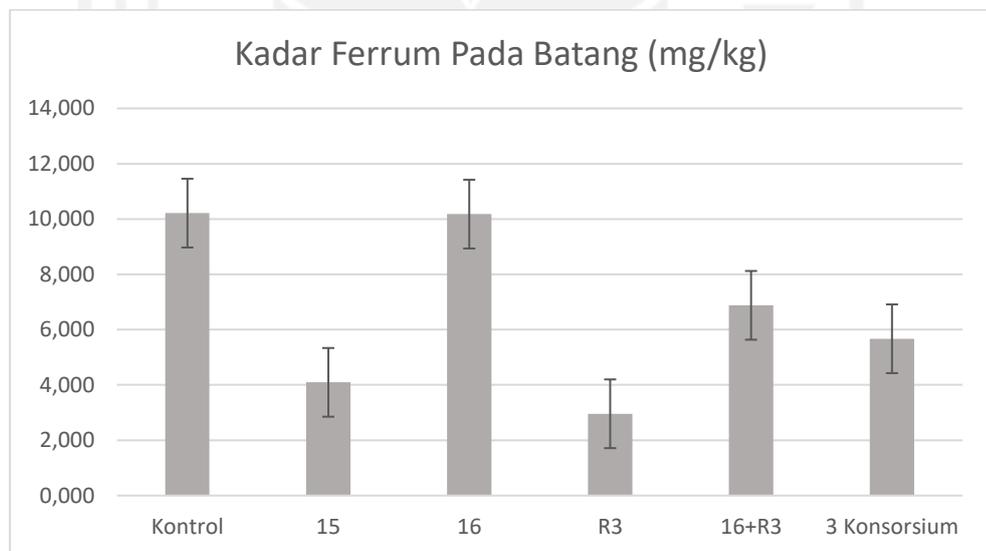


Gambar 4.12 Grafik Konsentrasi Logam Berat Fe Tanah dengan Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

Berdasarkan **Gambar 4.13** dan **Gambar 4.14**, dapat dilihat bahwa kadar Fe yang ada pada tanaman kayu putih memiliki kandungan yang tergolong rendah, nilai tertinggi kadar Fe pada akar ada pada perlakuan mikroba 16, yakni sebesar 36,929 mg/kg. Dibandingkan dengan kontrol yang memiliki kadar Fe sebesar 15,771 mg/kg, sebagian besar perlakuan berhasil mereduksi kadar Fe yang ada pada jaringan akar tanaman uji. Hasil lebih baik terjadi pada penyerapan kadar Fe pada batang tanaman, dimana nilai kontrol batang yang memiliki nilai sebesar 10,213 mg/kg adalah nilai tertinggi, hal ini berarti bahwa penyerapan kandungan Fe pada jaringan tanaman batang memberikan respon yang baik, khususnya perlakuan mikroba R3, yang memiliki kandungan Fe sebesar 2,957 mg/kg. Konsentrasi logam berat Fe yang lebih besar pada jaringan akar dibanding jaringan batang tanaman merupakan gejala yang terjadi dikarenakan jaringan batang yang tidak dapat melakukan penyerapan dengan baik (Effendi, 2017).



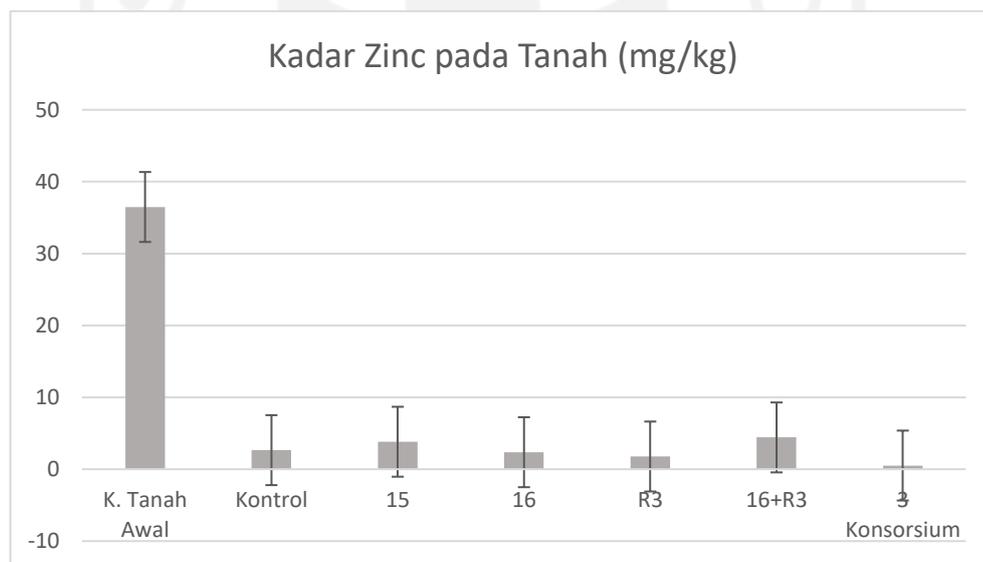
Gambar 4. 13 Grafik Konsentrasi Logam Berat Fe Akar Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase



Gambar 4. 14 Grafik Konsentrasi Logam Berat Fe Batang Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

4.4.2 Penyerapan Logam Zinc (Zn)

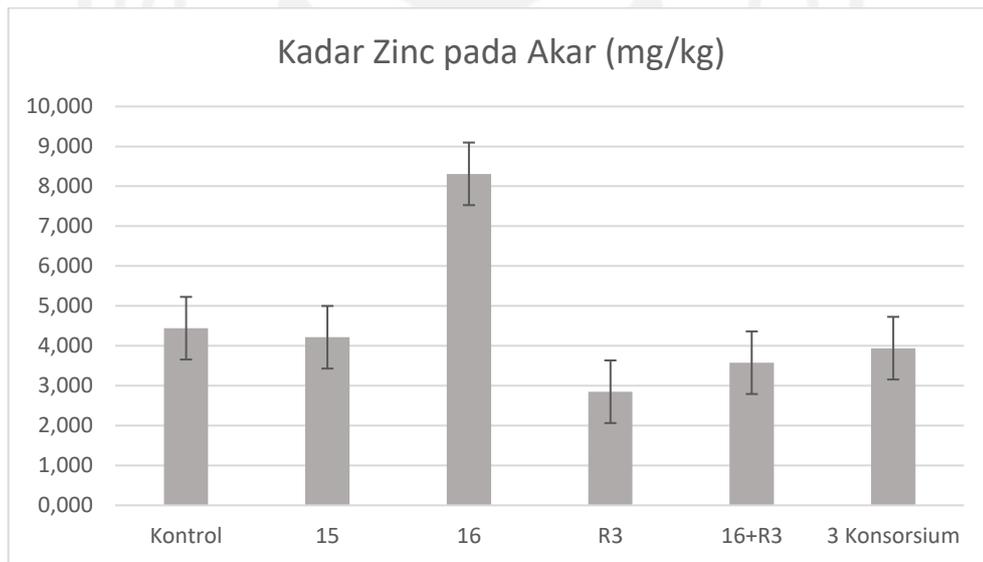
Berdasarkan **Gambar 4.15** grafik konsentrasi logam berat Zn pada tanah, dapat dilihat bahwa kadar Zn memiliki nilai yang bervariasi, pada perlakuan 3 konsorsium nilai kadar Zn pada tanah adalah yang terendah yakni sebesar 0,510 mg/kg. Namun pada perlakuan lain, jika dibandingkan dengan nilai kadar Zn tanaman kontrol yang sebesar 2,654 mg/kg, ada beberapa perlakuan yang mengalami kenaikan konsentrasi zinc pada tanah, dengan perlakuan mikroba 16+R3 yang paling tinggi yakni sebesar 4,421 mg/kg. Selanjutnya jika konsentrasi logam berat Zn perlakuan dibandingkan dengan karakteristik tanah awal, maka dapat dilihat bahwa terjadi penyerapan logam berat Zn yang signifikan, yang artinya perlakuan mikroba dengan carrier molase mampu untuk mendegradasi kandungan logam berat Zn.



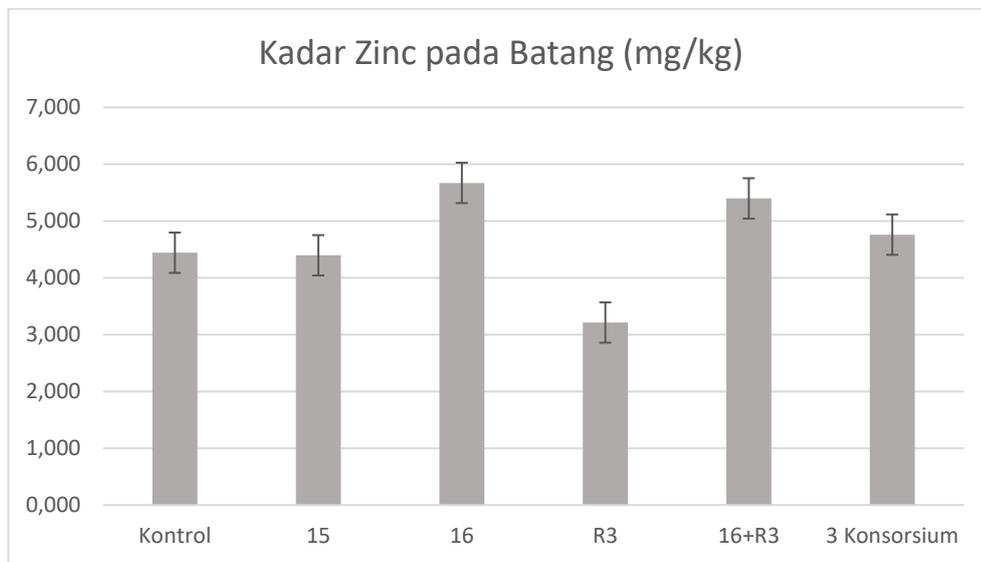
Gambar 4. 15 Grafik Konsentrasi Logam Berat Zn Tanah dengan Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

Untuk analisis konsentrasi logam berat Zn pada akar dan batang tanaman yang dapat dilihat pada **Gambar 4.16** dan **Gambar 4.17**, kadar Zn pada akar sebagian besar perlakuan mikroba mampu mereduksi konsentrasi logam berat Zn dimana konsentrasi terendah ada pada perlakuan R3 yakni sebesar 2,848 mg/kg,

peningkatan kadar Zn hanya terjadi pada konsentrasi 16 yang memiliki nilai sebesar 8,311 mg/kg dimana nilai konsentrasi jaringan akar tanpa perlakuan hanya sebesar 4,442 mg/kg. Selanjutnya pada jaringan batang, nilai konsentrasi Zn yang dihasilkan sebagian besar mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan jaringan batang kontrol yang memiliki kadar sebesar 4,442 mg/kg. Kadar tertinggi pada jaringan batang ada pada perlakuan 16, yakni sebesar 5,671. Konsentrasi logam berat Zn pada jaringan batang lebih besar dibanding pada jaringan akar, hal ini terjadi karena adanya gangguan dalam penyerapan, sehingga kandungan Zn yang ada pada akar tidak bisa di transport secara menyeluruh. Pengaplikasian mikroba dengan carrier molase dapat dikatakan efektif karena kadar yang dihasilkan dari perlakuan mikroba tiap tanaman uji masih menunjukkan nilai dibawah baku mutu yaitu 100 ppm (Suhariyono, 2005).



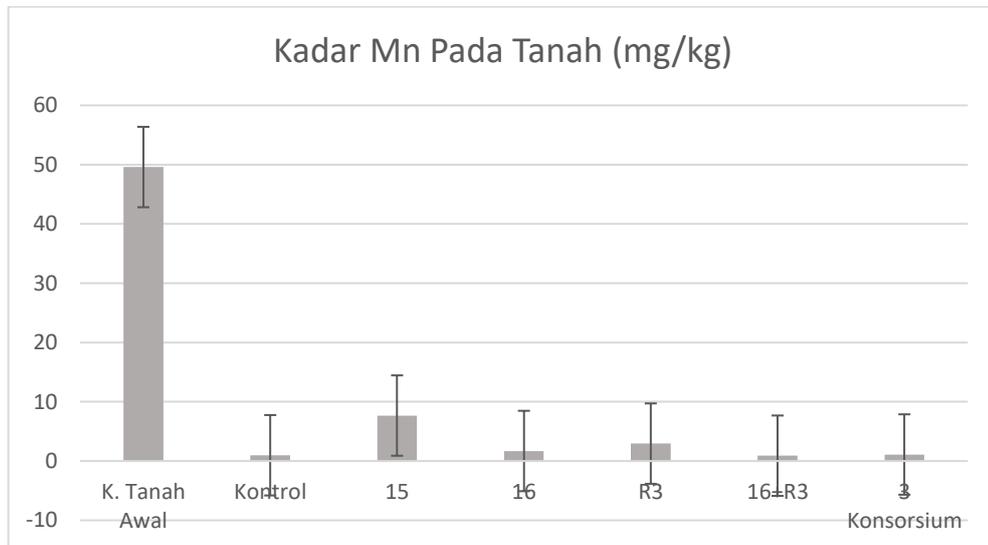
Gambar 4. 16 Grafik Konsentrasi Logam Berat Zn Akar Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase



Gambar 4. 17 Grafik Konsentrasi Logam Berat Zn Batang Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

4.4.3 Penyerapan Logam Mangan (Mn)

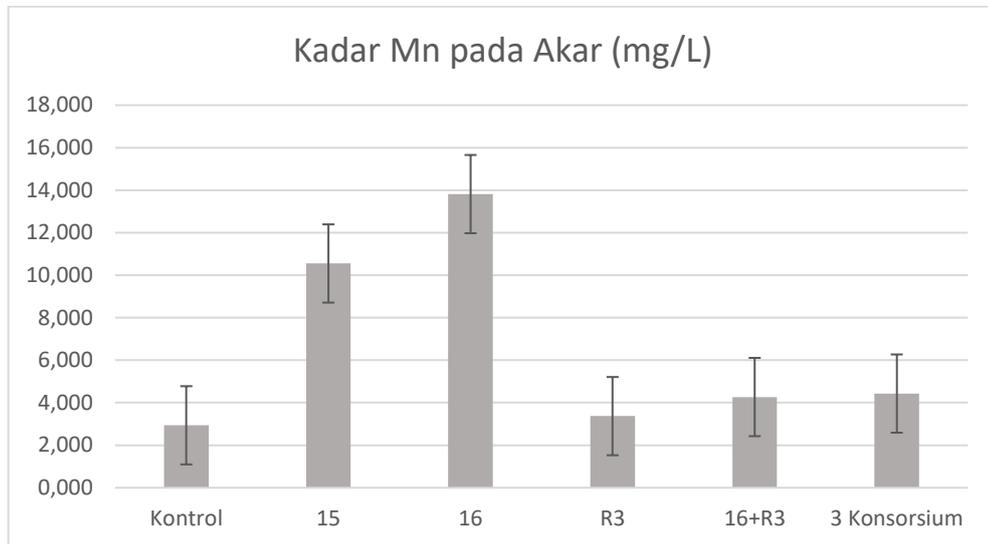
Selain Fe dan Zn, Mn juga merupakan salah satu unsur logam berat yang sering ditemukan di dalam tanah dan pada jaringan tanaman. Dari analisis data **Gambar 4.18** dapat dilihat bahwa kadar logam Mn pada sebagian besar perlakuan mengalami peningkatan dibandingkan dengan tanah kontrol, perlakuan mikroba 15 memiliki nilai Mn tertinggi yakni sebesar 7,676 mg/kg, terkecuali pada perlakuan mikroba 16+R3 yang mengalami pengurangan konsentrasi Mn dari nilai tanah kontrol yakni sebesar 0,904 mg/kg. Sedangkan Jika tanah uji dibandingkan dengan karakteristik tanah awal gambut yang bernilai sebesar 49,6 mg/kg, maka dapat dilihat bahwa terjadi pendegredasian logam berat Mn yang signifikan. Konsentrasi batas logam berat Mn pada tanah berkisar pada rentang nilai 20-3000 ppm (Seran, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar perlakuan dengan pemberian mikroba dengan carrier molase meningkatkan nilai kadar logam berat Mn yang ada dalam tanah gambut, tetapi kadar tersebut masih dibawah rentang standar kandungan Mn pada tanah.



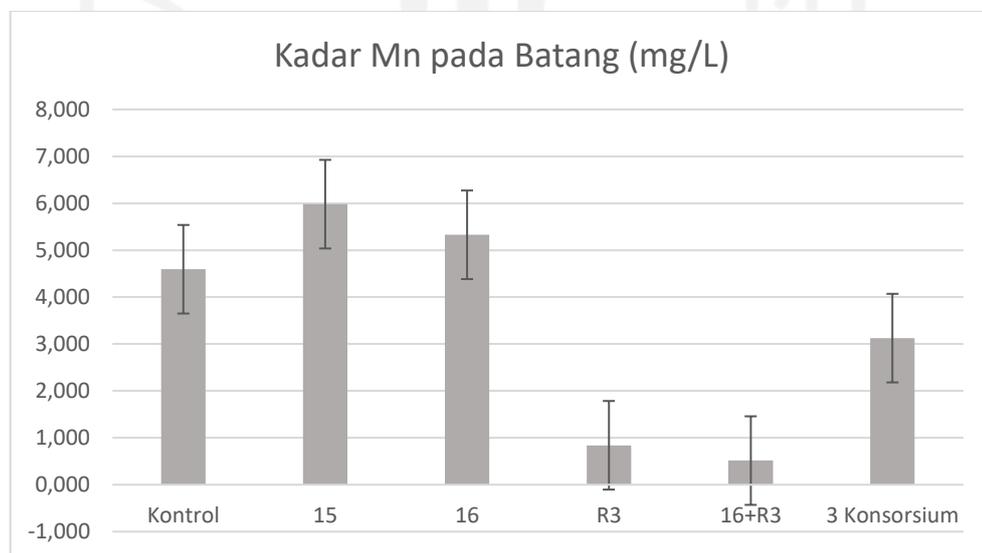
Gambar 4.18 Grafik Konsentrasi Logam Berat Mn Tanah dengan Tanaman *Melaleuca leucadendra* Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), *Enterobakter* (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

Berdasarkan **Gambar 4.19** dan **Gambar 4.20**, dapat dilihat bahwa kadar Mn yang ada pada jaringan tanaman memiliki kandungan yang sangat rendah, kadar Mn yang memiliki nilai tertinggi ada pada perlakuan mikroba 16 jaringan akar, yakni sebesar 13,814 mg/kg. Dibandingkan dengan kontrol yang memiliki kadar Mn sebesar 2,938 mg/kg, semua perlakuan mengalami peningkatan kadar Mn yang ada pada jaringan akar tanaman uji, yang artinya mikroba dengan carrier molase tidak memberikan pengaruh degradasi terhadap kadar Mn pada jaringan akar. Kemudian pada penyerapan kadar Mn pada batang tanaman, konsentrasi kontrol jaringan batang memiliki nilai sebesar 4,594 mg/kg. Untuk perlakuan yang memiliki nilai tertinggi ditunjukkan pada perlakuan mikroba 15, yakni sebesar 5,981 mg/kg, diikuti perlakuan mikroba sebesar 5,329 mg/kg. Sedangkan pada perlakuan yang lain, konsentrasi Mn mengalami pengurangan dengan nilai terendah ada pada perlakuan 16+R3, yakni sebesar 0,515 mg/kg. hal ini berarti bahwa perlakuan mikroba dengan carrier molase pada sebagian besar jaringan tanaman batang mampu untuk mereduksi kadar Mn yang ada pada tanaman, tetapi secara keseluruhan konsentrasi Mn baik itu pada akar maupun pada tanaman tidak berada di bawah rentang konsentrasi normal Mn dalam jaringan tanaman, yang

dimana berkisar antara 50 hingga 200 ppm, dan akan mengalami gejala keracunan jika melebihi konsentrasi 400 ppm (Seran, 2017).



Gambar 4. 19 Grafik Konsentrasi Logam Berat Mn Akar Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase



Gambar 4. 20 Grafik Konsentrasi Logam Berat Mn Batang Tanaman Melaleuca leucadendra Perlakuan Mikroba Pelarut Fosfat Terseleksi (15 dan 16), Enterobakter (R3), 2 Konsorsium dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Molase

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengaplikasian *carrier* molase sebagai media mikroorganisme pada media tanah gambut efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman *Melaleuca leucadendra* khususnya mikroba 16+R3.
2. Pengaplikasian mikroba dengan *carrier* molase pada sampel efektif dalam melakukan penyerapan konsentrasi logam berat Fe; Mn; dan Zn, mampu meningkatkan nutrisi Fosfat dan Kalium dalam tanah dan jaringan tanaman, serta dapat menaikkan pH aktual menjadi 5,1 dan pH potensial menjadi 3,7.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian ini agar hasil yang didapatkan lebih optimal adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian karakteristik awal tiap-tiap parameter yang diteliti sehingga semua hasil analisis memiliki data pembanding.
2. Melakukan analisis lebih lanjut sampai akhirnya dapat diaplikasikan langsung guna meningkatkan produktivitas lahan gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan I.G.M. Subiksa., 2008. **Tanah Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan**. Balai Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian.
- Arisanty, D., 2014. **Karakteristik Tanah Gambut di Delta Barito, Kalimantan**. 3. 1. 1-8.
- Barchia, M.F., 2006. **Gambut, Agroekosistem dan Transformasi Karbon**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Eifendy, M., Eldini, E., & Irdawati, I., 2013. **Pengaruh Pemanfaatan Molase Terhadap Jumlah Mikroba dan Ketebalan Nata Pada Teh Kombucha**. Universitas Lampung.
- Fahmi, A., B. Radjagukguk, dan B.H. Purwanto., 2014. **Interaction of Peat Soil and Sulphidic Material Substratum: Role of Peat Layer and Groundwater Level Fluctuations on Phosphorus Concentration**. 19. 3. 161-169.
- Harsono, A., Husein, E., Suchayono, D., & Muzaiyanah, S., 2017. **Pupuk Hayati untuk Mendukung Pengembangan Produksi Kedelai di Tanah Masam**. Malang: Balitkabi. Litbang.
- Herman, H., 2020. **Upaya Konservasi dan Rehabilitasi Lahan Gambut Melalui Pengembangan Industri Perkebunan Sagu**. Lambung Mangkurat University Press.
- Istina, I. N., Nurhayati, N., & Jakoni, J., 2019. **Sumbangan Mikroba Pelarut Fosfat Indegenus Terhadap Peningkatan Produktivitas Lahan Pertanian Di Provinsi Riau**. *Dinamika Pertanian*. 35. 3. 27-34.
- Karnataka., 2007. **Enhanced Survival and Performance of Phosphate Solubilizing Bacterium in Maize Through Carrier Enrichment**. *Journal Agricultural Science*. 20. 1. 170-172.
- Kusmiati, Swasono R. Tamat, Eddy, J, dan Ria, I., 2007. **Produksi Glukan dari Dua Galu Agrobacterium sp. Pada Media Mengandung Kombinasi**

Molase dan Urasil. Biodiversitas. 8. 1.

- Larangahen, A., Bagau, B., Imbar, M. R., & Liwe, H., 2016. **Pengaruh Penambahan Molases Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Silase Kulit Pisang Sepatu (*Mussa Paradisiaca Formatypica*).** ZOOTECH. 37. 1. 156-166.
- Muske, D.N., Gahukar, S.J., Akhare, A.A. and Deshmukh, S.S., 2016. **Phytoremediation: an environmentally sound technology for pollution prevention, control and remediation.** Advances in Life Sciences, 5(7), pp.2501-2509.
- Nainggolan, J., 2009. **Kajian Pertumbuhan Bakteri *Acetobacter* sp. Dalam Kombucha-Rosela Merah (*Hibiscus Sabdariffa*) Pada Kadar Gula dan Lama Fermentasi Yang Berbeda.** Tesis. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Nautiyal, C. S., & Dion, P., 2008. **Molecular Mechanisms of Plant and Microbe Coexistence.** Berlin: Springer. 15. 3-15.
- Punjungsari, T. N., 2017. **Pengaruh Molase Terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Mereduksi Sulfat (SO_4^{2-}).** VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian. 11. 2. 39-49.
- Rohim, A., 2014. **Pengaruh Perbedaan Penambahan Kadar Molase Rebus pada Medium Gula Terhadap Biomassa Sel Khamir Laut.** Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya: Malang.
- Sadono, R., Soeprijadi, D., & Wirabuana, P. Y. A. P., 2019. **Effect of Chemical Soil Properties on The Growth of Cajuput (*Melaleuca Leucadendron* (L.) Linnaeus) Stand.** Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea. 8. 1. 1-7.
- Sopiah, N., Mulyono, M., & Sulistia, S., 2011. **Kajian Potensi Biosurfaktan Isolat Bakteri Terseleksi Untuk Dimanfaatkan Dalam Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi.** Ecolab. 5. 1. 28-34.
- Suarjana, I., Ketut, G., Besung, I. N. K., & Hapsari Mahatmi, K. T. P., 2017. **Modul Isolasi dan Identifikasi Bakteri.** Bali: Universita Udayana.
- Sukria, H.A. dan R. Krisnan, 2009. **Sumber dan Ketersediaan Bahan Baku Pakan di Indonesia.** IPB Press. Bogor.

- Supardi, A., 2021. **Tumbuh Subur di Indonesia, Inilah Pohon Penghasil Minyak Kayu Putih.** <https://www.mongabay.co.id/2021/09/30/tumbuh-subur-di-indonesia-inilah-pohon-penghasil-minyak-kayu-putih/> (28 Mei 2022).
- Tata, H. L., & Pradjadinata, S., 2015. **Native Species for Degraded Peat Swamp Forest Rehabilitation.** Jurnal Silvikultur Tropika. 7. 580-582.
- Tyas, I. N., 2008. **Pemanfaatan Kulit Pisang Sebagai Bahan Pembawa Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat.** Universitas Sebelas Maret.
- Vyas, R. V., Panpatte, D. G., Jhala, Y. K., & Shelat, H. N., 2017. **Wonders of Microbes in Agriculture for Productivity and Sustainability.** Microorganisms for Green Revolution. 1-23.
- Wiratmoko, D. Winarna, S. Rahutomo, dan H. Santoso, 2008. **Karakteristik Gambut Topogen dan Ombrogen di Kabupaten Labuhan Batu Sumatera Utara untuk Budidaya Tanaman Kelapa Sawit.** Jurnal Penelitian Kelapa Sawit. 16. 3. 119-126.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar desain perlakuan mikroba dengan carrier molase pada tanaman *Melaleuca leucadendra*



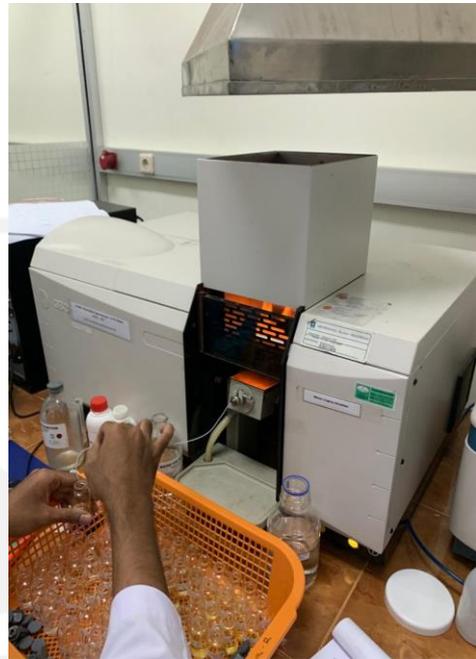
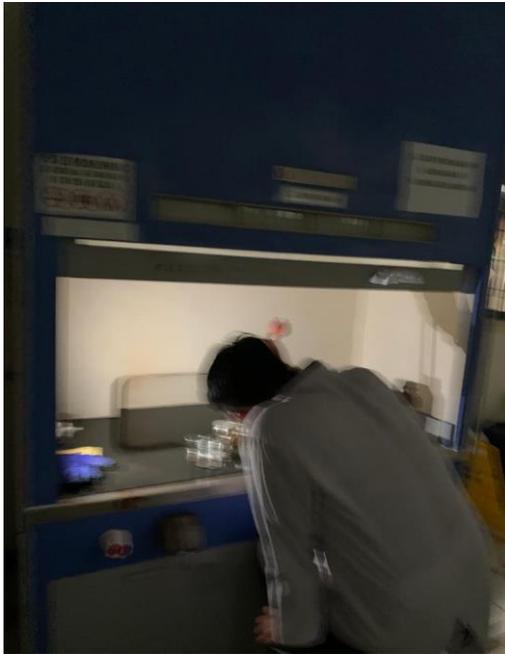


Lampiran 2 Dokumentasi Perawatan dan Pemanenan Tanaman





Lampiran 3 Dokumentasi Laboratorium



Lampiran 4 Riwayat Hidup

RIWAYAT HIDUP

Reynaldi Dwiki Saputra dengan panggilan Rey lahir di Kota Semarang, 18 November 1999. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Muchamad Isnuzulianto dan Winarti serta memiliki Saudara yaitu Radhitya Ade Saputra. Jenjang pendidikan dari penulis yaitu SD Negeri Ngadirgo 03, SMP Negeri 18 Semarang, dan SMA Negeri 1 Semarang.

Penulis diterima di Universitas Islam Indonesia (UII) melalui jalur *Computer Based Test* (CBT) sebagai mahasiswa Teknik Lingkungan pada tahun 2018. Selama menempuh pendidikan, penulis aktif dalam kegiatan non akademik seperti kepanitiaan, organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL), dan Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (DPM FTSP). Pada Oktober 2021, penulis berkesempatan untuk belajar dan ikut serta dalam penelitian yang digagaskan oleh Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca dan Laboratorium Kualitas Lingkungan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.