

TA/TL/2022/1549

TUGAS AKHIR
POTENSI *CARRIER* KOMPOS SEBAGAI MEDIA
MIKROBA DALAM MENINGKATKAN
PRODUKTIVITAS TANAH GAMBUT

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



DEVY FATIMA RUSLI
18513088

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022

TUGAS AKHIR
**POTENSI *CARRIER* KOMPOS SEBAGAI MEDIA
MIKROBA DALAM MENINGKATKAN
PRODUKTIVITAS TANAH GAMBUT**

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



DEVY FATIMA RUSLI
18513088

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D
NIK. 18513041
Tanggal: 20 Desember 2022

Annisa Nur L, S.Si., M.Biotech, Ph.D.
NIK. 155130505
Tanggal: 20 Desember 2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Dr. Eng. Awaluddin Nurmivanto, S.T., M.Eng.
NIK. 095130403
Tanggal: 22 Desember 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**POTENSI *CARRIER* KOMPOS SEBAGAI MEDIA
MIKROBA DALAM MENINGKATKAN
PRODUKTIVITAS TANAH GAMBUT**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa
Tanggal : 20 Desember 2022

Disusun Oleh:

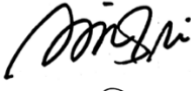
**DEVY FATIMA RUSLI
18513088**

Tim Penguji :

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD

()

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, 22 Desember 2022



Devy Fatima Rusli

NIM: 18513088

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PRAKATA

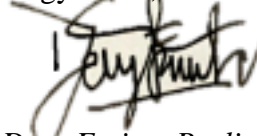
Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan dengan judul **“Potensi *Carrier* Kompos Sebagai Media Mikroba Dalam Meningkatkan Produktivitas Tanah Gambut”** .

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, yang karena berkat nikmat sehat, kekuatan, dan anugerahNya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas ini.
2. Keluarga penulis terutama orang tua, kakak, dan adik penulis yang selalu memberikan dukungan secara moril dan materil mulai dari perencanaan dan pelaksanaan penelitian hingga pada penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Dewi Wulandari S.Hut., M.Agr., Ph.D. sebagai dosen pembimbing I atas bimbingan dan arahan mulai dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan dan memberi semangat dalam mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
4. Ibu Annisa Nur L, S.Si.,M.Biotech, Ph.D. Sebagai dosen pembimbing II atas bimbingan dan arahan mulai dari dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Ibu Noviani Ima Wantoputri. S.T., M.T. Sebagai Penguji, yang telah memberikan bimbingan dan masukan terhadap laporan 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. Teman-teman yang turut membantu dalam penelitian ini, team gabut alias gambut yang selalu mengingatkan deadline, berbagi informasi, serta memacu semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman “Butterfly Squad” (Tyas, Anin dan Tiwi) yang selalu memberi dukungan, baik itu secara mental maupun material.
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, 22 Desember 2022



Devy Fatima Rusli

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



ABSTRAK

DEVY FATIMA RUSLI. Potensi *Carrier* Kompos Sebagai Media Mikroba Dalam Meningkatkan Produktivitas Tanah Gambut. Dibimbing oleh Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD dan Annisa Nur Lathifah, S.Si.,M.Biotech, Ph.D.

Luasnya lahan gambut di Indonesia seiring dengan meningkatnya populasi jiwa mengharuskan adanya tindakan untuk memanfaatkan lahan yang tersedia. Tanah gambut dengan karakteristiknya yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation) yang tinggi namun kekuatannya dalam menjerap lemah, pH yang rendah dan nilai KB (Kejenuhan Basa) yang rendah ini mengharuskan adanya alternatif agar dapat meningkatkan produktivitasnya. Untuk meningkatkan produktivitasnya, dapat dilakukan dengan menambahkan mikroorganisme pembenah serta bahan organik seperti kompos sebagai media mikroba. Penelitian ini dilakukan dalam skala rumah kaca bertujuan untuk mengetahui potensi *carrier* kompos sebagai media mikroba dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut baik dari aspek pertumbuhan (tinggi dan diameter), biomassa, kadar nutrisi, nilai pH serta kadar logam (Fe, Mn, dan Zn). Metode yang digunakan adalah pendekatan *standard error* (Se) dan *Analysis Of Variance* (ANOVA) *One-Way* pada pertumbuhan dan biomassa jaringan tanaman. Didapatkan hasil bahwa Aplikasi *carrier* kompos sebagai media mikroba dapat meningkatkan pH (H₂O) menjadi 5,4 dan pH (KCL) menjadi 3,90, dapat menyediakan nutrisi *Phosphate* dan *Potassium* pada jaringan batang hingga 1.080 mg/Kg dan 17.021 mg/Kg dan dapat memberikan respon baik dalam menyerap logam (Fe) dengan menggunakan mikroba pelarut fosfat pada tanaman *Melaleuca leucadendra* hingga ke jaringan tumbuhan.

Kata kunci: Bakteri pelarut fosfat, Kompos, *Melaleuca leucadendra*, Tanah gambut

ABSTRACT

DEVY FATIMA RUSLI. *Potential of Compost Carrier As Microbial Media in Increasing Peat Soil Productivity. Supervised by Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD and Annisa Nur Lathifa, S.Si.,M.Biotech, Ph.D.*

The extent of peatlands in Indonesia along with the increasing population of people requires action to take advantage of the available land. Peat soil with its characteristics that have high organic matter content and high CEC (Cation Exchange Capacity) value but weak adsorption strength, low pH and low KB (Base Saturation) value requires alternatives to increase productivity. Increasing productivity, it can be done by adding repairing microorganisms and organic materials such as compost as microbial media. This research was conducted on a greenhouse to know the potential of carrier compost as a microbial medium in increasing the productivity of peat soil in terms of growth (height and diameter), biomass, nutrient content, pH value and metal content (Fe, Mn, and Zn). The method used is the standard error (Se) approach and a One-Way Analysis of Variance (ANOVA) on plant tissue growth and biomass. It was found that the application of carrier compost as a microbial medium can increase pH (H₂O) to 5.4 and pH (KCL) to 3.90, can provide Phosphate and Potassium nutrients in stem tissue up to 1,080 mg/Kg and 17,021 mg/Kg and can provide a good response in absorbing metal (Fe) by using phosphate solubilizing microbes in Melaleuca Leucadendron plants to plant tissues.

Keywords: *Phosphate solubilizing microbes, Compost, Melaleuca leucadendron, Peat soil*

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	4
DAFTAR GAMBAR.....	6
BAB I.....	8
PENDAHULUAN.....	8
1.1 LATAR BELAKANG.....	8
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	9
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	9
1.4 MANFAAT PENELITIAN.....	9
1.5 RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	10
1.6 KERANGKA BERPIKIR.....	11
BAB II.....	12
TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 GAMBUT DAN PRODUKTIVITASNYA.....	12
2.2 CARRIER KOMPOS.....	12
2.3 MELALEUCA LEUCADENDRA (KAYU PUTIH).....	13
2.4 MIKROORGANISME TERSELEKSI.....	14
2.5 LOGAM (FE, MN, DAN ZN), NUTRISI (P DAN K) DAN PH.....	14
2.6 PENELITIAN TERDAHULU.....	15
BAB III.....	20
METODE PENELITIAN.....	20
3.1 WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN.....	20
3.2 BIOREMEDIASI.....	20
3.3 KARAKTERISTIK TANAH.....	21
3.3 TAHAPAN PENELITIAN.....	22
3.3.1 Persiapan Media Carrier Kompos.....	23
3.3.2 Re-culture Mikroba.....	23
3.3.3 Inokulasi Mikroba Terseleksi ke Media Carrier Kompos.....	24
3.3.4 Penanaman Melaleuca leucadendra (Kayu Putih).....	26
3.3.5 Inokulasi Media Carrier Kompos ke Tanaman.....	26
3.3.6 Penyiraman dan Pengukuran Pertumbuhan Melaleuca leucadendra (Kayu Putih).....	27
3.3.7 Proses Panen dan Pengambilan Sampel.....	28
3.3.8 Analisa Logam (Fe, Mn dan Zn), pH dan Nutrisi (Fosfat dan Kalium) dalam Jaringan Tanaman dan Tanah.....	28
3.4 PROSEDUR ANALISA DATA.....	29
3.5 ANALISIS STATISTIK.....	29
BAB IV.....	30
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30

4.1 HASIL ANALISIS PARAMETER PERTUMBUHAN MELALEUCA LEUCANDENDRA	30
4.1.1 Pengaruh Aplikasi Mikroorganismes Terseleksi dengan Carrier Kompos Pada Tinggi Tanaman Melaleuca leucandendra	30
4.1.2 Pengaruh Aplikasi Mikroorganismes Terseleksi dengan Carrier Kompos Pada Diameter Tanaman Melaleuca leucandendra	31
4.1.3 Pengaruh Aplikasi Mikroorganismes Terseleksi dengan Carrier Kompos Pada Biomassa Tanaman Melaleuca Leucandendra	32
4.2 HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN PH PADA TANAH	34
4.3 HASIL PENGUJIAN PHOSPHATE	36
4.4 HASIL PENGUJIAN KALIUM	37
4.5 HASIL PENGUJIAN LOGAM FE, MN DAN ZN.....	39
4.5.1 Pengaruh Aplikasi Mikroorganismes Terseleksi Dengan Carrier Kompos Pada Serapan Ferrum (Fe)	39
4.5.2 Pengaruh Aplikasi Mikroorganismes Terseleksi Dengan Carrier Kompos Pada Serapan Mangan (Mn)	41
4.5.3 Pengaruh Aplikasi Mikroorganismes Terseleksi Dengan Carrier Kompos Pada Serapan Zinc (Zn)	42
BAB V.....	44
SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 SIMPULAN	44
5.2 SARAN.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	52



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Penelitian Terdahulu	15
Tabel 3. 1 Karakteristik Awal Tanah Gambut	21
Tabel 3. 2 Variable perlakuan mikroba.....	25
Tabel 3. 3 Populasi mikroba yang akan diinokulasikan per 1mL	26
Tabel 3. 4 Populasi mikroba yang akan diinokulasikan per 1 gram	26
Tabel 3. 5 Perlakuan yang diuji	28





DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Persiapan Media carrier Kompos.....	23
Gambar 3. 3 Diagram Alir Reculture Mikroba	24
Gambar 3. 4 Diagram Alir Inokulasi Mikroba ke carrier Kompos.....	25
Gambar 3. 5 Diagram Alir Inokulasi Media carrier Kompos ke Tanaman.....	27
Gambar 4. 1 Grafik Rerata Pertambahan Tinggi Tanaman Melaleuca leucandendra Terhadap Penambahan Mikroorganisme Terseleksi dengan Carrier Kompos	30
Gambar 4. 2 Grafik Rerata Pertambahan Diameter Tanaman Melaleuca leucandendra Terhadap Penambahan Mikroorganisme Terseleksi dengan Carrier Kompos	31
Gambar 4. 3 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Tanaman Melaleuca leucandendra	32
Gambar 4. 4 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Tanaman Melaleuca leucandendra	34
Gambar 4. 5 Grafik Rerata pH H ₂ O dan KCL Pada Tanah.....	35
Gambar 4. 6 Grafik Kadar Fosfat di Tanah dan Jaringan Tanaman	36
Gambar 4. 7 Grafik Kadar Kalium Pada Tanah dan Jaringan Tanaman.....	38
Gambar 4. 8 Grafik Kadar Besi (Fe) pada Tanah dan Jaringan Tanaman	40
Gambar 4. 9 Grafik Kadar Mangan (Mn) pada Tanah dan Jaringan Tumbuhan ..	41
Gambar 4. 10 Grafik Kadar Seng (Zn) pada Tanah dan Jaringan Tanaman	43



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gambut merupakan *material* organik yang terbentuk secara alami dari sisa – sisa tumbuhan yang terdekomposisi tidak sempurna dan terakumulasi pada rawa (PPRI, 2014). Di Indonesia, luas lahan gambut mencapai 13,4 – 14,9 Mha, dimana daerah tersebut mencakup daerah di Sumatera (5,84 Mha), Kalimantan (4,54 Mha), Papua (3,01 Mha) dan Sulawesi (0,03 Mha) (Yuwati et al, 2021). Karakteristik umum dari lahan gambut dicirikan dengan kandungan bahan organik yang tinggi, pH yang rendah, nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation) yang tinggi dan nilai KB (Kejenuhan Basa) yang rendah serta sifat kering yang tidak dapat balik (*irreversible*) maka gambut mempunyai potensi yang tinggi untuk kebakaran (Daryono, 2009). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelolaan yang sesuai agar kelestariannya tetap terjaga.

Rendahnya produktivitas tanah gambut dikarenakan tanah gambut dari proses pembentukan alaminya memiliki tingkat kesuburan yang rendah karena mengandung asam-asam organik yang tinggi. Unsur hara diikat oleh tangan-tangan aktif dari tanah gambut yang berasal dari gugus *Karboksilat* dan *Fenolat*. Namun, lahan gambut berpotensi untuk ditingkatkan produktivitasnya. Tanah gambut memiliki berat isi yang rendah yaitu berkisar antara 0,05 - 0,3 g/cm³, sehingga tanah gambut memiliki tingkat kesuburan yang rendah karena sedikitnya unsur hara yang tersedia per satuan volume yang sama bila dibandingkan dengan tanah mineral. Tanah gambut juga termasuk masam hingga sangat masam, dan memiliki kandungan hara makro N, P, K yang tersedia bagi tanaman yang juga rendah. Tingkat kejenuhan basa yang rendah, dan KTK yang sangat tinggi menyebabkan kapasitas jerapan gambut tinggi tetapi kekuatannya dalam menyerap lemah sehingga K, Ca, Mg, dan Na menjadi mudah tercuci. Peningkatan daya dukung tanah gambut di bidang pertanian dapat dilakukan dengan melakukan upaya peningkatan kesuburan tanah yaitu pemupukan (Salma et al, 2009). Disamping itu, terdapat juga unsur hara mikro (Fe, Mn, Zn) yang rendah dan akan meningkat jika terjadi kebakaran (Fathikasari, 2022).

Pupuk hayati (kompos) adalah substansi yang mengandung mikroorganisme hidup yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Pupuk hayati berperan dalam mempengaruhi ketersediaan unsur hara makro dan mikro, efisiensi hara, kinerja sistem enzim, meningkatkan metabolisme tanaman, pertumbuhan tanaman, dan hasil tanaman (Vessey, 2003). Oleh sebab itu, kompos dapat dijadikan media *carrier*. Misalnya pada mikroorganisme *Azotobakter* dimana bakteri ini dapat menambat unsur N bebas yang ada di udara sehingga berdampak baik bagi kesuburan tanah (Rhino et al, 2017). Dalam penelitian ini, jenis tanaman yang dimaksudkan adalah *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih) dan mikroorganisme yang digunakan adalah bakteri terseleksi dari lahan terdegradasi. Kayu Putih termasuk kategori *Fast Growing Species* (FGS) yang dapat digunakan untuk mempercepat proses suksesi pada lahan kritis seperti kawasan karst serta restorasi ekosistem gambut (Tata dan Pradjanita, 2015).

Pada penelitian sebelumnya, telah terbukti bahwa fungi dan bakteri endofit dapat berpengaruh terhadap restorasi lahan gambut dibuktikan dengan

pertumbuhan tinggi dan diameter dari tanaman Kayu Putih dan dapat menaikkan pH tanah yang semula 5,4 menjadi 6,7-7 (Soulтан, 2020). Namun disamping itu, pemberian perlakuan kombinasi media pembawa bakteri pelarut *Fosfat* dijelaskan pada penelitian sebelumnya tidak memberikan pengaruh pada parameter tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, panjang akar, berat kering dan berat basah tanaman kecuali parameter jumlah bunga (Firdausi et al, 2016). Oleh sebab itu, penelitian mengenai *carrier* kompos sebagai media mikroba dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut masih minim dan perlu dilakukan penelitian tambahan. Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya maupun diaplikasikan langsung di lapangan. Penelitian ini memiliki keterbatasan yang mana dilakukan dalam skala rumah kaca dan hanya mengukur potensi *carrier* kompos sebagai media mikroba dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut. Disamping itu, dianalisa juga kemampuan bakteri terseleksi dalam menyerap kandungan logam di tanah gambut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh *carrier* kompos sebagai media mikroba dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut?
2. Bagaimana pengaruh *carrier* kompos sebagai media mikroba dalam mereduksi logam berat, nutrisi dan pH pada tanah gambut?

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan rumusan masalah yang ada, tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini yaitu:

1. Menguji pengaruh *carrier* kompos sebagai media mikroba terhadap *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih) dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut.
2. Menguji pengaruh *carrier* kompos sebagai media mikroba dalam mereduksi logam berat, nutrisi dan pH pada tanah gambut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dengan dilakukannya penelitian ini yakni:

1. Memberikan informasi mengenai potensi *carrier* kompos sebagai media mikroba dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut.
2. Menjadi bahan acuan dalam melakukan remediasi tanah gambut maupun menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

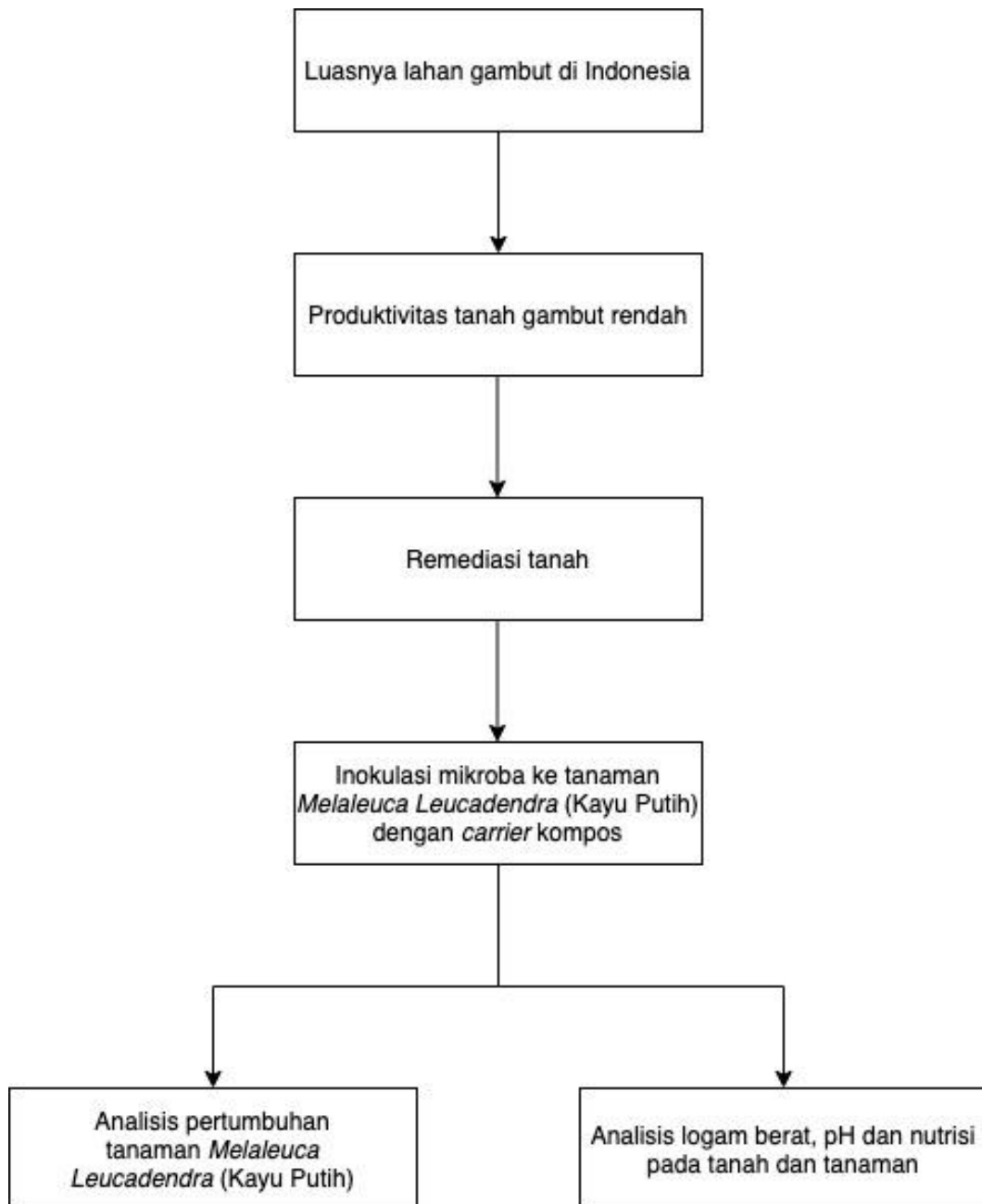
1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan pembahasan diatas, maka yang menjadi ruang lingkup dari penelitian ini yakni:

1. Kultur dan inokulasi bakteri terseleksi dilakukan di laboratorium dan rumah kaca pribadi dosen pembimbing.
2. Penggunaan *carrier* kompos sebagai media pembawa bakteri terseleksi.
3. Pengujian serapan logam, nutrisi dan pH pada tanah gambut dan jaringan tumbuhan Kayu Putih di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
4. Jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Melaleuca Leucadendra* (Kayu Putih).
5. Bakteri yang diinokulasi merupakan bakteri terseleksi dari lahan terdegradasi.
6. Penelitian, pengamatan dan pelaksanaan dilakukan dalam skala rumah kaca.

1.6 Kerangka Berpikir

Berikut merupakan kerangka berpikir dari penelitian yang dirangkum dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 1. 1 Diagram Alir Kerangka Berpikir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambut dan Produktivitasnya

Lahan gambut tropis di Indonesia memiliki luas 13,43 juta ha yang tersebar di empat pulau utama yaitu Sumatera, Kalimantan, Papua dan Sulawesi. Lahan gambut memiliki peran penting sebagai fungsi ekologi dan fungsi produksi. Fungsi ekologis yaitu sebagai penyimpanan *Karbon*, pengatur pengelolaan air atau fungsi hidrologi dan tempat keanekaragaman hayati termasuk populasi langka. Disamping itu, memiliki fungsi produksi yang berkaitan dengan kapasitasnya untuk menghasilkan barang dan jasa, baik hasil hutan kayu dan bukan kayu, yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia sehingga dapat menjadi sumber penghidupan bagi masyarakat lokal yang tinggal di kawasan gambut (Purnamayani et al, 2021).

Pemerintah telah berusaha untuk memulihkan fungsi lahan atau melakukan kegiatan restorasi dan rehabilitasi ekosistem gambut melalui Badan Restorasi Gambut (BRG). Beberapa upaya restorasi dan rehabilitasi lahan gambut dengan menerapkan *Paludikultur* dan *Agroforestri*. *Paludikultur* adalah teknik adaptasi terhadap jenis tumbuhan, khususnya tumbuhan lokal yang sesuai dengan kondisi lingkungan atau ekosistemnya lahan gambut, seperti Sagu, Meranti, Pinang, Jelutung dan lain-lain (Ariyanto et al, 2019). Meskipun beberapa spesies lahan kering, termasuk beberapa tanaman hortikultura, dapat tumbuh di lahan gambut di beberapa wilayah, mereka tidak dapat mengembalikan gambut ke kondisi ideal dalam jangka panjang karena oksidasi (yaitu, interaksi antara oksigen dan zat lain di lahan gambut yang disebabkan oleh penurunan muka air tanah) dan dampaknya terhadap penurunan muka tanah, sehingga mengakibatkan penurunan bahan organik di lahan gambut (Blackham et al, 2014).

Lahan gambut merupakan lahan yang sangat *fragile* dan produktivitasnya sangat rendah. Kendala sifat fisik gambut yang paling utama adalah sifat kering tidak balik (*irreversible drying*), sehingga gambut tidak dapat berfungsi lagi sebagai koloid organik. Produktivitas lahan gambut yang rendah karena rendahnya kandungan unsur hara makro maupun mikro yang tersedia untuk tanaman, tingkat kemasaman tinggi, serta rendahnya kejenuhan basa. Untuk sifat kimia gambut sendiri, kandungan mineral gambut di Indonesia umumnya kurang dari 5% dan sisanya adalah bahan organik. Sebagai akibat dari tingginya asam organik, maka reaksi tanah pada umumnya masam. Namun karena asam organik adalah asam lemah, maka pH tanah biasanya berkisar antara 4 - 5. pH tanah bisa lebih rendah bila ada lapisan *sulfidic* yang teroksidasi atau gambut yang terbentuk di atas lapisan tanah yang sangat miskin seperti pasir kuarsa. Tanah gambut mengandung hara yang sangat rendah khususnya P dan K, dan basa-basa. Kandungan hara semakin rendah dengan semakin meningkatnya ketebalan gambut (Ratmini, 2012).

2.2 Carrier Kompos

Formulasi mikroba yang berbeda telah dikembangkan menggunakan bahan cair atau padat sebagai pembawa (*carrier*) (Vassilev et al, 2020). Pembawa (*carrier*) dapat berasal dari organik (misalnya, kompos, bubur biogas, tongkol

jagung yang dihancurkan, *biochar*, gambut, dll.) atau anorganik (misalnya, *Zeolit*, *Perlit*, *Lignit*, bedak, dll. Penggunaan *inoculum* bakteri cair memiliki beberapa kekurangan dimana umur simpannya yang pendek dan penanganan yang ceroboh dapat menyebabkan penyebaran sel ke atmosfer atau air tanah. Oleh karena itu, untuk keberhasilan aplikasi *inoculant*, diperlukan bahan tertentu yang disebut pembawa yang berpotensi mendukung pertumbuhan mikroba dan pengiriman ke *rhizosphere* (Zafar et al, 2019).

Dalam pemilihan bahan pembawa hal-hal yang perlu dipertimbangkan diantaranya adalah bahan pembawa harus mudah tersedia, hemat biaya, stabil secara fisik dan kimia, tidak beracun bagi mikroba pemacu pertumbuhan tanaman, dapat terurai secara hayati dan bebas dari polutan, mudah untuk diproses, dan memiliki kapasitas *buffering* yang baik serta kapasitas menahan kelembapan yang tinggi (Pacheco et al, 2017). *Inoculant* bakteri berbasis pembawa (pupuk hayati) sangat efisien karena kemudahan penanganan dan pengawetannya dalam jangka panjang (El-Fattah et al, 2013). Jumlah sel rata-rata dalam pembawa yang memiliki hasil yang memuaskan adalah 107 CFU (unit pembentuk koloni) g⁻¹ pembawa (Sethi dan Adhikary, 2012).

Pupuk hayati didefinisikan sebagai produk biologis yang mengandung organisme hidup untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan meningkatkan kesuburan alami tanah. Pupuk hayati ada dua bentuk, yaitu bentuk padat dan bentuk cair. Pembawa (*carrier*) yang baik untuk bentuk padat harus dengan biaya rendah, tidak beracun, mudah disterilkan, tersedia dalam jumlah yang cukup, penyerapan dan pemeliharaan kelembapan yang baik, bebas dari pembentukan gumpalan dan mudah diproses, cocok untuk perkecambahan biji dan kapasitas buffer pH yang baik (Nhu dan Nuntavun, 2018).

Pupuk hayati dapat diterapkan pada tanah atau *inoculant* benih, untuk beberapa produksi tanaman dan siklus nutrisi (Singh, 2011). Pupuk hayati juga telah diterapkan tidak hanya untuk memperkaya hara makro dan mikro tanah tetapi juga untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan meningkatkan bahan organik tanah dengan melepaskan biodegradasi dan *antibiotic* (Sinha et al, 2010). Disamping itu, manfaat tambahan dari penggunaan pupuk hayati adalah tidak menimbulkan efek samping bagi ekosistem bahkan aplikasi bahan organik yang berkepanjangan (Megali et al, 2014).

2.3 *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih)

Pada ekosistem rawa gambut yang telah terdegradasi, umumnya masih ada jenis yang mampu tumbuh dominan dan potensial untuk dikembangkan sebagai jenis alternatif penghasil kayu, yaitu gelam (*Melaleuca leucadendra*) (Giesen, 2015). Tanaman gelam (*Melaleuca leucadendra*) toleran terhadap kondisi lahan ekstrim seperti keasaman dan salinitas tinggi (Junaidi dan Yunus, 2009). Kayu gelam digunakan untuk perahu, konstruksi bangunan, tiang, jembatan, kayu energi karna memiliki berat jenis 0,85 dimana kayunya merupakan kayu keras kelas awet III dan kelas kuat II (Sudrajat, 2016). Ciri khas dari tanaman ini adalah kulit kayunya yang mengelupas, mudah tumbuh dan mampu beradaptasi pada kondisi tanah yang miskin hara serta berbagai kondisi lingkungan yang beragam.

Tanaman *Melaleuca leucadendra* ditemui tumbuh di hutan rawa maupun pinggiran hutan dengan sungai pada berbagai jenis tanah. Tanaman ini juga

berumur panjang dimana tanaman ini tumbuh cepat walau berada di daerah tergenang air. Perawakan dari pohonnya memiliki tinggi mencapai 40 meter, berakar panjang dan melebar, dan kadang muncul akar *adventive*. Batangnya terbungkus kulit tebal dengan banyak lapisan, namun mudah dibelah sehingga sering dimanfaatkan sebagai kayu bakar dan bahan bangunan. Sementara daunnya, apabila diremas mengeluarkan aroma khas karena mengandung minyak atsiri. Bunganya berada di pucuk-pucuk ranting, berwarna putih. Saat tua, warnanya tampak merah tua keabu-abuan. Untuk buah, bentuknya bulat, berlubang, dan mengandung biji-biji sangat halus dan ringan, di dalamnya (Mongabay.co.id).

2.4 Mikroorganisme Terseleksi

Mikroba fungsional umumnya dikelompokkan berdasarkan peran atau fungsinya. Peran yang utama dari kelompok mikroba tersebut adalah sebagai penyedia unsur hara seperti penambat N₂ dari udara, pelarut P dan hara yang lain. Dari kelompok mikroba tersebut, selain fungsi utamanya sebagai penyedia hara, ada juga yang mempunyai kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, dengan mensintesis berbagai zat pengatur tumbuh (*Fitohormon*), serta kemampuan sebagai pengendali *pathogen* yang berasal dari tanah (Sahwan, 2014). Penerapan mikroorganisme tanaman terseleksi secara individu atau sebagai konsorsium mikroba dengan sifat multifungsi merupakan alat penting untuk meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman (Ahmad et al, 2018).

2.5 Logam (Fe, Mn, dan Zn), Nutrisi (P dan K) dan pH

Menurut data penelitian sebelumnya, tanah gambut memiliki karakteristik mengandung kadar logam berat seperti Fe, Mn dan Zn. Disamping itu, pH yang terkandung dalam tanah gambut juga bernilai tinggi (4-5) dimana semakin tinggi pH menyebabkan logam berat mengendap dan berpengaruh pada kapasitas pertukaran kation dalam tanah (KPK) (Soulтан, 2020). Kadar nutrisi dalam tanah gambut khususnya P dan K juga sangat rendah misalnya pada tanah gambut di wilayah Kalimantan yakni sekitar (0,29-1,13 cmol.kg⁻¹) (Ratmini, 2012).

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang dapat menjadi acuan dalam penelitian ini.

Tabel 2. 1 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tema Penelitian	Hasil
1	Ida Nur Istina, Benny Joy dan Aisyah D Suyono (2014)	Peningkatan produktifitas gambut melalui Teknik ameliorasi dan inokulasi mikroba pelarut fosfat	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. Inokulasi MPF tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan P tersedia, serapan hara P, berat brangkasan, berat kering dan lingkaran batang bibit kelapa sawit
2	Salma J. Fitra, Sugeng Prijono dan Maswar (2019)	Pengaruh pemupukan pada lahan gambut terhadap karakteristik tanah, emisi CO ₂ , dan produktivitas tanaman karet	Perlakuan pemupukan P1 dengan kombinasi kontrol/pupuk dasar (Urea, SP-36, KCl) dan pupuk kandang sapi dapat meningkatkan KTK, K dapat ditukar, N total, dan P tersedia, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap karakteristik tanah

			lainnya seperti berat isi, kadar abu, pH, KB, Ca, Mg, dan Na dapat ditukar, maupun C-organik. Ini juga cenderung meningkatkan pertambahan lingkaran batang karet lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, tetapi tidak mempengaruhi produksi getah karet pada lahan gambut yang diamati.
3	Budi Utomo (2009)	Pemanfaatan beberapa bioaktivator terhadap peningkatan laju dekomposisi tanah gambut dan pertumbuhan <i>Gmelina arborea</i> Roxb	Bioaktivator <i>Trichoderma</i> sp. meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman <i>Gmelina arborea</i> pada media gambut sebesar 39,44%, diameter batang 3,12%, dan luas daun 852,63% dibandingkan kontrol. Bioaktivator <i>Trichoderma</i> sp., Orgadec, Microorganisme Efektif (EM), MOD-71, Supernasa, dan Puja-168 menurunkan Corganik tanah dan meningkatkan P-dd, Kexch, dan Ca-exch yang terlarut dalam

			tanah, namun perbaikan sifat kimia tanah sebagai
4	Hilda El Yasa Alam dan Enny Zulaika (2020)	Studi literatur potensi bakteri endogenik lahan gambut sebagai biofertilizer untuk memperbaiki nutrisi lahan	Bakteri endogenik lahan gambut dari genus Bacillus D1, D2, D3, U2, U4, dan Pseudomonas U3 bersinergis antara isolat satu dengan yang lain. Beberapa bakteri lain, baik Gram positif maupun negatif yang diisolasi dari lahan gambut juga memiliki kemampuan mendegradasi gambut, menyediakan nitrat, melarutkan fosfat dan kalium serta memproduksi hormon IAA sehingga berpotensi digunakan sebagai agen biofertilizer untuk memperbaiki nutrisi lahan gambut.
5	Etty Pratiwi, Taruna D. Satwika, Alina Akhdiya dan Fahmuddin Agus (2020)	Karakterisasi bakteri asal lahan gambut jambi dan potensinya sebagai pupuk hayati	Hasil pengujian karakterisasi dan uji fungsional terhadap isolat-isolat bakteri asal lahan gambut Tanjung Jabung Timur, Jambi menunjukkan

			<p>adanya potensi mikroba tersebut sebagai pupuk hayati. Isolat <i>Bacillus cereus</i> 1, <i>Bacillus soli</i> 2, <i>Mycobacterium cubense</i> 8, <i>Rhodococcus equi</i> 15, <i>Bacillus pumilus</i> 21 dan <i>Nocardia jiangxiensis</i> 24 memiliki potensi sebagai pupuk hayati pemacu tumbuh tanaman. Selain tidak bersifat patogen terhadap tanaman dan hewan mamalia, juga memiliki kemampuan dalam produksi fitohormon IAA, melarutkan P, dan menambat nitrogen.</p>
6	Soultan Simamora (2020)	Potensi Aplikasi Fungi Tanah dan Bakteri Endofit dengan Cendawan Tanah Gambut Untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca	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

			<p>media tanah dari Palangkaraya, Kalimantan Tengah.</p> <p>2. Fungi dan Bakteri Endofit berhasil menaikkan pH tanah yang semula 5,4 menjadi 6,7-7. Berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi logam berdasarkan Hasil dan Analisis.</p>
--	--	--	---



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam skala rumah kaca dan dimulai dengan persiapan media carrier kompos, hingga berakhir pada analisis data sampel yang diuji. Persiapan media *carrier* kompos, *reculture* mikroba terseleksi, inokulasi mikroba terseleksi ke dalam media *carrier* kompos, penanaman *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih), inokulasi media *carrier* kompos pada tanaman *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih), penyiraman dan pengukuran pertumbuhan *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih), pengambilan data dan pemanenan *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih) dilakukan di *greenhouse*. Sedangkan analisis data sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Untuk rincian kegiatan penelitian terdapat pada tabel di lampiran.

3.2 Bioremediasi

Pada penelitian ini, digunakan metode bioremediasi dimana bioremediasi merupakan teknik remediasi yang bertujuan untuk mendegradasi atau mendetoksifikasi baik itu polutan organik maupun anorganik dengan menggunakan agen biologi seperti ganggang, cendawan, bakteri dan tanaman. Dalam proses bioremediasi, limbah atau polutan diubah atau didegradasi secara lengkap dengan produk akhir senyawa anorganik seperti karbon dioksida, air, dan metana. Bioremediasi adalah proses yang menggunakan mekanisme biologi untuk mengurangi konsentrasi polutan atau zat pencemar ke level tidak berbahaya baik melalui proses degradasi, detoksifikasi, mineralisasi ataupun transformasi. Efektivitas bioremediasi tergantung pada kemampuan metabolisme mikroba dalam menurunkan/ mendetoksifikasi atau mengubah polutan, yang juga dipengaruhi oleh aksesibilitas dan bioavailabilitas polutan. Sedangkan efektivitas mikroorganisme dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti substrat (jenis dan tipe senyawa yang didegradasi), suhu dan kelembaban. Dalam proses bioremediasi, reaksi biologis yang utama adalah reaksi metabolisme sel. Senyawa polutan yang berbahaya dapat didegradasi oleh mikroorganisme baik didalam ataupun diluar sel melalui reaksi redoks. Reaksi ini dikatalisis oleh enzim-enzim microbial yang dihasilkan mikroorganisme. Keberhasilan bioremediasi dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen dan nutrisi, suhu, pH, dan faktor abiotik lainnya. (Melati, 2020)

3.3 Karakteristik Tanah

Tanah yang digunakan merupakan tanah gambut yang sebelumnya telah diuji parameter awalnya oleh (Soultan, 2020). Berikut merupakan karakteristik awal tanah gambut:

Tabel 3. 1 Karakteristik Awal Tanah Gambut

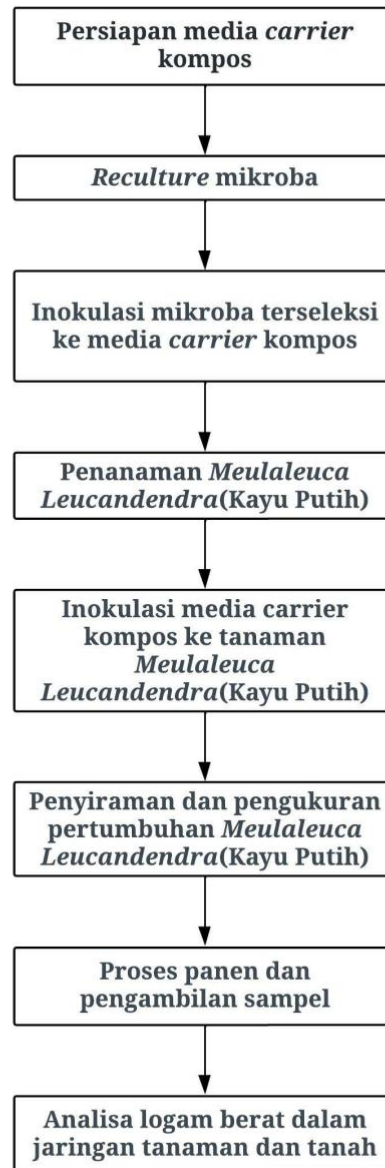
Parameter	Pembacaan	Pengenceran	Pemekatan	Konsentrasi (ppm)
Fe	1,0289	100	5	2057,8
Mn	0,248	10	5	49,6
Zn	0,1824	10	5	36,48

Sumber : Soultan, 2020



3.3 Tahapan Penelitian

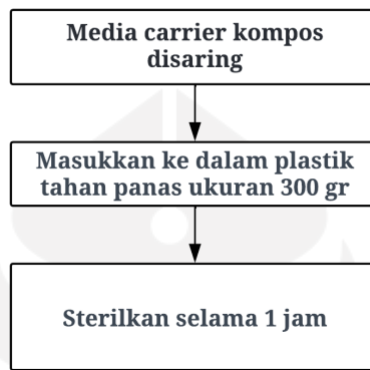
Berikut merupakan alur tahapan penelitian yang dilakukan disediakan dengan *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.3.1 Persiapan Media *Carrier* Kompos

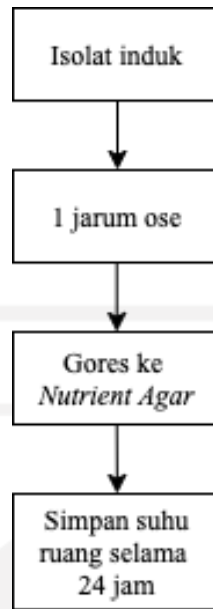
Tahapan awal dari penelitian ini adalah menyiapkan media *carrier* kompos dimana media kompos yang digunakan merupakan kompos yang berasal dari tumbuhan dan terdapat kadar N total 1,27%, P₂O₅ total 0,65% dan K₂O 1,82%. Selanjutnya media disaring secara manual untuk memisahkan kompos dari benda lain dengan ukuran yang lebih besar. Setelah itu, *carrier* kompos yang telah disaring dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dengan ukuran berat 300 gram. Setelah itu, *carrier* kompos disterilkan selama 1 jam untuk menghilangkan *pathogen* yang terdapat pada *carrier* kompos. Setelah *carrier* kompos sudah steril, dilanjutkan dengan *re-culture* mikroba terseleksi.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Persiapan Media *carrier* Kompos

3.3.2 *Re-culture* Mikroba

Re-culture bakteri terseleksi dilakukan dengan menggunakan metode gores atau *streak plate* dimana *Nutrient Agar* (NA) digunakan sebagai media tumbuh bakteri. Dilakukan *reculture* terhadap *isolate* induk dengan cara diambil menggunakan jarum ose lalu digores ke media *Nutrient Agar* (NA) dan disimpan selama 24 jam. Diperoleh 3 macam mikroba terseleksi dari hasil *re-culture isolate* induk.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Reculture Mikroba

3.3.3 Inokulasi Mikroba Terseleksi ke Media *Carrier* Kompos

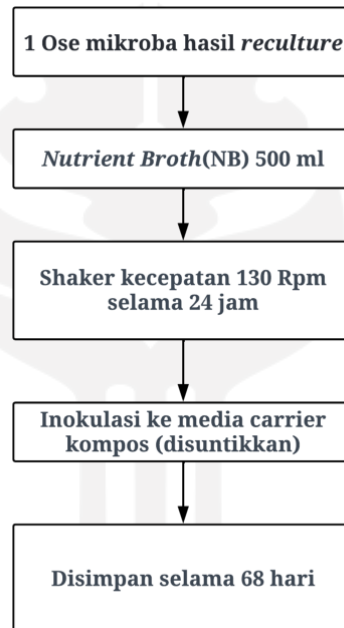
Mikroba terseleksi kemudian diinokulasi ke dalam media *carrier* kompos dengan cara disuntikkan. Tahapan awal adalah dengan membuat *inoculum* dari masing-masing bakteri terseleksi yang mana ini dilakukan di dalam *Laminar Airflow* dengan cara jarum ose disterilkan terlebih dahulu dengan menggunakan *alcohol* dan dipanaskan dengan api *Bunsen* lalu bakteri dari *isolate reculture* diambil menggunakan jarum ose kemudian dimasukkan ke dalam media *Nutrient Broth* (NB). Setelah itu, *inoculum* dihomogenkan dengan *shaker* laboratorium dengan kecepatan 130 Rpm selama 24 jam hingga homogen.

Inoculum yang sudah homogen selanjutnya diinokulasikan ke dalam masing-masing plastik media *carrier* kompos dengan *treatment* satu konsorsium, dua konsorsium dan tiga konsorsium mikroba. Inokulasi dilakukan dengan cara menyuntikkan *inoculum* ke dalam masing-masing *treatment* mikroba dengan dosis 40 ml untuk satu konsorsium mikroba, masing-masing 20 ml mikroba untuk dua konsorsium dan masing-masing 13 ml untuk tiga konsorsium mikroba. Total dosis *inoculum* yang diinokulasikan perkantong media *carrier* kompos adalah 40 ml. Tahap terakhir adalah menyimpan media *carrier* kompos agar siap untuk diinokulasikan ke tanaman. Media *carrier* kompos ini disimpan dengan waktu 68 hari sebelum diinokulasikan ke tanaman. Gambar dari tiap perlakuan akan di lampirkan pada lampiran. Berikut merupakan *variable* perlakuan masing – masing mikroba dengan jumlah ulangnya:

Tabel 3. 2 *Variable* perlakuan mikroba

No.	Treatment Mikroba	Jumlah Ulangan
1	15	3
2	16	3
3	R3	4
4	15 + R3	3
5	16 + R3	3
6	15 + 16	4
7	15 + 16 + R3	4
8	Kontrol (tanpa mikroba)	4

Sumber: Data Primer



Gambar 3. 4 Diagram Alir Inokulasi Mikroba ke carrier Kompos

Disamping itu, dilakukan pengenceran dari *inoculum* yang telah dibuat untuk mengetahui jumlah populasi dari ke-3 macam mikroba terseleksi sebelum dilakukan inokulasi ke media *carrier* kompos. Pengenceran yang dilakukan adalah pengenceran 10^{-5} lalu diambil 1 ml dengan pipet tetes kemudian ditetaskan ke dalam cawan petri lalu dihomogenkan dengan *Tryptic Soy Agar* (TSA). Masa inkubasi mikroba adalah 24 jam. Digunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dengan metode *Pour Plate* untuk dihitung jumlah populasi bakterinya. Jumlah koloni bakteri yang didapat terbaiknya adalah diantara 30 hingga 300 koloni. Berikut merupakan populasi mikroba yang akan diinokulasi ke media *carrier* kompos:

Tabel 3. 3 Populasi mikroba yang akan diinokulasikan per 1mL

No.	Treatment Mikroba	Jumlah Koloni (unit koloni/ml)
1	15	291 x 10 ⁵
2	16	114,5 x 10 ⁵
3	R3	136 x 10 ⁵

Sumber: Data Primer

3.3.4 Penanaman *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih)

Penanaman *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih) adalah dalam bentuk semai sehingga ketika semai dipindahkan ke dalam *polybag* butuh penyesuaian atau adaptasi sebelum dimasukkan ke dalam rumah kaca. Semai *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih) dipindahkan ke dalam *polybag* dan dipadukan dengan tanah gambut dengan perbandingan berat antara semai dan tanah awal dengan berat tanah gambut masing-masing sama yaitu 400 gram.

3.3.5 Inokulasi Media *Carrier* Kompos ke Tanaman

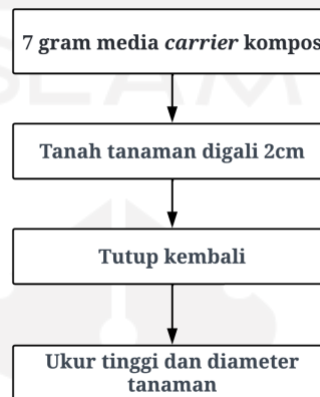
Tahap awal inokulasi media *carrier* kompos ke tanaman adalah dengan menghitung populasi mikroba yang terdapat dalam media *carrier* kompos. Dalam tahapan ini, dilakukan pengenceran terhadap media *carrier* kompos terlebih dahulu dengan cara diambil 1 gram media *carrier* kompos dari masing-masing *treatment* mikroba yakni satu konsorsium, dua konsorsium dan tiga konsorsium. Setelah itu, 1 gram media *carrier* kompos tersebut dilarutkan ke dalam 100 ml air steril lalu dihomogenkan menggunakan sendok spatula. Setelah homogen, diambil 1 ml dan dilakukan pengenceran 10⁻⁵ lalu ditetaskan ke cawan petri dan dihomogenkan dengan *Nutrient Agar* (NA) lalu diinkubasi selama 24 jam untuk selanjutnya dicek populasi mikroba. Digunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dengan metode *Pour Plate* untuk dihitung jumlah populasi bakterinya. Jumlah koloni bakteri yang didapat terbaiknya adalah diantara 30 hingga 300 koloni. Berikut merupakan populasi mikroba yang akan diinokulasi ke tanaman:

Tabel 3. 4 Populasi mikroba yang akan diinokulasikan per 1 gram

No.	<i>Treatment</i> Mikroba	Jumlah Koloni (unit koloni/gram)
1	15	42 x 10 ⁵
2	16	42 x 10 ⁵
3	15 + R3	55 x 10 ⁵
4	16 + R3	45 x 10 ⁵
5	15 + 16 + R3	105 x 10 ⁵

Sumber: Data Primer

Setelah diketahui populasi mikroba dalam masing-masing *treatment* media *carrier* kompos yang akan menentukan dosis media, dilakukan inokulasi ke tanaman dengan mengambil masing-masing 7 gram dari *treatment* media *carrier* kompos. Inokulasi dilakukan dengan cara tanah tanaman *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih) digali sedalam 2 cm lalu 7 gram media *carrier* kompos diinokulasikan. Setelah itu dilakukan pengukuran awal terhadap tumbuhan yakni tinggi tanaman dan diameter tanaman.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Inokulasi Media *carrier* Kompos ke Tanaman

3.3.6 Penyiraman dan Pengukuran Pertumbuhan *Melaleuca leucadendra* (Kayu Putih)

Diperlukan perawatan terhadap tanaman berupa penyiraman yang dilakukan di pagi dan sore hari. Setelah itu, untuk mengamati perkembangan tanaman, dilakukan pengukuran pertumbuhan tanaman setiap 2 minggu sekali dengan mengukur tinggi tanaman (cm) dan diameter batang tanaman (mm). Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga pucuk tanaman menggunakan penggaris sedangkan diameter tanaman diukur 2 cm dari permukaan tanah menggunakan *calliper digital*.

Dari *variable* perlakuan pada **Tabel 3.2**, diambil satu ulangan dari masing-masing perlakuan yang memiliki nilai rata-rata pertumbuhan yang baik untuk selanjutnya di uji pH tanah, nutrisi (Fosfat dan Kalium) dan logam (Fe, Mn, dan Zn). Sementara untuk pengujian berat kering dan berat basah tumbuhan, akan menggunakan seluruh perlakuan pada **Tabel 3.2**. Dalam analisa parameter pertumbuhan juga akan menggunakan seluruh perlakuan pada **Tabel 3.2**. Berikut merupakan perlakuan yang akan dianalisis:

Tabel 3. 5 Perlakuan yang diuji

No.	Treatment Mikroba	Ulangan
1	15	1
2	16	3
3	15 + R3	3
4	16 + R3	3
5	15 + 16 + R3	2
6	Control (tanpa mikroba)	4

Sumber: Data Primer

3.3.7 Proses Panen dan Pengambilan Sampel

Pada tahapan ini, akan dilakukan pemisahan antara jaringan atas dengan jaringan bawah (akar). Tahap panen ini akan dilakukan setelah melakukan pengamatan pertumbuhan pada tanaman selama ± 12 minggu. Setelah dipisah, jaringan atas dan bawah akan ditimbang kemudian dicatat berat basahnya. Kemudian, jaringan atas dan bawah akan dilakukan pengeringan dengan cara dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 72 jam untuk dihitung biomassa berat keringnya (Soultan, 2020).

3.3.8 Analisa Logam (Fe, Mn dan Zn), pH dan Nutrisi (Fosfat dan Kalium) dalam Jaringan Tanaman dan Tanah

Jaringan atas dan bawah serta sampel tanah kemudian dianalisa logam beratnya dengan menggunakan alat AAS (*Atonomic Absorption Spectrophotometer*). AAS (*Atonomic Absorption Spectrophotometer*) ini digunakan untuk analisis kuantitatif unsur-unsur logam dalam jumlah sekelumit (*trace*) dan sangat kelumit (*ultratrace*). *Spektroskopi* serapan atom didasarkan pada penyerapan energi oleh atom-atom netral dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau *ultraviolet* (Kusuma et al, 2019). Sampel tanah diambil sebanyak 2 gram, ditambah HNO_3 10 mL 1:1 dan HNO_3 pekat 5 mL, setelah itu dipanaskan hingga volume tersisa 5 mL. Setelah itu ditambahkan 2 mL aquadest dan 3 mL H_2O_2 dan dipanaskan hingga volume menjadi 5 mL lalu ditambahkan HCL 10 mL dan dipanaskan hingga volume berkurang menjadi 5 mL di lemari asam. Setelah destruksi, sampel disaring, diekstraksi dengan menambahkan aquadest hingga tanda batas pada labu ukur 100 mL. Kemudian sampel dimasukkan ke botol vial untuk selanjutnya diuji kadar logam berat yang terkandung. Sedangkan untuk sampel jaringan tanaman (batang dan akar) yang sudah kering oven diambil sebanyak 0,5 gram, didestruksi hingga tersisa 1 mL sampel cair (Badan standar nasional, 2021).

Destruksi jaringan tanaman dengan mencampurkan berat sampel 0,5 gram, ditambahkan 5 mL HNO_3 dan 0,5 mL HClO_4 dan dibiarkan satu malam pada lemari asam. Besoknya, dipanaskan dalam *digestion* blok dengan suhu 100°C selama satu jam. Kemudian suhu ditingkatkan menjadi 150°C . Setelah uap kuning habis, suhu ditingkatkan lagi menjadi 200°C . Destruksi selesai setelah keluar asap putih dan

sisia ekstrak kurang lebih 1 mL. Setelah destruksi sampel disaring, diekstraksi dengan menambahkan aquadest hingga tanda batas pada labu ukur 50 mL. Kemudian sampel dimasukkan ke botol vial untuk selanjutnya diuji kadar logam berat yang terkandung (Analisis kimia tanah, 2005).

Parameter yang akan dianalisa berikutnya adalah pH tanah (H₂O dan KCL). pH tanah diukur dengan pH meter dimana 5 gram sampel dicampurkan dengan H₂O sebanyak 25 mL aquadest dan 5 gram sampel tanah dicampur dengan KCL 25 mL kemudian di *shaker* selama 30 menit dan diukur pH tanahnya. Untuk analisis nutrisi (P dan K) dilakukan dengan cara analisa P tersedia pada tanah diuji menggunakan *Spektrofotometri uv-vis* dengan mencampurkan 6,7 mL HCL 37% dengan 2 gram (untuk sampel tanah) dan (setengah dari berat kering) untuk jaringan tanaman lalu dikocok dengan *shaker* selama 5 jam. Setelah itu, disaring menggunakan kertas saring dan ekstrak jernih diambil sebanyak 0,5 mL ke dalam labu ukur 10 mL. Setelah itu tambahkan 9,5 mL aquadest (pengenceran 20x) dan dikocok. Ekstrak jernih lalu dimasukkan ke dalam botol vial. Ekstrak jernih diambil 2 mL ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 10 mL larutan pereaksi pewarna P dan dikocok. Dibiarkan selama 30 menit, lalu diukur absorbansinya dengan *Spektrofotometri uv-vis* pada panjang gelombang 693 nm (Analisis kimia tanah, 2005).

3.4 Prosedur Analisa Data

Analisa data dilakukan dengan membandingkan hasil kinerja dari media *carrier* kompos yang mengandung bakteri terseleksi dengan kontrol. Kontrol yang digunakan adalah kontrol tanpa media *carrier* dan mikroba. Selain itu, dilakukan perbandingan pada pertumbuhan, nutrisi (*phosphate* dan *potassium*) dan serapan logam (Fe, Mn dan Zn) pada setiap jaringan tumbuhan. Hasil akhir dari penelitian ini adalah untuk melihat potensi media *carrier* kompos sebagai media mikroba dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut.

3.5 Analisis Statistik

Pada penelitian ini, digunakan pendekatan *standard error* (Se) dengan membandingkan antara perlakuan ke-6 macam mikroba (*single*, dua konsorsium dan tiga konsorsium) berbeda dimana kompos sebagai media *carrier* dibandingkan dengan tanpa menggunakan media *carrier* dan mikroba sebagai kontrol. Fungsi dari *standard error* sendiri adalah untuk mengetahui kualitas dari data sampel yang diperoleh. Hasil dari perbandingan menggunakan metode *standard error* akan disajikan dalam bentuk *diagram bar error*. Disamping itu, digunakan juga *Analysis Of Variance* (ANOVA) *One-Way* untuk mengetahui hubungan dari masing – masing perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman dan biomassa berat keringnya.

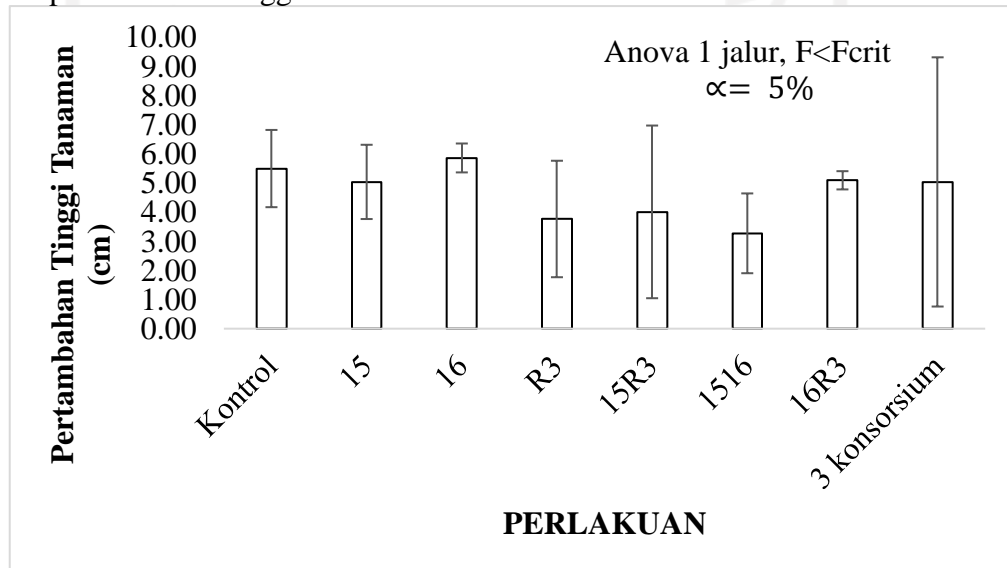
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Parameter Pertumbuhan *Melaleuca leucandendra*

Terdapat beberapa variabel yang akan dibahas pada subbab kali ini sesuai dengan sub-judul dari hasil analisis dalam penelitian berikut ini.

4.1.1 Pengaruh Aplikasi Mikroorganisme Terseleksi dengan *Carrier* Kompos Pada Tinggi Tanaman *Melaleuca leucandendra*

Pengukuran pertumbuhan tanaman *Melaleuca leucandendra* dilakukan setiap 2 minggu sekali dalam jangka waktu 12 minggu. Parameter yang diukur adalah pertumbuhan tinggi.



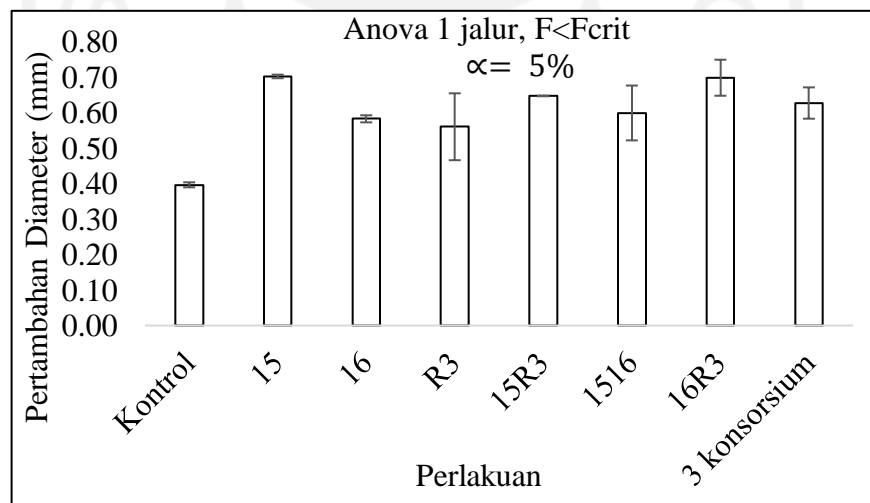
Gambar 4. 1 Grafik Rerata Pertambahan Tinggi Tanaman *Melaleuca leucandendra* Terhadap Penambahan Mikroorganisme Terseleksi dengan *Carrier* Kompos

Berdasarkan **Gambar 4.1**, terdapat perbedaan rerata ketinggian dari masing – masing perlakuan jika dibandingkan dengan kontrol. Ini disebabkan oleh perlakuan mikroorganisme terseleksi yang berbeda dari tiap tanaman. Tanaman kontrol (tanpa adanya inokulasi mikroba dan media *carrier*) menunjukkan rerata 5,49 cm pada minggu ke-12. Tanaman dengan perlakuan *single* seperti 15, 16, dan R3 menunjukkan rerata 5,03 cm, 5,86 cm, dan 3,76 cm. Tanaman dengan perlakuan 2 konsorsium seperti 15 + R3, 16 + R3, dan 15 + 16 memiliki rerata 4,01 cm, 5,09 cm dan 3,27 cm. Tanaman dengan 3 konsorsium mikroba yakni 15 + 16 + R3 memiliki rerata 5,03 cm. Jika dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan lain, tanaman dengan perlakuan *single* yakni 16 memiliki rerata pertumbuhan tinggi yang signifikan dan menunjukkan respon yang baik. Dalam hal ini menunjukkan bahwa konsorsium mikroba yang diharapkan memiliki kemampuan lebih daripada perlakuan *single* tidak memiliki respon yang lebih baik dibandingkan dengan

perlakuan yang bekerja sendiri (*single*) khususnya perlakuan 16 pada pertumbuhan tinggi tanaman. Untuk melihat adanya perbedaan efek akibat pemberian perlakuan yang berbeda, dilakukan uji *Analysis Of Variance (One Way)*. Diketahui bahwa nilai F hitung lebih kecil dari nilai F kritis sehingga ini menunjukkan bahwa dengan taraf signifikan 5 persen rata – rata pertumbuhan tinggi tanaman setiap perlakuan tidak jauh berbeda.

4.1.2 Pengaruh Aplikasi Mikroorganism Terseleksi dengan *Carrier* Kompos Pada Diameter Tanaman *Melaleuca leucandendra*

Selain dari pertumbuhan tinggi tanaman, dianalisis juga pengaruhnya terhadap diameter tanaman. Pada **Grafik 4.2** dapat terlihat bahwa diameter batang dengan perlakuan *single* maupun konsorsium mengalami peningkatan rata – rata jika dibandingkan dengan kontrol. Dapat terlihat juga bahwa perlakuan *single* 15 dan perlakuan konsorsium 16+R3 memberikan respon terbaik jika dibandingkan dengan perlakuan lain dan kontrol. Rerata dari pertambahan diameternya sendiri untuk perlakuan *single* 15 dan perlakuan konsorsium 16+R3 adalah sama yakni 0,70 mm sedangkan untuk kontrol adalah 0,40 mm.



Gambar 4. 2 Grafik Rerata Pertambahan Diameter Tanaman *Melaleuca leucandendra* Terhadap Penambahan Mikroorganism Terseleksi dengan *Carrier* Kompos

Jika dibandingkan antar perlakuan, perlakuan *single* khususnya 15 dan 2 konsorsium mikroba yakni 16+R3 serta 15+R3 memberikan respon lebih baik terhadap perlakuan 3 konsorsium. Hal ini juga terjadi pada rerata pertumbuhan tinggi sebelumnya. Konsorsium mikroba khususnya 3 konsorsium yang diharapkan memiliki kemampuan lebih nyata tidak selamanya akan memberikan respon yang baik. Namun jika dibandingkan dengan kontrol, 3 konsorsium mikroba masih lebih baik. Untuk melihat adanya perbedaan efek akibat pemberian perlakuan yang berbeda, dilakukan uji *Analysis Of Variance (One Way)*. Diketahui bahwa nilai F hitung lebih kecil dari nilai F kritis sehingga ini menunjukkan bahwa dengan taraf

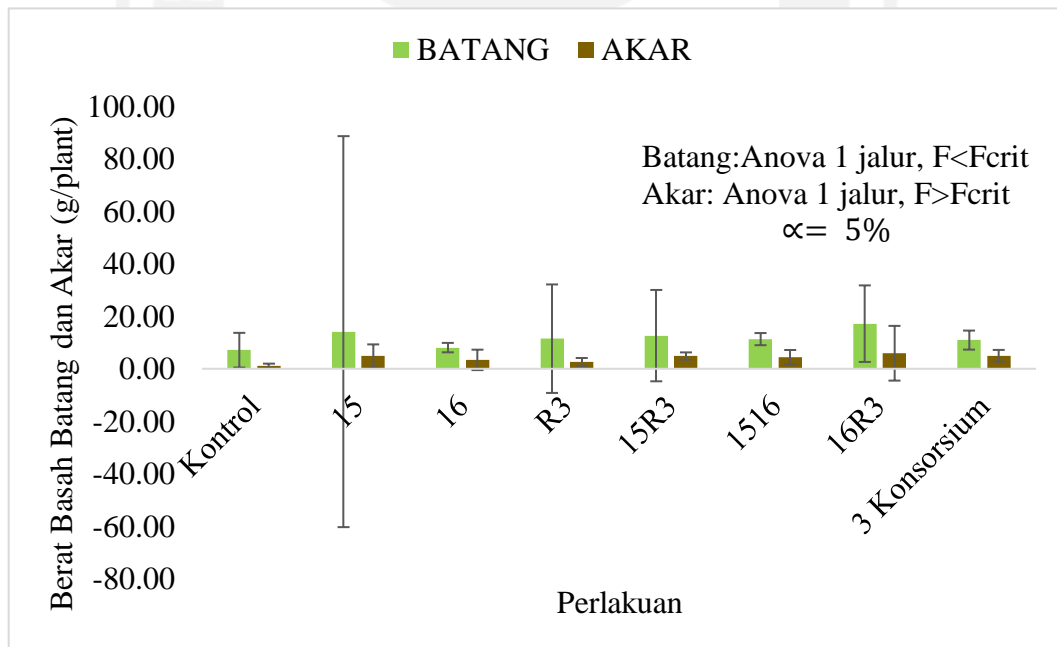
signifikan 5 persen, rata – rata pertumbuhan diameter tanaman setiap perlakuan tidak jauh berbeda.

4.1.3 Pengaruh Aplikasi Mikroorganisme Terseleksi dengan *Carrier* Kompos Pada Biomassa Tanaman *Melaleuca Leucandendra*

1. Berat Basah Jaringan Tanaman (Batang dan Akar)

Berat basah yang dianalisis terbagi menjadi 2 yakni berat basah pada jaringan batang dan berat basah pada jaringan akar. Berat segar menunjukkan massa tanaman/akar dan jumlah air yang diserap oleh tanaman (Rahma, 2019).

Hasil analisis berat basah pada jaringan tanaman khususnya jaringan batang dapat dilihat pada **Gambar 4.3**. Grafik rerata berat basah pada jaringan batang menunjukkan bahwa setiap perlakuan baik itu single maupun konsorsium bakteri memiliki berat basah lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Rerata berat basah pada perlakuan 2 konsorsium mikroba khususnya 16+R3 memiliki rerata paling tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya yakni sebesar 17,20 g/plant. Selanjutnya berat basah paling tinggi ke dua terdapat pada perlakuan *single* khususnya 15 yakni sebesar 14,16 g/pant. Perlakuan 3 konsorsium mikroba yang diharapkan memiliki kemampuan lebih memiliki berat basah tertinggi ke 3 dengan berat basah 10,94 g/plant. Namun, jika berat basah perlakuan 3 konsorsium mikroba dibandingkan dengan kontrol, maka perlakuan 3 konsorsium mikroba masih lebih berat dikarenakan berat basah kontrol yakni sebesar 7,08 g/plant.



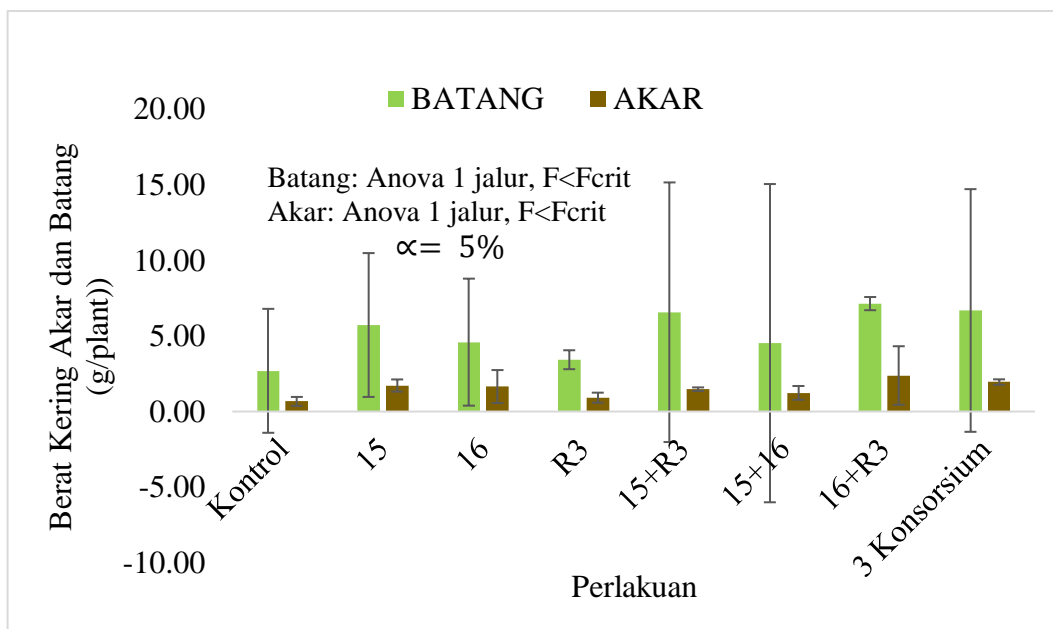
Gambar 4. 3 Grafik Rerata Berat Basah Jaringan Tanaman *Melaleuca leucandendra*

Untuk melihat adanya perbedaan efek akibat pemberian perlakuan yang berbeda, dilakukan uji *Analysis Of Variance (One Way)*. Diketahui bahwa nilai F hitung lebih kecil dari nilai F kritis sehingga ini menunjukkan bahwa dengan taraf signifikan 5 persen, rata – rata berat basah jaringan batang tanaman setiap perlakuan tidak jauh berbeda.

Gambar 4.3 juga menunjukkan rerata berat basah pada jaringan tanaman khususnya jaringan akar. Grafik rerata berat basah pada jaringan akar menunjukkan bahwa setiap perlakuan baik itu *single* maupun konsorsium mikroba memiliki nilai berat basah yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol yang mana nilai berat basa kontrol adalah 1,17 g/plant. Rerata berat basah pada perlakuan 2 konsorsium mikroba khususnya 16+R3 memiliki rerata paling tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya yakni sebesar 5,92 g/plant. Selanjutnya berat basah paling tinggi ke dua terdapat pada perlakuan konsorsium khususnya 3 konsorsium yakni sebesar 4,96 g/plant. Nilai rerata berat basah tertinggi ke 3 ada pada perlakuan 2 konsorsium mikroba yakni 15+R3 dengan berat 4,88 g/plant. Untuk melihat adanya perbedaan efek akibat pemberian perlakuan yang berbeda, dilakukan uji *Analysis Of Variance (One Way)*. Diketahui bahwa nilai F hitung lebih besar dari nilai F kritis sehingga ini menunjukkan bahwa dengan taraf signifikan 5 persen, rata – rata berat basah jaringan akar tanaman setiap perlakuan berbeda (memiliki beda nyata).

2. Berat Kering Jaringan Tanaman

Berat kering yang dianalisis terbagi menjadi 2 yakni berat kering pada jaringan batang dan berat kering pada jaringan akar. Berat kering menunjukkan massa tanaman/akar sesungguhnya sebagai hasil dari proses fotosintesis (Rahma, 2019). Rerata berat kering jaringan batang dapat dilihat pada **Gambar 4.4**. Grafik rerata berat kering pada jaringan batang menunjukkan bahwa setiap perlakuan baik itu *single* maupun konsorsium mikroba memiliki nilai berat kering yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol yang mana nilai berat kering jaringan batang kontrol adalah 2,69 g/plant. Rerata berat kering pada perlakuan 2 konsorsium mikroba khususnya 16+R3 memiliki rerata paling tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya yakni sebesar 7,14 g/plant Selanjutnya berat kering paling tinggi ke dua terdapat pada perlakuan konsorsium khususnya 3 konsorsium yakni sebesar 7,14 g/plant. Hal ini menunjukkan bahwa 2 konsorsium mikroba khususnya 16+R3 memiliki rerata berat kering lebih tinggi jika dibandingkan dengan 3 konsorsium mikroba.



Gambar 4. 4 Grafik Rerata Berat Kering Jaringan Tanaman *Melaleuca leucandendra*

Untuk melihat adanya perbedaan efek akibat pemberian perlakuan yang berbeda, dilakukan uji *Analysis Of Variance (One Way)*. Diketahui bahwa nilai F hitung lebih kecil dari nilai F kritis sehingga ini menunjukkan bahwa dengan taraf signifikan 5 persen, rata – rata berat kering jaringan batang tanaman setiap perlakuan tidak jauh berbeda.

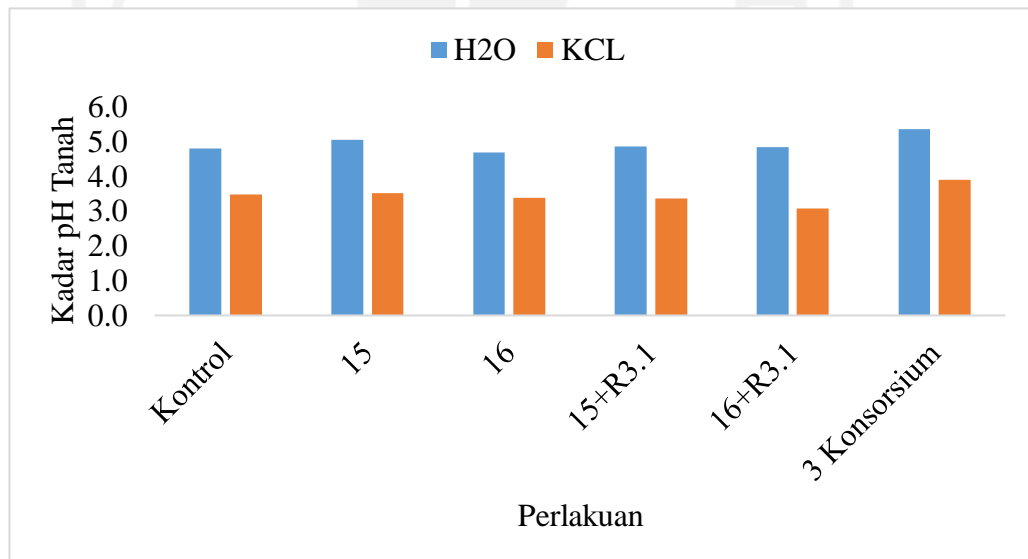
Gambar 4.4 juga merupakan hasil analisis rerata berat kering pada jaringan tanaman khususnya jaringan akar. Grafik rerata berat kering pada jaringan akar menunjukkan bahwa setiap perlakuan baik itu *single* maupun konsorsium mikroba memiliki nilai rerata berat kering yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol yang mana nilai berat kering jaringan akar kontrol adalah 0,67 g/plant. Rerata berat kering pada perlakuan 2 konsorsium mikroba khususnya 16+R3 memiliki rerata paling tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya yakni sebesar 2,38 g/plant. Selanjutnya rerata berat kering paling tinggi ke dua terdapat pada perlakuan konsorsium khususnya 3 konsorsium yakni sebesar 1,95 g/plant. Hal ini menunjukkan bahwa 2 konsorsium mikroba khususnya 16+R3 memiliki rerata berat kering lebih tinggi jika dibandingkan dengan 3 konsorsium mikroba. Untuk melihat adanya perbedaan efek akibat pemberian perlakuan yang berbeda, dilakukan uji *Analysis Of Variance (One Way)*. Diketahui bahwa nilai F hitung lebih kecil dari nilai F kritis sehingga ini menunjukkan bahwa dengan taraf signifikan 5 persen, rata – rata berat kering jaringan akar tanaman setiap perlakuan tidak jauh berbeda.

4.2 Hasil dan Analisis Pengujian pH Pada Tanah

Penetapan pH tanah dilakukan melalui dua cara yaitu ekstraksi H_2O dan ekstraksi KCL. Konsentrasi H^+ yang diekstrak dengan air (H_2O) menyatakan keasaman aktif (aktual) sedangkan pengestrak KCL 1 N menyatakan keasaman

cadangan (potensial). Kapasitas tukar kation tanah yang memiliki banyak muatan tergantung dengan perubahan pH. Keadaan tanah yang masam menyebabkan tanah kehilangan kapasitas tukar kation dan kemampuan menyimpan hara kation dalam bentuk dapat ditukar, karena perkembangan muatan positif. Kapasitas tukar kation mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pH tanah (Rahma, 2019).

Pada **Gambar 4.5** yaitu grafik rerata pH H_2O dapat terlihat bahwa rerata nilai pH dengan perlakuan mikroba menjadi naik khususnya pada 3 konsorsium mikroba yang mana nilai pH pada kontrol adalah 4,8 namun setelah dilakukan inokulasi perlakuan 3 konsorsium, nilai pH naik menjadi 5,4. Namun, hal sebaliknya terjadi pada perlakuan *single* 16 dimana nilai pH menjadi turun jika dibandingkan dengan kontrol yakni menjadi 4,7. Sedangkan pada konsorsium mikroba khususnya perlakuan 16 + R3 nilai pH berbanding lurus dengan nilai pH kontrol yakni 4,8. Tanah dengan perlakuan masih tergolong tanah sangat masam. Namun, dengan adanya bahan pembenah tanah dan mikroorganisme terseleksi dapat meningkatkan pH aktual. Hal ini sesuai dengan persyaratan pH aktual untuk penanaman tanaman *Melaleuca leucadendra* yaitu 4-8,5 (Fatikhasari, 2022).



Gambar 4. 5 Grafik Rerata pH H₂O dan KCL Pada Tanah

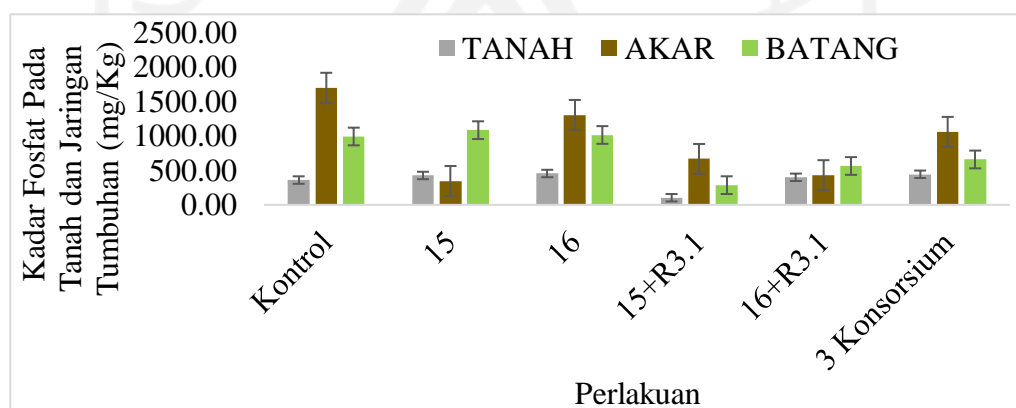
Hasil analisis rerata pH tanah KCL (potensial) dapat dilihat pada **Gambar 4.5**. Jika dibandingkan dengan kontrol, nilai pH potensial pada beberapa tanaman *Melaleuca leucadendra* yang telah diberikan perlakuan menunjukkan peningkatan nilai pH. Khususnya pada perlakuan 3 konsorsium mikroba yang memiliki nilai pH tertinggi, pH kontrol yang semula memiliki nilai 3,48 setelah diberi perlakuan 3 konsorsium naik menjadi 3,90, diikuti dengan treatment 15 *single* dengan nilai pH 3,52. Namun, pada perlakuan yang lain, nilai pH semakin menurun jika dibandingkan dengan kontrol.

4.3 Hasil Pengujian *Phosphate*

Phosphate disimbolkan dengan P yang berfungsi dalam fotosintesis dan respirasi sebagai penyimpanan dan transfer energi sebagai ADP dan ATP. Nutrisi ini juga bagian dari struktur RNA dan DNA yaitu komponen utama dari informasi genetik. Nutrisi ini dibutuhkan dalam jumlah yang besar di sel jaringan tanaman muda seperti pucuk dan ujung akar dimana metabolisme tinggi dan pembelahan sel berlangsung dengan cepat. Nutrisi P telah terbukti mengurangi penyakit di beberapa tanaman dan dapat meningkatkan kualitas tanaman tertentu (Silva J.A, 2000). Nutrisi P yang dianalisa dalam penelitian ini adalah P total pada tanah dan pada jaringan tanaman *Melaleuca leucadendra*.

Fosfor yang diserap dalam bentuk fosfat ($H_2PO_4^-$) merupakan unsur hara makro yang esensial namun terbatas bagi pertumbuhan tanaman dan produktivitas pertanian. Fosfat adalah konstituen struktural penting dari biomolekul penting seperti asam nukleat, fosfolipid dan gula-fosfat dan juga memainkan peran sentral dalam fotosintesis dan respirasi, serta dalam transduksi sinyal dan regulasi metabolisme melalui ikatan kovalennya dengan fosfoprotein (Mehta Devang et al, 2021). Persyaratan nilai P total untuk tanaman *Melaleuca leucadendra* adalah dengan rentang 17,9 mg/Kg – 71,8 mg/Kg (Fatikhasari, 2022). **Gambar 4.6** merupakan grafik hasil analisa pengujian Fosfat pada tanah dan jaringan tanaman.

Pada grafik hasil analisa, dapat diketahui bahwa nilai kadar P total tanah seluruh perlakuan maupun kontrol berada diatas rata – rata kadar persyaratan untuk tanaman *Melaleuca leucadendra*. Dimana, kontrol memiliki nilai kadar P total sebesar 358,77 mg/Kg. Disamping itu, perlakuan dengan mikroba 15, 16, 16+R3, dan 3 konsorsium memiliki nilai kadar P total yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Khususnya perlakuan *single* 16. Namun, pada perlakuan konsorsium mikroba, khususnya 2 konsorsium yakni 15+R3, memiliki nilai kadar P total yang lebih kecil jika dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan lainnya. Nilai kadar P total yang terdapat pada 2 konsorsium mikroba yakni 15+R3 masih lebih tinggi dibandingkan dengan persyaratan nilai P total untuk tanaman *Melaleuca leucadendra* yakni sebesar 103,23 mg/Kg.



Gambar 4. 6 Grafik Kadar Fosfat di Tanah dan Jaringan Tanaman

P total merupakan P yang diserap oleh tanaman selama proses metabolisme dimana fosfor dalam bentuk oksida, P yang telah diserap dalam bentuk $H_2PO_4^-$ akan

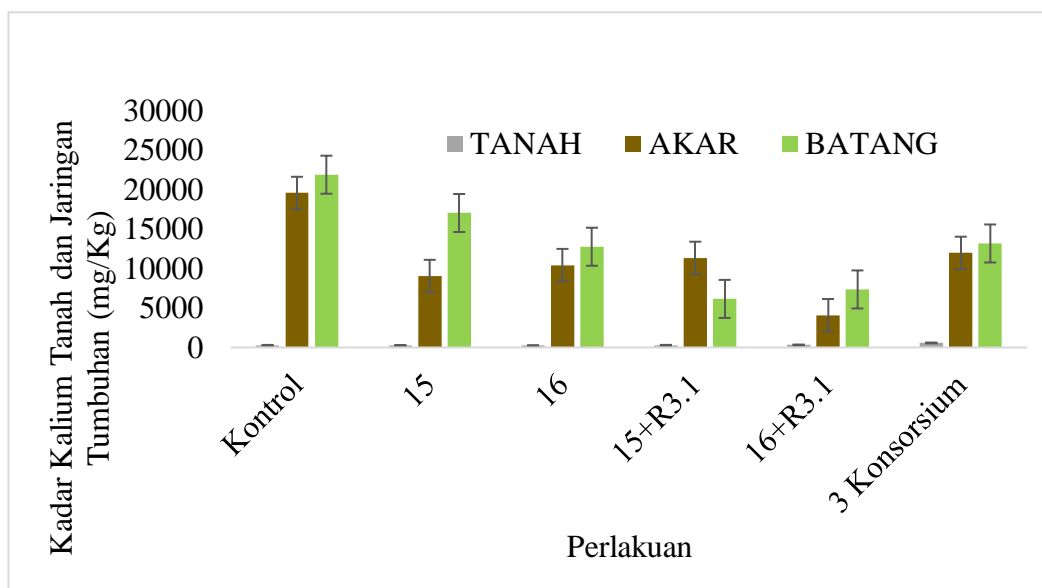
teresterifikasi menjadi fosfor berenergi tinggi misalkan ATP. Setelah diserap oleh akar, P mula – mula diangkut ke daun muda, kemudian dipindahkan ke daun yang lebih tua. Dalam metabolisme, sel fosfor mempunyai fungsi langsung berhubungan dengan energi sel: AMP – ADP – ATP (Kurniadi, 2010). **Gambar 4.6** menunjukkan hasil dari masing – masing perlakuan mikroba terhadap kadar P total pada jaringan tanaman.

Pada **Gambar 4.6**, nilai kadar P total jaringan batang menunjukkan bahwa perlakuan bakteri *single* yakni 15 dan 16 memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan mikroba lainnya. Sedangkan untuk perlakuan lainnya selain *single* 15 dan 16, memiliki kadar P total yang lebih rendah dari kontrol. Nilai kadar P total yang terendah adalah pada perlakuan 2 konsorsium yakni 15+R3 dimana nilainya adalah sebesar 285,22 mg/Kg. Nilai kadar P total di jaringan batang ini tinggi dikarenakan nutrisi diserap oleh akar dari tanah dan akan disimpan di jaringan batang.

Gambar 4.6 juga menunjukkan grafik kadar P total pada jaringan akar tanaman *Melaleuca leucandendra*. Dapat dilihat bahwa nilai kadar P total di jaringan akar yang paling tinggi adalah perlakuan kontrol yakni sebesar 1694 mg/Kg. Sedangkan untuk kadar P total pada jaringan akar dengan menggunakan perlakuan mikroba baik itu *single* maupun konsorsium, memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Kadar P total pada jaringan akar dengan perlakuan bakteri *single* 15 khususnya memiliki kadar yang paling sedikit diantara perlakuan mikroba lainnya. Ini menunjukkan bahwa bakteri 15 *single* memberikan respon baik dalam memecah fosfat menjadi fosfor untuk selanjutnya di transfer ke jaringan batang.

4.4 Hasil Pengujian Kalium

Potassium (Kalium) merupakan salah satu nutrisi yang diperlukan tanaman. Menurut (Rahmawan et al, 2019), Kalium diperlukan tanaman untuk berbagai fungsi fisiologis, termasuk didalamnya adalah metabolisme karbohidrat, aktivitas enzim, regulasi osmotik, efisiensi penggunaan air, serapan unsur nitrogen, sintesa protein dan translokasi asimilat. Kalium juga memiliki peran dalam meningkatkan ketahanan terhadap penyakit tanaman tertentu dan perbaikan kualitas hasil tanaman. Grafik pada **Gambar 4.7** menunjukkan kadar Kalium yang terkandung pada tanah. Perlakuan konsorsium mikroba khususnya 3 konsorsium memiliki kadar Kalium yang paling tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan juga dibandingkan dengan kontrol. Nilai kalium pada tanah dengan perlakuan 3 konsorsium ini mencapai 576 mg/Kg. Nilai kadar Kalium ke 2 tertinggi terdapat pada tanah yang diberi perlakuan 2 konsorsium mikroba yakni 16+R3. Hal yang sama juga terjadi pada perlakuan konsorsium 15+R3 yang mana jika dibandingkan dengan kontrol, memiliki nilai kadar Kalium yang lebih tinggi yakni 276 mg/Kg. Ini menunjukkan bahwa perlakuan konsorsium mikroba baik itu 2 konsorsium maupun 3 konsorsium memberikan pengaruh nyata terhadap kadar Kalium dalam tanah. Kalium dalam tanah terdapat dalam jumlah yang cukup bervariasi, yaitu antara 0.3 -2.5%. Pada tanah yang banyak mengandung liat mempunyai kadar kalium dapat dipertukarkan yang tinggi yaitu sekitar 4% dari total K yang terdapat dalam tanah.



Gambar 4. 7 Grafik Kadar Kalium Pada Tanah dan Jaringan Tanaman

Gambar 4.7 juga menunjukkan grafik kadar Kalium pada jaringan tanaman khususnya batang. Kadar Kalium pada batang berbeda dengan nilai kadar Kalium pada tanah. Nilai kadar Kalium pada batang dengan perlakuan tanpa mikroba (control) lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan menggunakan mikroba. Namun jika disajikan dalam angka dan dibandingkan, nilai kadar Kalium di batang lebih tinggi daripada nilai kadar Kalium di tanah. Sebagai contoh, nilai kadar Kalium dengan perlakuan 3 konsorsium pada tanah adalah sebesar 576 mg/Kg sedangkan perlakuan 3 konsorsium pada batang sebesar 13.164 mg/Kg. Menurut (Rahmawan et al, 2019), persediaan Kalium di dalam tanah dapat berkurang karena tiga hal, yaitu pengambilan kalium oleh tanaman, pencucian kalium oleh air, dan erosi tanah. Sehingga salah satu faktor yang menyebabkan kandungannya berbeda adalah karena unsur Kalium di dalam tanah telah diserap oleh tanaman itu sendiri dan disimpan untuk proses fotosintesis. Unsur Kalium sendiri berperan sebagai aktivator enzim dan membuka menutupnya stomata dalam metabolisme tanaman sehingga dapat membantu meningkatkan fotosintesis ke luar daun yang nantinya akan digunakan untuk bagian yang sedang aktif tumbuh yaitu pada bagian meristem ujung.

Gambar 4.7 juga menyajikan hasil pengujian kadar Kalium pada jaringan tanaman khususnya jaringan akar. Pada jaringan akar, nilai kadar kalium pada perlakuan mikroba jika dibandingkan dengan kontrol, nilai kadar Kalium pada kontrol masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kadar Kalium dengan perlakuan mikroba baik *single* maupun konsorsium. Namun, jika dibandingkan dengan nilai kadar Kalium pada tanah dan batang, kadar Kalium pada akar berada pada pertengahan yakni tidak lebih tinggi dan tidak lebih rendah hal ini dikarenakan pada akar, Kalium hanya bertahan sesaat dikarenakan akan ditrasfer ke jaringan batang dan akan menyerap kembali Kalium pada tanah. Menurut (Rahma et al, 2019) dengan memberikan pupuk ke dalam tanah, sistem perakaran tanah dapat berkembang lebih sempurna, penyerapan unsur hara semakin besar, akibatnya

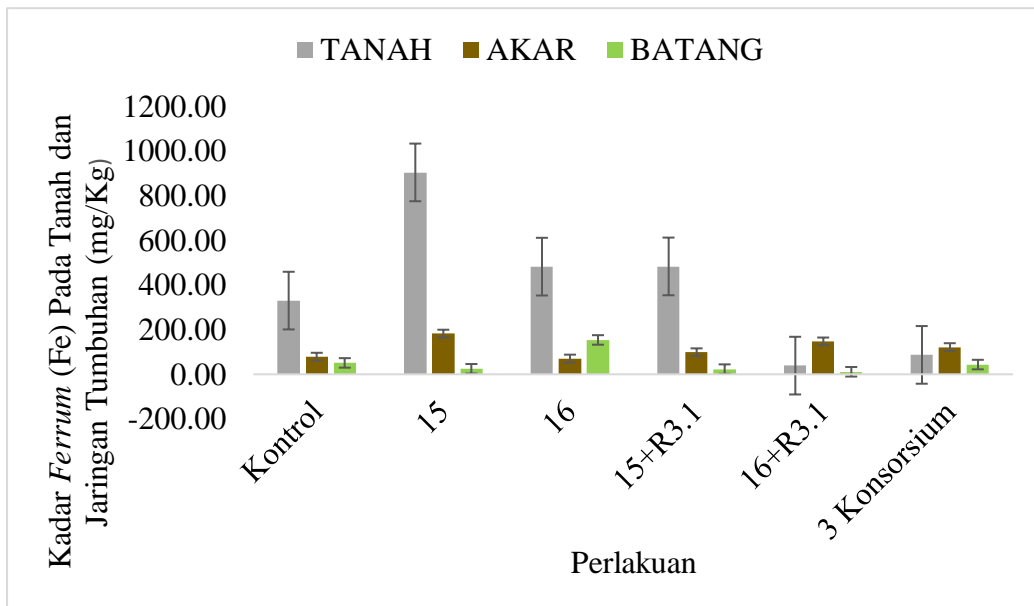
pertumbuhan tanaman semakin baik. Kebutuhan K pada tanaman juga berubah sesuai dengan kebutuhan dari proses – proses yang membutuhkan K seperti fotosintesis dan fiksasi CO₂ serta hubungan dengan air dalam tanaman. Mikroorganisme sebagai katalisator, dengan kehadiran bakteri dan aktivitasnya akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium. Kalium dapat diikat dan disimpan dalam sel oleh bakteri dan jamur.

4.5 Hasil Pengujian Logam Fe, Mn dan Zn

Unsur logam seperti Fe, Mn dan Zn merupakan unsur hara mikro tanaman dalam bentuk ion. Unsur hara mikro seperti ini sangat dibutuhkan tanaman dalam konsentrasi tertentu untuk kesuburan tanaman. Tanaman membutuhkan unsur-unsur mikro kurang dari 0,01% atau 100 ppm. Unsur-unsur tersebut diperlukan oleh tanaman hanya pada konsentrasi sangat rendah dan akan menjadi toksik pada konsentrasi tertentu.

4.5.1 Pengaruh Aplikasi Mikroorganisme Terseleksi Dengan Carrier Kompos Pada Serapan Ferrum (Fe)

Gambar 4.8 merupakan grafik kadar Fe pada setiap perlakuan mikroba dan kontrol di tanah dan jaringan tumbuhan. Pada grafik tersebut, kadar Fe pada tanah dengan perlakuan 15 *single* memiliki kadar tertinggi jika dibandingkan dengan kontrol yaitu sebesar 904,10 mg/Kg. Kadar Fe terendah terdapat pada perlakuan konsorsium mikroba yakni 16+R3 dengan kadar 38,87 mg/Kg. Menurut (Kabata-Pendias, 2011) Kadar Fe pada tanah normal memiliki rentan 100-500 mg/Kg. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan mikroba *single* 15 sangat tidak memberikan respon yang baik dalam penyerapan unsur Fe bagi tanaman. Hal ini juga dapat terlihat pada grafik kadar Fe pada jaringan tanaman batang. Fe menumpuk pada tanah dan akar ketika diberikan perlakuan bakteri *single* 15 yang mana bakteri *single* 15 memiliki kemampuan yang kurang dalam penyerapan Fe. Gangguan penyerapan hara ini juga bisa disebabkan oleh tingginya pembentukan endapan besi (iron plaque) pada permukaan akar yang sangat tinggi (Effendi et al, 2015). Pada perlakuan konsorsium 15+R3, kadar Fe juga menumpuk pada tanah jika dibandingkan dengan kadar Fe di jaringan tanaman meskipun belum melebihi kadar normal yakni sebesar 483,05 mg/Kg.



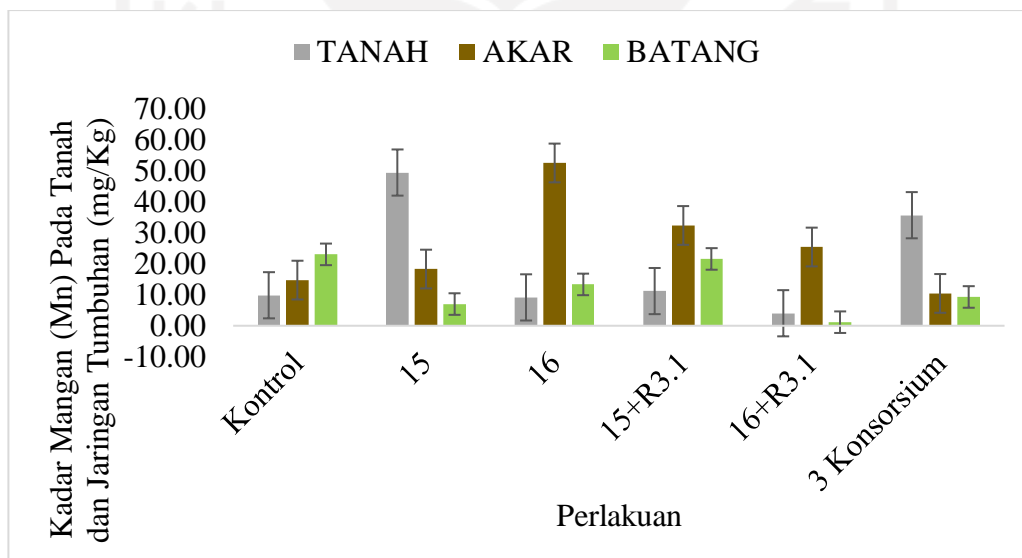
Gambar 4. 8 Grafik Kadar Besi (Fe) pada Tanah dan Jaringan Tanaman

Grafik kadar Fe pada jaringan tanaman khususnya jaringan akar terdapat pada **Gambar 4.8**. Kadar Fe tertinggi jika dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan mikroba lainnya terdapat pada perlakuan *single* mikroba 15. Untuk kadar Fe terendah terdapat pada perlakuan *single* mikroba 16 yakni sebesar 70,49 mg/Kg. Ini menunjukkan bahwa bakteri *single* 16 memiliki kemampuan untuk mereduksi atau memiliki kemampuan dalam penyerapan logam Fe. Dapat dilihat juga bahwa pada perlakuan *single* 16, kadar Fe tertinggi berada pada jaringan tanaman khususnya batang dengan nilai sebesar 153,86 mg/Kg. Perlakuan mikroba konsorsium seperti 16+R3 dan 3 konsorsium juga memiliki kadar Fe yang tinggi pada jaringan akar namun memiliki kadar yang rendah pada tanah yakni dibawah rata – rata kadar rentang normal (100-500 mg/Kg) menurut (Kabata-Pendias, 2011). Penyerapan logam oleh akar sendiri ditentukan oleh beberapa faktor seperti permeabilitas, transpirasi dan tekanan akar serta kehadiran dari sistem pemacu penyerap logam (enhanced metal uptake system), yang diperkirakan hanya dimiliki oleh tumbuhan hiperakumulator (Hidayati, 2013).

Kadar besi (Fe) pada jaringan batang dapat dilihat juga pada **Gambar 4.8**. seperti pembahasan sebelumnya, kadar Fe tertinggi pada jaringan batang jika dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan mikroba, perlakuan *single* 16 memiliki kadar Fe tertinggi yakni sebesar 153,86 mg/Kg. Untuk kadar Fe paling rendah adalah pada perlakuan 16+R3 yakni sebesar 11,30 mg/Kg. Proses translokasi logam ini dikendalikan oleh dua proses utama yakni pergerakan ion ke sillem dan volume fluks dalam sillem yang dimediasi oleh tekanan akar dan transpirasi. Hal ini juga mengindikasikan adanya sistem translokasi logam dari akar ke tajuk yang efisien. Sekuestrasi (sequestration) dan kompleksasi (complexation) adalah proses yang dilalui untuk menentukan bentuk ikatan logam yang akan diakumulasi dan di bagian jaringan mana akan disimpan (Hidayati, 2013).

4.5.2 Pengaruh Aplikasi Mikroorganisme Terseleksi Dengan Carrier Kompos Pada Serapan Mangan (Mn)

Selain Fe, Mn juga salah satu logam yang banyak ditemukan pada tanah maupun tumbuhan. Di dalam tanah, Mn^{4+} berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida yang sangat tak larut di dalam air dan mengandung karbondioksida. Pada kondisi reduksi (anaerob) akibat dekomposisi bahan organik dengan kadar yang tinggi, Mn^{4+} pada senyawa mangan dioksida mengalami reduksi menjadi Mn^{2+} yang bersifat larut. Mn^{2+} berikatan dengan nitrat, sulfat, dan klorida serta larut dalam air. Sehingga, Mn akan diserap tanaman dalam bentuk Mn^{2+} (Seran, 2017). **Gambar 4.9** merupakan grafik kadar Mn pada tanah dan jaringan tanaman. Kadar Mn pada tanah dengan perlakuan bakteri *single* 15 memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan mikroba lainnya yakni sebesar 49,30 mg/Kg. Perlakuan konsorsium mikroba yakni konsorsium 16+R3 memiliki nilai kadar Mn paling rendah jika dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan mikroba lainnya yakni 4,02 mg/Kg. Tanah biasanya mengandung Mn sebesar 20-3000 ppm, dengan rata-rata 600 ppm. Tanah akan mengalami defisiensi atau kekurangan Mn jika di bawah 20 ppm, dan akan mengalami keracunan jika lebih dari 3000 ppm (Seran, 2017). Dari grafik tersebut, perlakuan mikroba yang memberikan respon baik adalah bakteri *single* 15 dan tiga konsorsium mikroba karena kadarnya masih dikatakan normal. Sementara, untuk perlakuan lainnya, tidak memberikan respon yang baik sebab nilai kadar Mn berada dibawah standar.



Gambar 4. 9 Grafik Kadar Mangan (Mn) pada Tanah dan Jaringan Tumbuhan

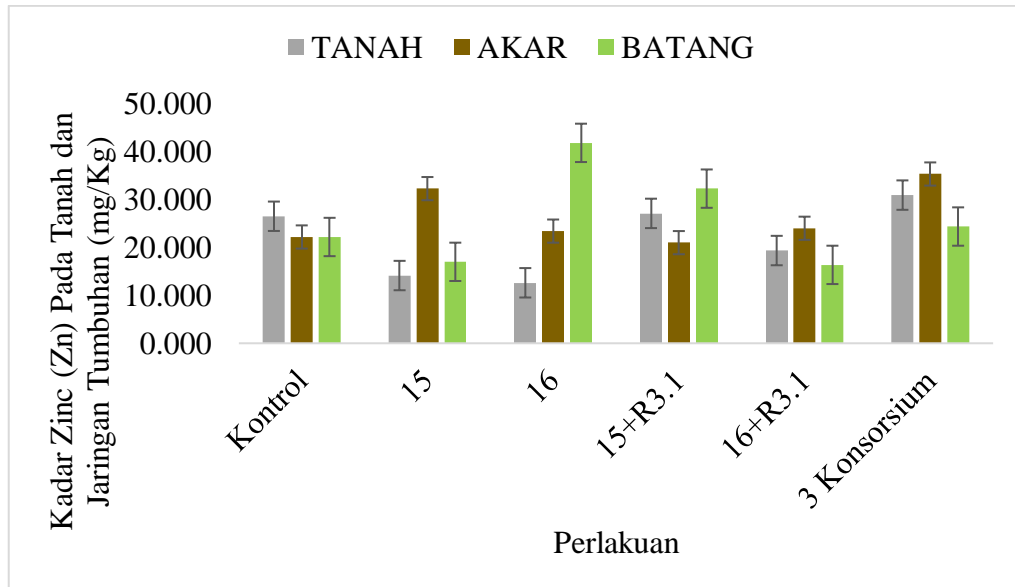
Menurut Seran (2017) Mangan dalam tanaman bersifat *immobile* yaitu tidak dapat bergerak atau beralih tempat dari organ yang satu ke organ lain yang membutuhkan. Aplikasi Mn melalui daun dapat menimbulkan akumulasi berlebihan di dalam jaringan daun sehingga berakibat nekrosis. Pada **Gambar 4.9**, juga menunjukkan kadar Mn pada jaringan Akar. Berbeda pada tanah, kadar Mn pada jaringan akar dengan perlakuan *single* 16 memiliki nilai kadar Mn

tertinggi yaitu 52,39 mg/Kg jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan kontrol. Kadar Mn pada jaringan akar dengan perlakuan tiga konsorsium mikroba memiliki nilai terendah yaitu sebesar 10,41 mg/Kg jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan kontrol. Konsentrasi normal Mn dalam jaringan tanaman pada umumnya terletak antara 50 ppm-200 ppm, dan pada konsentrasi 400 ppm, telah masuk ke dalam kategori kelebihan Mn yang dapat menimbulkan gejala-gejala keracunan (Seran, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa kadar Mn pada akar belum termasuk dalam kategori toksik namun kadar Mn pada hampir seluruh perlakuan pada jaringan akar terkecuali *single* 16 mengalami kekurangan kadar Mn.

Gambar 4.9 juga menunjukkan grafik kadar Mn pada jaringan batang. Seluruh perlakuan mikroba memiliki nilai kadar Mn berada dibawah standar. Gejala defisiensi Mn dapat terlihat pada bagian daun yang klorosis mati sehingga praktis bagian-bagian tersebut mati, mengering, ada kalanya yangterus mengering dan ada pula yang jatuh sehingga daun tampak menggerigi (Seran, 2017). Gejala ini terjadi ketika penelitian berada pada tahap penyiraman dan pengukuran tanaman *Melaleuca leucadendra*. Ada beberapa tanaman ulangan yang mengalami gejala seperti ini. Menurut Seran (2017), Mn berperan penting sebagai pengaktif enzim, diantaranya enzim pentransfer fosfat dan enzim dalam siklus krebs. Unsur Mn juga penting dalam reaksi oksidasi-reduksi, metabolisme N, klorofil dan karbohidrat. Selain itu Mn merupakan bagian penting dari kloroplas dan turut dalam reaksi yang menghasilkan oksigen. Tingginya kadar P pada tanaman yang membuat kadar Mn menjadi berkurang dikarenakan oleh perannya dalam mengaktifkan enzim pentransfer fosfat.

4.5.3 Pengaruh Aplikasi Mikroorganisme Terseleksi Dengan Carrier Kompos Pada Serapan Zinc (Zn)

Kadar Zn pada tanah dengan dan tanpa perlakuan dapat dilihat pada **Gambar 4.10**. Jika dibandingkan dengan perlakuan lain dan kontrol, kadar Zn pada tanah dengan perlakuan tiga konsorsium mikroba memiliki nilai kadar yang paling tinggi yaitu sebesar 30,96 mg/Kg. Kadar Zn terendah berada pada perlakuan *single* 15 dengan nilai 14,15 mg/Kg. Namun menurut (Kabata-Pendias, 2011), kadar Zn tersebut masih berada dibawah rentang normal dimana rentang normalnya adalah sebesar 60-89 mg/Kg. Menurut Santi et al (2015) Kelebihan Zn pada konsentrasi tertentu pada tanaman dapat menyebabkan klorosis pada daun muda karena defisiensi Fe dan Mg pada tumbuhan. Selain itu, Konsentrasi Zn pada batas kecukupan dalam jaringan tanaman akan meningkatkan pertumbuhan dan bobot biomassa tanaman. Hal ini terbukti pada perlakuan tiga konsorsium mikroba yang mana kadar Zn dan biomassa tanamannya memiliki korelasi yang berbanding lurus.



Gambar 4. 10 Grafik Kadar Seng (Zn) pada Tanah dan Jaringan Tanaman

Grafik pada **Gambar 4.10** juga menunjukkan nilai kadar Zn pada jaringan akar. Pada jaringan akar, hampir seluruh perlakuan dengan mikroba memiliki kadar Zn yang lebih tinggi dari kontrol. Hanya perlakuan konsorsium 15+R3 saja yang memiliki kadar Zn terendah jika dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan mikroba lainnya yaitu sebesar 21,02 mg/Kg. Santi et al (2015) menjelaskan bahwa adanya keragaman kandungan Zn antar perlakuan ini diduga berhubungan dengan fase dan kondisi pertumbuhan tanaman serta toleransi mikroorganisme terhadap logam. Terjadi penyerapan Zn oleh mikroba dan tanaman juga menjadi salah satu penyebab rendahnya kadar Zn pada media tanam.

Kadar Seng (Zn) pada jaringan batang juga dapat dilihat pada **Gambar 4.10**. Pada jaringan batang, nilai kadar Zn dengan perlakuan *single* 16 memiliki nilai kadar tertinggi yaitu 41,88 mg/Kg jika dibandingkan dengan perlakuan mikroba lain dan kontrol. Nilai kadar Zn paling rendah adalah dengan perlakuan konsorsium mikroba yaitu 16+R3 dengan nilai 16,38 mg/Kg. Menurut Zaeni et al (2021), faktor yang mempengaruhi akumulasi terbesar terjadi pada akar tanaman pada logam disebabkan akar merupakan jaringan tanaman yang kontak langsung dengan media tanah yang mengandung logam sehingga berpotensi lebih besar dalam menyerap logam namun pada Zn, akumulasi terbesar pada batang dikarenakan Zn berperan dalam mensintesis hormon auksin yang banyak terdapat pada bagian batang dan akar tanaman.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah melakukan analisa terhadap adanya potensi carrier kompos sebagai media mikroba dalam meningkatkan produktivitas dapat disimpulkan:

1. Aplikasi *carrier* kompos (bahan organik) sebagai media mikroba meningkatkan jumlah hara makro dan mikro selain itu juga mikroba yang diinokulasikan meningkatkan kapasitas tukar kation sehingga mempercepat penyerapan nutrisi dan logam yang dibutuhkan tanaman. Hal ini memberikan respon yang baik terhadap produksi biomassa melalui tinggi, diameter dan berat kering tanaman *Melaleuca leucadendra*.
2. Aplikasi *carrier* kompos sebagai media mikroba dapat meningkatkan pH (H₂O) menjadi 5,4 dan pH (KCL) menjadi 3,90, dapat menyediakan nutrisi *Phosphate* dan *Potassium* pada jaringan batang hingga 1.080 mg/Kg dan 17.021 mg/Kg dan dapat memberikan respon baik dalam menyerap logam (Fe) dengan menggunakan mikroba pelarut fosfat pada tanaman *Melaleuca leucadendra* hingga ke jaringan tumbuhan.

5.2 Saran

Evaluasi dan harapan dari penelitian ini yaitu pengaplikasian *carrier* kompos sebagai media mikroba pada lahan Gambut terbuka dalam meningkatkan produktivitas tanah gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., Pataczek, L., Hilger, T. H., Zahir, Z. A., Hussain, A., Raschev, F., et al. (2018). **Perspectives of microbial inoculation for sustainable development and environmental management.** *Front. Microbiol.* 9:2992.
- Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. (2005). **Petunjuk Teknis.** Balai Penelitian Tanah
- Ariyanto, D.P., Sumarno, Supriyono, A Yunus, B Pudjiasmanto, Rahayu, H Widijanto, Suntoro. (2019). **The productivity increasing of peatlands on community landby multi-cropping model in Riau Indonesia.** *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 393 012103
- Badan Standar Nasional. 2021. SNI 8910:2021 *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).* Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Blackham, G.V., Webb, E.L., Corlett, R.T., (2014). **Natural regeneration in a degraded tropical peatland, Central Kalimantan, Indonesia: Implications for forest restoration.** *For. Ecol. Manag.* 324, 8-15
- Daryono H. (2009). **Potensi, permasalahan dan kebijakan yang diperlukan dalam pengelolaan hutan dan lahan rawa gambut secara lestari.** Vol 6 No. 2: 71-101
- El-Fattah D.A.A., Eweda W.E., Zayed M.S., Hassanein M.K. (2013). **Effect of carrier materials, sterilization method, and storage temperature on survival and biological activities of Azotobacter chroococcum inoculant.** *Ann. Agric. Sci.* 58:111–118.

- EPA. 2012. **Introduction to Phytoremediation. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency. Ohio**
- Fathikasari, I. (2022). **Potensi Bakteri Endofit dengan Bahan Pembunuh Tanah Untuk Restorasi Lahan Gambut Terbakar: Percobaan Skala Rumah Kaca.** Universitas Islam Indonesia
- Giesen, W. (2015). **Case Study: Melaleuca cajuputi (gelam) – a useful species and an option for paludiculture in degraded peatlands.** Sustainable Peatlands for People & Climate (SPPC) Project. Wetlands International. p 16.
- Hidayati N. (2013). **Mekanisme Fisiologi Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat.** *Jurnal Teknologi Lingkungan Vol 14.* No.2
- Hilda E.Y.A, Enny Z. (2020). **Studi Literatur Potensi Bakteri Endogenik Lahan Gambut Sebagai Biofertilizer untuk Memperbaiki Nutrisi Lahan.** *Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 9,* No. 2 2337-3520
- Ida N. I, Benny J, Aisyah D.S. (2014). **Peningkatan produktifitas gambut melalui teknik ameliorasi dan inokulasi mikroba pelarut fosfat.** *Jurnal Agro Vol. 1,* No. 1
- Irma Melati, 2020. **Teknik Bioremediasi: Keuntungan, Keterbatasan dan Prospek Riset.** *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2020.* ISBN: 978-602-70648-2-9
- Junaidi A.B, Yunus R. (2009). **Kajian potensi tumbuhan gelam untuk bahan baku industry pulp: Aspek kandungan kimia kayu.** *Jurnal Hutan Tropis Borneo,* 10(28), 284-291
- Kurniadi Hermawang. (2010). **P Jaringan dan P tersedia Tanah Serta Hasil Tanaman Padi (Oryza sativa L.) Pada Berbagai Macam Pemupukan di**

Lahan Sawah Palu Sukoharjo. Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret
Surakarta

Kabata-Pendias, K. (2011). **Trace Element in Soil and Plant.** Fourth edition. CRC
Press. Taylor & Francis Group. ISBN: 978-1-4200-9368-1

Kusuma A.T., Effendi, N., Abidin, Z, Awaliyah S.S. (2019). **Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Raksa (Hg) Pada Cat Rambut yang Beredar di Kota Makassar dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).** *Celebes Enviromental Science Journal* Vol, 1 No, 1, pp 6-12

Maron P. A et al. (2018). **High microbial diversity promotes soil ecosystem functioning.** *Appl. Environ. Microbiology* 84:e002738-17.

Megali L, Glauser G, Rasmann S. (2014). **Agronomy for Sustainable Development.** 34 (3): 649-656.

Mehta D, Ghahreman M, Perez-Fernandez M, (2021). **Phosphate and phosphite have a differential impact on the proteome and phosphoproteome of Arabidopsis suspension cell cultures.** *The Plant Journal.* Vol. 105 . Page 924–941

Nhu N.T.H, Ng L.C, Nuntavun R. (2018). **The Effects Bio-fertilizer and Liquid Organic Fertilizer on the Growth of Vegetables in the Pot Experiment.** *Chiang Mai J. Sci.* 45(3): 1257-1273

Pacheco A J.A., Ruíz-Sánchez E., Ballina-Gómez H.S., Alvarado-López C.J. (2017). **Does polymer-based encapsulation enhance performance of plant growth promoting microorganisms? A meta-analysis view.** *Agrociencia.* 51:174–187.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2014. Tentang
Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut

- Pratiwi E, Satwika T.D, Alina A, Fahmuddin A. (2020). **Karakteristasi Bakteri Asal Lahan Gambut Jambi dan Potensinya Sebagai Pupuk Hayati.** *Jurnal Tanah dan Iklim* **Vol. 44** No. 1, 1-10
- Purnamayani S, Sudradjat, Syahbuddin H, Dariah A. (2021). **Peatland characteristics and oil palm productivity at Siak Regency, Riau Province.** IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 950 012025
- Qurrotu A'yun, D. (2015). Penurunan Konsentrasi Ammonium (Nh⁴⁺) Pada Limbah Laundry Dengan Tumbuhan Cattail (*Typha Angustifolia*) Dan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*)
- Rahma S. (2019). **Peningkatan Unsur Hara Kalium Dalam Tanah Melalui Aplikasi POC Batang Pisang dan Sabut Kelapa.** *Jurnal Ecosolum* **Volume 8**, Nomor 2
- Rahmawan, Indra S et al. (2019). **Pengaruh Pemupukan Kalium (K) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kubis (Brassica oleraceae var. capitata, L.).** *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan* **Volume 3**, Nomor 1, Hal. 17-23
- Ratmini N.P.S, (2012). **Characteristics and Management of Peatland for Agricultural Development.** *Jurnal Lahan Suboptimal* **Vol. 1**, No.2: 197-206
- Rhino P, Syafriadiman, Henni S. (2017). **Peningkatan Produktivitas Kolam Lahan Gambut Melalui Teknik Biofertilizer dan Bakteri Azotobacter sp. serta Lumbricus Rubellus Sebagai Organisme Decomposer.** *Berkala Perikanan Terubuk* **Vol. 45.** No.3
- Sahwan L.F. (2014). **Bakteri Pelarut P dan Penambat N Pada Pupuk Organik Granul Berbahan Baku Limbah Padat Organik.** *Jurnal Teknologi Lingkungan* **Vol. 16** No. 1

- Salma J. F, Sugeng P, dan Maswar. (2019). **Pengaruh pemupukan pada lahan gambut terhadap karakteristik tanah, emisi co₂, dan produktivitas tanaman karet.** *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol 6 No 1: 1145-1156
- Santi, R et al. (2015). **Pengaruh Fungi Indigenous Toleran Zn Terhadap Pertumbuhan Bibit Jagung Di Media Tailing Steril.** *Jurnal Agro* Vol. 2, No. 1
- Seran R.(2017). **Pengaruh Mangan Sebagai Unsur Hara Mikro Esensial Terhadap Kesuburan Tanah dan Tanaman.** *Jurnal Pendidikan Biologi.* Vol.2, No. 1 (13-14)
- Sethi S.K, Adhikary S.P. (2012). **Cost effective pilot scale production of biofertilizer using Rhizobium and Azotobacter.** *Afr. J. Biotechnol.* 11:13490–13493.
- Silva J.A, Uchida R. (2000). **Essential Nutrients for Plant Growth: Nutrient Functions and Deficiency Symptoms.** *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils*
- Singh J.S., Pandey V.C, Singh D.P. (2011). **Agric. Ecosyst. Environ.** 140: 339-353.
- Sinha R.K, Valani D, Chauhan K, Agarwal S., J. Agric. (2010). **Biotechnol. Sustain. Development,** 2(7): 113-128.
- Soultan S. (2020). **Potensi Aplikasi Fungi Tanah dan Bakteri Endofit dengan Cendawan Tanah Gambut Untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca.** Universitas Islam Indonesia

- Sudrajat D.J. (2016). **Seeds Characteristics of Gelam (Meulaleuca leucadendra): Seed Maturity, Morphology, Germination and Storability.** *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan* Vol.4 No.2, 125-138
- Tata H.L, Pradjadinata S. (2015). **Native Species For Degraded Peat Swamp Forest Rehabilitation.** *Journal of Tropical Silviculture.* 7:580-582
- Tumbuh Subur di Indonesia, Inilah Pohon Penghasil Minyak Kayu Putih. Mongabay.co.id. 30 september 2021. 02.30. <https://www.mongabay.co.id/2021/09/30/tumbuh-subur-di-indonesia-inilah-pohon-penghasil-minyak-kayu-putih/>
- Utomo, Budi. (2009). **Pemanfaatan Beberapa Bioaktivator Terhadap Peningkatan Laju Dekomposisi Tanah Gambut Dan Pertumbuhan *Gmelina arborea Roxb.*** *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* Vol.7 No.1, 33 - 38
- Vassilev N, Maria V, Vanessa M, Luis F. Garcia del M, Jolanta K, Bartosz T, Eligio M. (2020). **Formulation of Microbial Inoculants by Encapsulation in Natural Polysaccharides: Focus on Beneficial Properties of Carrier Additives and Derivatives.** *Front. Plant Sci.*
- Vessey J.K. (2003). **Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers.** *Plant and Soil*, 255: 571-586
- Yuwati T.W. Rachmanadi D.P, Turjaman, M, Indrajaya, Y, Nugroho, H.Y.S.H, Qirom M.A, Narendra B.H, Winarno B, Lestari, S. et al. **Restoration of Degraded Tropical Peatland in Indonesia: A Review.** *Land* 2021, 10, 1170
- Zaeni A et al. (2021). **Studi Bioakumulasi Logam Crom (Cr), Seng (Zn) dan Nikel (Ni) pada Tanaman Obat Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis.).** *Akta Kimindo* Vol. 6(1)

Zafar-ul-Hye M., Bhutta T.S., Shaaban M., Hussain S., Qayyum M.F., Aslam U., Zahir Z.A. (2019). **Influence of multi-strain plant growth promoting rhizobacteria inoculation on wheat crop productivity under soil salinity stress.** *Phyton, Int. J. Exp. Bot.* 88:119–129.







LAMPIRAN




Lampiran 1 : Rincian Waktu dan Lokasi Penelitian

Berikut merupakan rincian waktu dan lokasi persiapan penelitian:

No.	Tahapan kegiatan	Waktu	Lokasi
1	Persiapan media carrier kompos	5 Desember 2021	Jl. Pandanaran, Sardonoharjo, Sleman-Yogyakarta
2	<i>Reculture</i> mikroba	10 Desember 2021	Jl. Garuda, Wonosalam, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman- Yogyakarta
3	Inokulasi mikroba terseleksi ke dalam media <i>carrier</i> kompos	2 Maret 2022	
4	Penanaman <i>Meulaleuca leucandendra</i> (Kayu Putih)	9 April 2022	
5	Inokulasi media <i>carrier</i> kompos pada tanaman <i>Meulaleuca leucandendra</i> (Kayu Putih)	6 Mei 2022	
6	Penyiraman dan pengukuran pertumbuhan <i>Meulaleuca leucandendra</i> (Kayu Putih)	7 Mei 2022	
7	Pengambilan data dan pemanenan <i>Meulaleuca leucandendra</i> (Kayu Putih)	30 Juli 2022	

Lampiran 2 : Gambar Desain Perlakuan

	<p>Foto perlakuan (Kontrol,Nb, 15, 16, 16+R3, 3 konsorsium)</p>
	<p>Foto Perlakuan (Kontrol, 15 Nb, 15)</p>
	<p>Foto Perlakuan (Kontrol, 16 Nb, 16)</p>
	<p>Foto Perlakuan (Kontrol, 15+R3 Nb, 15+R3)</p>
	<p>Foto Perlakuan</p>

	<p>(Kontrol, 16+R3 Nb, 16+R3)</p>
	<p>Foto Perlakuan (Kontrol, 3 konsorsium Nb, 3 konsorsium)</p>
	<p>Foto Perlakuan Berat Basah (Kontrol, 15,16, 15+R3, 16+R3 dan 3 konsorsium)</p>

Lampiran 3 : Dokumentasi





Reculture Mikroba

Pembuatan *Inoculum* Mikroba



Inokulasi ke Media Kompos



Perhitungan Metode TPC



Inokulasi kompos ke Tanaman



Penyiraman dan Pengukuran



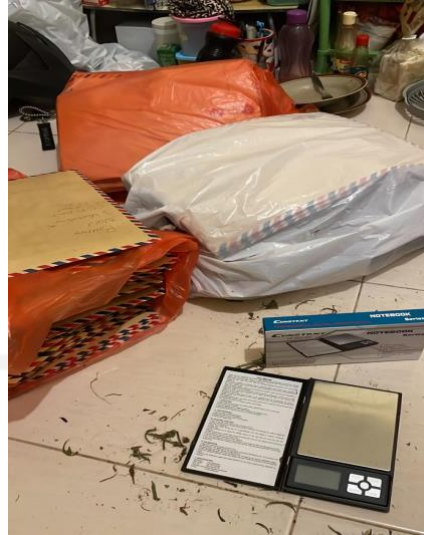
Proses Panen



Penimbangan Berat Basah



Pengeringan Jaringan Tanaman



Penimbangan Berat Kering



Pengujian pH



Pengujian P tersedia dan P total



Pengujian K dan Logam



RIWAYAT HIDUP

Devy Fatima Rusli biasa dikenal dengan Devy lahir di Timika, 24 Agustus 2000 merupakan anak ketiga dari empat bersaudara oleh pasangan Drs. Rusli Ali Mansyur dan Hj. Iriyani. Adapun jenjang Pendidikan oleh penulis yaitu Pendidikan Dasar di SD Yayasan Pendidikan Jayawijaya, kemudian SMP Yayasan Pendidikan Jayawijaya dan lanjut di SMA Bosowa International School Makassar. Sebagai Mahasiswa Teknik Lingkungan FTSP UII, penulis diterima dengan jalur *Paper Based Test* (PBT). Selama menempuh Pendidikan, penulis sangat aktif dalam kegiatan non akademik seperti kepanitiaan dan organisasi (PESTA, PEKTA, LILIN dan LDF Al-Mustanir).

Pada Desember 2021, penulis berkesempatan untuk belajar dan ikut turut serta dalam penelitian yang digagaskan oleh dosen mengenai larva *Black Soldier Fly* dan melaksanakan penelitian di Rumah Kaca milik Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. dan Laboratorium Kualitas Lingkungan untuk menyelesaikan studi di program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

