

TUGAS AKHIR

**POTENSI *CARRIER* KOMPOS DAN NaCl SEBAGAI
MEDIA MIKROBA UNTUK REMEDIASI LAHAN
BEKAS TAMBANG EMAS DI KABUPATEN KULON
PROGO**

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



**REYNALDI DWIKI SAPUTRA
18513189**

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

2022

TUGAS AKHIR
POTENSI *CARRIER* KOMPOS DAN NaCl SEBAGAI
MEDIA MIKROBA UNTUK REMEDIASI LAHAN
BEKAS TAMBANG EMAS DI KABUPATEN KULON
PROGO

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



REYNALDI DWIKI SAPUTRA
18513189

Disetujui,
Dosen Pembimbing :

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.
NIK. 185130401
Tanggal : 23 Desember 2022

Fina Binazir Muziyah, S.T., M.T.
NIK. 165131305
Tanggal : 22 Desember 2022

Mengetahui,
Kenia Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.
NIK. 095130403
Tanggal : 23/12/2022

LEMBAR PENGESAHAN
POTENSI *CARRIER* KOMPOS DAN NaCl SEBAGAI
MEDIA MIKROBA UNTUK REMEDIASI LAHAN
BEKAS TAMBANG EMAS DI KABUPATEN KULON
PROGO

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jum'at

Tanggal : 23 Desember 2022

Disusun Oleh :

REYNALDI DWIKI SAPUTRA
18513189

Tim Penguji :

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

()

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

()
22 Desember 2022

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

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 15 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



REYNALDI DWIKI SAPUTRA

18513189

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warah Matullahi Wa Barakatuh

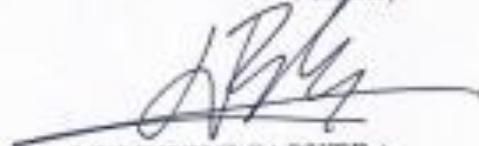
Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala dengan segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini selesai bukan hanya dengan saya sendirian, akan tetapi banyak orang-orang yang sayang dan peduli dengan penulis sehingga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

1. Kedua orang tua dan keluarga saya yang memberikan kepercayaan dan dorongan kepada penulis
2. Dosen pembimbing saya Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D., Fina Binazir Maziya, S.T., M.T., dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M. Biotech, Ph.D. yang telah membimbing saya selama mengerjakan tugas akhir.
3. Teman sepermainan selama berkuliah yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah berjuang bersama-sama
4. Dan seluruh pihak yang telah terlibat

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

Yogyakarta, 15 Desember 2022

Penulis,



REYNALDI DWIKI SAPUTRA

18513189



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

REYNALDI DWIKI SAPUTRA. Potensi *Carrier* Kompos dan NaCl Sebagai Media Mikroba untuk Remediasi Lahan Bekas Tambang Emas di Kabupaten Kulon Progo. Dibimbing oleh Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. dan Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

Kegiatan penambangan emas tidak lepas dari limbah (*tailing*) yang mengandung logam berat berbahaya. Salah satu kegiatan penambangan emas tradisional di Indonesia adalah di Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Metode yang sering digunakan pada penambangan emas tradisional adalah penggunaan merkuri untuk mengikat atau memisahkan bijih emas (metode amalgamasi). Oleh karena itu, *tailing* penambangan emas akan mengandung logam berat berbahaya, seperti timbal (Pb), cadmium (Cd), dan merkuri (Hg). Untuk mengurangi resiko tersebut perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis potensi carrier kompos dan NaCl terhadap pertumbuhan *Eucalyptus* sp. serta terhadap pH, nutrisi, dan logam berat tanah bekas tambang emas tradisional di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian pH menggunakan pH meter dengan lauratan H₂O dan KCl, uji fosfat dengan Spektrofotometric UV-Vis dengan asam karbonat dan uji kalium dengan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). Untuk uji logam berat Pb dan Cd dengan AAS dan Hg dengan ICP-MS (Indutively Coupled Plasma-Mass Spectrometry). Metode analisis data yang digunakan adalah dengan pendekatan *standard error* pada setiap hasil data, ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* untuk data pertumbuhan tanaman dan kurva kalibrasi untuk mencari konsentrasi dari nilai absorbansi. Hasil yang didapatkan bahwa setelah perlakuan dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, diameter, dan jumlah daun selama 12 minggu, meningkat konsentrasi fosfat dan kalium, serta menurunkan konsentrasi logam berat timbal (Pb), cadmium (Cd), dan merkuri (Hg).

Kata kunci : Tanah bekas tambang emas, *Eucalyptus* sp., mikroba terseleksi

ABSTRACT

REYNALDI DWIKI SAPUTRA. Potential Carriers Compost and NaCl as Microbial Media for Remediation Ex-Gold Mine Land in Kulon Progo Regency. Mentored by Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. and Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

Gold mining activities cannot be separated from waste (tailings) containing hazardous heavy metals. One of the traditional gold mining activities in Indonesia is in Kulon Progo Regency, Yogyakarta Special Region. The method that is often used in traditional gold mining is the use of mercury to bind or separate gold ore (the amalgamation method). Therefore, gold mining tailings will contain hazardous heavy metals, such as lead (Pb), cadmium (Cd), and mercury (Hg). To reduce this risk, it is necessary to conduct research to analyze the potential carriers of compost and NaCl on the growth of *Eucalyptus* sp. as well as on pH, nutrients, and heavy metals in the soil of former traditional gold mines in Kokap District, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta. The pH test used a pH meter with aqueous H₂O and KCl, a phosphate test with UV-Vis spectrophotometry with carbonic acid and a potassium test with AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). To test for heavy metals Pb and Cd with AAS and Hg with ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry). The data analysis method used is a standard error approach for each data result, One-Way ANOVA (Analysis Of Variance) for plant growth data and a calibration curve to find the concentration of the absorbance value. The results showed that after the treatment could increase the growth of plant height, diameter, and number of leaves for 12 weeks, increase the concentration of phosphate and potassium, and reduce the concentration of heavy metals lead (Pb), cadmium (Cd), and mercury (Hg).

Key words : Ex-gold mine soil, *Eucalyptus* sp., selected microbes



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tambang Emas Tradisional	5
2.2 Logam Berat	7
2.3 Remediasi Tanah.....	8
2.4 <i>Carrier</i> Mikroba	11
2.5 Mikroba Terseleksi	12
2.6 Penelitian Terdahulu	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	15

3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	15
3.2	Tahapan Penelitian.....	16
3.3	<i>Sampling</i> Tanah	17
3.4	Persiapan Inokulum Mikroba.....	18
3.5	Persiapan Media <i>Carrier</i>	18
3.6	Persiapan Tanaman	19
3.7	Inokulasi Mikroba.....	20
3.8	Pengamatan dan Pemanenan.....	21
3.9	Analisis pH, Nutrisi, dan Logam Berat.....	21
3.10	Analisis Data.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		24
4.1	Pengaruh <i>Carrier</i> Kompos dan NaCl sebagai Media Mikroba terhadap Pertumbuhan Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp.	24
4.1.1	Tinggi Tanaman	24
4.1.2	Diameter Tanaman	27
4.1.3	Daun Tanaman	30
4.1.4	Biomassa Tanaman.....	33
4.2	Pengaruh <i>Carrier</i> Kompos dan NaCl sebagai Media Mikroba terhadap pH	39
4.3	Pengaruh <i>Carrier</i> Kompos dan NaCl sebagai Media Mikroba terhadap Nutrisi	40
4.3.1	Kadar Fosfat	40
4.3.2	Kadar Kalium	43
4.4	Pengaruh <i>Carrier</i> Kompos dan NaCl sebagai Media Mikroba terhadap Logam Berat	45
4.4.1	Penyerapan Logam Timbal (Pb).....	46

4.4.2	Penyerapan Logam Cadmium (Cd).....	49
4.4.3	Penyerapan Logam Merkuri (Hg)	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....		55
LAMPIRAN		60





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	13
Tabel 3. 1 Jumlah Populasi Mikroba Saat Diinokulasi ke Media Carrier	19
Tabel 3. 2 Jumlah Ulangan Per Perlakuan	20
Tabel 3. 3 Acuan Analisis Data.....	22
Tabel 4. 1 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Tinggi Tanaman Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos...	25
Tabel 4. 2 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Tinggi Tanaman Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl.....	27
Tabel 4. 3 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Diameter Tanaman Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos.....	28
Tabel 4. 4 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Diameter Tanaman Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl.....	30
Tabel 4. 5 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos.....	31
Tabel 4. 6 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl.....	32
Tabel 4. 7 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Berat Basah Akar Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos...	34

Tabel 4. 8 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Berat Basah Batang Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos.....	34
Tabel 4. 9 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Berat Kering Akar Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos.....	35
Tabel 4. 10 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Berat Kering Batang Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos.....	36
Tabel 4. 11 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Berat Basah Akar Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl.....	37
Tabel 4. 12 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Berat Basah Batang Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl.....	38
Tabel 4. 13 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Berat Kering Akar Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl.....	38
Tabel 4. 14 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Berat Kering Batang Eucalyptus sp. dengan Penambahan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl.....	39
Tabel 4. 15 Regulasi Standar Kandungan Logam Berat pada Tanah (mg/kg).....	45



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Penambangan Emas Tradisional di Kulon Progo, Yogyakarta	6
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian.....	16
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian atau Titik Sampling.....	17
Gambar 4. 1 Grafik Tinggi Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp. dengan Perlakuan Mikroba <i>Selected Phosphate Solubilizing</i> (15 dan 16), <i>Enterobacter</i> (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan <i>Carrier</i> Kompos	25
Gambar 4. 2 Grafik Tinggi Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp. dengan Penambahan Mikroba <i>Selected Phosphate Solubilizing</i> (15 dan 16), <i>Enterobacter</i> (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan <i>Carrier</i> NaCl	26
Gambar 4. 3 Grafik Diameter Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp. dengan Penambahan <i>Selected Phosphate Solubilizing</i> (15 dan 16), <i>Enterobacter</i> (R3) dan 3 Konsorsium Mikroba Menggunakan <i>Carrier</i> Kompos	28
Gambar 4. 4 Grafik Diameter Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp. dengan Penambahan Mikroba <i>Selected Phosphate Solubilizing</i> (15 dan 16), <i>Enterobacter</i> (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan <i>Carrier</i> NaCl	29
Gambar 4. 5 Grafik Jumlah Daun Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp. dengan Penambahan Mikroba <i>Selected Phosphate Solubilizing</i> (15 dan 16), <i>Enterobacter</i> (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan <i>Carrier</i> Kompos	31
Gambar 4. 6 Grafik Jumlah Daun Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp. dengan Penambahan Mikroba <i>Selected Phosphate Solubilizing</i> (15 dan 16), <i>Enterobacter</i> (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan <i>Carrier</i> NaCl	32
Gambar 4. 7 Grafik Berat Basah Jaringan Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp. dengan Perlakuan Mikroba <i>Selected Phosphate Solubilizing</i> (15 dan 16), <i>Enterobacter</i> (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan <i>Carrier</i> Kompos	33
Gambar 4. 8 Grafik Berat Kering Jaringan Tanaman <i>Eucalyptus</i> sp. dengan Perlakuan Mikroba <i>Selected Phosphate Solubilizing</i> (15 dan 16), <i>Enterobacter</i> (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan <i>Carrier</i> Kompos	35

Gambar 4. 9 Grafik Berat Basah Jaringan Tanaman Eucalyptus sp. dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl	37
Gambar 4. 10 Grafik Berat Kering Jaringan Tanaman Eucalyptus sp. dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl	38
Gambar 4. 11 Grafik pH Tanah (H ₂ O dan KCl) dengan Tanaman Eucalyptus sp. Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.....	40
Gambar 4. 12 Grafik Konsentrasi P-Total Tanah dengan Tanaman Eucalyptus sp. Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.....	41
Gambar 4. 13 Grafik Konsentrasi P-Total Akar dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.....	42
Gambar 4. 14 Grafik Konsentrasi P-Total Batang dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.....	42
Gambar 4. 15 Grafik Konsentrasi K-Total Tanah dengan Tanaman Eucalyptus sp. Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.....	43
Gambar 4. 16 Grafik Konsentrasi K-Total Akar dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.....	44
Gambar 4. 17 Grafik Konsentrasi K-Total Batang dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.....	45
Gambar 4. 18 Grafik Konsentrasi Timbal (Pb) Tanah dengan Tanaman Eucalyptus sp. Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Mikroba Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl	47

Gambar 4. 19 Grafik Konsentrasi Timbal (Pb) Akar Eucalyptus sp. dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl	48
Gambar 4. 20 Grafik Konsentrasi Timbal (Pb) Batang Eucalyptus sp. dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl	48
Gambar 4. 21 Grafik Konsentrasi Cadmium (Cd) Tanah dengan Tanaman Eucalyptus sp. Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.	49
Gambar 4. 22 Grafik Konsentrasi Cadmium (Cd) Akar Eucalyptus sp. dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl	50
Gambar 4. 23 Grafik Konsentrasi Cadmium (Cd) Batang Eucalyptus sp. dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl	50
Gambar 4. 24 Grafik Konsentrasi Merkuri (Hg) Tanah dengan Tanaman Eucalyptus sp. Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl.	51
Gambar 4. 25 Grafik Konsentrasi Merkuri (Hg) Akar Eucalyptus sp. dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl	52
Gambar 4. 26 Grafik Konsentrasi Merkuri (Hg) Batang Eucalyptus sp. dengan Perlakuan Mikroba Selected Phosphate Solubilizing (15 dan 16), Enterobacter (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier Kompos dan NaCl	53

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan Sampling	60
Lampiran 2 Dokumentasi Perawatan Tanaman.....	61
Lampiran 3 Dokumentasi Tanaman Sebelum dan Sesudah Panen	62
Lampiran 4 Dokumentasi Laboratorium	63
Lampiran 5 Kurva Kalibrasi AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>)	64





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emas merupakan salah satu material berharga di dunia yang dapat dieksplorasi dan eksploitasi. Hal tersebut menarik perhatian para kontraktor besar maupun penambang tradisional untuk melakukan proses penambangan emas. Di Indonesia sendiri masih banyak ditemui penambangan emas tradisional yang mengesampingkan masalah lingkungan baik saat beroperasi maupun sudah tidak beroperasi. Salah satu kegiatan penambangan emas tradisional emas di Indonesia terdapat di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Potensi emas di Kulon Progo telah dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sejak tahun 1991 (Nata dkk., 2021).

Pengolahan emas di Kulon Progo dilakukan dengan teknik amalgamasi yang mana menggunakan merkuri (Hg) sebagai media untuk mengikat logam emas dari bijihnya. Yang, selanjutnya limbah dari proses tersebut akan dikumpulkan pada kolam penampungan tanpa ada pengolahan lebih lanjut. Hal ini dapat mengakibatkan limbah tersebut masuk ke dalam tanah bahkan mengalir ke perairan atau sungai di sekitarnya (Nilamprasasti, 2019).

Proses penambangan tidak akan lepas dari masalah lingkungan yang ditimbulkan. Masalah yang muncul seperti pencemaran tanah, air, dan udara, perubahan bentuk topografi, dan rusaknya ekosistem yang ada. Salah satu masalah yang dapat muncul dari penambangan emas adalah pencemaran tanah dan air oleh logam berat. Logam berat ini dihasilkan dari kegiatan *tailing* dan kegiatan penambangan. Logam berat yang dihasilkan dapat berupa merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) (Xiao dkk., 2017). Logam berat ini dapat ditemukan pada sekitar tambang emas melalui tanah, air tanah, dan perairan.

Logam berat yang dihasilkan memiliki sifat beracun dan berbahaya untuk lingkungan dan manusia. Logam berat dapat mencemari air, tanah, serta udara

karena aktivitas manusia yang menghasilkan limbah. Kontaminasi logam berat tersebut merusak kualitas air, tanah serta udara yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan, kontak kulit, serta konsumsi air dan ikan yang telah terkontaminasi. Jika terakumulasi dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan keracunan bahkan penyakit kronis. Penyakit yang dimunculkan seperti kerusakan syaraf pada otak, kelainan janin, penyakit ginjal, tulang, paru-paru, jantung, sistem reproduksi, bahkan dapat menyebabkan kematian (Adhani, 2017).

Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan remediasi pada tanah bekas tambang emas tradisional guna menghindari dampak buruk bagi lingkungan dan manusia. Remediasi bertujuan mengurangi kandungan logam berat yang dihasilkan. Maka dari itu perlu adanya penelitian terkait kandungan logam berat yang dihasilkan dari penambangan emas tradisional dan potensi remediasi tanah yang akan dilakukan. Pada penelitian ini akan menggunakan sampel tanah bekas tambang emas yang diambil dari tambang emas tradisional Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Penelitian akan menggunakan mikroba terseleksi dengan *carrier* kompos dan NaCl yang diinokulasi ke tanaman *Eucalyptus* sp. *Eucalyptus* sp. dapat mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan tumbuhan hiperakumulator, penggunaan *Eucalyptus* sp. sebagai bioamulator bisa mengurangi resiko kontaminan masuk ke dalam rantai makanan (Retno, 2018). Sedangkan mikroba yang digunakan adalah mikroba yang terseleksi dari lahan yang terdegradasi. Penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis potensi *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba terhadap logam berat pada tanah bekas tambang emas tradisional. Perbedaan dari penelitian yang sudah ada adalah penelitian ini menggunakan *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba serta mikroba yang digunakan adalah mikroba yang telah terseleksi dari lahan yang terdegradasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, potensi pencemaran logam berat

karena tambang emas tradisional sangatlah besar, berikut adalah rumusan masalah pada penelitian ini :

1. Bagaimana potensi *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba terhadap pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* sp.?
2. Bagaimana potensi *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba terhadap kadar pH, nutrisi, dan logam berat Merkuri (Hg), Timbal (Pb), serta Cadmium (Cd) pada tanah bekas tambang emas tradisional di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis potensi *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba terhadap pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* sp.
2. Menganalisis potensi *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba terhadap kadar pH, nutrisi, dan logam berat Merkuri (Hg), Timbal (Pb), serta Cadmium (Cd) pada tanah bekas tambang emas tradisional di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

1.4 Ruang Lingkup

Batasan pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilaksanakan Bulan Maret 2022 hingga Oktober 2022.
2. Tambang emas tradisional berlokasi di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.
3. Penelitian potensi *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba terhadap pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* sp.
4. Penelitian potensi *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba terhadap kadar pH, nutrisi, dan logam berat Merkuri (Hg), Timbal (Pb), serta Cadmium (Cd) pada tanah bekas tambang emas tradisional di

Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan studi literatur terkait potensi *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba terhadap kadar pH, nutrisi, dan logam berat Merkuri (Hg), Timbal (Pb), serta Cadmium(Cd).
2. Memberikan solusi remediasi tanah bekas tambang emas tradisional di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta untuk pemerintah dan masyarakat sekitar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tambang Emas Tradisional

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan alam baik yang dapat diperbarui (*renewable*) ataupun yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*). Kekayaan alam yang tidak dapat diperbarui adalah bahan tambang. Salah satu bahan tambang yang banyak ditemukan di Indonesia adalah emas (Sujatmiko, 2012). Emas adalah mineral logam mulia yang merupakan salah satu komoditas pertambangan yang utama. Pembentukan emas terjadi karena naiknya larutan sisa magma ke atas permukaan yang dikenal dengan istilah larutan hidrotermal. Pergerakan larutan hidrotermal dikontrol oleh zona lemah yang membentuk rongga sehingga mengakibatkan larutan hidrotermal tersebut bermigrasi dan kemudian terakumulasi membentuk suatu endapan yang terletak di bawah permukaan (Junaedy dkk., 2016).

Bijih emas yang ditemukan di beberapa daerah di Indonesia telah mendorong masyarakat setempat untuk melakukan penambangan sendiri secara tradisional. Tambang emas tradisional bisa ditemukan di berbagai daerah di Indonesia seperti Aceh Selatan, Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Tengah, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara Barat, dan Papua. Tambang emas tradisional terdiri dua kegiatan penting, yaitu pengambilan dan pengolahan bijih emas. Kegiatan pengambilan dan pengolahan bijih emas dapat menghasilkan limbah. Proses pengambilan bijih emas menghasilkan limbah batuan samping, yaitu sisa batuan yang sudah diambil tetapi tidak ekonomis untuk diolah. Batuan samping biasanya ditimbun di area sekitar penambangan. Selanjutnya proses pengolahan bijih emas, pengolahan bijih emas pada tambang emas tradisional biasanya menggunakan metode amalgamasi dan sianidasi (Kusdarini dan Budianto, 2021).

Salah satu kegiatan penambangan emas tradisional emas di Indonesia terdapat di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa

Yogyakarta. Kegiatan penambangan emas ini telah dilakukan oleh masyarakat sekitar sejak tahun 1991 (Nata dkk., 2021). Dengan adanya tambang emas ini, memberikan tambahan pendapatan daerah dan lapangan pekerjaan bagi masyarakat. Pengolahan emas di Kulon Progi dilakukan dengan teknik amalgamasi yang mana menggunakan merkuri (Hg) sebagai media untuk mengikat logam emas dari bijihnya. Dalam proses pengolahan hasil tambang menjadi biji emas, penambang tradisional disana masih menggunakan cara yang sederhana yakni memanfaatkan teknologi amalgamasi, dimana proses tersebut menggunakan logam berat merkuri (Hg) untuk dapat mengekstraksi biji emas di dalam gelondongan, dengan menggunakan metode tersebut dapat buruk bagi lingkungan atau manusia, hal tersebut dikarenakan potensi terakumulasi kontaminan Hg dan logam berat lainnya semakin besar (Kusuma, 2017).



Gambar 2. 1 Proses Penambangan Emas Tradisional di Kulon Progo, Yogyakarta

(Sumber : Dokumentasi pribadi, 2022)

2.2 Logam Berat

Logam adalah zat dengan konduktivitas tinggi listrik, kelenturan, dan kilau. Distribusi logam di atmosfer dapat dilihat dari sifat logam dan berbagai faktor lingkungan. Logam berat sendiri adalah unsur yang mempunyai densitas lebih dari 5 gr/cm^3 . Logam berat termasuk unsur penting yang diperlukan makhluk hidup dalam kadar yang tidak berlebihan. Logam berat dapat sebagai *trace element* bagi kehidupan, logam berat esensial seperti Tembaga (Cu), Selenium (Se), Besi (Fe) dan Zink (Zn) dibutuhkan untuk menjaga metabolisme tubuh manusia. Sebaliknya logam berat yang non-esensial adalah logam berat yang tidak mempunyai fungsi bagi manusia dan bahkan sangat berbahaya hingga dapat menyebabkan keracunan (toksik), logam nonesensial yang dimaksud seperti Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Arsenik (As) dan Cadmium (Cd) (Adhani, 2017).

Menurut Rosihan dan Husaini (2017), pencemaran logam berat dapat tercipta secara alam maupun buatan, seperti berasal dari aktivitas gunung berapi, aktivitas penambangan, dan lain- lain. Sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia adalah :

- a. Logam berat yang sulit terdegradasi oleh lingkungan dan cenderung akan terakumulasi pada lingkungan
- b. Logam berat yang dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan konsentrasinya bertambah tinggi atau mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi
- c. Logam mudah terakumulasi pada sedimen, sehingga konsentrasi selalu lebih tinggi dari pada konsentrasi logam dalam air.

Kontaminasi logam berat tersebar melalui udara, tanah, dan air. Logam berat tersebut mengkontaminasi manusia melalui udara yang dihirup dan air atau makanan yang dikonsumsi. Jika suatu badan air terkontaminasi logam berat maka ikan yang terdapat pada badan air tersebut akan mengandung logam berat. Selanjutnya, kontaminasi juga dapat melalui tanaman yang tumbuh pada tanah yang tercemar logam berat. Tanaman akan menyerap logam berat ke jaringan tanaman yang nantinya akan dikonsumsi langsung oleh manusia ataupun hewan ternak yang dagingnya akan dikonsumsi oleh manusia (Agustina, 2014).

Logam berat masuk ke tubuh manusia melalui saluran pernapasan ataupun saluran pencernaan yang didistribusikan dengan cepat ke seluruh tubuh manusia. Distribusi logam berat menggunakan aliran darah, membran sel, dan afinitas komponen organ terhadap logam. Logam berat berbahaya dan mengganggu kesehatan jika telah terakumulasi pada tubuh manusia dengan jumlah yang sangat besar atau disebut dengan bioakumulasi. Dampak kesehatan pada manusia yang timbulkan oleh logam berat seperti radang tenggorokan, nyeri kepala, dermatitis, alergi, anemia, gagal ginjal, dan lain sebagainya (Pratiwi, 2020).

2.3 Remediasi Tanah

Remediasi tanah dapat diartikan sebagai perbaikan lingkungan secara umum diharapkan dapat menghindari resiko-resiko yang ditimbulkan oleh kontaminasi logam yang berasal dari alam (*geochemical*) ataupun dari aktivitas manusia (*anthropogenic*). Logam dalam tanah tidak dapat mengalami biodegradasi sehingga pembersihan kontaminan menjadi pekerjaan yang berat dan mahal. Terdapat 2 jenis remediasi tanah yaitu *in-situ* (*on-site* atau di dalam lokasi) dan *ex-situ* (*off-site* atau di luar lokasi). Remediasi secara *in-situ* dapat menggunakan fungi atau bakteri (bioremediasi) atau dapat menggunakan tanaman akumulator logam berat (fitoremediasi) (Purwani, 2010).

Remediasi menggunakan tanaman untuk menghilangkan polutan dari dalam tanah atau perairan yang terkontaminasi biasa disebut fitoremediasi dimana mekanisme penyerapan polutan oleh akar tanaman kemudian diakumulasikan ke bagian tubuh tanaman baik di akar, batang maupun daun. Pergerakan logam berat dari akar menuju batang dipengaruhi oleh sifat logam dan sifat tanaman. Akar tanaman memiliki sistem untuk menghentikan penyaluran logam berat menuju daun, terutama untuk logam berat non-essensial. Hal ini menyebabkan penumpukan logam berat pada bagian akar. Sistem fitoremediasi ini juga sering digunakan untuk mengolah limbah cair. Fitoremediasi dikenal sebagai metode yang ekonomis dan relatif mudah untuk mereduksi bahan berbahaya di lingkungan (Novandi, 2014).

Tanaman yang digunakan pada metode fitoremediasi sangat bervariasi. Diperlukan tanaman yang mampu menyerap kontaminan berbahaya di lingkungan. Selain itu, tanaman fitoremediasi harus memiliki ketahanan jika hidup di lingkungan yang terkontaminasi dan tahan terhadap iklim yang panas. Hal ini dikarenakan selain dibantu oleh mikroba dalam mereduksi kontaminan, tanaman juga berperan sebagai hiperakumulator. Hiperakumulator sendiri adalah kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam atau kontaminan ke dalam *biomassa* dalam kadar yang tinggi. Menurut Irhamni (2017), akumulasi logam berat pada tanaman fitoremediasi bergantung pada hal sebagai berikut :

1. Sifat dari tanaman fitoremediasi yang digunakan,
2. Kondisi tanah, seperti besar pH, kandungan zat organik tanah, tipe tanah, dan lain-lain,
3. Kondisi lingkungan, seperti suhu, cuaca, dan lain-lain.

Proses fitoremediasi memiliki beberapa mekanisme dalam mendekontaminasi logam berat atau polutan. Menurut Muske dkk. (2016) untuk menghilangkan polutan pada tanah dan/atau air, tanaman bertindak sebagai perangkat atau filter dari polutan tersebut. Proses tersebut terutama terjadi pada sistem akar, karena akar berperan untuk menyerap dan mengakumulasi air, nutrisi penting, dan mineral *non-essential* lainnya. Beberapa mekanismenya adalah sebagai berikut :

1. *Phytodegradation*

Fitodegradasi atau disebut juga dengan fitotransformasi merupakan mekanisme tanaman menyerap polutan dengan pemecahan, mineralisasi, atau dengan metabolisme tanaman itu sendiri dengan reaksi enzim dan proses metabolisme.

2. *Phytosequestration*

Fitosekuestrasi merupakan mekanisme tanaman untuk mencegah atau mengurangi mobilitas polutan dengan cara mengendapkan polutan pada zona agar menggunakan fitokimia, menghambat kontaminan pada permukaan akar agar tidak masuk ke tanaman, dan mengasingkan polutan ke dalam vakuola sel akar

sehingga tidak dapat masuk ke xylem.

3. *Phytovolatilization*

Fitovolatilisasi mekanisme fitoremediasi dengan menguapkan polutan yang terserap oleh tanaman melalui stomata atau batang dan beberapa polutan yang menguap ke atmosfer dengan konsentrasi yang relatif rendah dan tidak berbahaya.

4. *Phytostabilization*

Fitostabilisasi merupakan mekanisme dengan melakukan penahanan tanah dan sedimen yang terkontaminasi yang bertujuan untuk mengubah tanah atau sedimen menjadi tidak beracun dengan mengikat polutan sehingga tidak terbawa oleh aliran air.

5. *Phytoextraction*

Fitoekstraksi merupakan kemampuan tanaman untuk menyerap polutan yang ada di tanah dan mentranslokasikan ke jaringan atas tanaman (daun dan batang).

6. *Rhizofiltration*

Rhizofiltrasi adalah penggunaan akar tanaman untuk menyerap polutan berbahaya pada air dan lahan basah, mekanisme ini dikhususkan untuk menyerap polutan pada badan perairan.

7. *Rhizoremediation*

Proses rhizoremediasi yang baik adalah dengan penahanan polutan pada area yang terbatas, penghapusan kontaminan pada tanah atau air, dan penghancuran polutan dengan gabungan tumbuhan dan mikroba.

8. *Phytohydraulics*

Fitohidrolik merupakan kemampuan tanaman untuk menguapkan sumber air permukaan dan air tanah.

2.4 *Carrier* Mikroba

Carrier mikroba berperan penting dalam menjaga viabilitas dan efektivitas mikroba yang terkandung di dalamnya. *Carrier* mikroba dapat berbentuk padat, semi padat atau substansi cair. Salah satu sifat terpenting yang diperlukan dari bahan pembawa (*carrier*) adalah kemampuannya dalam mempertahankan populasi dari inokulan mikroba agar tetap tinggi selama jangka waktu penyimpanan (Tyas, 2008). Menurut Suryantini (2017), sifat bahan pembawa atau *carrier* yang baik di antaranya adalah :

1. Tidak beracun untuk mikroba yang dibawa/dikandungnya,
2. Mudah untuk memproses dan bebas dari bahan yang menggumpal,
3. Mudah untuk mensterilkan dengan autoklaf atau gamma-iradiasi,
4. Tersedia dalam jumlah yang memadai/murah, dan
5. Daya rekat yang baik untuk bibit

Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik yang sudah ada sejak lama. Pengertian kompos adalah bahan-bahan organik yang sudah mengalami proses pelapukan karena terjadi interaksi antara mikroorganisme atau bakteri pembusuk yang bekerja di dalam bahan organik tersebut. Bahan organik pada pupuk kompos dapat berupa rumput, jerami, sisa ranting dan dahan, kotoran hewan, bunga yang rontok, air kencing hewan ternak, serta bahan organik lainnya. Penggunaan kompos sangat baik untuk tanah dan tanaman karena kompos dapat menyediakan unsur hara mikro bagi tanaman. Selain itu kompos dapat berfungsi untuk mengemburkan tanah yang tandus, meningkatkan porositas, aerasi, dan komposisi mikroorganisme di dalam tanah. Kompos juga berguna untuk meningkatkan daya ikat tanah terhadap air sehingga dapat menyimpan air tanah lebih lama sehingga tanah tidak mudah kering (Fahmi dkk., 2022).

Media tanam dalam kondisi salin adalah media yang memiliki kandungan garam terlarut yang antara lain tersusun oleh Natrium (Na⁺) dan Klor (Cl⁻). Pengaruh konsentrasi larutan garam tinggi dapat merusak dan meracuni tanaman yang disebabkan oleh daya osmotik. Media tanam dengan kondisi salinitas tinggi

memiliki potensi yang terbatas untuk budidaya tanaman, namun masing-masing tanaman memiliki ketahanan dan daya adaptasi yang berbeda-beda. Beberapa tanaman hortikultura memiliki toleransi garam baik dalam konsentrasi tinggi maupun sedang (Kusumiyati dan Habibah, 2017). Garam dapur (NaCl) juga bersifat bakteriostatik dan bakterisidal. Ini disebabkan natrium dari garam dapat menaikkan tekanan osmotik yang menyebabkan plasmolisa pada sel mikroba, mengurangi kelarutan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba, serta menghambat aktivitas enzim proteolitik yang berperan pada proses penguraian protein (Yuniati, 2011).

2.5 Mikroba Terseleksi

Tanpa adanya mikroba, proses penguraian bahan organik ataupun anorganik di lingkungan tidak akan berlangsung. Kotoran sampah, hewan, dan tumbuhan yang mati akan menutupi permukaan bumi, suatu kondisi yang tidak akan pernah kita harapkan. Sebagai akibatnya, siklus nutrisi atau rantai makanan akan terputus. Bakteri simbiotik dari genus *Rhizobium* dan *Barahyrhizobium*, di samping telah dikenal luas sebagai bakteri penambat nitrogen bebas, juga memiliki kemampuan dalam mendegradasi senyawa-senyawa toksik di sekitar perakaran. Beberapa bakteri yang terdapat pada rizosfer, seperti: *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Azotobacter*, *Flavobacterium*, *Mycobacterium*, *Nitosomonas*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, dan *Xanthobacter* memiliki kemampuan dalam metabolisme senyawa fenol, halogen, hidrokarbon, dan juga berbagai jenis pestisida (Munir, 2006).

Peningkatan konsentrasi logam di lingkungan, terutama logam berat, menimbulkan efek yang cukup serius terhadap seluruh bentuk kehidupan. Bagi manusia gejala toksisitas logam berat dapat berupa kerusakan jantung, hati, kanker, kelainan dan kerusakan sistem syaraf, dan lain-lain. Pada tumbuhan keracunan logam dapat menyebabkan memendeknya akar, gugurnya daun, klorosis, kekurangan nutrisi, dan lain-lain. Bagi mikroba kadar logam yang terlalu tinggi di lingkungan dapat menurunkan atau menghambat pertumbuhan mikroba. Interaksi mikroba dengan logam berat menyebabkan perubahan-perubahan proses

fisiologis yang sangat drastis dan dalam beberapa hal dapat membunuh mikroba. Mekanisme toksisitas di antaranya terjadi melalui pengikatan logam (Munir, 2006).

2.6 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini diperlukan referensi yang berguna sebagai acuan dalam menjalankan setiap tahap pada penelitian. Referensi disesuaikan dengan kebutuhan pada penelitian ini, kebutuhan yang dimaksud seperti proses tambang emas tradisional, bahaya logam berat pada lingkungan dan manusia, remediasi tanah tercemar, media carrier mikroba, dan mikroba terseleksi dari lahan yang terdegradasi. Pada tabel di bawah ini merupakan rangkuman dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Dr. Drg. Rosihan Adhani,S.Sos., M.S., dan Dr. Husaini,SKM., M.Kes.	2017	Logam Berat Sekitar Manusia	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis logam berat yang ada di sekitar manusia • Dampak logam berat bagi manusia dan lingkungan
2	Ratih Chandra Kusuma, Wawan Budianta, dan Arifudin	2017	Kajian Kandungan Logam Berat di Lokasi Penambangan Emas Tradisional di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo	<ul style="list-style-type: none"> • Beberapa parameter logam berat tidak terdeteksi pada air permukaan seperti Cd, Fe, Ba dan Mn. • Nilai Hg untuk sedimen sungai sangat tinggi

3	Erman Munir	2006	Pemanfaatan Mikroba Dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif Untuk Pelestarian Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Mikroba yang dapat menurunkan pencemaran logam di lingkungan • Faktor yang mempengaruhi degradasi polutan
4	J. Purwani	2010	Remediasi Tanah Dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi (<i>Vetiveria zizanioides L.</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Pemanfaatan tanaman akumulator logam berat sebagai fitoremediator sangat bermanfaat untuk mengurangi toksisitas kontaminan lebih cepat pada konsentrasi kontaminan tinggi. • Tanaman yang ideal untuk fitoremediasi adalah harus memiliki produktivitas biomassa yang tinggi, harapan hidup pendek, dan toleransi tinggi terhadap kapasitas akumulasi konsentrasi logam yang tinggi, mudah dikelola, dan dapat tumbuh pada berbagai lokasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

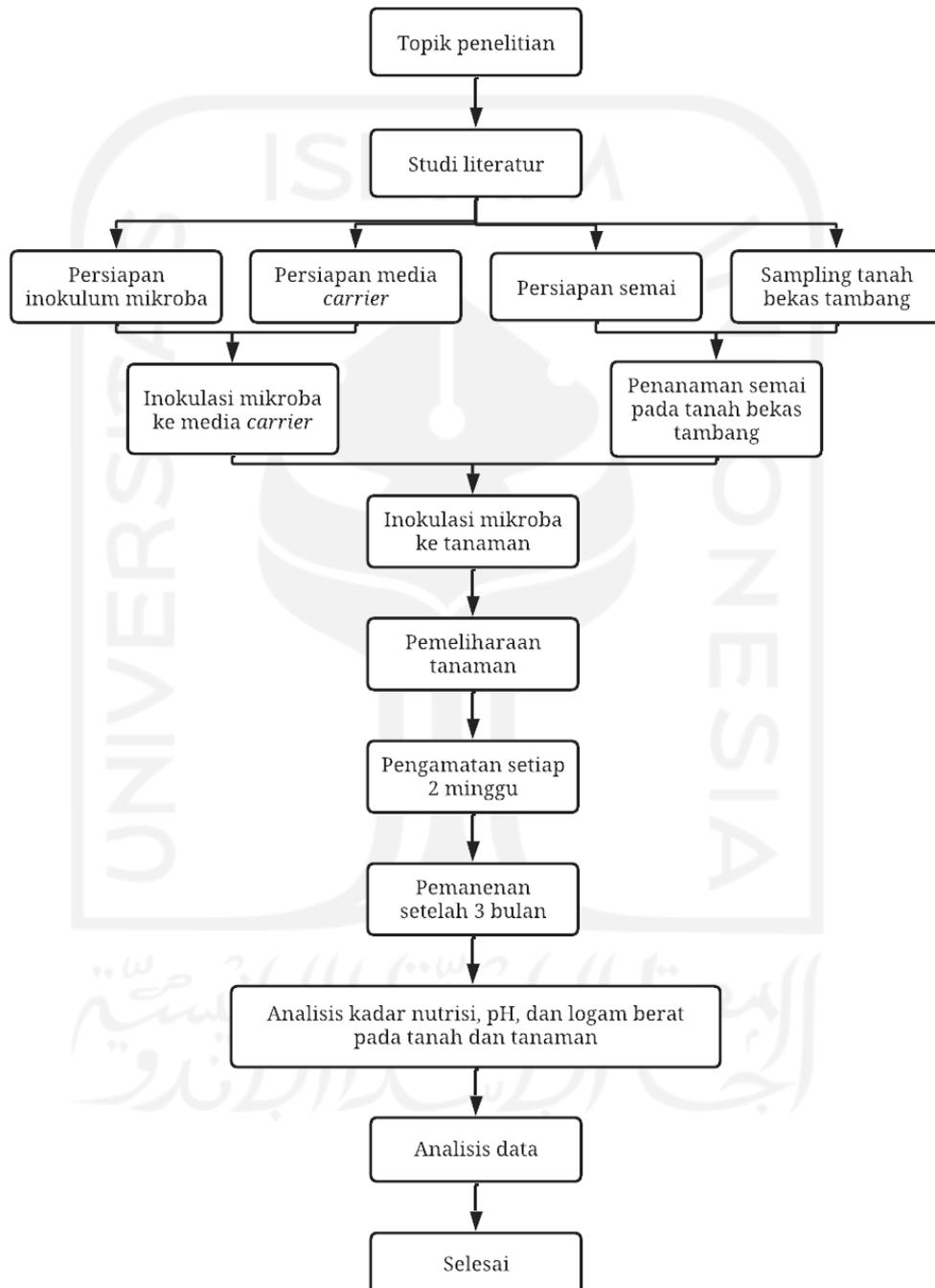
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dimulai dari Bulan Juni 2022 hingga Oktober 2022. Penelitian dilakukan dalam skala rumah kaca dari persiapan media tanam, penanaman, pengamatan dan pemanenan tanaman *Eucalyptus* sp. Rumah kaca berlokasi di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tanah bekas tambang emas yang digunakan berasal dari tanah tambang emas tradisional di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Untuk analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penelitian pertumbuhan mikroba dianalisis di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.2 Tahapan Penelitian

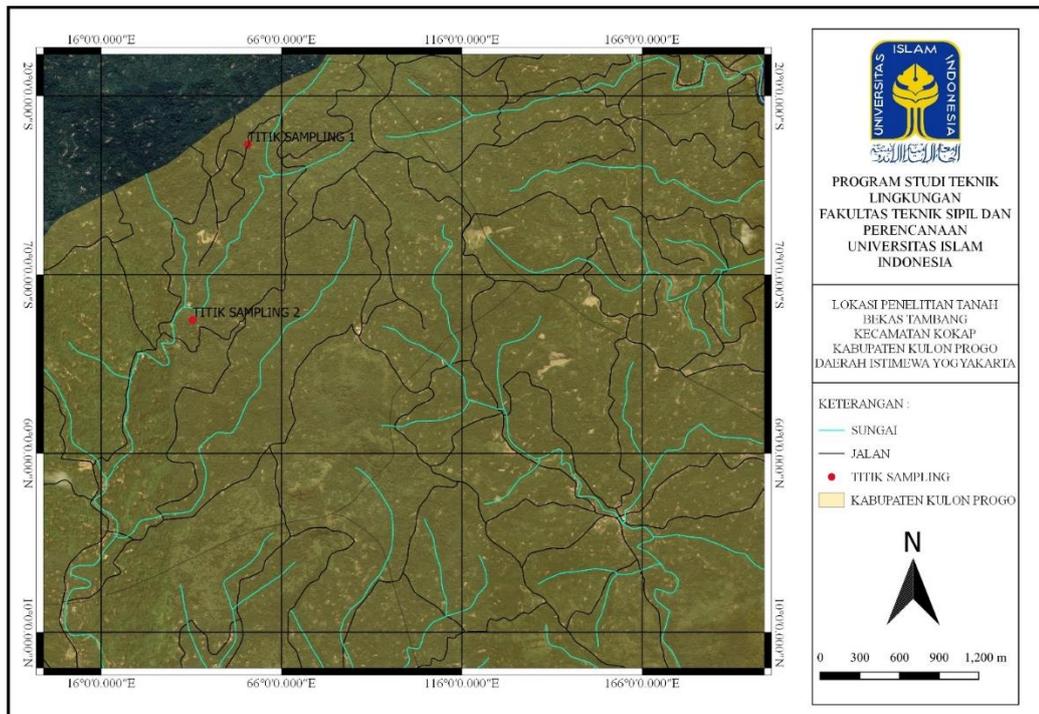
Di bawah ini merupakan tahapan penelitian dari penelitian ini secara keseluruhan yang dirangkum dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.3 *Sampling Tanah*

Pengambilan sampel tanah bekas tambang emas dilakukan pada Sabtu, 19 Maret 2022 di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Titik *sampling* terdiri dari dua titik, dua titik tersebut adalah *tailing* bekas tambang emas yang sudah tidak beroperasi. Selain itu, penelitian ini menggunakan sampel tanah non tambang pada sekitar lokasi yang tidak terdampak secara langsung. Pengambilan sampel tersebut telah melalui izin dari penanggung jawab tambang emas tradisional. Berikut adalah peta lokasi titik *sampling* yang dilakukan :



Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian atau Titik Sampling

3.4 Persiapan Inokulum Mikroba

Indukan mikroba dilakukan *reculture* untuk memindahkan mikroba ke media yang baru dengan 4 kali pengulangan pada setiap cawan petri yang berisi NA (*Nutrient Agar*) steril. Kemudian dari media NA tersebut diambil sebanyak 1 *oce* koloni mikroba dan dimasukkan media NB (*Nutrient Broth*) steril 250 ml untuk memperbanyak mikroba dalam media cair. Kemudian dilakukan *shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama 24 jam dan dicek jumlah mikroba dalam satu gelas beaker atau cek CFU (*Colony Forming Unit*). Selanjutnya dilakukan pengenceran untuk melakukan inokulasi mikroba ke media *carrier*.

Mikroba yang digunakan berasal dari lahan yang terdegradasi (*degraded area*), mikroba tersebut berjenis *Selected Phosphate Solubilizing Bact* dan *Enterobacter*. Pada penelitian ini akan menggunakan kode mikroba antara lain, 15 yaitu mikroba *Selected Phosphate Solubilizing Bact* 1, 16 yaitu mikroba *Selected Phosphate Solubilizing Bact* 2, R3 yaitu *Enterobacter*, dan 3 Konsorsium yaitu campuran dari 3 mikroba 15, 16, dan R3.

3.5 Persiapan Media Carrier

Media *carrier* yang digunakan pada penelitian ini adalah kompos dan NaCl. Kompos yang digunakan berasal dari toko pertanian dengan kandungan N total sebesar 1,27%, P₂O₅ total sebesar 0,65%, dan K₂O total sebesar 1,82%. Dan NaCl menggunakan *Sodium Chloride* 0,9% yang beredar di pasaran dari PT. Widatra Bhakti dengan kandungan garamnya sebesar 4,5 gram dan kadar airnya 500 ml. Sebelum dilakukan inokulasi, media *carrier* harus disterilkan menggunakan *autoklaf* bertekanan tinggi selama kurang lebih 1 jam. Sterilisasi ini guna membunuh mikroba lain yang hidup sebelumnya pada media tersebut. Pada media kompos, inokulasi mikroba dengan cara disuntikkan ke kompos steril menggunakan hasil pengenceran mikroba sebelumnya. Sedangkan pada media NaCl, inokulasi mikroba dengan cara dimasukkan menggunakan pipet tetes ke NaCl steril menggunakan hasil pengenceran mikroba sebelumnya.

Selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah populasi mikroba pada media *carrier*. Perhitungan populasi dilakukan dengan pengenceran 10^{-5} , hasil pengenceran sebanyak 1 ml dimasukkan ke dalam cawan petri lalu dihomogenkan dengan *Tryptic Soy Agar* (TSA), lalu diinkubasi selama 24 jam. Metode yang digunakan dalam perhitungan jumlah koloni adalah *Total Plate Count* (TPC). Untuk data usia inoculum dan populasi mikroba pada media *carrier* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. 1 Jumlah Populasi Mikroba Saat Diinokulasi ke Media Carrier

No	Media	Treatment Mikroba	Usia Inokulum	Jumlah Koloni (unit koloni/gram)
1	Kompos	15	68 hari (2 bulan 8 hari)	42×10^5
2		16		42×10^5
3		R31		66×10^5
4		3 Konsorsium		105×10^5
5	NaCl	15	49 hari (1 bulan 19 hari)	72×10^5
6		16		86×10^5
7		R31		34×10^5
8		3 Konsorsium		287×10^5

3.6 Persiapan Tanaman

Tanaman yang digunakan adalah tanaman *Eucalyptus* sp. *Eucalyptus* merupakan pohon asli dari Australia. *Eucalyptus* memiliki lebih dari 700 spesies yang sebagian besar berasal dari Australia dan beberapa lainnya tersebar dari Indonesia, Papua Nugini dan Filipina. Salah satu jenisnya adalah *Eucalyptus* sp. Jenis ini bisa berupa semak dan perdu hingga mencapai ketinggian 100 meter (Mitayani dkk., 2021). Tanaman *Eucalyptus* sp. ini telah melalui proses penyemaian selama 2 bulan. Kemudian *Eucalyptus* sp. dipindahkan ke *polybag* yang baru dengan ukuran 15 x 25 cm. Tanah tanaman *Eucalyptus* sp. dicampur dengan tanah bekas tambang emas tradisional yang telah disampling sebelumnya dengan perbandingan 50:50. Sampel tanah terdiri dari tanah bekas tambang emas

tradisional dan tanah non-tambang sebagai kontrol. Penanaman dilakukan pada skala rumah kaca yang berlangsung selama 3 bulan sebelum panen. Penyiraman dilakukan setiap dua hari sekali tanpa pemupukan.

3.7 Inokulasi Mikroba

Setelah 1 bulan sejak penanaman *Eucalyptus* sp. ke tanah bekas tambang emas tradisional, dilakukan inokulasi mikroba ke media tanam tersebut. Pada penelitian ini akan menggunakan media *carrier* kompos dan NaCl yang diinokulasikan mikroba. Inokulasi mikroba dengan media *carrier* kompos dilakukan dengan memasukkan kompos ke dalam media tanam sebanyak 7 gram. Dan inokulasi mikroba dengan media *carrier* NaCl dengan menginjeksikan ke dalam media tanam dengan pipet sebanyak 7 ml.

Mikroba yang diinokulasikan terdiri dari mikroba 15 yaitu *Selected Phosphate Solubilizing Bact 1*, mikroba 16 yaitu *Selected Phosphate Solubilizing Bact 2*, mikroba R3 yaitu *Enterobacter*, serta 3 Konsorsium yaitu campuran 3 mikroba 15, 16, dan R3. Serta terdapat 2 kontrol antara lain, kontrol tanpa inokulasi mikroba dan dengan tanah bekas tambang serta kontrol tanpa mikroba dengan tanah yang tidak terdampak tambang. Berikut adalah tabel jumlah ulangan pada setiap perlakuan pada penelitian ini :

Tabel 3. 2 Jumlah Ulangan Per Perlakuan

No	Media Carrier	Treatment Mikroba	Jumlah Ulangan
1	Kompos	15	6
2		16	4
3		R31	4
4		3 Konsorsium	3
5	NaCl	15	5
6		16	4
7		R31	4
8		3 Konsorsium	4

9	Kontrol	Tanpa Inokulasi	3
10	Kontrol Non-Tambang	Tanpa Inokulasi	3

3.8 Pengamatan dan Pemanenan

Pengamatan dilakukan dengan melihat pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* sp. setelah dilakukan perlakuan. Parameter yang diamati adalah diameter batang, tinggi tanaman, dan jumlah daun. Pengamatan dilakukan setiap 2 minggu setelah penanaman. Untuk tahapan pemanenan dilakukan setelah 3 bulan dari penanaman. Proses pemanenan dengan memisahkan tanah, jaringan batang dan jaringan akar tanaman. Setelah tahapan pemanenan, selanjutnya dilakukan pengukuran biomassa basah dan kering tanaman untuk menganalisis logam berat. Pengukuran biomassa basah menggunakan timbangan analitik kemudian masing-masing sampel jaringan batang dan jaringan akar dimasukkan ke dalam amplop cokelat dengan identitas kode tanaman. Untuk sampel tanah dari tanaman dimasukkan kedalam plastik klip agar udara tidak masuk dan diberi identitas kode tanaman untuk memudahkan proses pendataan. Pengukuran biomassa kering dilakukan dengan memasukan jaringan tanaman ke dalam oven dengan suhu 70°C selama 72 jam dan setelah kering dilakukan penimbangan kembali di timbangan analitik (ketelitian 0,001 gram).

3.9 Analisis pH, Nutrisi, dan Logam Berat

Dalam menganalisis data menggunakan analisa statistik yang bertujuan untuk membandingkan hasil kerja dari setiap perlakuan atau kinerja media *carrier*. Perbandingan yang dianalisa meliputi kadar pH, nutrisi, dan logam berat. Sampel yang dianalisa meliputi sampel tanah dan jaringan tanaman yang terdiri dari jaringan akar dan batang. Untuk uji pH menggunakan H₂O dan KCL dengan pH meter. Untuk analisa nustrisi yang diuji adalah Fosfat dan Kalium, uji fosfat menggunakan Spektrofotometric UV-Vis merek Thermo Scientific tipe Orion Aqua Mate 8000 dengan asam karbonat dan uji kalium menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) merek GBC. Untuk uji logam berat yang

diuji adalah Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Cadmium (Cd). Logam berat Pb dan Cd menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) merek GBC dan Hg menggunakan ICP-MS (*Indutively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) merek Agilent tipe 7850. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Pada pengujian sampel ini memiliki acuan yang telah ditetapkan, antara lain sebagai berikut :

Tabel 3. 3 Acuan Analisis Data

No	Parameter	No SNI	Keterangan
1	pH	03-6787-2002	Tentang Metode Pengujian pH Tanah Dengan Alat pH Meter.
2	Fosfat	06-6989.31-2005	Tentang air dan air limbah – Bagian 31 : Cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat
3	Kalium	6989-69:2009	Tentang air dan air limbah - Bagian 69: Cara uji Kalium (K) secara spektrofotometri serapan atom (SAA) - nyala.
4	Timbal (Pb)	6989-8:2009	Tentang Air dan air limbah – Bagian 8 : Cara uji Timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala
5	Cadmium (Cd)	6989-16:2009	Tentang air dan air limbah – Bagian 16 : Cara uji kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan atom (SSA)-nyala
6	Merkuri (Hg)	6989-78:2019	Tentang air dan air limbah – Bagian 78: Cara uji air raksa atau merkuri (Hg) secara Spektrometri Serapan Atom (SSA) – uap dingin atau Mercury Analyzer

3.10 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisa statistik untuk mengetahui hasil kinerja dari kedua media *carrier*. Media *carrier* menggunakan kompos dan NaCl dengan 4 macam *treatment* mikroba. Empat macam perlakuan mikroba tersebut dibandingkan dengan tanaman yang tidak dilakukan inokulasi sebagai kontrol. Selanjutnya data tersebut ditambahkan *standard error*, *standard error* merupakan deviasi dari distribusi sampling suatu statistik untuk menghitung suatu nilai estimator (Arieska dan Puspongoro, 2017). *Standard error* dihitung menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. *Standar error* digunakan untuk mengetahui data yang dihasilkan layak atau untuk mengetahui kualitas data sampel, yang kemudian data tersebut ditampilkan dalam bentuk diagram batang. Serta untuk data pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* sp. digunakan analisis ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. ANOVA digunakan untuk mengetahui hubungan dari masing-masing perlakuan yang ada.

Untuk analisis nutrisi dan logam berat menggunakan kurva kalibrasi yang didapat dari penggunaan Spektrofotometric UV-Vis, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), dan ICP-MS (*Indutively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*). Dari kurva kalibrasi tersebut dicari nilai *slope* dan *intercept* yang digunakan. Data tersebut digunakan untuk mencari konsentrasi dari nilai absorbansi yang didapatkan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

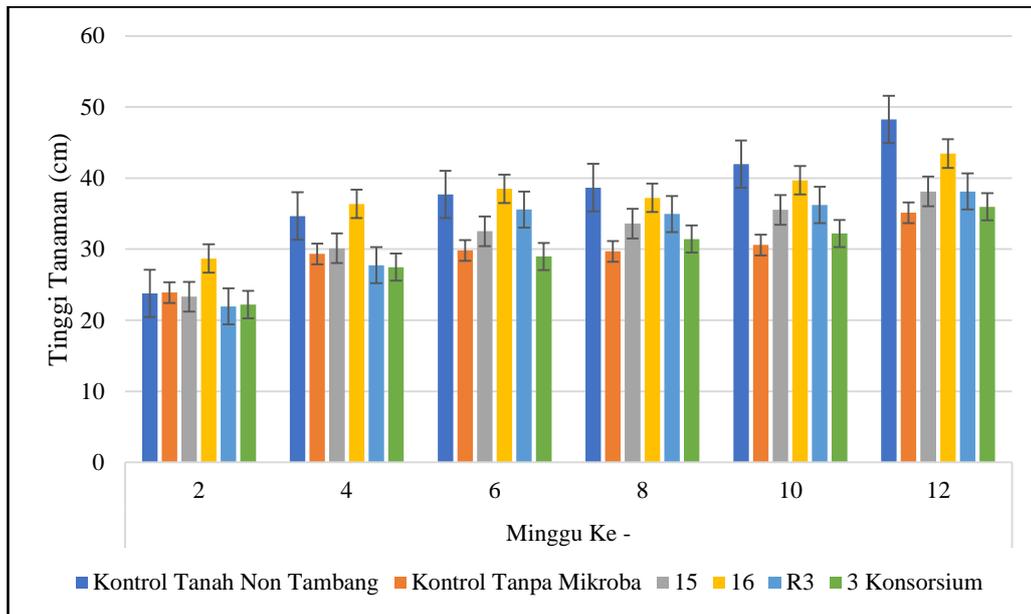
4.1 Pengaruh *Carrier* Kompos dan NaCl sebagai Media Mikroba terhadap Pertumbuhan Tanaman *Eucalyptus* sp.

Pengamatan pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* sp. dilakukan setiap 2 minggu sekali dengan jangka waktu 12 minggu atau 3 bulan. Pengamatan yang dilakukan meliputi pengukuran tinggi, diameter tanaman, jumlah daun, dan biomassa tanaman setelah perlakuan. Pengamatan ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh dari *carrier* kompos dan NaCl sebagai media mikroba.

4.1.1 Tinggi Tanaman

Dari hasil pengukuran tinggi tanaman terdapat perbedaan pertumbuhan tinggi tanaman antara kontrol tanah non tambang, tanpa mikroba, dan dengan media *carrier*. Perbedaan pertumbuhan tinggi tanaman mulai terlihat pada minggu ke-4 dan seterusnya. Secara garis besar tanaman pada tanah non tambang pertumbuhan tingginya lebih cepat dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini menandakan bahwa kontaminasi tanah non tambang lebih kecil dibandingkan tanah bekas tambang.

Pada **Gambar 4.1** merupakan grafik dari pertumbuhan tinggi tanaman *Eucalyptus* sp. menggunakan *carrier* kompos. Sebagai contoh pada minggu ke-12 rata-rata tinggi tanaman dengan media *carrier* kompos *treatment* mikroba 15, 16, R3, dan 3 Konsorsium adalah 38,12 cm, 43,45 cm, 38,13 cm, dan 35,97 cm. Sedangkan tinggi tanaman pada kontrol non tambang dan kontrol tanpa mikroba adalah 48,27 cm dan 35,13 cm. Tinggi pada tanaman dengan perlakuan *carrier* kompos lebih besar dibandingkan kontrol tanpa mikroba, namun lebih kecil dibandingkan kontrol non tambang.



Gambar 4. 1 Grafik Tinggi Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

Tabel 4.1 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan tinggi *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* kompos dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih kecil dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan tinggi tanaman pada *carrier* kompos tidak jauh berbeda pada setiap perlakuan atau tidak memiliki beda nyata.

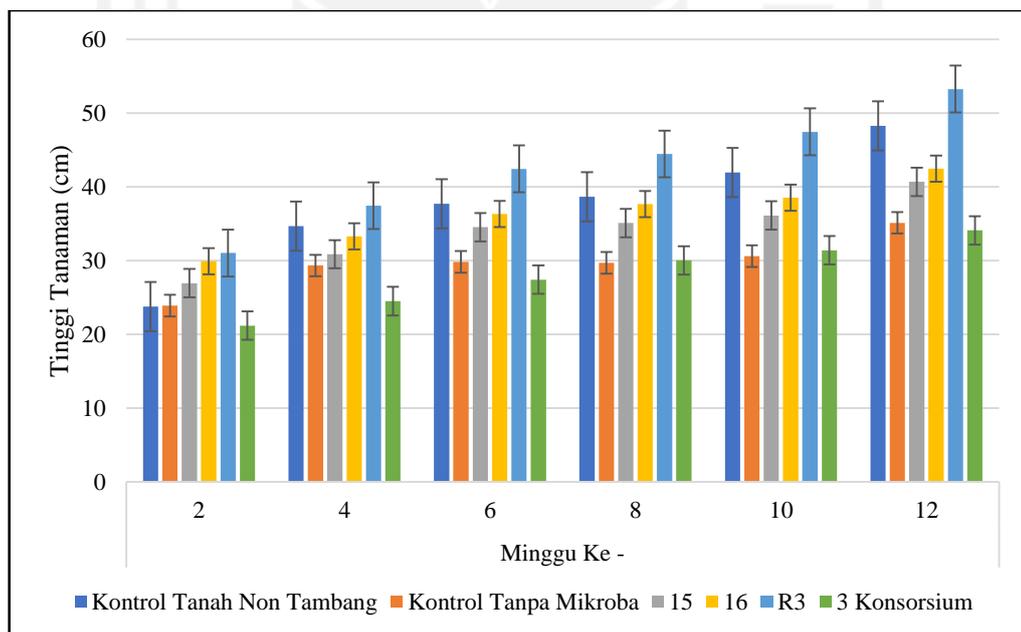
Tabel 4. 1 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Tinggi Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	367.28	5	73.46	2.31	0.07	2.53
Within Groups	954.83	30	31.83			

Pada **Gambar 4.2** merupakan grafik dari pertumbuhan tinggi tanaman *Eucalyptus* sp. menggunakan *carrier* NaCl. pada minggu ke-12 rata-rata tinggi tanaman dengan media *carrier* NaCl *treatment* mikroba 15, 16, R3, dan 3 Konsorsium adalah 40,68 cm, 42,48 cm, 53,28 cm, dan 34,10 cm. Tinggi pada

tanaman dengan perlakuan *carrier* NaCl lebih besar dibandingkan kontrol tanpa mikroba, namun lebih kecil dibandingkan kontrol non tambang. Terkecuali pada *treatment* mikroba 3 Konsorsium tinggi tanaman lebih kecil yang menandakan bahwa 3 Konsorsium kurang efektif pada *carrier* NaCl.

Secara keseluruhan pertumbuhan tinggi tanaman lebih lambat pada tanaman dengan perlakuan tanpa mikroba. Hal ini menandakan bahwa media *carrier* dan mikroba juga memiliki peran dalam pertumbuhan tinggi tanaman. Pada tanaman yang diinokulasi mikroba dengan media *carrier* dapat dilihat bahwa NaCl lebih efektif dibandingkan kompos. NaCl merupakan salah satu unsur penting dalam pertumbuhan tanaman, namun jika kadar NaCl terlalu tinggi justru dapat menghambat pertumbuhan. Kadar NaCl yang terlalu tinggi pada tanah dapat menyebabkan penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan menghambat fotosintesis (Junandi dkk., 2019).



Gambar 4. 2 Grafik Tinggi Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* NaCl

Tabel 4.2 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan tinggi *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* NaCl dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji

menunjukkan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan tinggi tanaman pada *carrier* NaCl memiliki beda nyata.

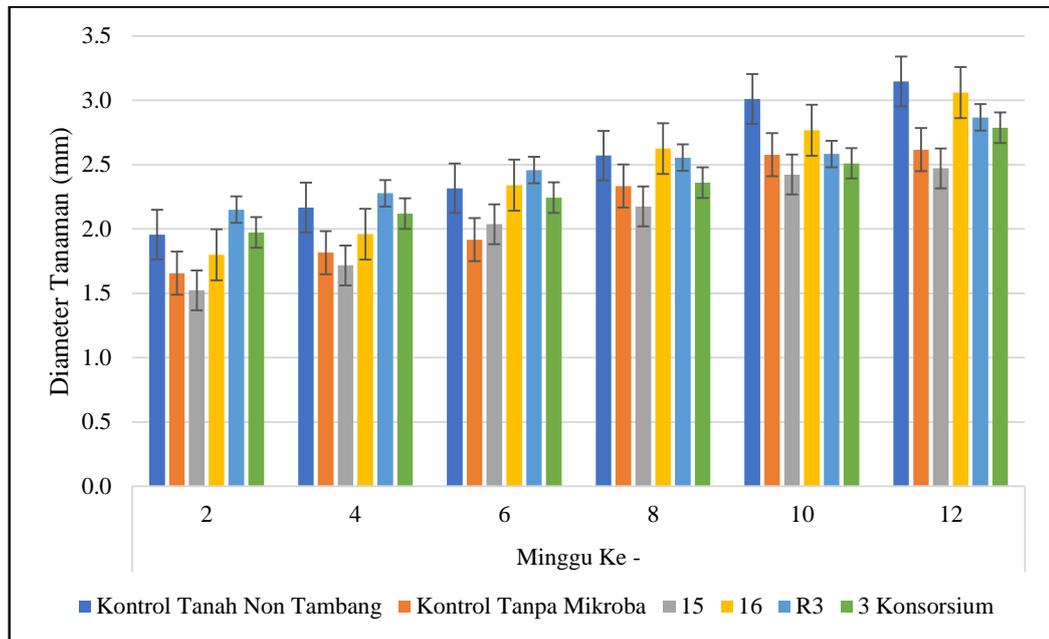
Tabel 4. 2 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Tinggi Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* NaCl

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	857.69	5	171.54	5.06	0.002	2.53
Within Groups	1016.52	30	33.88			

4.1.2 Diameter Tanaman

Pertumbuhan diameter tanaman relatif sama atau tidak signifikan pada setiap minggunya. Terkecuali pada minggu ke-10 hingga ke-12, diameter tanaman pada tanah non tambang tumbuh cukup signifikan dibandingkan diameter tanaman pada tanah bekas tambang. Sedangkan tanaman pada tanah bekas tambang pertumbuhan diameternya relatif sama dari minggu ke-2 hingga ke-12.

Pada **Gambar 4.3** merupakan grafik dari pertumbuhan diameter tanaman *Eucalyptus* sp. menggunakan *carrier* kompos. Pada minggu ke-12 rata-rata diameter tanaman pada *carrier* kompos dengan *treatment* mikroba 15, 16, R3, dan 3 Konsorsium adalah 2,47 mm, 3,06 mm, 2,87 mm, dan 2,79 mm. Sedangkan pada kontrol non tambang dan kontrol tanpa mikroba sebesar 3,15 mm dan 2,62 mm. Perbandingan diameter pada *treatment* mikroba dengan kontrol tanpa mikroba tidak terlalu signifikan. Dengan diameter terbesar terdapat pada *treatment* mikroba 16, sedangkan diameter terkecil pada *treatment* mikroba 15.



Gambar 4.3 Grafik Diameter Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Mikroba Menggunakan *Carrier* Kompos

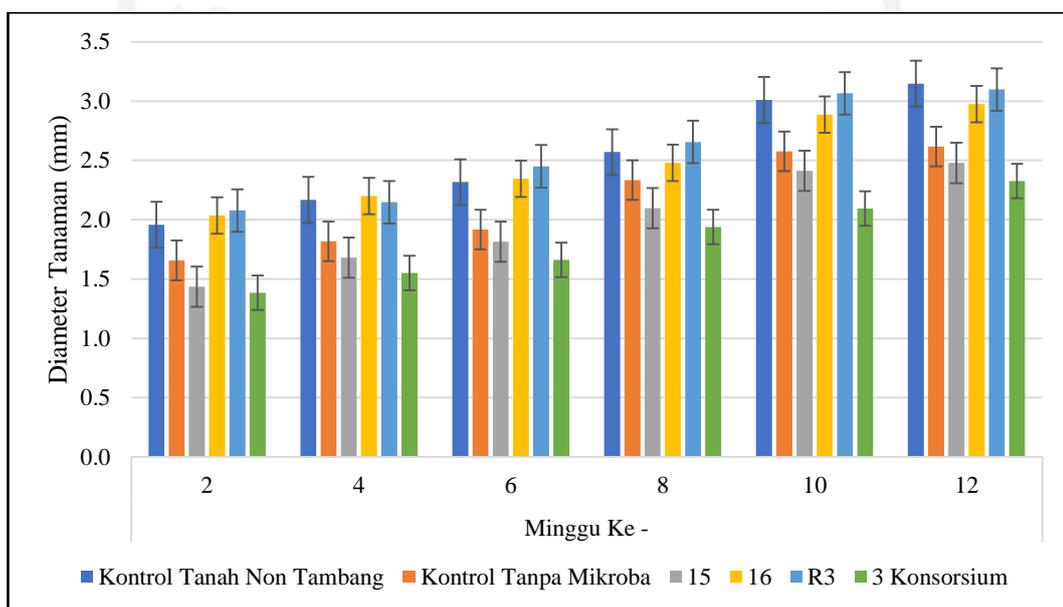
Tabel 4.3 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan diameter *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* kompos dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih kecil dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan diameter tanaman pada *carrier* kompos tidak jauh berbeda pada setiap perlakuan atau tidak memiliki beda nyata.

Tabel 4.3 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) One-Way Diameter Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1.06	5	0.21	1.39	0.26	2.53
Within Groups	4.59	30	0.15			

Pada **Gambar 4.4** merupakan grafik dari pertumbuhan diameter tanaman *Eucalyptus* sp. menggunakan *carrier* NaCl. Pada minggu ke-12 rata-rata diameter tanaman pada *carrier* kompos dengan *treatment* mikroba 15, 16, R3, dan 3 Konsorsium adalah 2,48 mm, 2,98 mm, 3,10 mm, dan 2,33 mm. Pada *treatment*

mikroba 15 dan 3 Konsorsium diameternya lebih kecil dibandingkan kontrol tanpa mikroba sedangkan mikroba 16 dan R3 diameternya lebih besar dibandingkan kontrol tanpa mikroba, namun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Hal ini menandakan bahwa setiap media *carrier* yaitu kompos dan NaCl serta kontrol tanpa mikroba memiliki peran yang sama baiknya dalam pertumbuhan diameter tanaman *Eucalyptus* sp. Namun diameternya tetap lebih besar pada kontrol non tambang.



Gambar 4. 4 Grafik Diameter Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan Carrier NaCl

Tabel 4.4 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan diameter *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* NaCl dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan diameter tanaman pada *carrier* NaCl memiliki beda nyata.

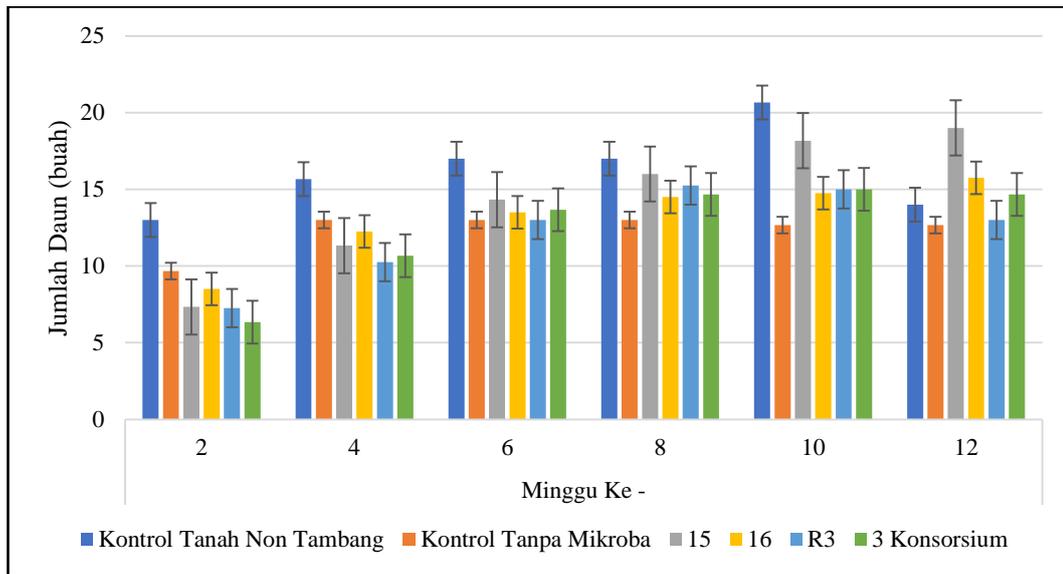
Tabel 4. 4 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Diameter Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* NaCl

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	3.01	5	0.60	3.53	0.01	2.53
Within Groups	5.12	30	0.17			

4.1.3 Daun Tanaman

Pertumbuhan jumlah daun mengalami peningkatan pada tanaman yang menggunakan tanah non tambang dan tanah bekas tambang, baik tanpa mikroba maupun dengan treatment mikroba dengan *carrier* kompos dan NaCl. Pertumbuhan jumlah daun tersebut dapat dilihat mulai dari minggu ke-2 hingga ke-10. Sedangkan, pada minggu ke-12 mengalami penurunan karena daun mulai rontok karena berbagai faktor. Sebelum mengalami kerontokan, warna daun berubah warna menjadi kuning atau kemerahan. Perubahan warna ini menandakan kandungan klorofil pada daun berkurang yang dapat diakibatkan oleh faktor keturunan, cahaya, dan kandungan mineral tertentu (Hening, 2011). Pada kasus ini menandakan bahwa keberadaan logam berat pada tanah bekas tambang dapat mempengaruhi perubahan kandungan klorofil.

Pada **Gambar 4.5** merupakan grafik dari pertumbuhan jumlah daun tanaman *Eucalyptus* sp. menggunakan *carrier* kompos. Pada minggu ke-10 atau sebelum mengalami perontokan jumlah daun pada *carrier* kompos dengan *treatment* mikroba 15, 16, R3, dan 3 Konsorsium adalah 18, 15, 15, dan 15 buah. Sedangkan pada kontrol non tambang dan kontrol tanpa mikroba jumlah daun adalah 21 dan 13 buah. Jumlah daun dengan *treatment* mikroba relatif sama atau tidak ada perbedaan yang signifikan dan jumlah daunnya lebih banyak dibandingkan dengan kontrol tanpa mikroba.



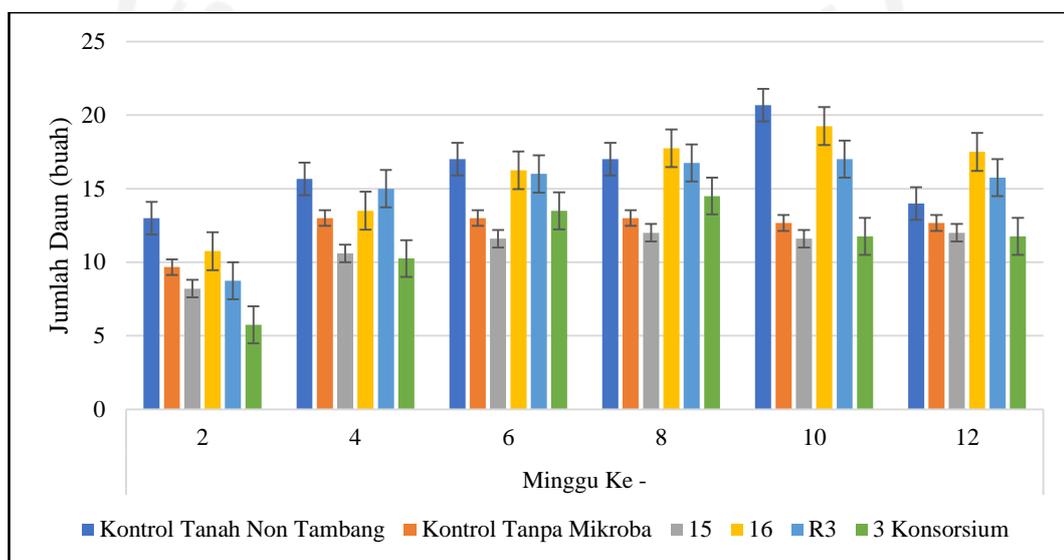
Gambar 4.5 Grafik Jumlah Daun Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

Tabel 4.5 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan jumlah daun *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* kompos dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih kecil dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan jumlah daun tanaman pada *carrier* kompos tidak jauh berbeda pada setiap perlakuan atau tidak memiliki beda nyata.

Tabel 4.5 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Jumlah Daun Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	72.34	5	14.47	1.54	0.21	2.53
Within Groups	281.25	30	9.37			

Pada **Gambar 4.6** merupakan grafik dari pertumbuhan jumlah daun tanaman *Eucalyptus* sp. menggunakan *carrier* NaCl. Pada minggu ke-10 atau sebelum mengalami perontokan jumlah daun pada *carrier* NaCl dengan *treatment* mikroba 15, 16, R3, dan 3 Konsorsium adalah 12, 19, 17, dan 12 buah. Jumlah daun dengan *treatment* mikroba 16 dan R3 lebih besar dibandingkan mikroba 15, 3 Konsorsium, dan kontrol tanpa mikroba.



Gambar 4. 6 Grafik Jumlah Daun Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* NaCl

Tabel 4.6 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan jumlah daun *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* NaCl dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan jumlah daun tanaman pada *carrier* NaCl memiliki beda nyata.

Tabel 4. 6 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Jumlah Daun Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* NaCl

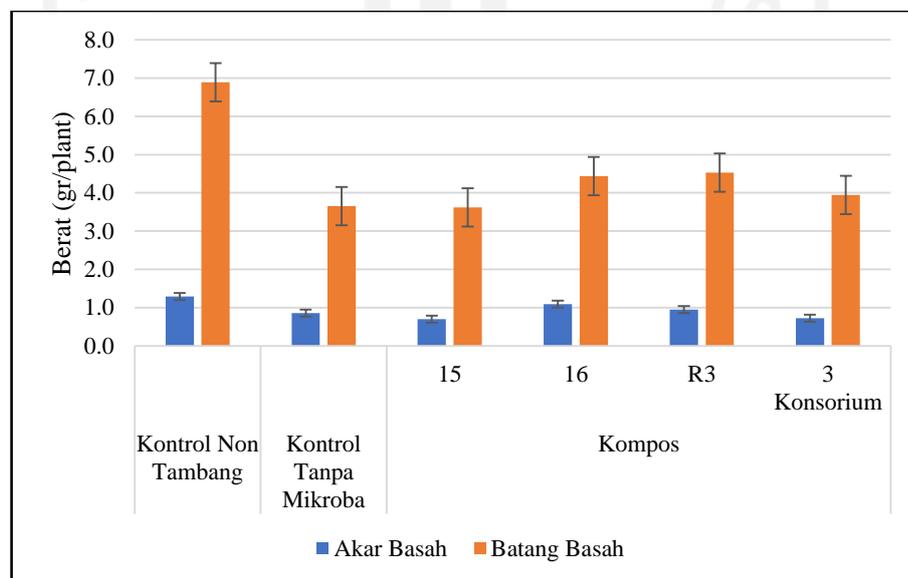
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	164.25	5	32.85	4.91	0.002	2.53
Within Groups	200.53	30	6.68			

4.1.4 Biomassa Tanaman

Biomassa tanaman *Eucalyptus* sp. yang meliputi akar dan batang terdiri dari berat basah dan kering. Untuk mendapatkan berat kering dilakukan pengovenan dengan suhu 70°C selama 72 jam atau 3 hari. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada tanaman yang selanjutnya untuk menganalisis kadar unsur hara serta logam berat pada tanaman.

1. Biomassa Tanaman Carrier Kompos

Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 adalah grafik biomassa jaringan akar dan batang tanaman *Eucalyptus* sp. menggunakan carrier kompos. Biomassa jaringan akar tanaman *Eucalyptus* sp. pada carrier kompos dengan treatment mikroba 16 dan R3 lebih besar dibandingkan kontrol tanpa mikroba. Sedangkan dengan treatment mikroba 15 dan 3 Konsorsium lebih kecil dibandingkan kontrol tanpa mikroba walaupun selisihnya tidak besar. Kompos dapat meningkatkan bahan organik yang menjadikan sifat fisik tanah menjadi baik atau lebih gembur. Dengan tanah yang gembur maka akar dapat lebih baik menyerap air dan unsur hara lainnya (Widodo dan Kusuma, 2018).



Gambar 4. 7 Grafik Berat Basah Jaringan Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

Tabel 4.7 merupakan hasil analisis uji ANOVA berat basah akar *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* kompos dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih kecil dari nilai F kritis, sehingga data berat basah akar tanaman pada *carrier* kompos tidak jauh berbeda pada setiap perlakuan atau tidak memiliki beda nyata.

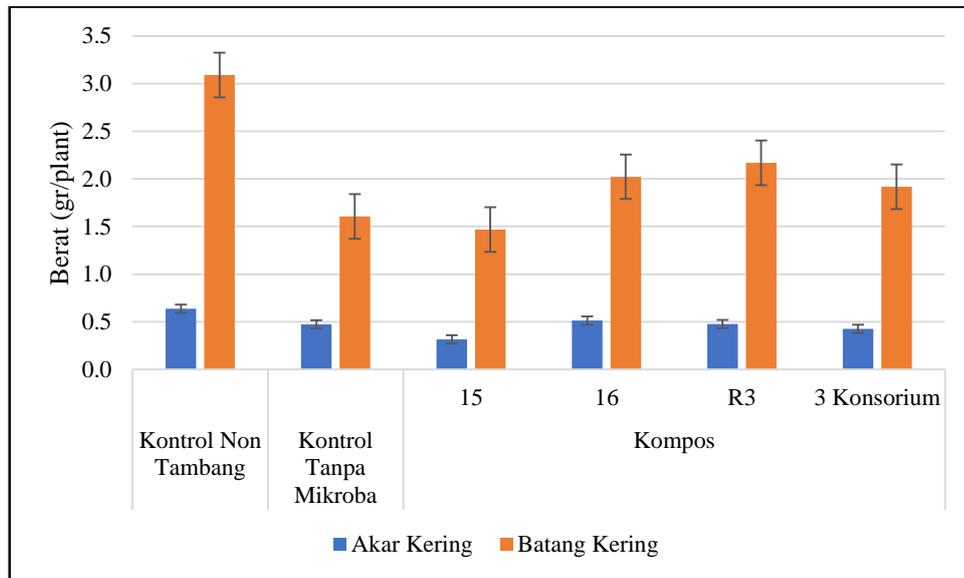
Tabel 4. 7 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Berat Basah Akar *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.93	5	0.19	1.32	0.30	2.81
Within Groups	2.40	17	0.14			

Tabel 4.8 merupakan hasil analisis uji ANOVA berat basah batang *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* kompos dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih kecil dari nilai F kritis, sehingga data berat basah batang tanaman pada *carrier* kompos tidak jauh berbeda pada setiap perlakuan atau tidak memiliki beda nyata.

Tabel 4. 8 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Berat Basah Batang *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	24.68	5	4.94	2.72	0.06	2.81
Within Groups	30.89	17	1.82			



Gambar 4. 8 Grafik Berat Kering Jaringan Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorium Menggunakan *Carrier* Kompos

Tabel 4.9 merupakan hasil analisis uji ANOVA berat kering akar *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* kompos dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih kecil dari nilai F kritis, sehingga data berat kering akar tanaman pada *carrier* kompos tidak jauh berbeda pada setiap perlakuan atau tidak memiliki beda nyata.

Tabel 4. 9 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Berat Kering Akar *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorium Menggunakan *Carrier* Kompos

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.23	5	0.05	1.07	0.41	2.81
Within Groups	0.75	17	0.04			

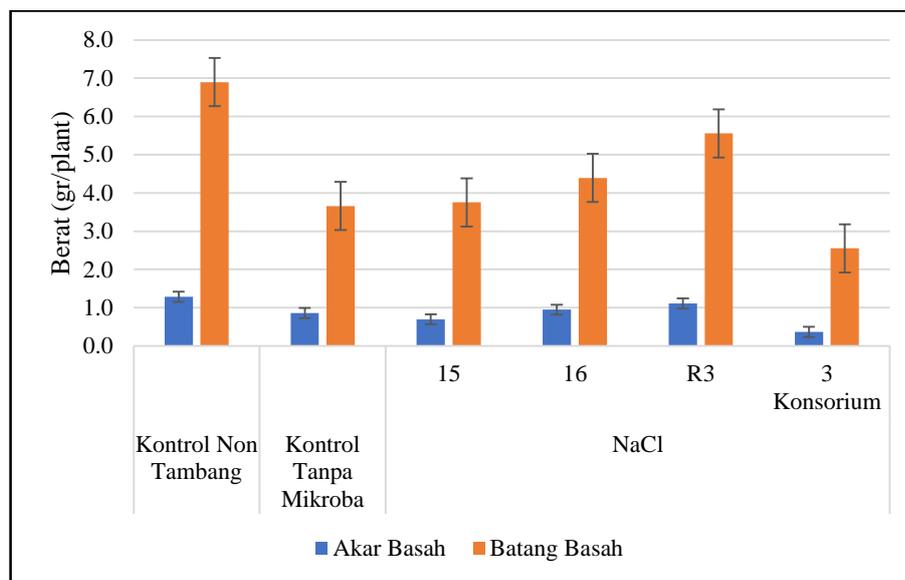
Tabel 4.10 merupakan hasil analisis uji ANOVA berat kering batang *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* kompos dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih kecil dari nilai F kritis, sehingga data berat kering batang tanaman pada *carrier* kompos tidak jauh berbeda pada setiap perlakuan atau tidak memiliki beda nyata.

Tabel 4. 10 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Berat Kering Batang *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	5.84	5	1.17	2.58	0.07	2.81
Within Groups	7.71	17	0.45			

2. Biomassa Tanaman *Carrier* NaCl

Gambar 4.9 dan **Gambar 4.10** adalah grafik biomassa jaringan akar dan batang tanaman *Eucalyptus* sp. menggunakan *carrier* NaCl. Dari ketiga *treatment* mikroba 15, 16, dan R3 memiliki berat yang lebih besar dibandingkan kontrol tanpa mikroba. Berbeda dengan *treatment* mikroba 3 Konsorsium yang memiliki berat lebih kecil dibanding kontrol tanpa mikroba. Dari data tersebut menunjukkan bahwa *treatment* mikroba 3 Konsorsium kurang efektif pada *carrier* NaCl.



Gambar 4.9 Grafik Berat Basah Jaringan Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier NaCl*

Tabel 4.11 merupakan hasil analisis uji ANOVA berat basah akar *Eucalyptus* sp. dengan *carrier NaCl* dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data berat basah akar tanaman pada *carrier NaCl* memiliki beda nyata.

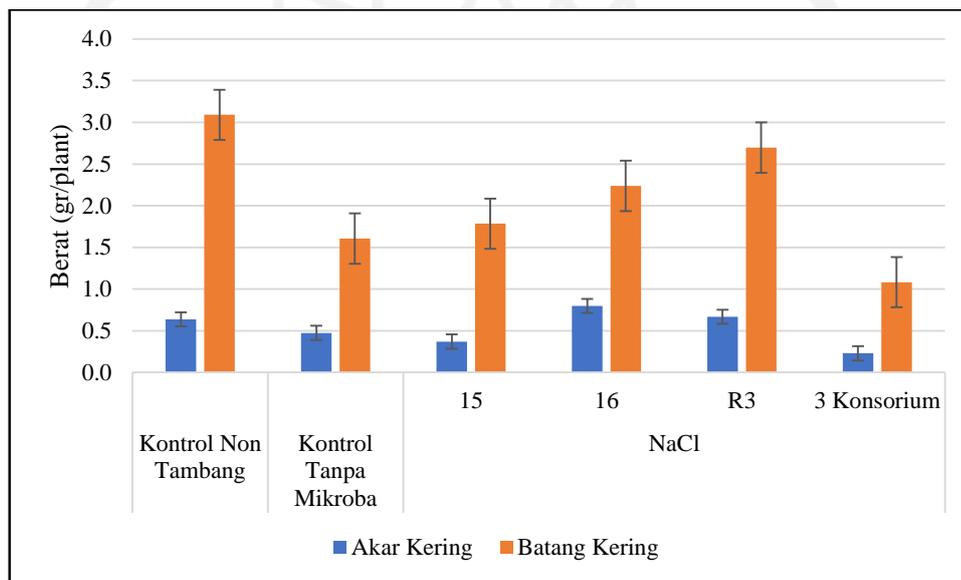
Tabel 4.11 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) One-Way Berat Basah Akar *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier NaCl*

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1.94	5	0.39	4.31	0.01	2.81
Within Groups	1.53	17	0.09			

Tabel 4.12 merupakan hasil analisis uji ANOVA berat basah batang *Eucalyptus* sp. dengan *carrier NaCl* dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data berat basah batang tanaman pada *carrier NaCl* memiliki beda nyata.

Tabel 4. 12 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) One-Way Berat Basah Batang *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier NaCl*

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	41.48	5	8.30	4.66	0.01	2.81
Within Groups	30.27	17	1.78			



Gambar 4. 10 Grafik Berat Kering Jaringan Tanaman *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier NaCl*

Tabel 4.13 merupakan hasil analisis uji ANOVA berat kering akar *Eucalyptus* sp. dengan *carrier NaCl* dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data berat kering akar tanaman pada *carrier NaCl* memiliki beda nyata.

Tabel 4. 13 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) One-Way Berat Kering Akar *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier NaCl*

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.89	5	0.18	8.90	0.0003	2.81
Within Groups	0.34	17	0.02			

Tabel 4.14 merupakan hasil analisis uji ANOVA berat kering batang *Eucalyptus* sp. dengan *carrier* NaCl dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukkan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data berat kering batang tanaman pada *carrier* NaCl memiliki beda nyata.

Tabel 4. 14 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Berat Kering Batang *Eucalyptus* sp. dengan Penambahan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* NaCl

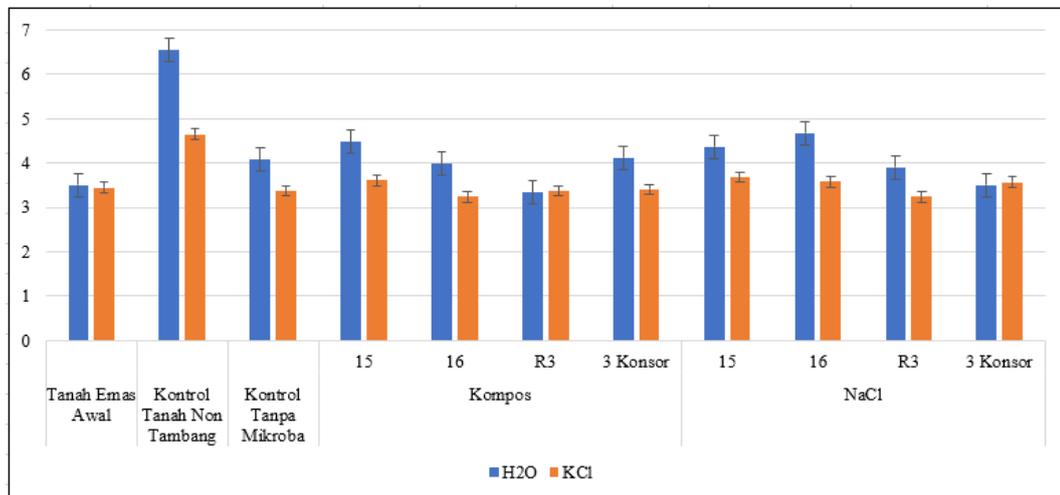
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	9.75	5	1.95	5.33	0.0040	2.81
Within Groups	6.22	17	0.37			

4.2 Pengaruh *Carrier* Kompos dan NaCl sebagai Media Mikroba terhadap pH

Pengukuran derajat keasaman (pH) tanah dilakukan dengan 2 metode yaitu dengan air (H₂O) dan larutan KCl. Sampel di-*shaker* selama 30 menit setelah dicampurkan dengan H₂O dan KCl. Kemudian larutan yang di-*shaker* dengan tanah tersebut diuji dengan pH meter. Uji pH dengan H₂O berfungsi untuk mengetahui nilai pH aktual sedangkan dengan KCl untuk mengetahui nilai pH potensial. Pencampuran H₂O dan KCl sebelum diuji dengan pH meter bertujuan untuk mengekstrak konsentrasi ion H⁺ pada tanah (Mulyadi, 2021).

Hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 4.11** yang menunjukkan bahwa pH sebelum perlakuan dari tanah non tambang adalah 6,54 untuk H₂O dan 4,65 untuk KCl dan tanah bekas tambang adalah 3,51 untuk H₂O dan 3,45 untuk KCl. Setelah perlakuan, pH tanah mengalami kenaikan namun tidak secara signifikan. Pada kontrol tanpa mikroba kenaikan sebesar 16%, *carrier* kompos sebesar -5% hingga 28%, dan NaCl sebesar 0% hingga 33%. Untuk mikroba 15 dan 3 Konsorsium lebih baik pada *carrier* kompos sedangkan mikroba 16 dan R3 lebih baik pada *carrier* NaCl. Dari hasil data tersebut menjelaskan bahwa *carrier* kompos dan NaCl sama-sama efektif karena perbedaannya tidak terlalu signifikan

untuk meningkatkan nilai pH tanah. Tanaman *Eucalyptus* sendiri memiliki sifat adaptasi yang baik sehingga dapat bertahan di pH tanah yang asam (Gunawan dkk., 2019).



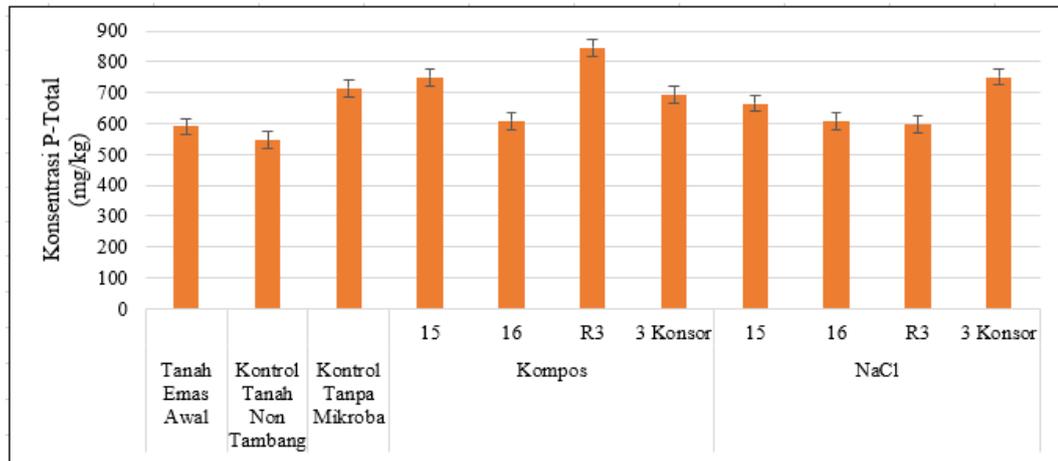
Gambar 4. 11 Grafik pH Tanah (H₂O dan KCl) dengan Tanaman *Eucalyptus* sp. Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

4.3 Pengaruh *Carrier* Kompos dan NaCl sebagai Media Mikroba terhadap Nutrisi

4.3.1 Kadar Fosfat

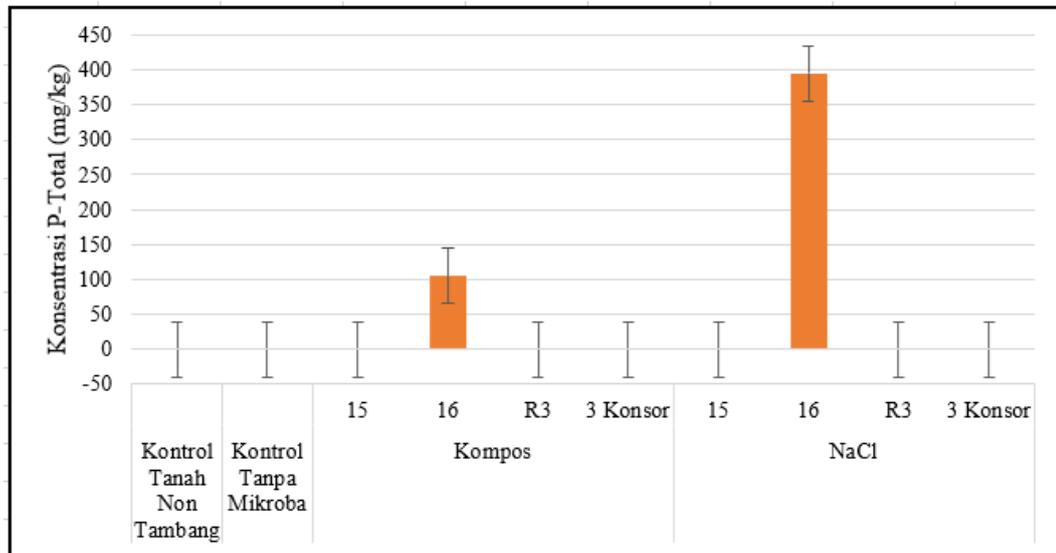
Fosfat merupakan salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman, fosfat memiliki peran dalam meningkatkan metabolisme tanaman (Respati dkk., 2017). **Gambar 4.12** adalah grafik konsentrasi P-Total tanah setelah perlakuan dengan *carrier* kompos dan NaCl. Hasil konsentrasi P-Total pada tanah non tambang sebesar 546,01 mg/kg dan tanah bekas tambang sebelum perlakuan adalah sebesar 590,07 mg/kg. Setelah perlakuan, konsentrasi P-Total relatif mengalami peningkatan. Untuk mikroba 15 dan R3 efektif pada *carrier* kompos dengan konsentrasi 748,68 mg/kg dan 845,61 mg/kg. Sedangkan mikroba 16 dan 3 Konsorsium efektif pada *carrier* NaCl dengan konsentrasi 607,69 mg/kg dan 750,88 mg/kg. Pada kontrol tanpa mikroba, konsentrasi P-Total juga

mengalami peningkatan menjadi 713,43 mg/kg, yang menandakan bahwa *Eucalyptus* sp. juga memiliki peran dalam meningkatkan konsentrasi P-Total.

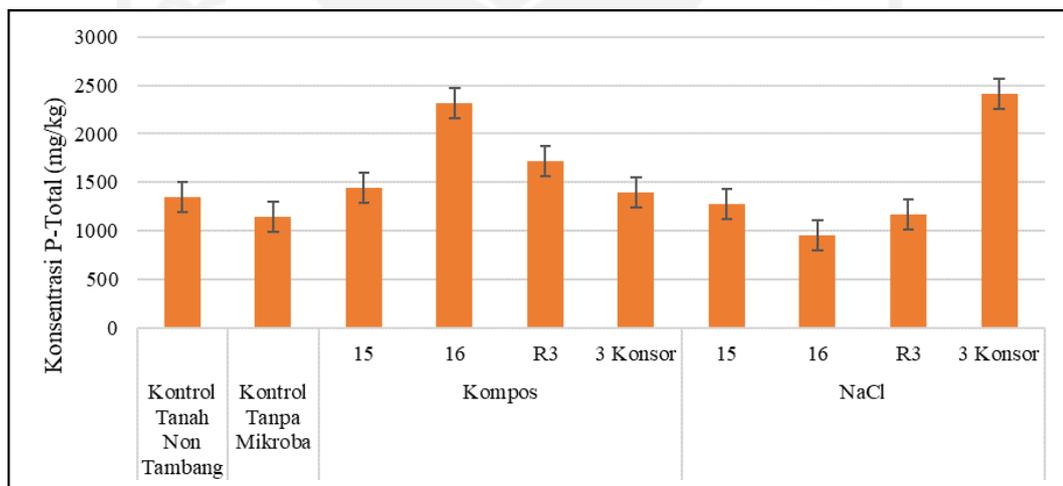


Gambar 4. 12 Grafik Konsentrasi P-Total Tanah dengan Tanaman *Eucalyptus* sp. Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

Gambar 4.13 dan **Gambar 4.14** adalah grafik konsentrasi P-Total pada jaringan tanaman (akar dan batang) setelah perlakuan dengan *carrier* kompos dan NaCl. Data menunjukkan konsentrasi P-Total yang terdapat pada jaringan tanaman uji yaitu akar dan batang. Pada akar tanaman selain *treatment* mikroba 16, P-Total tidak dapat terdeteksi oleh spektro karena nilainya yang sangat kecil. Lain halnya dengan P-Total yang terdapat pada batang tanaman yang memiliki konsentrasi tinggi. Hal ini menandakan bahwa, P-Total dalam tanah dapat diserap oleh tanaman dan disalurkan dengan baik ke batang tanaman. Faktor penting yang dapat mempengaruhi ketersediaan fosfat adalah pH tanah, namun terdapat beberapa faktor lain yaitu aerasi tanah, suhu, bahan organik, dan unsur hara lainnya, (Siswanto, 2019). Dengan tanah yang asam atau pH rendah dapat meningkatkan unsur hara beracun seperti Aluminium (Al), Besi (Fe), dan Mangan (Mn) sehingga ketersediaan fosfat akan terganggu (Hartati, 2021).



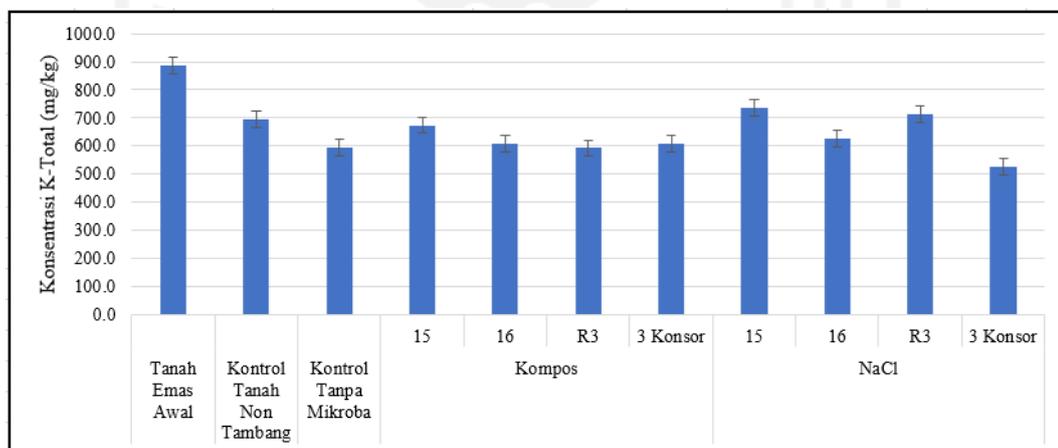
Gambar 4. 13 Grafik Konsentrasi P-Total Akar dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl



Gambar 4. 14 Grafik Konsentrasi P-Total Batang dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

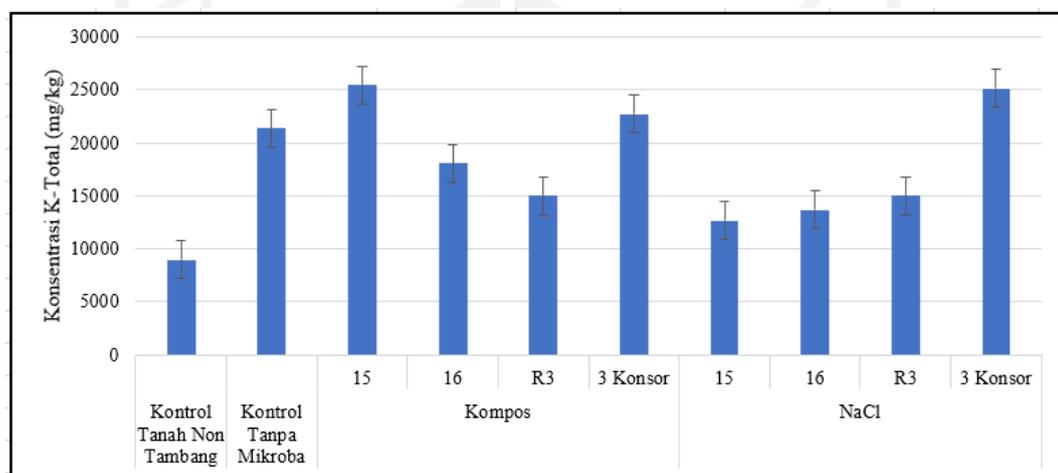
4.3.2 Kadar Kalium

Kalium merupakan unsur hara yang berfungsi dalam proses fotosintesis, pengangkutan hasil asimilasi, enzim, dan mineral seperti air, membantukan pembentukan karbohidrat dan protein tanaman yang dapat memperkuat daya tahan tanaman (Aspan dkk., 2021). **Gambar 4.15** adalah grafik konsentrasi K-Total tanah setelah perlakuan dengan *carrier* kompos dan NaCl. Data menunjukkan bahwa konsentrasi K-Total pada tanah bekas tambang lebih besar dibandingkan konsentrasi K-Total setelah perlakuan. Konsentrasi K-Total sebelum perlakuan pada tanah bekas tambang sebesar 886,21 mg/kg dan pada tanah non tambang sebesar 695,9 mg/kg. Setelah perlakuan konsentrasi K-Total mengalami penurunan pada sampel tanah dengan kontrol tanpa mikroba dengan konsentrasi sebesar 595,92 mg/kg, untuk mikroba 3 Konsorsium efektif pada *carrier* kompos dengan konsentrasi sebesar 607,23 mg/kg dan untuk mikroba 15, 16, dan R3 efektif pada *carrier* NaCl dengan konsentrasi sebesar 734,3 mg/kg, 626,91 mg/kg, dan 712,07 mg/kg.

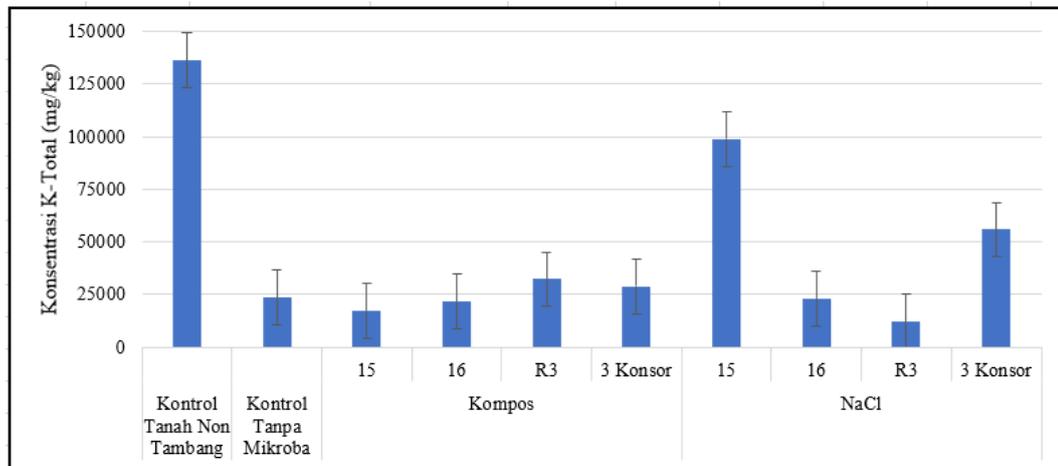


Gambar 4. 15 Grafik Konsentrasi K-Total Tanah dengan Tanaman *Eucalyptus* sp. Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

Gambar 4.16 dan **Gambar 4.17** adalah grafik konsentrasi K-Total jaringan tanaman (akar dan batang) setelah perlakuan dengan *carrier* kompos dan NaCl. Data menunjukkan konsentrasi K-Total pada jaringan tanaman yang lebih besar, hal ini menandakan bahwa kalium tanah sebagian besar telah terserap oleh tanaman. Kalium dapat semakin cepat terserap oleh tanaman dengan meningkatkan kadar lengas tanah atau air yang mengisi pori-pori tanah (Subandi, 2013). Konsentrasi K-Total pada batang lebih besar dibandingkan akar yang menandakan bahwa K-Total pada akar disalurkan ke batang karena kebutuhan kalium pada batang lebih besar dibandingkan akar.



Gambar 4. 16 Grafik Konsentrasi K-Total Akar dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl



Gambar 4.17 Grafik Konsentrasi K-Total Batang dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

4.4 Pengaruh *Carrier* Kompos dan NaCl sebagai Media Mikroba terhadap Logam Berat

Logam berat timbal (Pb), cadmium (Cd), dan merkuri (Hg) merupakan logam non esensial dan pada tingkat tertentu akan menjadi racun bagi makhluk hidup. Limbah atau tailing penambangan emas tidak akan lepas dari kontaminasi ketiga logam berat tersebut. Menurut He dkk. (2015), kontaminasi logam berat dapat menyebabkan ekosistem yang tidak berjalan sebagaimana mestinya. **Tabel 4.15** adalah beberapa standar regulasi yang digunakan terkait kandungan logam berat pada tanah. Pada penelitian ini akan menggunakan standar pada negara Australia, karena memiliki kemiripan iklim yaitu tropis.

Tabel 4.15 Regulasi Standar Kandungan Logam Berat pada Tanah (mg/kg)

Negara	Pb	Cd	Hg
Australia	300	3	1
Kanada	200	3	0,8
Cina	80	0,3 – 0,6	0,3 – 1
Jerman	1000	5	5
Tanzania	200	1	2

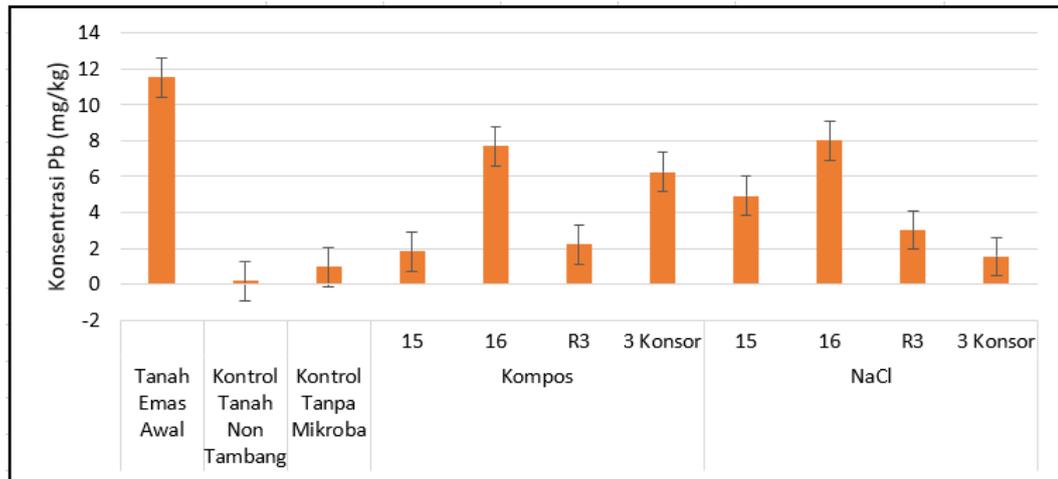
Belanda	530	13	36
Selandia Baru	160	3	200
Inggris	-	1,8	26
Amerika Serikat	200	0,11	1

Sumber : He dkk. (2015).

4.4.1 Penyerapan Logam Timbal (Pb)

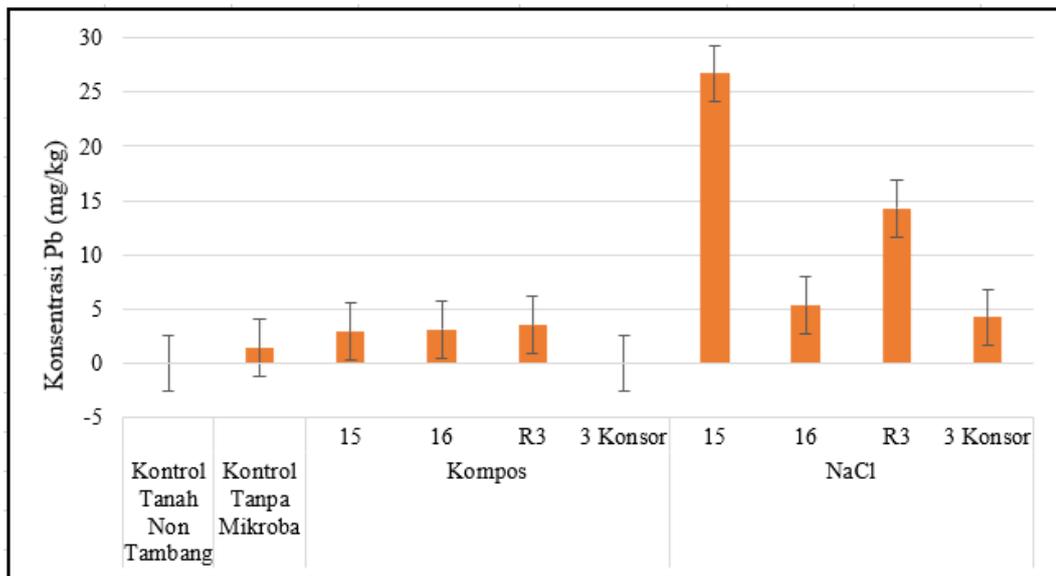
Logam berat timbal (Pb) merupakan salah satu unsur logam berat yang tidak dapat terurai oleh alam dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia (Jupriyati dkk., 2014). Penyerapan timbal yang melebihi ambang batas tubuh manusia akan mengakibatkan terikatnya molekul asam amino, hemoglobin, enzim, RNA, dan DNA yang dapat mengakibatkan kerusakan pada saluran metabolik, hipertensi darah, hiperaktif, dan kerusakan otak (Herman, 2006). Logam berat pada proses penambangan pada umumnya berasal dari kandungan mineral yang di tambang atau sebagai bahan untuk memisahkan kandungan mineral tersebut (Purwantari, 2007).

Berdasarkan **Gambar 4.18** menunjukkan bahwa terdapat penurunan konsentrasi timbal setelah perlakuan. Pada sebelum perlakuan pada tanah non tambang sebesar 0,168 mg/kg dan tanah bekas tambang sebesar 11,552 mg/kg. Konsentrasi timbal mengalami penurunan pada perlakuan kontrol tanpa media, mikroba pada *carrier* kompos dan NaCl. Pada kontrol tanpa mikroba konsentrasi timbal menjadi 0,953 mg/kg, pada mikroba 15, 16, dan R3 efektif pada *carrier* kompos dengan konsentrasi timbal menjadi 1,814 mg/kg, 7,704 mg/kg, dan 2,281 mg/kg, serta 3 Konsorsium efektif pada *carrier* NaCl dengan konsentrasi timbal menjadi 1,543 mg/kg. Dari semua perlakuan, konsentrasi timbal masih di bawah standar yang diharuskan.

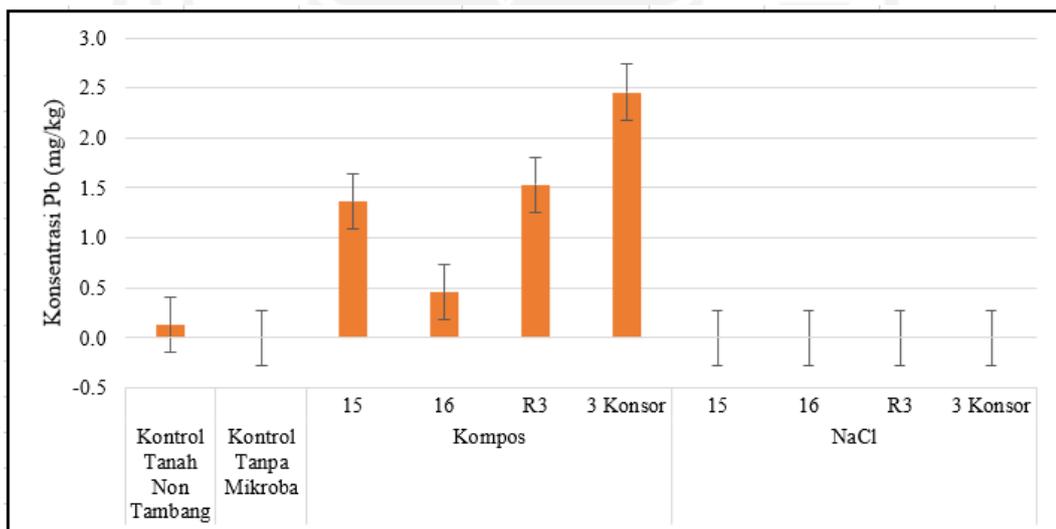


Gambar 4. 18 Grafik Konsentrasi Timbal (Pb) Tanah dengan Tanaman *Eucalyptus* sp. Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Mikroba Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

Keberadaan timbal pada tanaman dapat menghambat laju pertumbuhan tanaman, hal ini dikarenakan timbal akan masuk ke dalam sel dan mengganggu reaksi kimia dalam sel. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa, dan palisade (Haryati dkk., 2012). Berdasarkan **Gambar 4.19** dan **Gambar 4.20** menunjukkan bahwa timbal juga terserap ke dalam tanaman *Eucalyptus* sp. Secara garis besar timbal pada jaringan tanaman menunjukkan bahwa konsentrasi timbal disalurkan hingga ke batang pada *carrier* kompos sedangkan timbal tertahan di akar pada *carrier* NaCl.



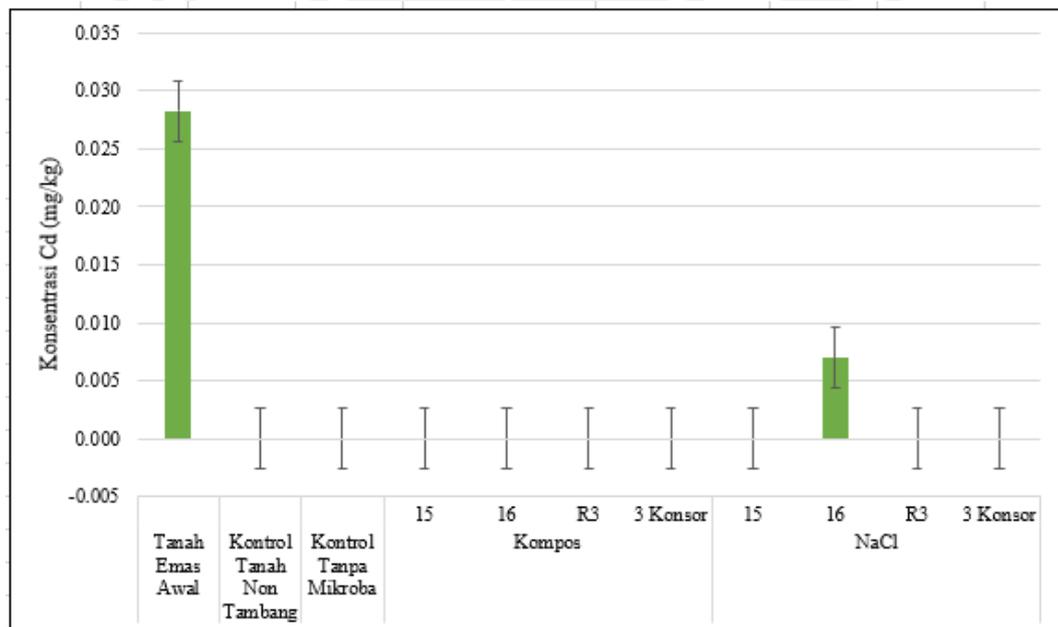
Gambar 4. 19 Grafik Konsentrasi Timbal (Pb) Akar *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl



Gambar 4. 20 Grafik Konsentrasi Timbal (Pb) Batang *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

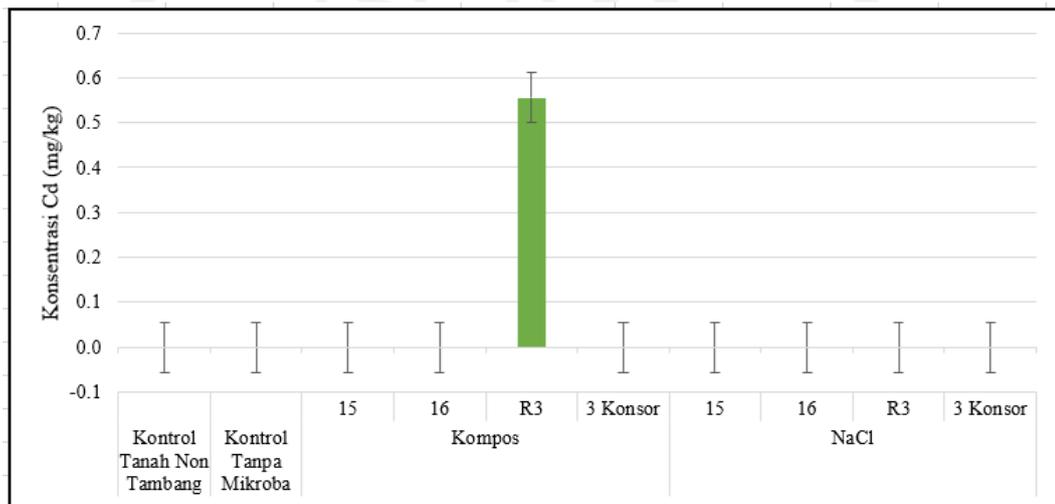
4.4.2 Penyerapan Logam Cadmium (Cd)

Kontaminasi logam berat cadmium (Cd) dapat menyebabkan gangguan pada sistem biologi karena dapat terakumulasi dengan mudah dalam sedimen maupun organisme. Logam berat cadmium bersifat beracun meskipun dalam konsentrasi yang rendah (Akbar, dkk., 2014). Pada proses penambangan kontaminasi cadmium berasal dari proses peleburan logam (Agustina, 2014). Berdasarkan **Gambar 4.21** menunjukkan bahwa konsentrasi logam cadmium pada tanah bekas tambang relatif rendah. Konsentrasi cadmium sebelum perlakuan pada tanah bekas tambang senilai 0,028 mg/kg. Setelah perlakuan, konsentrasi cadmium mengalami penurunan hingga tidak dapat terdeteksi oleh AAS, terkecuali pada perlakuan mikroba 16 pada *carrier* NaCl konsentrasi cadmium sebesar 0,007 mg/kg. Dari semua perlakuan, konsentrasi cadmium masih di bawah standar yang diharuskan.

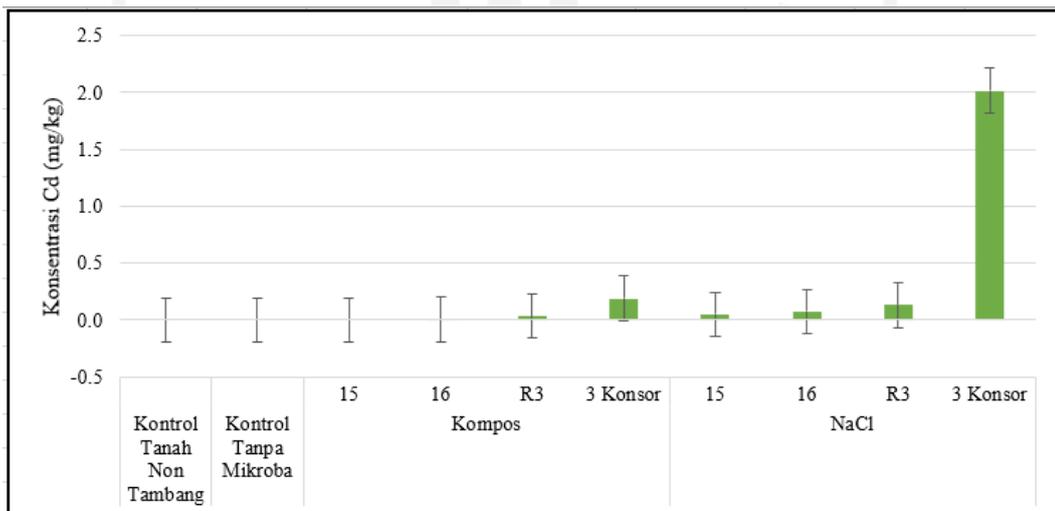


Gambar 4. 21 Grafik Konsentrasi Cadmium (Cd) Tanah dengan Tanaman *Eucalyptus* sp. Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

Logam berat cadmium (Cd) terhadap tanaman menyebabkan klorosis, nekrosis, layu, gangguan fotosintesis dan transpirasi sehingga menghambat pertumbuhan (Juhriah dkk., 2017). Pada **Gambar 4.22** dan **Gambar 4.23** merupakan grafik dari konsentrasi cadmium pada jaringan tanaman yaitu akar dan batang. Pada grafik tersebut, konsentrasi cadmium juga relatif rendah dan Sebagian besar tidak dapat terdeteksi oleh AAS.



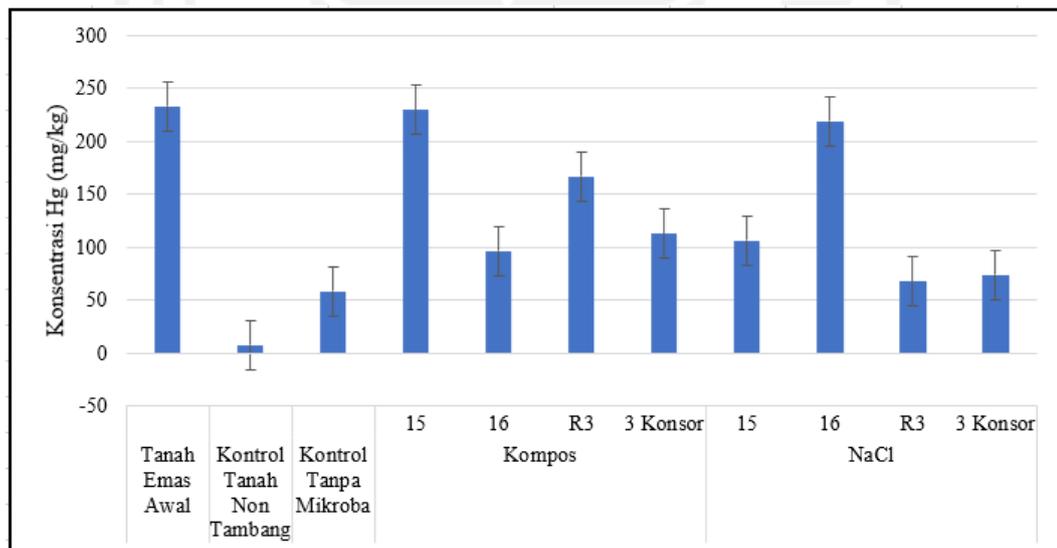
Gambar 4. 22 Grafik Konsentrasi Cadmium (Cd) Akar *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl



Gambar 4. 23 Grafik Konsentrasi Cadmium (Cd) Batang *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

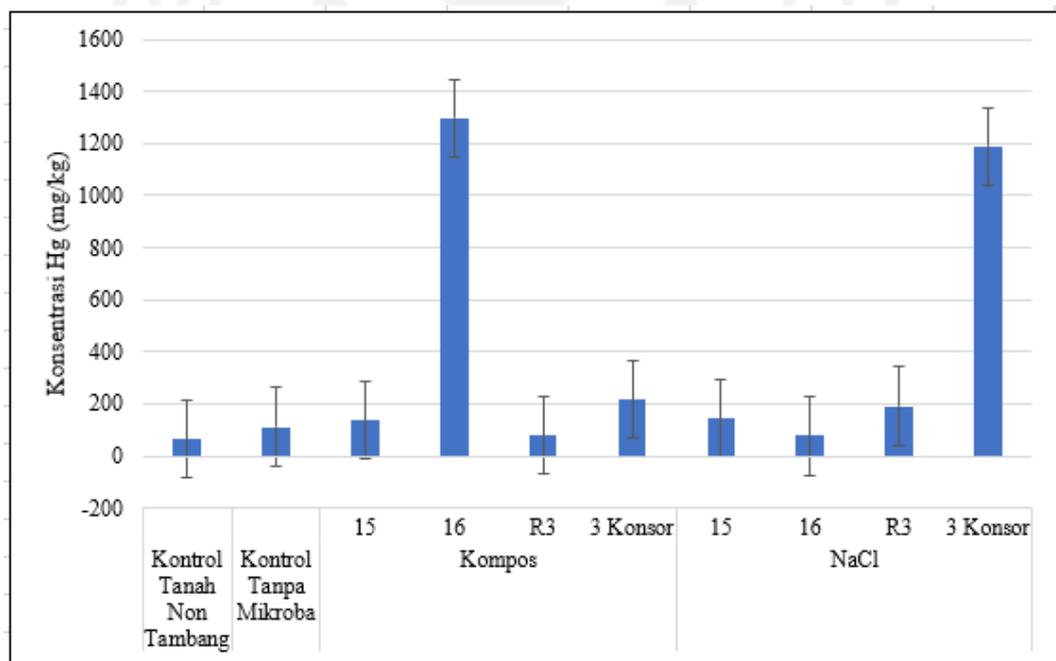
4.4.3 Penyerapan Logam Merkuri (Hg)

Logam berat merkuri (Hg) merupakan zat berbahaya yang beracun dan merupakan zat yang dominan pada limbah penambangan emas. Karena merkuri digunakan sebagai media untuk mengikat emas atau proses amalgamasi (Yulis, 2020). Pada **Gambar 4.24** menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada tanah bekas tambang dan konsentrasi setelah perlakuan. Konsentrasi merkuri sebelum perlakuan pada tanah non tambang sebesar 7,29 mg/kg dan tanah bekas tambang sebesar 232,92 mg/kg yang relatif besar. Sedangkan hasil setelah perlakuan, konsentrasi merkuri pada perlakuan tanpa mikroba menjadi 58,34 mg/kg, mikroba 16 efektif pada *carrier* kompos dengan konsentrasi merkuri menjadi 96,04 mg/kg, dan mikroba 15, R3, dan 3 Konsorsium efektif pada *carrier* NaCl dengan konsentrasi merkuri menjadi 105,92 mg/kg, 67,44 mg/kg, dan 73,47 mg/kg. Dari semua perlakuan, konsentrasi merkuri masih melebihi standar yang diharuskan.

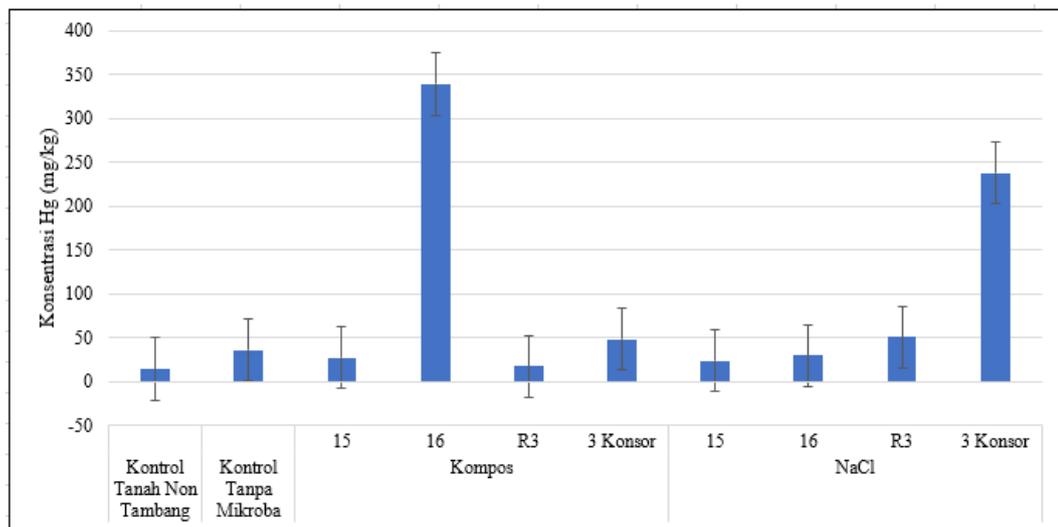


Gambar 4. 24 Grafik Konsentrasi Merkuri (Hg) Tanah dengan Tanaman *Eucalyptus* sp. Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl

Penyisihan merkuri pada tanaman bergantung pada tingkat kontaminasi merkuri tersebut, selain itu faktor genetik juga menjadi salah satu faktor penyisihan merkuri pada tanaman (Ambarsari dan Qisthi, 2017). **Gambar 4.25** dan **Gambar 4.26** merupakan grafik konsentrasi merkuri dari jaringan tanaman setelah perlakuan. Konsentrasi merkuri pada jaringan akar dengan perlakuan tanpa mikroba sebesar 111,31 mg/kg, perlakuan dengan mikroba *carrier* kompos sebesar 78,66 hingga 1297,63 mg/kg, dan *carrier* NaCl 77,17 hingga 1189,47 mg/kg. Sedangkan pada jaringan batang dengan perlakuan tanpa mikroba sebesar 36,07 mg/kg, perlakuan dengan mikroba *carrier* kompos sebesar 17,71 hingga 339,31 mg/kg, dan *carrier* NaCl sebesar 23,93 hingga 239,89 mg/kg. Dari data konsentrasi merkuri pada jaringan tanaman tersebut, perlakuan tanpa mikroba merupakan perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan konsentrasi merkuri.



Gambar 4. 25 Grafik Konsentrasi Merkuri (Hg) Akar *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl



Gambar 4. 26 Grafik Konsentrasi Merkuri (Hg) Batang *Eucalyptus* sp. dengan Perlakuan Mikroba *Selected Phosphate Solubilizing* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3) dan 3 Konsorsium Menggunakan *Carrier* Kompos dan NaCl



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Pertumbuhan tanaman (tinggi, diameter, dan jumlah) *Eucalyptus* sp. bertambah setelah 12 minggu dengan perlakuan mikroba *carrier* kompos dan NaCl
2. Dari semua perlakuan pada penelitian ini dapat meningkat nilai pH walaupun tidak secara signifikan.
3. Pada nutrisi setelah dilakukan perlakuan tanpa mikroba dan dengan mikroba *carrier* kompos dan NaCl mengalami peningkatan nutrisi Fosfat dan Kalium. Nilai fosfat tanah meningkat dan nilai kalium meningkat serta terserap oleh jaringan tanaman dengan baik.
4. Dalam penyerapan logam berat Timbal (Pb), Cadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) seluruh perlakuan tanpa mikroba maupun dengan mikroba *carrier* kompos dan NaCl dapat menurunkan konsentrasi logam berat, namun pada merkuri belum memenuhi standar yang berlaku

5.2 Saran

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

1. Durasi penelitian dapat diperpanjang dari penelitian ini agar data yang dihasilkan dapat diketahui secara optimal.
2. Pengujian logam berat cadmium (Cd) diganti dengan logam berat yang lainnya, karena dari penelitian ini konsentrasi cadmium sangat sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T., 2014. **Kontaminasi logam berat pada makanan dan dampaknya pada kesehatan.** TEKNOBUGA: Jurnal Teknologi Busana Dan Boga, 1(1).
- Akbar, A.W., Daud, A. and Mallongi, A., 2014. **Analisis Risiko Lingkungan Logam Berat Cadmium (Cd) pada Sedimen Air Laut di Wilayah Pesisir Kota Makassar.** Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Hasanuddin.
- Ambarsari, H. and Qisthi, A., 2017. **Remediasi Merkuri (Hg) pada Air Limbah Tambang Emas Rakyat Dengan Metode Lahan Basah Buatan Terpadu.** Jurnal Teknologi Lingkungan, 18(2), pp.148-156.
- Arieska, I. D. dan Pusponegoro, N. H. (2017). **Pendugaan Standar Error dan Confidence Interval Koefisien Gini dengan Metode Bootstrap : Terapan pada Data Susenas Provinsi Papua Barat tahun 2013.** Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik, hal. 57–66.
- Aspan, A., Nusantara, R.W. and Suryokusumo, R., **Kajian Sifat Kimia Tanah Pada Lahan Pasca Pertambangan Emas Desa Monterado Kecamatan Monterado Kabupaten Bengkayang.** Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian, 10(4).
- Fahmi, M., Harahap, R.U., Irsan, M., Khairani, A.D. and Siregar, H., 2022. **Pembuatan Pupuk Kompos Organik dan Pendampingan Penyusunan Laporan Kas.** *Pubarama: Jurnal Publikasi Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1).
- Gunawan, G., Wijayanto, N. and Budi, S.W., 2019. **Karakteristik Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburan Tanah pada Agroforestri Tanaman Sayuran Berbasis *Eucalyptus* Sp.** *Jurnal Silvikultur Tropika*. 10(2), pp.63-69.
- Hartati, R.D., 2021. **Pengaruh pemberian bakteri pelarut fosfat pada berbagai pH tanah terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine***

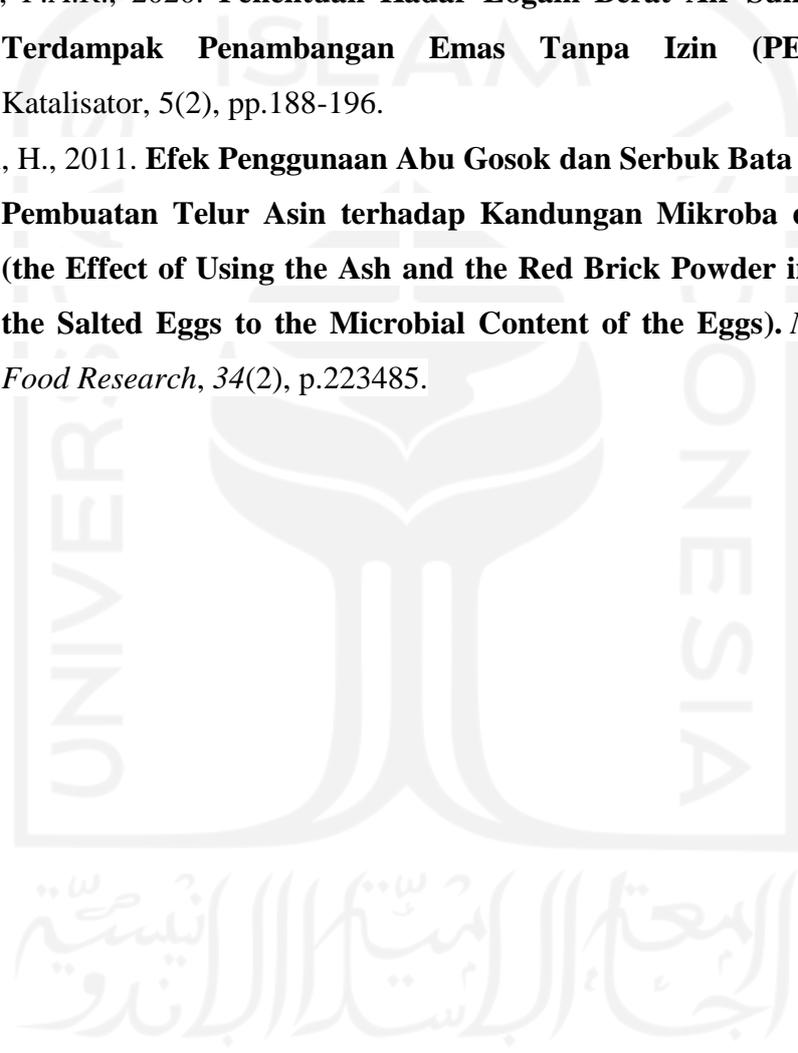
- max L. Merr).** JA-CROPS (Journal of Agrotechnology and Crops Science), 1(1).
- Haryati, M., Purnomo, T. and Kuntjoro, S., 2012. **Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda.** *Lateral Bio*, 1(3).
- He, Z., Shentu, J., Yang, X., Baligar, V. C., Zhang, T., & Stoffella, P. J. (2015). **Heavy metal contamination of soils: sources, indicators and assessment.**
- Juhriah, J., Suhadiyah, S. and Mandasari, R., 2017. **Respon Pertumbuhan Tanaman Jengger Ayam Merah *Celosia plumosa* (Voss) Burv. pada Tanah Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd).** *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 8(1).
- Junaedy, M., Efendi, R. and Sandra, S., 2016. **Studi Zona Mineralisasi Emas Menggunakan Metode Magnetik di Lokasi Tambang Emas Poboya.** *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 5(2).
- Junandi, J., Mukarlina, M. and Linda, R., 2019. **Pengaruh Cekaman Salinitas Garam NaCl terhadap Pertumbuhan Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp) pada Tanah Gambut.** *Jurnal Protobiont*, 8(3).
- Jupriyati, R., Soenardjo, N. and Suryono, C.A., 2014. **Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia Marina* (Forssk). Vierh. di Perairan Mangunharjo Semarang.** *Journal Of Marine Research*, 3(1), pp.61-68.
- Kusdarini, E. and Budianto, A., 2021. **Pengelolaan Tambang Emas Rakyat Berbasis Masyarakat.** *Katalog Buku Karya Dosen ITATS, 1*, pp.7-18.
- Kusuma, R.C., 2017. **Kajian Kandungan Logam Berat di Lokasi Penambangan Emas Tradisional di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo.** *ReTII*.
- Kusumiyati, T.M.O. and Habibah, F.A., 2017. **Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam NaCl Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Bibit Lima**

Kultivar Asparagus (The Effect of NaCl Salt Solution Concentrations on Growth and Seedling Quality of Five Asparagus Cultivars).

- Mitayani, R., Al Sunjawi, N.A., Nisa, Z. and Khuzaiyah, S., 2021, December. **Eucalyptus Prospects in Covid-19 Management.** In *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan* (Vol. 1, pp. 829-833).
- Munir, E., 2006. **Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan.** *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi FMIPA USU. USU Repository. Medan.*
- Muske, D.N., Gahukar, S.J., Akhare, A.A. and Deshmukh, S.S., 2016. **Phytoremediation: an environmentally sound technology for pollution prevention, control and remediation.** *Advances in Life Sciences*, 5(7), pp.2501-2509.
- Nata, A.S., Mawardi, A. and Sobwan, I., 2021. **Analisis Kelayakan Pengkonsetrasian Bijih Emas Menggunakan Teknik Gravitasi Bebas Merkuri dengan Meja Goyang dalam Penambangan Emas Sekala Kecil di Wilayah Pertambangan Rakyat Kokap, Kulonprogo.** *Prosiding SATU BUMI*, 2(1).
- Nilamprasasti, H., 2019. **Identifikasi Zona Penyebaran Limbah Logam Berat Menggunakan Metode VLF EM. Studi Kasus: Limbah Pemurnian Emas Konvensional di Sangon Kulon Progo DI Yogyakarta** (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Pratiwi, D.Y., 2020. **Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Sumber Daya Perikanan Dan Kesehatan Manusia.** *Jurnal Akuatek*, 1(1), pp.59-65.
- Novandi, R., 2014. **Remediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor* L.)** (Doctoral dissertation, Tanjungpura University).
- Purwani, J., 2010. **Remediasi Tanah dengan Menggunakan Tanaman**

- Akumulator Logam Berat Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L.).** Balai Penelitian Tanah. Bogor, pp.287-298.
- Purwantari, N.D., 2007. **Reklamasi Area Tailing di Pertambangan dengan Tanaman Pakan Ternak.** Wartazoa, 17(3), pp.101-108.
- Respati, N.Y., Yulianti, E. and Rahmawati, A., 2017. **Optimasi Suhu dan pH Media Pertumbuhan Bakteri Pelarut Fosfat dari Isolat Bakteri Termofilik.** Kingdom (The Journal of Biological Studies), 6(7), pp.423-430.
- Rosihan, A. and Husaini, H., 2017. **Logam Berat Sekitar Manusia.**
- Siswanto, B., 2019. **Sebaran Unsur Hara N, P, K Dan pH dalam Tanah.** Buana Sains, 18(2), pp.109-124.
- Subandi, S., 2013. **Role and Management of Potassium Nutrient for Food Production in Indonesia.** Pengembangan Inovasi Pertanian, 6(1), p.30881.
- Sujatmiko, B., 2012. **Penambangan Emas Tanpa Izin di Daerah Aliran Sungai (Das) Arut Kecamatan Arut Utara Ditinjau dari Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009.** Jurnal Ilmu Sosial, 4(1), pp.60-75.
- Sulistyoningrum, D.R., 2018. **Studi Literatur Remediasi Tanah Tercemar Lindi di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah menggunakan Mixed Terrestrial Plants.** (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Suryantini, S., 2017. **Formulasi Bahan Pembawa Pupuk Hayati Pelarut Fosfat untuk Kedelai di Tanah Masam.** Buletin Palawija, 14(1), pp.28-35.
- Tyas, I.N., 2008. **Pemanfaatan Kulit Pisang sebagai Bahan Pembawa Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat.**
- Widodo, K.H. and Kusuma, Z., 2018. **Pengaruh Kompos terhadap Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung di Inceptisol.** Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, 5(2), pp.959-967.
- Widowati, H., 2011. **Pengaruh Logam Berat Cd, Pb Terhadap Perubahan**

- Warna Batang dan Daun Sayuran.** *El-Hayah: Jurnal Biologi*, 1(4).
- Xiao, R., Wang, S., Li, R., Wang, J.J. and Zhang, Z., 2017. **Soil Heavy Metal Contamination and Health Risks Associated with Artisanal Gold Mining in Tongguan, Shaanxi, China.** *Ecotoxicology and environmental safety*, 141, pp.17-24.
- YULIS, P.A.R., 2020. **Penentuan Kadar Logam Berat Air Sungai Singingi Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI).** *Jurnal Katalisator*, 5(2), pp.188-196.
- Yuniati, H., 2011. **Efek Penggunaan Abu Gosok dan Serbuk Bata Merah pada Pembuatan Telur Asin terhadap Kandungan Mikroba dalam Telur (the Effect of Using the Ash and the Red Brick Powder in Making of the Salted Eggs to the Microbial Content of the Eggs).** *Nutrition and Food Research*, 34(2), p.223485.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan Sampling



الجمهورية الإسلامية اندونيسية

Lampiran 2 Dokumentasi Perawatan Tanaman



Lampiran 3 Dokumentasi Tanaman Sebelum dan Sesudah Panen



Lampiran 4 Dokumentasi Laboratorium



Lampiran 5 Kurva Kalibrasi AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer)

