

TA/TL/2022/[nomor admin]\*

## TUGAS AKHIR

# POTENSI PENGGUNAAN NACL SEBAGAI *CARRIER* MIKROBA TERSELEKSI DALAM PROSES REHABILITASI LAHAN PASCA TAMBANG TIMAH

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



**ARYA DANURDORO HANINDITO**  
**18513075**

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

**2022**

**TUGAS AKHIR**  
**POTENSI PENGGUNAAN NACL SEBAGAI CARRIER**  
**MIKROBA TERSELEKSI DALAM PROSES**  
**REHABILITASI LAHAN PASCA TAMBANG TIMAH**


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



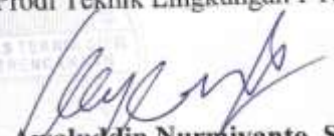
**ARYA DANURDORO HANINDITO**  
**18513075**

Disetujui,

Dosen Pembimbing:

  
**Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D**  
**NIK. 185130401**  
Tanggal: 20 Desember 2022

  
**Dr. Joni Aldilla Fajri., S.T., M.Eng.**  
**NIK. 16513306**  
Tanggal: 20 Desember 2022

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII  
  
**Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto. S. T., M. Eng.**  
**NIK. 095130403**  
Tanggal: 22/12/2022



**HALAMAN PENGESAHAN**

**POTENSI PENGGUNAAN NACL SEBAGAI CARIER MIKROBA  
TERSELEKSI DALAM PROSES REHABILITASI LAHAN PASCA  
TAMBANG TIMAH**

**Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji**

**Hari : Rabu**

**Tanggal : 21 Desember 2022**

**Disusun Oleh:**

**ARYA DANURDORO HANINDITO  
18513075**

**Tim Penguji:**

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

(  )

**Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.**

(  )

**Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.**

(  )

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 15 Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



**Arya Danurdoro Hanindito**

NIM: 18513075

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini yang berjudul Potensi Penggunaan NaCl Sebagai Carrier Mikroba Terseleksi Dalam Proses Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang Timah Skala Rumah Kaca yang dilaksanakan sejak September 2021 Tugas ini disusun untuk memenuhi syarat penyelesaian program sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tentu tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari beberapa pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

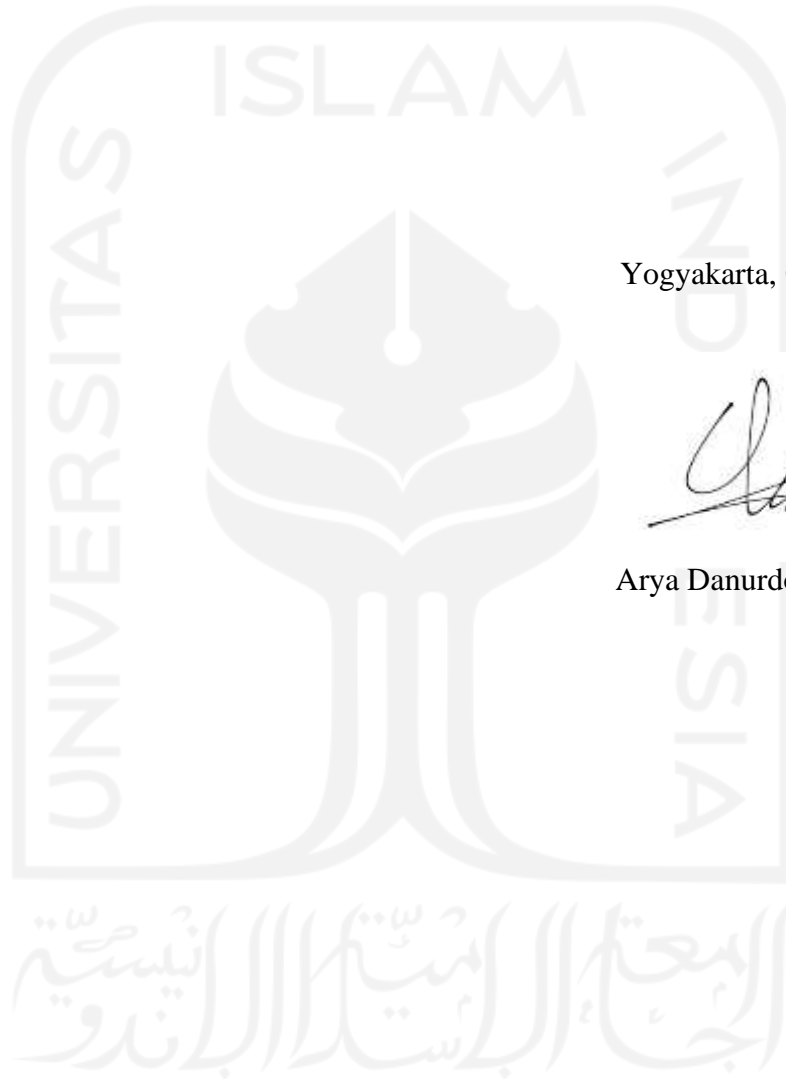
1. Allah *subhananu wa ta'ala* berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Prabowo Soemodipuro dan Ibu Sri Hapsari selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan kesehatan, kelancaran dan selalu memberikan dukungan moril maupun materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D selaku dosen pembimbing I yang selalu sabar dan meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan arahan mulai dari penelitian hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan dan masukan dari awal penelitian hingga penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto., S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan pada penelitian sampai dengan penyusunan laporan akhir
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar laporan ini dapat lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan untuk referensi penelitian berikutnya.

Yogyakarta, Oktober 2022



Arya Danurdoro Hanindito





*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



## ABSTRAK

ARYA DANURDORO HANINDITO. Potensi Penggunaan NaCl Sebagai *Carrier* Mikroba Terseleksi Dalam Proses Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang Timah. Dibimbing oleh DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D dan Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

Kegiatan penambangan timah memiliki dampak yang berat untuk ekonomi dan sosial bagi masyarakat sekitar dan memiliki dampak buruk terhadap lingkungan seperti menurunnya tingkat kesuburan tanah, rendahnya produktivitas lahan dan kerusakan lanskap tanah. Sehingga, perlu dilakukan kegiatan rehabilitasi guna memulihkan kondisi tanah agar dapat dimanfaatkan kembali. Rehabilitasi dilakukan dengan cara menanamkan tanaman *Eucalyptus sp* dengan bahan pembawa NaCl yang telah diinokulasikan bakteri. Tanaman uji dilakukan dengan 6 perlakuan yaitu penambahan bakteri 15, 16, R31, 15+R31, 16+R31, 3 Konsorsium dan Kontrol (tanpa inokulasi bakteri dan bahan pembawa). Penambahan bahan pembawa NaCl dan inokulasi bakteri bertujuan untuk membantu pertumbuhan tanaman pada media tanam lahan pasca tambang timah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi penggunaan bahan pembawa NaCl yang diinokulasikan bakteri selektif dengan bantuan tumbuhan *Eucalyptus sp* mampu untuk meningkatkan nutrisi dan menyerap logam berat pada tanah pasca tambang timah. Hasil penelitian menunjukkan penambahan bahan pembawa dengan inokulasi bakteri selektif mampu memperbaiki kondisi tanah awal dengan meningkatkan pH kondisi tanah awal (5,34) menjadi rata-rata 6,5, nutrisi kandungan P total awal (0,38 mg/kg) menjadi 416,671 mg/kg, K tanah awal (27,3 mg/kg) menjadi 349,564 mg/kg serta mampu mereduksi logam berat Zn dalam tanah.

**Kata kunci:** Timah, NaCl, Bakteri Selektif, *Eucalyptus sp*

## **ABSTRACT**

ARYA DANURDORO HANINDITO. *Potential of Usage NaCl as a Carrier Selected Microbes in Rehabilitation Process Land Post Tin Mining*. Supervised by DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D and Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng

*Tin mining activities have serious economic and social impacts on the surrounding community and have negative impacts on the environment such as decreasing soil fertility, low land productivity and damage to the soil landscape. Thus, it is necessary to carry out rehabilitation activities in order to restore the condition of the soil so that it can be reused. Rehabilitation was carried out by inoculating Eucalyptus sp plants with NaCl carrier which had been inoculated with bacteria. The test plants were carried out with 6 treatments, namely the addition of bacteria 15, 16, R31, 15+R31, 16+R31, 3 Consortium and Control (without bacterial inoculation and carrier). The addition of NaCl carrier material and bacterial inoculation aims to help plant growth in planting media on post-tin mining land. The purpose of this study was to determine the potential use of NaCl carrier materials inoculated with selective bacteria with the help of Eucalyptus sp plants to increase nutrition and absorb heavy metals in post-tin mining soils. The results showed that the addition of carrier material with selective bacterial inoculation was able to improve the initial soil conditions by increasing the initial soil pH (5.34) to an average of 6.5, the initial total P nutrient content (0.38 mg/kg) to 416.671 mg/kg. , the initial soil K (27.3 mg/kg) became 349.564 mg/kg and was able to reduce the heavy metal Zn in the soil.*

**Keywords:** *Tin, NaCl, Selected Bacteria, Eucalyptus Sp*



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	ix
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	3
1.6 Kerangka Berpikir .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Lahan Pasca Tambang Timah .....	5
2.2 Rehabilitasi Tambang Timah .....	5
2.3 Eucalyptus sp. ....	6
2.4 Bahan Pembawa ( <i>Carrier</i> ) NaCl .....	6
2.5 Penelitian Sebelumnya .....	7
BAB III METODE PENELITIAN .....	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	9
3.2 Tahapan Penelitian .....	9
3.3 Persiapan Inokulum Mikroba .....	11
3.4 Persiapan Media <i>Carrier</i> NaCl .....	11
3.5 Persiapan dan Pemeliharaan Tanaman .....	12
3.6 Inokulasi Mikroba Terseleksi dengan <i>Carrier</i> NaCl .....	12
3.7 Pemanenan .....	13
3.8 Analisis pH, Logam Berat dan Nutrisi Pada Tanah dan Jaringan Tanaman .....	13

3.9	Analisa Data .....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		15
4.1	Pengaruh Inokulasi Bakteri Selektif dengan <i>Carrier</i> NaCl dalam Pertumbuhan Tanaman Uji <i>Eucalyptus sp</i> .....	15
4.1.1	Tinggi dan Diameter .....	15
4.1.2	Jumlah Daun Tumbuhan <i>Eucalyptus sp</i> .....	18
4.1.3	Biomassa Tanaman <i>Eucalyptus sp</i> .....	19
4.2	Pengujian pH Sampel Tanah Tanaman Uji <i>Eucalyptus sp</i> .....	23
4.3	Pengujian Kandungan Nutrisi Tanah dan Tumbuhan .....	24
4.3.1	Pengujian Kandungan Kalium Pada Tanah .....	24
4.3.2	Pengujian Kalium Pada Akar dan Batang Tanaman .....	25
4.3.3	Pengujian P Total Pada Tanah .....	26
4.3.4	Pengujian P Total Pada Jaringan Akar dan Batang .....	27
4.4	Pengujian Logam Berat Pada Tanah dan Jaringan Tanaman .....	28
4.4.1	Hasil Pengujian Logam Fe .....	28
4.4.2	Hasil Pengujian Logam Zn .....	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		33
5.1	Kesimpulan .....	33
5.2	Saran .....	33
DAFTAR PUSTAKA .....		34
LAMPIRAN .....		38
	Lampiran 1 Dokumentasi Perawatan Tanaman .....	38
	Lampiran 2 Kegiatan Laboratorium .....	39
	Lampiran 3 Preparasi Sampel .....	40
RIWAYAT HIDUP .....		42



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Penelitian Terdahulu.....	7
<b>Tabel 3. 1</b> Jumlah Populasi Mikroba.....	11
<b>Tabel 3. 2</b> Keterangan Tiap Perlakuan Tanaman Uji .....	12
<b>Tabel 3. 3</b> Acuan Analisis Data.....	14
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Tinggi Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium .....	16
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Diameter Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium .....	17
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Variance) One-Way Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium .....	19
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil Uji Analysis of Variance Berat Basah Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12.....	21
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil Uji Analysis of Variance Berat Kering Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12.....	21
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Uji Analysis of Variance Berat Basah Akar Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12.....	22
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil Uji Analysis of Variance Berat Kering Akar Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12.....	23
<b>Tabel 4. 8</b> Persyaratan Kadar Fe Pada Tanah dan Tumbuhan.....	28



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Kerangka Berpikir Penelitian .....	4
<b>Gambar 3. 1</b> Flowchart Tahapan Penelitian .....	10
<b>Gambar 4. 1</b> Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium.....	17
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium.....	18
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus Sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium .....	19
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik Perbandingan Berat Basah dan Berat Kering Batang Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12 .....	21
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik Perbandingan Berat Basah dan Berat Kering Akar Tanaman Eucalyptus sp dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12 .....	22
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Nilai pH Tanah dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12 dengan Metode Pengujian H <sub>2</sub> O dan KCl.....	24
<b>Gambar 4. 7</b> Hasil Pengujian Kalium Pada Tanah dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12.....	25
<b>Gambar 4. 8</b> Hasil Pengujian Kalium Pada Batang dan Akar dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12.....	26



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Perawatan Tanaman .....	38
Lampiran 2 Kegiatan Laboratorium.....	39
Lampiran 3 Preparasi Sampel .....	40



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu penghasil timah terbanyak di Asia Tenggara khususnya di Kepulauan Bangka Belitung (Weber, 2003) dengan jumlah produksi mencapai 95.200 ton (USGS, 2015). Kepulauan Bangka Belitung terletak di sabuk timah Asia Tenggara sehingga, produksi timah cukup melimpah (Cobbing, 2005). Sekitar 30% jumlah total timah di dunia berada di Kepulauan Bangka Belitung, yang dimana praktik penambangan timah sudah dimulai sejak tahun 1668 (Agus, 2017).

Kegiatan penambangan timah memiliki dampak yang besar untuk ekonomi dan sosial bagi masyarakat sekitar, akan tetapi juga memiliki dampak buruk terhadap lingkungan (Adewole dan Adesina, 2011). Penambangan timah secara terbuka atau *open mining* dilakukan dengan cara menghilangkan lapisan tanah atas kemudian menggali tanah tersebut, dan memisahkan antara kandungan timah dengan pasir dan tanah dari setiap galian tanahnya (Sitorus, 2008). Kegiatan ini menyebabkan kerusakan lahan seperti; menurunnya tingkat kesuburan tanah, kerusakan lanskap tanah dan rendahnya produktivitas lahan. (Asmaransyah, 2016.) Karakteristik tanah tailing akibat kegiatan penambangan timah memiliki sifat berpasir, kandungan organik yang rendah, nilai pH yang rendah dan daya infiltrasi yang tinggi (Nurtjahja et al., 2009; Budianta et al., 2013).

Demi mencegah meluasnya dampak – dampak yang disebabkan akibat kegiatan penambangan timah maka perlu dilakukan upaya kegiatan rehabilitasi. Kegiatan rehabilitasi memiliki tujuan untuk mengembalikan atau memulihkan kondisi lahan tambang timah seperti semula atau mendekati sehingga dapat dimanfaatkan kembali. Rehabilitasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode bioremediasi dengan bantuan mikroba. Dalam proses rehabilitasi dengan mikroba, mikroba berperan aktif dalam memperbaiki kondisi tanah dengan mengonsumsi kandungan-kandungan yang berada di lahan kritis. Sehingga kandungan pencemar

di lahan kritis dapat terurai dan jumlah kandungan bahan pencemar berbanding lurus dengan jumlah populasi bakteri seiringnya waktu, semakin sedikit bahan pencemar maka semakin sedikit juga mikroba (Rahayu, 2008).

Penelitian terkait rehabilitasi lahan pasca tambang timah di Indonesia sudah dilakukan sebelumnya, menurut Pratiwi, 2020 didapatkan data berupa metode rehabilitasi lahan pasca tambang timah menggunakan tanaman *Samanea saman* (trembesi), *Enterolobium cyclocarpum* (sengon buto) dan *Eucalyptus urophylla* (ampupu) dengan *Carrier* berasal dari campuran lahan pasca timah, pupuk NPK, kapur dolomit, material lapisan tanah atas dan kompos menunjukkan tumbuhan memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan control. Pada penelitian ini bertujuan mengetahui potensi dari tumbuhan *Eucalyptus sp* dengan *Carrier* NaCl untuk merehabilitasi lahan pasca tambang timah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh inokulasi bakteri selektif dengan *carrier* NaCl terhadap pertumbuhan tanaman *Eucalyptus sp*?
2. Bagaimana pengaruh inokulasi bakteri selektif dengan *carrier* NaCl terhadap kandungan nutrisi dan serapan logam berat besi (Fe) dan zinc (Zn) pada tanaman *Eucalyptus sp* dan lahan pasca tambang timah?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Investigasi pengaruh *carrier* bakteri selektif NaCl terhadap pertumbuhan tanaman *Eucalyptus sp*.

2. Investigasi pengaruh *carrier* bakteri selektif NaCl terhadap kandungan nutrisi dan serapan logam berat besi (Fe) dan zinc (Zn) pada tumbuhan *Eucalyptus sp* dan lahan pasca tambang timah.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

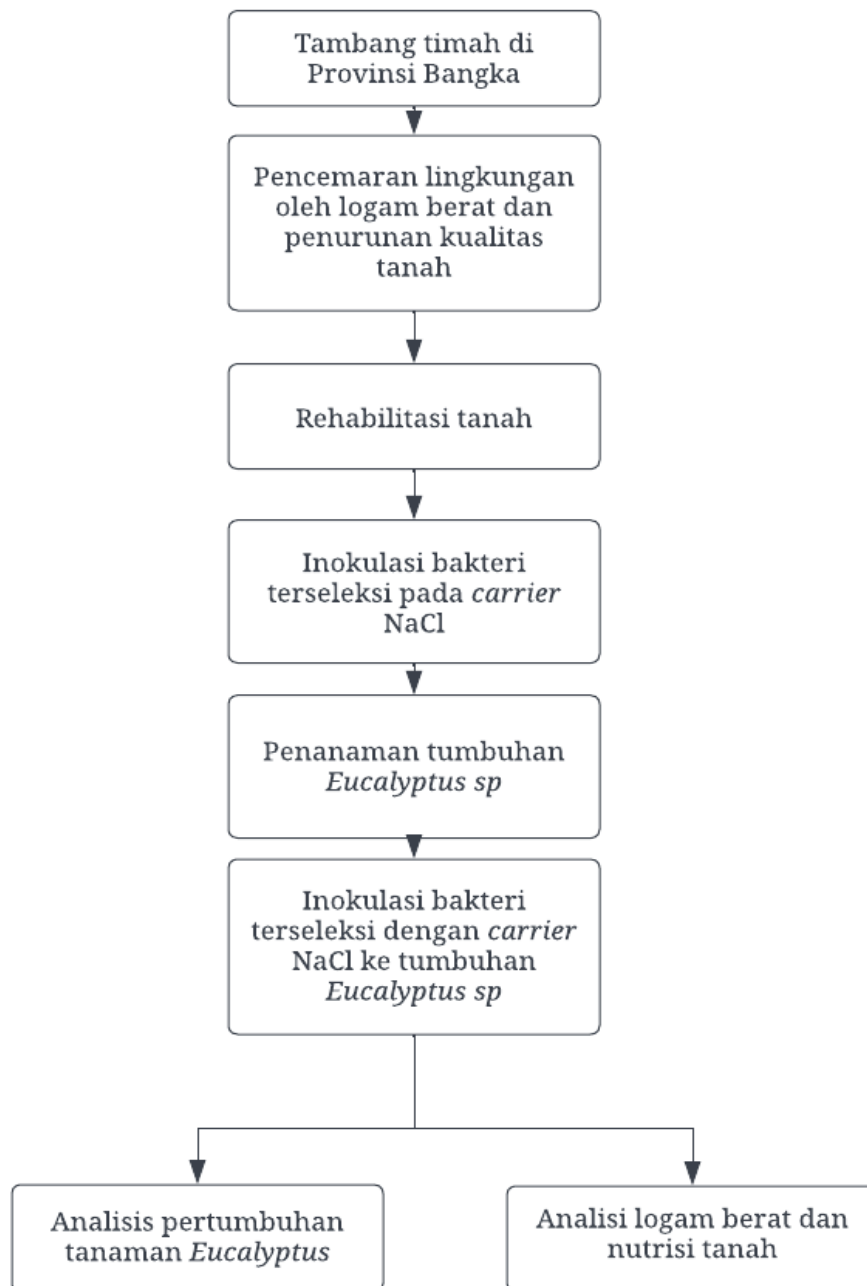
1. Memberikan informasi mengenai implementasi inokulasi bakteri selektif pada *carrier* NaCl dalam upaya rehabilitasi pada lahan pasca tambang timah.
2. Menjadi bahan acuan dalam melakukan rehabilitasi pada lahan pasca tambang timah dengan metode yang sama

#### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang Lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Isolasi bakteri *indigenous* pada *Carrier* NaCl dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
2. Pengujian kandungan organik (phosphate dan kalium) dan serapan logam (Fe dan Zn) dari tanah pasca tambang timah
3. Pengujian logam berat (Fe dan Zn) dan pH pada jaringan tanaman dan tanah lahan pasca tambang timah setelah dilakukan inokulasi bakteri *indigenous*.
4. Penelitian, pengamatan dan pelaksanaan dilakukan dalam skala rumah kaca.

#### **1.6 Kerangka Berpikir**



**Gambar 1. 1** Kerangka Berpikir Penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Lahan Pasca Tambang Timah**

Lahan pasca tambang timah atau tailing timah yang merupakan bekas dari kegiatan penambangan memiliki karakteristik struktur tanah yang buruk, kandungan nutrient yang rendah dan permeabilitas yang tinggi (Erthalia et al, 2018). Menurut penelitian yang telah dilakukan Sitorus 2008 nilai pH pada tailing timah menunjukkan kadar asam yaitu dengan nilai pH kurang dari 5. Kondisi tanah dengan nilai asam yang rendah dapat menyebabkan tanah kekurangan nutrisi, alumunium dan mangan akan lebih larut sehingga bersifat toksik pada tumbuhan (Läuchli dan Grattan, 2012).

Kondisi fisik tanah tailing timah didominasi oleh pasir sehingga tanah ini tidak cocok untuk dimanfaatkan sebagai pertanian. Tanah berpasir tidak memiliki kemampuan untuk menahan air yang baik sehingga air tidak mampu terserap oleh tanah. (Djajadi, 2011)

#### **2.2 Rehabilitasi Tambang Timah**

Sistem penambangan timah dilakukan dengan cara menghancurkan tanah dan menghilangkan bagian tanah, dampaknya adalah sistem seperti ini mengesampingkan fungsi ekologi pada area tambang (Omotehinse dan Ako, 2019). Sehingga perlu di upayakan kegiatan rehabilitasi, rehabilitasi merupakan suatu kegiatan yang memiliki tujuan untuk pemulihan kondisi atau membentuk fungsinya seperti awal pada suatu lahan yang rusak yang meliputi kualitas air, produktivitas lahan dan biodiversitas (Tjabyana dan Yulius, 2011). Rehabilitasi dapat dilakukan dengan kegiatan reklamasi (melalui pendekatan teknologi) dan revegetasi (penanaman tumbuhan) (Harahap, 2016).

Rehabilitasi dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, salah satunya menggunakan tumbuhan yang adaptif dan mikroorganisme untuk meningkatkan kualitas dari tanah tambang. Mikroorganime mampu membantu pembentukan material organik dan nutrient pada tanah serta memperbaiki struktur tanah



(Wildman, 2014). Tumbuhan yang digunakan perlu memiliki kemampuan tumbuh yang baik, tidak hanya tumbuhan asli dari daerah sekitar tersebut meskipun tumbuhan ini terbukti memiliki kemampuan untuk beradaptasi di lahan tambang timah ini tetapi, jika kemampuan pertumbuhan tumbuhan ini lambat maka tidak cocok untuk digunakan (Foroughbakhch et al, 2006.)

### **2.3 Eucalyptus sp.**

*Eucalyptus sp* memiliki lebih dari 700 spesies dan memiliki banyak varian ukuran mulai dari yang berbentuk semak belukar hingga pohon besar (Brooker dan Kelining, 2006). *Eucalyptus* memiliki kemampuan untuk tumbuh secara cepat dan mampu mencapai ketinggian 100 meter (Agustian et al, 2009). Tumbuhan *Eucalyptus* memiliki kemampuan untuk mengakumulasi kandungan organik maupun anorganik sehingga tumbuhan ini cocok untuk merehabilitasi lahan kritis (Bilal et al, 2014).

*Eucalyptus* banyak terdapat di daerah gersang, hal ini menunjukkan *eucalyptus* mampu beradaptasi pada kondisi lingkungan yang kering. Bentuk adaptasi *eucalyptus* salah satunya adaptasi secara morfologis dengan menutup stomata pada waktu yang lama di siang hari untuk mencegah terjadinya kehilangan air (OECD, 2016).

### **2.4 Bahan Pembawa (Carrier) NaCl**

Bahan pembawa atau *carrier* merupakan media tumbuh bagi mikroba sebelum diaplikasikan ke tanah agar dapat bertahan hidup dalam jangka waktu tertentu. Sehingga, perlu bahan pembawa yang mampu untuk mendukung menjaga kualitas inokulan (Yardin et al, 2000). Bahan pembawa yang baik perlu memiliki kemampuan untuk menyediakan mikroba yang aktif dalam jumlah tinggi selama waktu penyimpanan (Karnataka, 2007).

Menurut (Erlina, et al 2018) penggunaan NaCl dalam pembuatan bahan pembawa atau *carrier* memiliki fungsi untuk mempertahankan bakteri dalam keadaan isotonis sehingga tidak terjadinya kerusakan dari membrane sel bakteri.

## 2.5 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Pratiwi, Budi Hadi Narendra, Budi Mulyanto	2020	<i>Soil properties improvement and use of adaptive plants for land rehabilitation of post tin mining closure in Bangka Island, Indonesia.</i>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tumbuhan yang diberi perlakuan Carrier (kompos, lapisan tanah atas, kapur dolomit, pupuk NPK) memiliki pertumbuhan yang lebih baik dari yang tidak
2	Soultan Simamora	2020	<i>Potensi Aplikasi Fungi Tanah dan Bakteri Endofit dengan Cendawan Tanah Gambut Untuk Restorasi Lahan Gambut: Percobaan Skala Rumah Kaca</i>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan fungsi dan bakteri endofit mampu menaikkan pH tanah dari 5,4 menjadi 6,7 – 7 dan mampu merestorasi lahan gambut bekas terbakar

3	Ishak Yuarsah, Etik Puji Handayani, Rakhmiati dan Yatmin	2017	<i>Restoration of Soil Physical and Chemical Properties of Abandoned Tin-Mining in Bangka Belitung Islands</i>	Rehabilitasi lahan pasca tambang timah dilakukan dengan penanaman tumbuhan LCC ( <i>Legume Cover Crops</i> ) atau kacang-kacangan yang memiliki sifat untuk perbaikan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penanaman tumbuhan pada lahan pasca tambang timah perlu adanya penambahan pupuk untuk menambah kandungan materi organik C pada tanah.
4	Rahmawaty Rahman, Muhammad Anshar, Bahrudin	2015	<i>Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat, Bakteri Penambat Nitrogen dan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai (Capsicum annum L.)</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bakteri pelarut fosfat, kompos dan mikoriza memiliki hasil dengan pertumbuhan tanaman cabai paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain yaitu : tanpa perlakuan, kompos dengan bakteri pelarut pospat, kompos dengan bakteri penambat nitrogen, kompos dengan bakteri pelarut posfat dan penambat nitrogen. Hal ini disebabkan oleh kemampuan mikoriza yang mampu meningkatkan jangkauan penyerapan pada akar

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

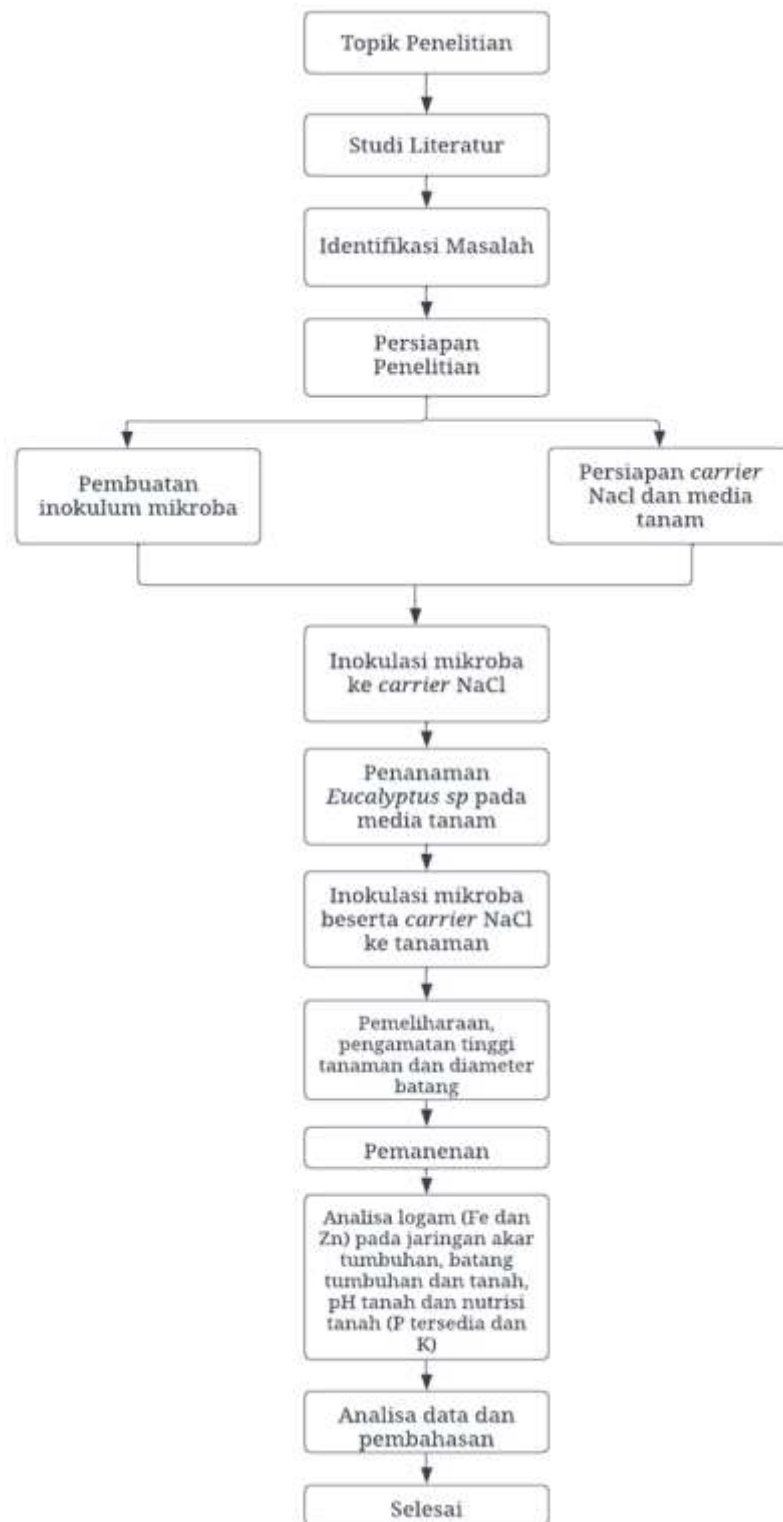
#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Waktu penelitian dilakukan dimulai dari bulan Juni 2022 hingga Oktober 2022. Penelitian dilakukan dalam skala rumah kaca dari pembuatan inokulum, persiapan media tanam, penanaman *Eucalyptus sp.*, Lokasi penelitian berada di rumah kaca Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.

Sampel tanah timah yang digunakan berasal dari lahan pasca tambang timah yang berada di Provinsi Bangka. Pengujian kadar logam (Fe dan Zn), nutrisi tanaman dan pH dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Dibawah ini merupakan tahapan penelitian dalam bentuk *flowchart*



**Gambar 3. 1** Flowchart Tahapan Penelitian

### 3.3 Persiapan Inokulum Mikroba

Persiapan inokulum mikroba dilakukan *reculture* dari mikroba induk ke media yang baru. *Reculture* mikroba dilakukan di *laminar airflow* menggunakan NA (*Nutrient Agar*) yang sudah disterilkan selama 1 jam. Kemudian diambil sebanyak 1 ose koloni mikroba induk dan dimasukkan ke media NA dalam cawan petri. Cawan petri yang telah dimasukan koloni mikroba dibungkus oleh kertas sampul dan disimpan selama 1 malam. Kemudian dari media NA diambil sebanyak 1 ose koloni mikroba terseleksi dan dimasukkan ke dalam larutan media NB (*Nutrient Broth*) kemudian dihomogenkan menggunakan *shaker* dan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 130 rpm selama 24 jam.

### 3.4 Persiapan Media Carrier NaCl

Media *carrier* yang digunakan pada penelitian ini adalah NaCl. Persiapan dilakukan dengan menyiapkan larutan NaCl 0,9 % sebanyak 7 liter dan Kemudian NaCl dipindahkan kedalam botol masing-masing 1 liter. Inokulum yang sudah dihomogenkan selama 24 jam kemudian diinokulasikan ke *carrier* NaCl sesuai dengan perlakuan mikroba dan ditutup oleh kertas sampul dan disimpan dalam suhu ruang selama 30 hari. Selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah populasi mikroba dalam *carrier* NaCl untuk tiap 1 ml. Perhitungan jumlah populasi dilakukan melalui pengenceran  $10^{-5}$ . Berikut merupakan tabel jumlah populasi mikroba:

**Tabel 3. 1** Jumlah Populasi Mikroba

No	Treatment Mikroba	Jumlah Populasi (unit koloni/ml)
1	15	$72 \times 10^{-5}$
2	16	$86 \times 10^{-5}$
3	R31	$34 \times 10^{-5}$
4	15 + R31	$58 \times 10^{-5}$
5	16 + R31	$60 \times 10^{-5}$
6	3 Konsorsium	$287 \times 10^{-5}$

7	Control	0
---	---------	---

### 3.5 Persiapan dan Pemeliharaan Tanaman

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Eucalyptus sp.* Tahap awal persiapan penanaman adalah memindahkan tanaman *Eucalyptus* ke polybag yang baru dan dilakukan penambahan media tanah pasca tambang timah dengan perbandingan 1:3. Media tanah pasca tambang timah bersumber dari pasca tambang timah di pulau Bangka. Setelah proses pemindahan dan penambahan media ke *polybag* baru dilanjutkan dengan proses aklimatisasi tumbuhan selama 2 hari dan kemudian dipindahkan ke rumah kaca.

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman setiap hari pada pagi atau sore hari. Pengamatan dilakukan dengan mengukur tinggi dan diameter batang tanaman. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan mengukur tanaman dari permukaan batang hingga pucuk tanaman. Pengukuran diameter batang tanaman mengukur diketinggian 2 cm dari permukaan tanah. Proses pengamatan tumbuhan dilakukan 2 minggu sekali.

### 3.6 Inokulasi Mikroba Terseleksi dengan *Carrier* NaCl

Setelah 1 bulan dan proses aklimatisasi tanaman dengan media tanah tambang timah, maka dilakukan inokulasi mikroba terseleksi dengan *carrier* NaCl. Pada penelitian ini tanaman uji dibagi menjadi berdasarkan perlakuan yaitu dengan inokulasi dengan satu konsorsium, dua konsorsium, tiga konsorsium dan tanpa inokulasi mikroba sebagai control. Inokulasi media *carrier* NaCl pada tanaman dilakukan dengan memasukkan *carrier* NaCl sebanyak 7 ml ke dalam tumbuhan. Berikut merupakan keterangan dari penamaan sampel uji.

**Tabel 3. 2** Keterangan Tiap Perlakuan Tanaman Uji

Nama	Keterangan
Control	Sampel kontrol, tanpa penambahan <i>carrier</i> dan mikroba
15	Bakteri pelarut phosphate

16	Bakteri pelarut phosphate
R3	Bakteri pelarut phosphate
15+R3	Penambahan bakteri pelarut phosphate dua jenis mikrona
16+R3	Penambahan bakteri pelarut phosphate dua jenis mikrona
3 Konsorsium	Penambahan dengan 3 jenis mikroba (15, 16, R3)

### 3.7 Pemanenan

Pemanenan tanaman uji dilakukan setelah 3 bulan terhitung sejak tanaman uji di rumah kaca. Proses pemanenan dilakukan dengan memisahkan jaringan batang dan jaringan akar tanaman serta tanah. Kemudian mengukur biomassa basah menggunakan timbangan analitik untuk mengetahui kandungan logam berat pada jaringan tanaman. Setelah proses pengukuran biomassa, kemudian sampel jaringan batang dan jaringan akar dimasukkan ke dalam amplop dan diberi identitas kode tanaman. Untuk sampel tanah tanaman dimasukkan ke dalam plastic klip dan diberi kode sesuai dengan perlakuan tanaman. Pengukuran biomassa kering dilakukan dengan memasukkan jaringan tanaman ke dalam oven dengan suhu 70°C selama 48 jam untuk dikeringkan. Setelah kering, jaringan tanaman ditimbang dengan neraca analitik dengan ketelitian 0,001 gram.

### 3.8 Analisis pH, Logam Berat dan Nutrisi Pada Tanah dan Jaringan Tanaman

Analisis pH dilakukan pada tanah dengan tujuan mengetahui derajat keasaman dari tanah. Uji analisis pH dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan ekstrak H<sub>2</sub>O dan KCL dan pengukuran menggunakan pH meter. Pada analisis logam berat menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dilakukan untuk menguji kandungan logam Fe dan Zn pada tanah dan jaringan tanaman. Kandungan nutrisi pada tanah yang akan dianalisis adalah kadar P total dan Kalium. Pengujian P total dan pengujian K menggunakan



ekstrak HCl 25%. Berikut merupakan acuan dari pengujian sampel yang telah ditetapkan

**Tabel 3. 3** Acuan Analisis Data

No	Parameter	Acuan	Keterangan
1	pH	Petunjuk teknis analisa kimia tanah, tanaman, air dan pupuk	Tentang penetapan pH tanah
2	Fosfat total	Petunjuk teknis analisa kimia tanah, tanaman, air dan pupuk	Tentang penetapan P dan K ekstrak HCl 25%
3	Kalium	Petunjuk teknis analisa kimia tanah, tanaman, air dan pupuk	Tentang penetapan P dan K ekstrak HCl 25%
4	Fe	Petunjuk teknis analisa kimia tanah, tanaman, air dan pupuk	Penetapan total unsur hara makro, mikro cara pengabuan basah dengan HNO <sub>3</sub> dan HCLO <sub>4</sub>
5	Zn	Petunjuk teknis analisa kimia tanah, tanaman, air dan pupuk	Penetapan total unsur hara makro, mikro cara pengabuan basah dengan HNO <sub>3</sub> dan HCLO <sub>4</sub>

### 3.9 Analisa Data

Analisa data pada penelitian ini menggunakan pendekatan standar error (n), menggunakan 6 macam pemberian inokulasi bakteri yang berbeda dengan *carrier* NaCl dibandingkan dengan media control tanpa pemberian *carrier* dan inokulasi mikroba. Bentuk dari hasil analisa perbandingan dalam bentuk grafik menggunakan metode ANOVA, sehingga dapat diketahui hubungan dari tiap perlakuan terhadap tanaman uji.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengaruh Inokulasi Bakteri Selektif dengan *Carrier* NaCl dalam Pertumbuhan Tanaman Uji *Eucalyptus sp***

Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap 2 minggu sekali dalam waktu 3 bulan. Pengamatan dilakukan dengan mengamati pertumbuhan tinggi batang, diameter batang, jumlah daun tanaman uji dan berat basah dan berat kering tanaman.

##### **4.1.1 Tinggi dan Diameter**

Indikator pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman digunakan sebagai parameter untuk mengetahui pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tinggi tanaman dilakukan selama 2 minggu sekali dengan melakukan pengukuran tinggi mulai dari bagian ujung batang hingga pangkal batang. Pengukuran diameter dilakukan dengan mengukur diameter batang dari pangkal batang.

Berdasarkan pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman menunjukkan peningkatan tiap 2 minggu. Pertumbuhan tanaman uji *Eucalyptus sp* pada minggu ke-12 menunjukkan pada treatment 3 konsorsium memiliki hasil pertumbuhan yang paling tinggi yaitu 48,5 cm. Hal ini menunjukkan bahwa, pemberian bakteri dengan 3 jenis bakteri dengan *carrier* NaCl mempercepat pertumbuhan tinggi tanaman. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Almeida et al, 2010) menunjukkan bahwa pemberian NaCl terhadap tumbuhan *eucalyptus* yang memiliki deficit K mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman *eucalyptus*. Pertumbuhan diameter batang tanaman uji *Eucalyptus sp* dengan bakteri 16 merupakan pertumbuhan yang paling besar diantara tumbuhan dengan perlakuan yang lainnya dengan diameter sebesar 3,53 mm.

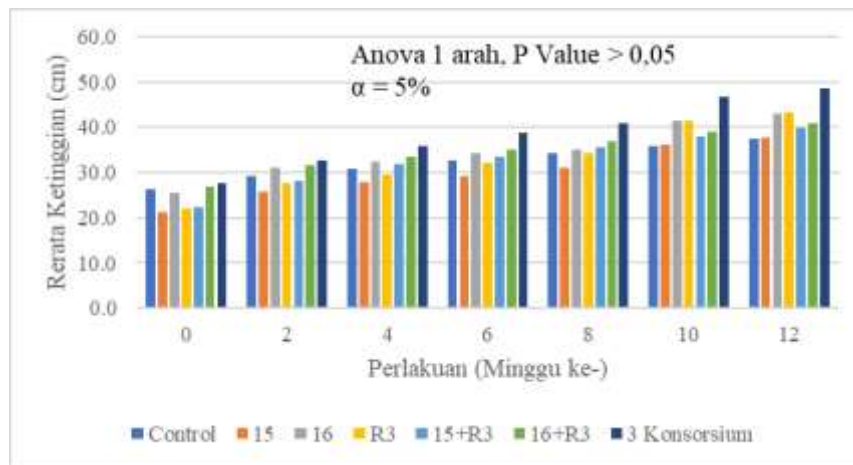
Secara keseluruhan, pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman uji *Eucalyptus sp* yang menggunakan pemberian bakteri dengan *carrier* NaCl memiliki pertumbuhan yang lebih signifikan dibandingkan dengan tanaman kontrol yang tidak diberi bakteri dan tanpa pemberian *carrier*. Diameter dan tinggi tanaman saling berhubungan, semakin besar ukuran diameter dan tinggi tanaman maka jumlah biomassa yang terdapat juga akan semakin tinggi (Ohorella dan Kaliky, 2011)

Berdasarkan tabel 4.1, merupakan hasil uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk melihat adanya dampak dari pemberian perlakuan yang beda pada sampel. Data menunjukkan nilai F hitung lebih kecil dari F kritis sehingga, pemberian perlakuan yang berbeda tidak terlalu berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman.

Berdasarkan tabel 4.2 merupakan hasil uji ANOVA pada diameter batang tanaman uji. Menunjukkan bahwa nilai F hitung lebih besar dari F kritis, sehingga diambil kesimpulan bahwa rata-rata pertumbuhan diameter tumbuhan tanaman memiliki perbedaan yang nyata untuk tiap perlakuannya.

**Tabel 4. 1** Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Tinggi Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium

<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	7.058426	6	1.176404	1.945232	0.13116	2.69866
Within Groups	10.28097	17	0.604763			
Total	17.3394	23				

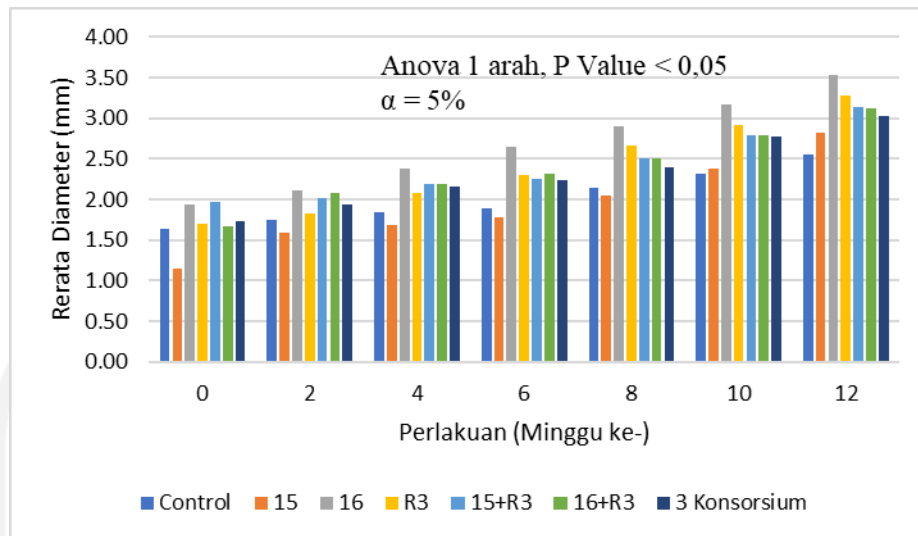


**Gambar 4. 1** Grafik Rerata Pertumbuhan Tinggi Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Selama 12 Minggu Penanaman

**Tabel 4. 2** Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) *One-Way* Diameter Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	26.60936	6	4.434893	3.125318	0.029852	2.69866
Within Groups	24.12336	17	1.419021			
Total	50.73272	23				

dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium

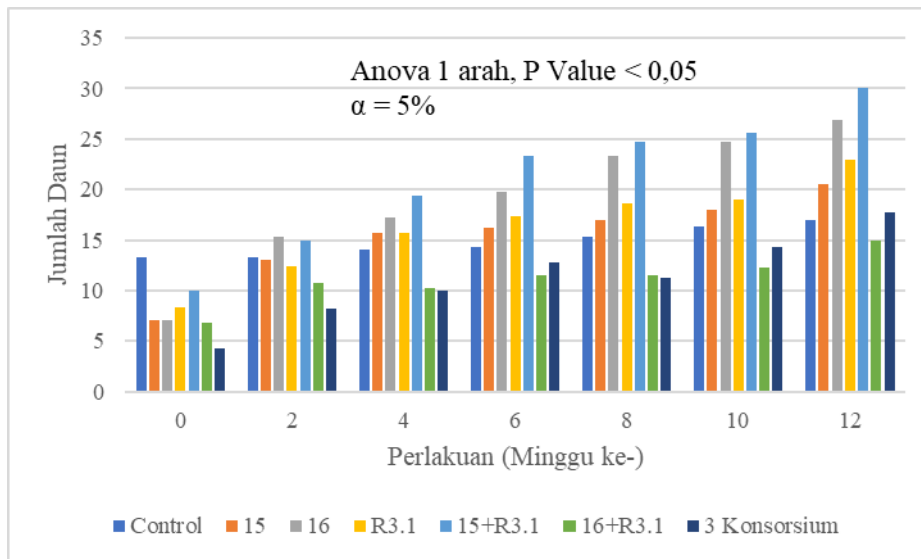


**Gambar 4. 2** Grafik Rerata Pertumbuhan Diameter Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Selama 12 Minggu Penanaman

#### 4.1.2 Jumlah Daun Tumbuhan *Euclayptus sp*

Analisis jumlah daun dilakukan dengan melakukan perhitungan jumlah daun pada tanaman uji *Eucalyptus sp* setiap 2 minggu sekali untuk mengetahui dampak pemberian bakteri pada tanaman terhadap pertumbuhan jumlah daun. Selama 2 minggu terdapat beberapa tanaman uji yang mengalami penurunan dan peningkatan jumlah populasi daun. Pada gambar 4.3 menunjukkan terdapat peningkatan dan penurunan jumlah daun pada tiap 2 minggunya, pada treatment 16+R.31 memiliki jumlah daun paling banyak pada minggu ke-12.

Berdasarkan tabel 4.3 , menunjukkan nilai F hitung lebih besar dari F kritis, sehingga diambil kesimpulan perlakuan yang berbeda memiliki perbedaan nyata terhadap jumlah daun



**Gambar 4. 3** Grafik Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus Sp dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Selama 12 Minggu Penanaman

**Tabel 4. 3** Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Variance*) One-Way Jumlah Daun Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	26.60936	6	4.434893	3.125318	0.029852	2.69866
Within Groups	24.12336	17	1.419021			
Total	50.73272	23				

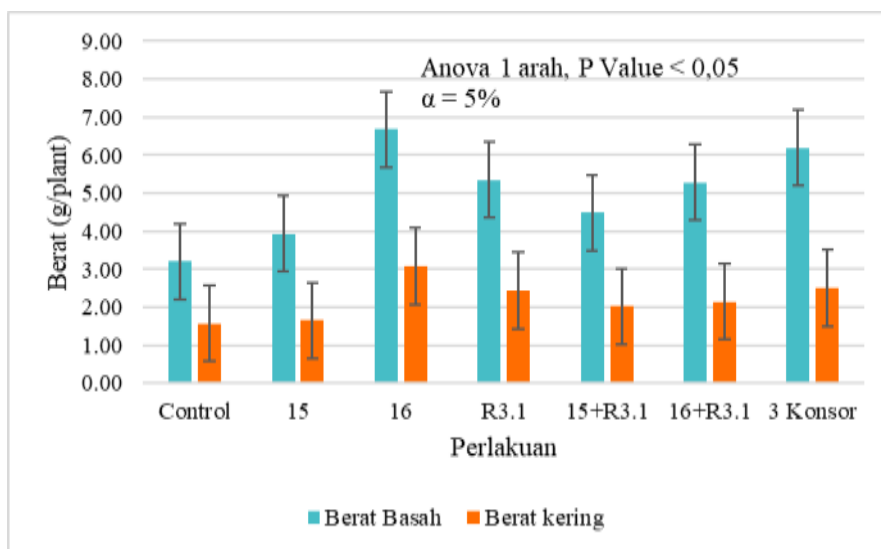
#### 4.1.3 Biomassa Tanaman *Eucalyptus sp*

Analisis biomassa dilakukan dengan melakukan pengukuran berat basah tanaman atau berat tanaman setelah dilakukan pemanenan dan berat kering tanaman, yaitu berat tanaman setelah dilakukan pengovenan selama 72 jam dalam suhu 70°C. Pengukuran berat kering bertujuan untuk

mengetahui kandungan hasil fotosintesis pada tanaman, karena berat kering merupakan 90% hasil fotosintesis tanaman (Darmanti, 2012). Pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 merupakan data perbandingan berat basah dan berat kering dari batang dan akar tanaman uji untuk tiap perlakuan. Pada jaringan batang, untuk perlakuan bakteri 16 memiliki nilai berat basah dan berat kering paling tinggi diantara perlakuan yang lain yaitu sebesar 6.67 gram dan 3.08 g/plant. Pada jaringan akar, perlakuan dengan bakteri 16 + R3.1 memiliki berat basah dan berat kering paling tinggi sebesar 2.43 gram dan 0.96 g/plant.

Berdasarkan hasil uji Analysis of Variance (ANOVA) pada tabel 4.4 dan tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai F hitung lebih besar dari F krit, sehingga menunjukkan bahwa rata-rata berat basah dan berat kering jaringan batang tanaman setiap perlakuan memiliki beda nyata

Berdasarkan tabel 4.6 didapatkan nilai F hitung lebih besar dari F krit, sehingga rata-rata berat kering akar tanaman memiliki perbedaan nyata pada setiap perlakuan. Pada tabel 4.7 didapatkan nilai F hitung lebih kecil dari F krit, sehingga menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata pada tiap perlakuan untuk berat kering akar tanaman. Pengukuran berat basah dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam tanaman (Kusumaningrum, 2007). Pengukuran berat kering untuk mengetahui jumlah kandungan unsur hara yang diserap oleh tanaman, sehingga semakin tinggi nilai berat kering suatu tanaman maka kandungan unsur hara yang terdapat semakin banyak (Sitompul dan Guritno, 1995)



**Gambar 4. 4** Grafik Perbandingan Berat Basah dan Berat Kering Batang Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

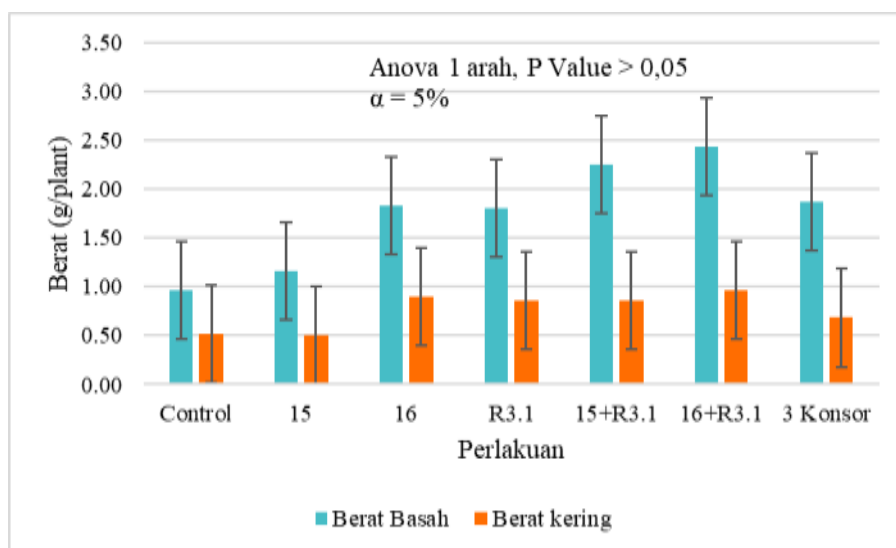
**Tabel 4. 4** Hasil Uji Analysis of Variance Berat Basah Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	32.9981	6	5.499683	4.377605	0.007493	2.69866
Within Groups	21.35748	17	1.256323			
Total	54.35558	23				

**Tabel 4. 5** Hasil Uji Analysis of Variance Berat Kering Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	6.075608	6	1.012601	2.966857	0.036057	2.69866
Within Groups	5.802175	17	0.341304			
Total	11.87778	23				





**Gambar 4. 5** Grafik Perbandingan Berat Basah dan Berat Kering Akar Tanaman *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

**Tabel 4. 6** Hasil Uji Analysis of Variance Berat Basah Akar *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	5.889546	6	0.981591	3.482405	0.069737	2.69866
Within Groups	4.791817	17	0.281872			
Total	10.68136	23				

**Tabel 4. 7** Hasil Uji Analysis of Variance Berat Kering Akar *Eucalyptus sp* dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

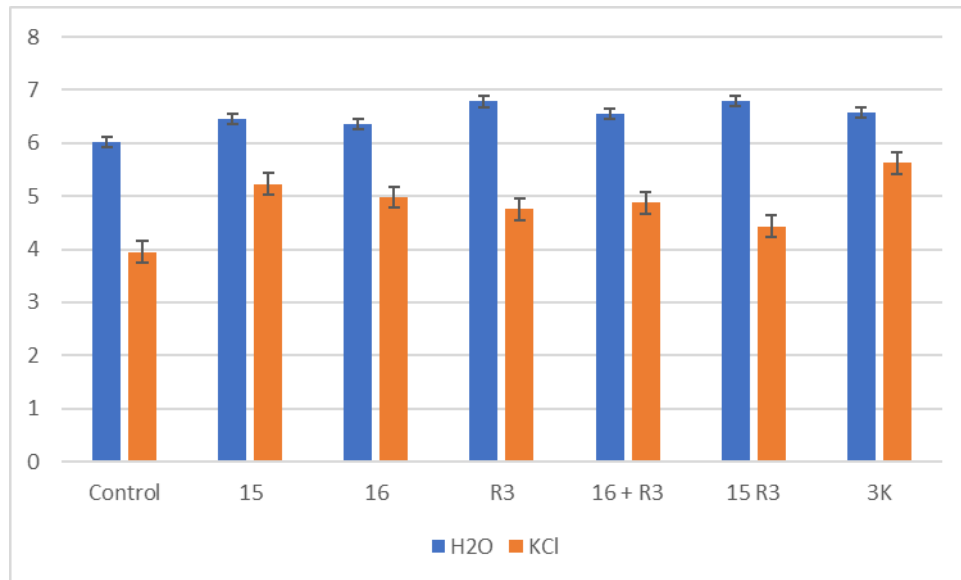
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.562708	6	0.093785	1.608454	0.205182	2.69866
Within Groups	0.991225	17	0.058307			
Total	1.553933	23				

#### 4.2 Pengujian pH Sampel Tanah Tanaman Uji *Eucalyptus sp*

Pengujian pH tanah dilakukan untuk menguji nilai derajat keasamaan pada tanah. Nilai pH tanah menjadi parameter yang penting karena pH mempengaruhi proses kimia dan biokimia yang terjadi pada tanah serta kandungan nutrisi pada tanah (Oshunsaya, 2019). Nilai pH yang rendah dapat meningkatkan kandungan logam berat sehingga mempengaruhi populasi mikroba pada tanah dan berdampak pada kesuburan tanah (Ahmad et al. 2005). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Dewi et al. 2022) nilai pH tanah pada lahan pasca tambang timah sebesar 4.97.

Hasil dari pengujian pH menggunakan larutan H<sub>2</sub>O dan KCl pada gambar 4.6 menunjukkan nilai pH pada kontrol memiliki nilai pH yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya yaitu sebesar 6,02 (H<sub>2</sub>O) dan 3.95 (KCl). Pada perlakuan dengan bakteri 15+R3 memiliki nilai pH paling tinggi yaitu 6,79 (H<sub>2</sub>O) dan 4.43 (KCl). Hal ini menunjukkan pemberian mikroba pada tanah dapat membantu meningkatkan nilai pH pada tanah. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Dewi et al. 2022), pada penelitian ini pemberian *Carrier* NaCl dengan inokulasi mikroba mampu meningkatkan nilai pH tanah. Selain pemberian *Carrier* NaCl dan inokulasi mikroba, tumbuhan *Eucalyptus* juga mampu meningkatkan nilai pH tanah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang

dilakukan oleh (Rovula. 2022) yang menunjukkan bahwa, penanaman *Eucalyptus* pada tanah akan meningkatkan nilai pH tanah seiring waktu.



**Gambar 4. 6** Grafik Nilai pH Tanah dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12 dengan Metode Pengujian H2O dan KCl

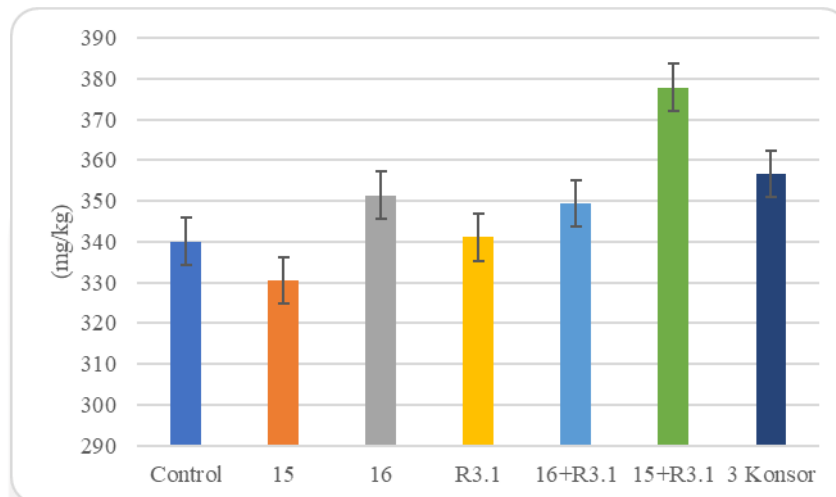
### 4.3 Pengujian Kandungan Nutrisi Tanah dan Tumbuhan

#### 4.3.1 Pengujian Kandungan Kalium Pada Tanah

Kalium merupakan material anorganik yang sangat melimpah dan memiliki peranan penting pada pertumbuhan tanaman. Kalium berperan untuk mengaktifkan beberapa enzim seperti sintesis protein, metabolisme N dan C dan fotosintesis (Marschner, 2012).

Berdasarkan gambar 4.7 merupakan hasil dari pengujian kalium pada sampel uji tanah, dari hasil tersebut diketahui perlakuan dengan bakteri 15 + R31 memiliki kandungan kalium paling banyak diantara perlakuan yang lain, sebesar 377,879 mg/kg. Dan perlakuan dengan bakteri 15 memiliki kandungan kalium paling rendah dengan 330,479 mg/kg. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Agus et al, 2017) konsentrasi K pada tanah pasca tambang timah sebesar 27,3 mg/kg. Hasil dari penelitian ini menunjukkan penambahan *carrier* NaCl dengan

inokulasi bakteri mampu meningkatkan konsentrasi K pada tanah. Pemberian NaCl mampu meningkatkan konsentrasi K pada tanah dengan mensubstitusi nilai K pada tanah (Almeida et al, 2010)

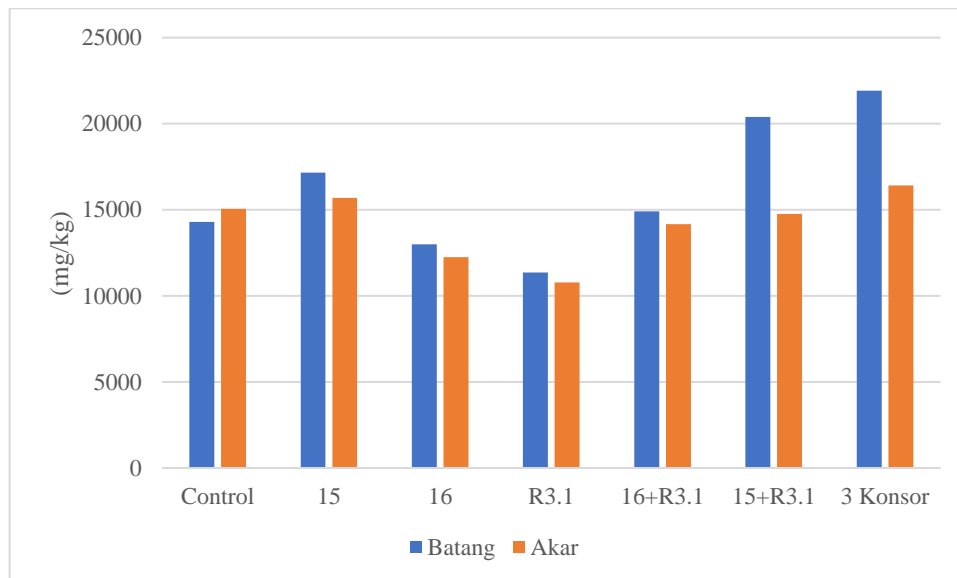


**Gambar 4. 7** Hasil Pengujian Kalium Pada Tanah dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12.

#### 4.3.2 Pengujian Kalium Pada Akar dan Batang Tanaman

Kalium pada jaringan tanaman memiliki fungsi meningkatkan perkembangan jaringan akar, menjaga klorofil pada tumbuhan dan memacu translokasi nutrient pada tumbuhan (Fageria, 2009). Berdasarkan gambar 4.8 merupakan hasil pengujian kalium pada jaringan akar dan batang tumbuhan uji. Pada jaringan akar didapatkan kandungan kalium tertinggi pada perlakuan 3 konsorsium 16414,282 mg/kg, dan terendah pada perlakuan bakteri R31 10787,816 mg/kg Pada jaringan batang didapatkan kandungan kalium tertinggi pada perlakuan 3 konsorsium 21926,047 mg/kg dan yang terendah adalah dengan perlakuan R31 11361,548 mg/kg. Menurut (Suharioyono dan Menry, 2005) konsentrasi K pada tumbuhan sekitar 10.000 mg/kg, pada penelitian ini konsentrasi K masih termasuk dalam kategori normal. Hal ini disebabkan oleh

kebutuhan K oleh tanaman cukup tinggi, sehingga jika tidak terpenuhi akan mengganggu proses metabolisme tanaman (Syakir dan Gusmaini, 2012)



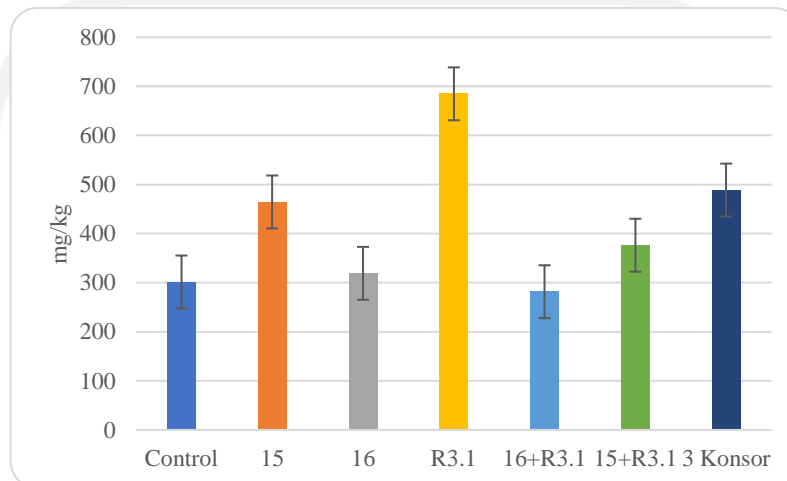
**Gambar 4. 8** Hasil Pengujian Kalium Pada Batang dan Akar dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12.

#### 4.3.3 Pengujian P Total Pada Tanah

Unsur P merupakan unsur makro yang dibutuhkan oleh tumbuhan, berfungsi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga keberadaannya diperlukan dalam jumlah yang cukup (Nursyamsi dan Setyorini, 2009). Kondisi tanah yang memiliki tekstur berpasir memiliki kandungan P total yang rendah, hal itu disebabkan oleh kondisi fisik tanah berpasir yang tidak mampu menahan air dengan baik sehingga menghambat proses penyerapan nutrisi (Djajadi et al, 2012).

Berdasarkan gambar 4.10 merupakan hasil pengujian P total tanah, didapatkan hasil pengujian terendah pada perlakuan 16+R31 yaitu 281,664 mg/kg dan hasil tertinggi pada perlakuan R31 sebesar 488,738 mg/kg. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Dewi et al, 2022) kandungan P total pada tanah lahan pasca tambang timah sebesar 2,43 ppm. Hasil dari

penelitian ini menunjukkan secara keseluruhan, pemberian *carrier* NaCl dengan inokulasi mikroba mampu meningkatkan nilai P total dengan baik. Bakteri pelarut posfat, dapat melarutkan kandungan posfat pada tanah yang sulit larut, sehingga meningkatkan kandungan posfat pada tanah dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Rodriguez dan Fraga, 1999).

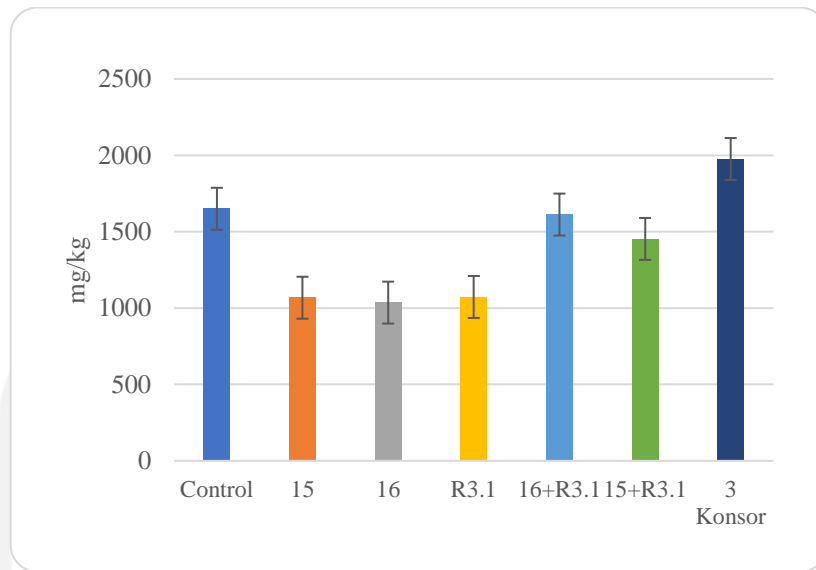


**Gambar 4. 9** Hasil Pengujian P Total Pada Tanah dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

#### 4.3.4 Pengujian P Total Pada Jaringan Akar dan Batang

Berdasarkan hasil uji P total pada akar menggunakan spektrofotometer data menunjukkan secara keseluruhan hasil uji P pada jaringan akar tidak dapat terbaca.

Berdasarkan pengujian pada gambar 4.10, nilai P pada batang terbesar terdapat perlakuan 3 konsorsium sebesar 1975.584 mg/kg. Dan hasil terendah terdapat pada perlakuan 16 dengan nilai 1035 mg/kg. Perbedaan pada nilai P total akar dengan batang disebabkan oleh penyerapan nutrisi P total pada tanah disimpan pada jaringan batang. Berdasarkan penelitian (Rodriguez dan Fraga, 1999) penginokulasian jenis bakteri pelarut posfat yang berbeda menunjukkan peningkatan penyerapan P dan N yang signifikan jika dibandingkan dengan inokulasi menggunakan 1 jenis bakteri pelarut fosfat.



**Gambar 4. 10** Hasil Pengujian P Total Pada Batang dengan Perlakuan Kontrol, *Selected Solubilizing Phosphate Bacteria* (15 dan 16), *Enterobacter* (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

#### 4.4 Pengujian Logam Berat Pada Tanah dan Jaringan Tanaman

##### 4.4.1 Hasil Pengujian Logam Fe

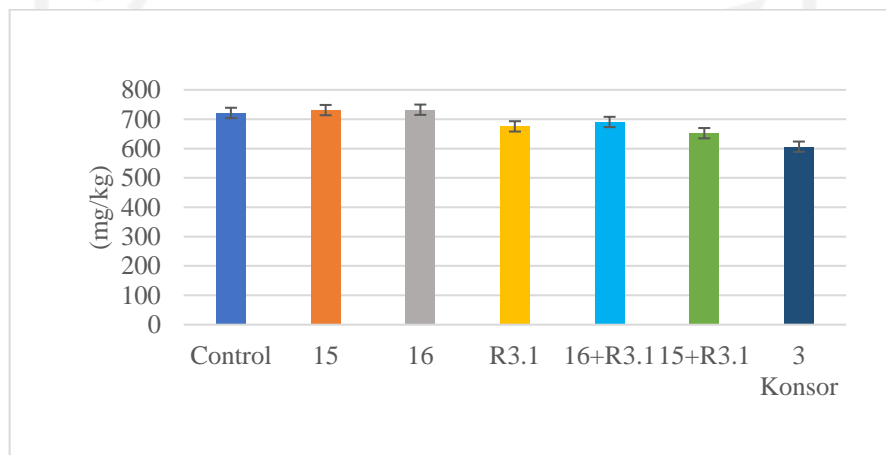
Fe merupakan unsur hara mikro yang dibutuhkan oleh tanaman dan memiliki peran penting terhadap proses metabolik. Fe juga berperan dalam proses biologis seperti fotosintesis, sintesis klorofil, respirasi dan fiksasi nitrogen (Kim dan Rees, 1992). Berikut merupakan kriteria dari kandungan logam berat pada tanah menurut (BPT, 2009)

**Tabel 4. 8** Persyaratan Kadar Fe Pada Tanah dan Tumbuhan

Kategori	Nilai (mg/kg)
Sangat rendah	<3
Rendah	3 – 5
Sedang	5 – 19
Tinggi	19 – 53
Sangat tingi	>53

Sumber: (BPT, 2009)

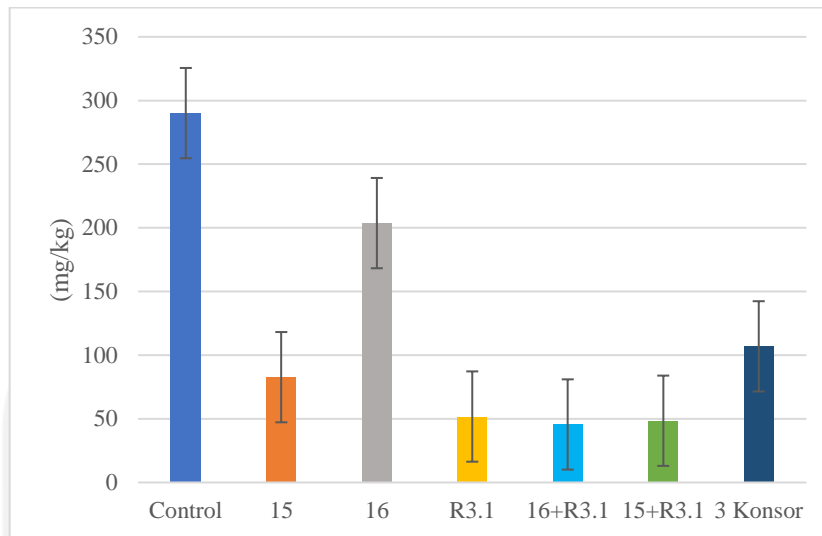
Berdasarkan hasil pengujian dari gambar 4.11, kadar logam Fe pada sampel tanah uji termasuk dalam kategori sangat tinggi (>53 mg/kg). Nilai kandungan Fe terendah pada perlakuan 3 konsorsium dengan nilai 606,316 mg/l dan kandungan Fe tertinggi pada perlakuan 16 dengan nilai 737,277 mg/kg. Hal ini menunjukkan penggunaan *Carrier* NaCl baik tanpa inokulasi maupun dengan inokulasi bakteri dalam proses rehabilitasi lahan pasca tambang timah tidak mampu mengurangi kadar Fe yang terdapat pada tanah hingga dibawah ambang batas



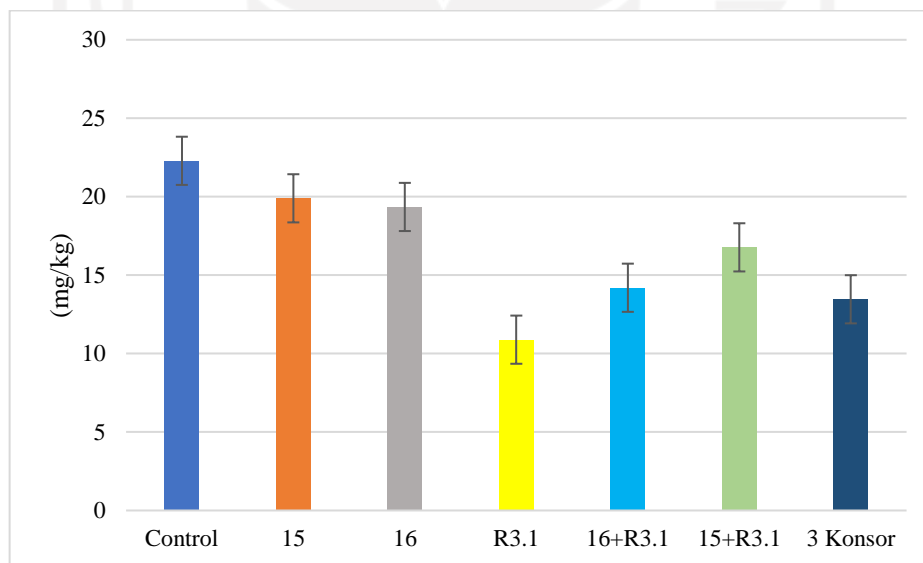
**Gambar 4. 11** Hasil Pengujian Fe Pada Tanah dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

Hasil pengujian logam Fe pada jaringan akar dan batang tanaman seperti gambar 4.12 dan gambar 4.13 pada jaringan akar didapatkan kandungan Fe tertinggi pada kontrol dengan nilai 290,110 mg/kg dan terendah pada perlakuan bakteri 16+R31 dengan nilai 45,545 mg/kg. Pada jaringan batang, kandungan logam Fe tertinggi pada perlakuan kontrol sebesar 22,287 mg/kg dan terendah pada perlakuan R3.1 sebesar 10,886 mg/kg. Berdasarkan hasil pengamatan jumlah kandungan logam Fe pada jaringan akar lebih besar daripada di jaringan batang, hal ini disebabkan karena akar memiliki kemampuan untuk menghentikan transport logam menuju batang dan daun sehingga terjadi akumulasi logam pada akar (Hardiani, 2009)





**Gambar 4. 12** Hasil Pengujian Fe Pada Akar dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12



**Gambar 4. 13** Hasil Pengujian Fe Pada Batang dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12

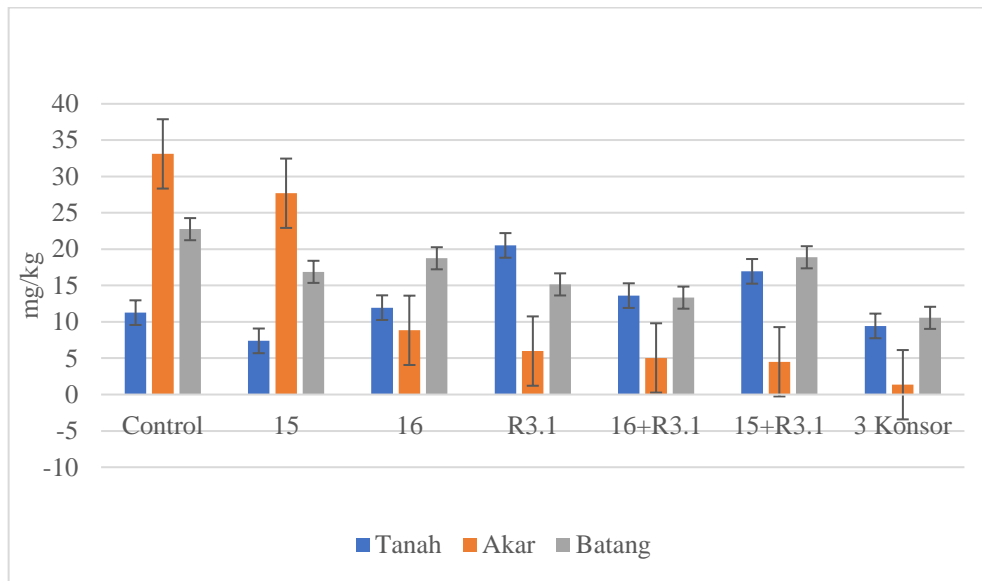
#### 4.4.2 Hasil Pengujian Logam Zn

Zn atau zinc merupakan salah satu unsur micronutrient yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan berperan sebagai katalisator dalam

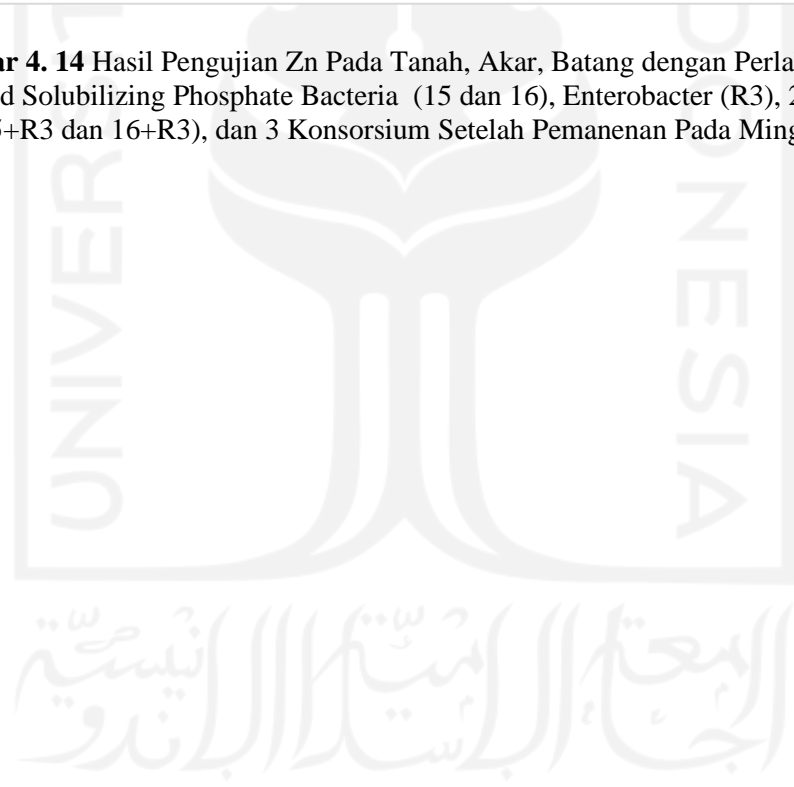
berbagai proses metabolik di tumbuhan, sintesis protein dan meningkatkan tingkat antioksidan enzim (Hussain, 2015). Berikut merupakan kriteria dari kandungan zinc pada tanah menurut Darmono (1995) kandungan logam Zn tanpa adanya pencemaran berkisar 10 sampai 300 mg/kg.

Berdasarkan gambar 4.14 merupakan hasil pengujian logam Zn pada tanah, akar dan batang dan didapatkan hasil paling tinggi pada tanah adalah perlakuan R31 dengan nilai 20.516 mg/kg dan hasil paling rendah adalah perlakuan 15 dengan nilai 7.387 mg/kg. Kandungan logam Zn secara keseluruhan masih sesuai dengan kriteria yaitu berada di rentang 10 sampai 300 mg/kg.

Hasil pengujian kandungan logam Zn pada jaringan akar dan batang dapat dilihat dalam gambar 4.13, pada akar kandungan logam Zn terbesar pada kontrol sebesar 33,109 mg/kg dan terendah pada perlakuan 3 konsorsium dengan nilai 1,352 mg/kg. Dan pada batang, kandungan logam Zn terbesar pada perlakuan kontrol dengan nilai 22,755 mg/kg dan terendah pada perlakuan 3 konsorsium dengan nilai 10,554 mg/kg. Berdasarkan dari hasil analisa yang didapat, pemberian *Carrier* NaCl dengan inokulasi bakteri dapat mereduksi kandungan logam Zn hingga dibawah nilai ambang



**Gambar 4. 14** Hasil Pengujian Zn Pada Tanah, Akar, Batang dengan Perlakuan Kontrol, Selected Solubilizing Phosphate Bacteria (15 dan 16), Enterobacter (R3), 2 Konsorsium (15+R3 dan 16+R3), dan 3 Konsorsium Setelah Pemanenan Pada Minggu ke-12



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari analisis dan pembahasan hasil dari penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Carrier* NaCl dengan inokulasi bakteri yaitu 15, 16, R31, 15+R31, 16+R31 dan 3 konsorsium berpengaruh dalam rehabilitasi lahan pasca tambang timah melalui pertumbuhan tinggi, diameter dan jumlah daun pada tanaman uji *Eucalyptus sp* dengan media tanah lahan pasca tambang timah dari Provinsi Bangka
2. Peran *Carrier* NaCl dengan inokulasi bakteri mampu meningkatkan pH tanah dari kondisi awal tanah.
3. Tanaman dengan *Carrier* NaCl dan ditambahkan dengan inokulasi bakteri mampu meningkatkan kadar P total dan K total pada jaringan tanah dan tanaman *Eucalyptus sp*
4. Pemberian *Carrier* NaCl dengan inokulasi bakteri pelarut posfat mampu memberi pengaruh dalam mereduksi kandungan logam Zn hingga di bawah nilai ambang akan tetapi tidak mampu mereduksi logam Fe

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk pengembangan selanjutnya adalah

1. Dibutuhkan penambahan material organik pada proses rehabilitasi sehingga hasil yang didapatkan lebih optimum
2. Penelitian perlu dilanjutkan dalam skala yang lebih besar sehingga dapat diaplikasikan ke pasca lahan tambang timah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adewole, M.B. and Adesina, M.A. 2011. Impact of marble mining on soil properties in a part of Guinea Savanna zone of southwestern Nigeria. *Ethiopian Journal Environmental Studies and Management* 4: 1- 8.
- Ahmad I, Hayat S, Ahmad A, Inam A, Samiullah I (2005) Effect of heavy metal on survival of certain groups of indigenous soil microbial population. *J Appl Sci Environ Manag* 9:115–121
- Almeida, J. C. R., Laclau, J. P., de Moraes Gonçalves, J. L., Ranger, J., & Saint-André, L. (2010). A positive growth response to NaCl applications in Eucalyptus plantations established on K-deficient soils. *Forest Ecology and Management*, 259(9), 1786-1795.
- Agus, C., Wulandari, D., Primananda, E., Hendryan, A., & Harianja, V. 2017. August. The role of soil amendment on tropical post tin mining area in Bangka island Indonesia for dignified and sustainable environment and life. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 83, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- Asmarhansyah. 2016a. Lahan bekas tambang timah berpotensi untuk pertanian. *Warta Pe*
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Bilal, H., Ali, S. S., & Kim, K. M. (2014). Potential of Eucalyptus in the remediation of environmental problems: a review. *Int J Innov Sci Res*, 4(2), 136-144.
- Brooker, M.I.H., Kleinig, D.A. 2006. Field Guide to Eucalyptus. vol.1. South-eastern Australia, Third edition. Bloomings, Melbourne
- Cobbing, E.J. 2005. Granite. in Barber, A.J., Crow, M.J. and Milsom, J.S. (eds.) *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. Geological Society Memoir, No. 31
- Darmanti, S., Nuchayati, Y., Dwi Hastuti, E., & Syaifuddin, M. (2009). Produksi Biomassa Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin*) yang Ditanam pada Intensitas Cahaya yang Berbeda. *ANATOMI FISILOGI*, 17(1), 22-29
- Djajadi, D., Heliyanto, B., & Hidayah, N. (2012). Changes of physical properties of sandy soil and growth of physic nut (*Jatropha curcas* L.) due to addition of clay and organic matter. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, 33(3), 245-250.
- Erthalia, M., Supriatna, & Damayanti, A. 2018. Land Cover Change of Post-Tin Mining Land Conservation Area and Its Surroundings in Perimping Sub Watershed, Bangka Regency. *E3S Web of Conferences*, 73, [04021].

- Fageria, N.K. (2009). *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Foroughbakch R, Alvarado-Vazquez MA, Hernandez-Pinero JL, Rocha-Estrada A, Guzman-Lucio MA, Treviño-Garza EJ. 2006. Establishment, growth and biomass production of 10 tree woody species introduced for reforestation and ecological restoration in northeastern Mexico. *For Ecol Manag* 235: 194-201.
- Harahap, F. 2016. Restorasi Lahan Pasca Tambang Timah di Pulau Bangka. *Society*, 4(1), 61-69.
- Hardiani Henggar. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *BS*, Vol. 44, No. 1, Juni 2009 : 27 – 40
- Hussain, A., Arshad, M., Zahir, Z. A., & Asghar, M. (2015). Prospects of zinc solubilizing bacteria for enhancing growth of maize. *Pakistan journal of agricultural sciences*, 52(4).
- Kim J and Rees DC (1992) Structural models for the metal centers in the nitrogenous molybdenum-iron protein. *Science*, 257: 1677-82.
- Kusumaningrum, I., Hastuti, R. B., & Haryanti, S. (2007). Pengaruh perasan *Sargassum crassifolium* dengan konsentrasi yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill). *Anatomi Fisiologi*, 15(2), 7-13.
- Kusumastuti, E. (2005). Rehabilitasi lahan pasca penambangan timah di pulau bangka dengan amelioran bahan organik dan bahan tanah mineral dengan tumbuhan indikator Jati (*Tectona grandis*)[tesis]. *Bogor: Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor*.
- Läuchli, A. and Grattan, S.R. 2011. Plant Responses to Saline and Sodic Conditions. *Agricultural Salinity Assessment and Management*, .
- Marschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Cambridge, MA: Academic press.
- Nursyamsi, D., & Setyorini, D. (2009). Ketersediaan P tanah-tanah netral dan alkalin. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 30, 25-36.
- Nurtjahja, E and Agustina, F. 2015. Managing the socio-economic impact of tin mining on Bangka Island, Indonesia – Preparation for closure. *Mine Closure 2015*. A.B. Fourie, M. Tibbett, L. Sawatsky and D. van Zyl (eds) 22015 InfoMine Inc., Canada, 978-0-9917905-9-3
- OECD (2016), "Eucalyptus (*Eucalyptus* spp.)", in *Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 6: OECD Consensus Documents*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264253421-9-en>.

- Ohorella, S., & Kaliky, F. (2011). Inventarisasi Biomassa Komponen Vegetasi Untuk Membangun Persamaan Allometrik (Studi Kasus pada Tanaman Agroforestry Dusun di Maluku). *Jurnal Agrohut*, 2(1), 32-39.
- Omotehinse, A. O., & Ako, B. D. 2019. The Environmental Implications of the Exploration and Exploitation of Solid Minerals in Nigeria with a Special Focus on Tin in Jos and Coal in Enugu. *Journal of Sustainable Mining*, 18, 18-24.
- Oshunsanya, S. O. (2018). Introductory chapter: relevance of soil pH to agriculture. In *Soil pH for Nutrient Availability and Crop Performance*. IntechOpen.
- Sitorus, S.R.P., Kusumastuti, E. and Badri, L.N. 2008. Karakteristik dan Teknik
- Tjahyana, B.E dan Yulius, F. 2911 Revegtasi Lahan Bekas Tambang Timah dengan Tanaman Karet (*Hevea Brasilliensis*). Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri
- Rahayu, S. P. (2008). Peranan Mikroorganisme dalam Bioremediasi Tanah yang Tercemar Logam Berat dari Limbah Industri. *Jurnal Kimia dan Kemasan*,
- Ravula, R., Reddy, M. C., & Priya, M. (2022). Effect of eucalyptus plantations on soil properties in different land use patterns in central Telangana zone. 21-29.
- Rodríguez, H., & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology advances*, 17(4-5), 319-339.
- Sitompul, S.M. dan B. Guritno. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. UGM-Press. Yogyakarta.
- Suhariyono, G., & Menry, Y. (2005). Analisis karakteristik unsur-unsur dalam tanah di berbagai lokasi dengan menggunakan xrf. *Ppi-Pdiptn 2005*, 197–206.
- Syakir M, Gusmaini. 2012. Pengaruh penggunaan sumber pupuk kalium terhadap produksi dan mutu minyak tanaman nilam. *J Littri*. 18(2):60-65.
- USGS. 2015. Mineral Commodity Summaries 2015. Retrieved on October 2016. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2015/mcs2015.pdf>
- Weber, L. 2003. Recent trends in world mining, in Ghose, A.K. and Bose, L.K. (eds.), *Mining the 21st Century*: Oxford and IBH Publishing, New Delhi, p. 153–166.
- Yardin, M. R., Kennedy, I. R., & Thies, J.E. (2000). *Development of High Quality Carrier Materials for Field Delivery of Key Microorganism Used as Bio-Fertilisiers and Bio-Pesticides*. *Radiation Physics and Chemistry*, 57(306), 565-568

Wildman, H. (2015). Improving mine rehabilitation success through microbial management. *Journal of Environmental Solutions for Oil, Gas, and Mining*, 1(1), 32-46.





## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Dokumentasi Perawatan Tanaman



## Lampiran 2 Kegiatan Laboratorium





### **Lampiran 3 Preparasi Sampel**

#### **A. Pengujian pH Tanah**

1. Menimbang tanah sejumlah 1 gram
2. Memasukkan ke dalam Erlenmeyer
3. Menambahkan 50 ml aquadest (pH H<sub>2</sub>O) dan 50 ml KCl 1 M (pH KCl)
4. Mengocok dalam shaker selama 30 menit
5. Memasukkan pH meter ke dalam larutan yang telah dikocok

#### **B. Pengujian P Total**

1. Menimbang sampel sejumlah 2 gram
2. Memasukkan ke dalam Erlenmeyer
3. Menambahkan 10 ml HCL 25%
4. Mengocok dalam shaker selama 5 jam
5. Membiarkan selama semalam
6. Mengambil 0,5 ml larutan yang telah dikocok ke dalam tabung reaksi
7. Menambahkan 9,5 ml aquadest dan dikocok
8. Menambahkan 10 ml larutan pereaksi pewarna P dan dibiarkan selama 30 menit
9. Mengukur pada spektrofotometri dengan gelombang 693 nm

#### **C. Pengujian K**

1. Menimbang sampel sejumlah 2 gram
2. Memasukkan ke dalam Erlenmeyer
3. Menambahkan 10 ml HCL 25%
4. Mengocok dalam shaker selama 5 jam
5. Membiarkan selama semalam
6. Mengambil 0,5 ml larutan yang telah dikocok ke dalam tabung reaksi
7. Menambahkan 9,5 ml aquadest dan dikocok

8. Memasukkan ke dalam botol vial dan diuji dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*)

**D. Pengujian Logam Berat**

1. Menimbang 0,5 gram sampel uji
2. Memasukkan sampel pada gelas baker
3. Menambahkan 5 ml HNO<sub>3</sub> dan 0,5 ml HCl dan biarkan selama semalam
4. Memanaskan dalam lemari asam dengan suhu 100°C selama 1 jam
5. Menaikkan suhu hingga 150°C hingga uap kuning menghilang
6. Mendinginkan gelas baker
7. Menyaring larutan dengan kertas saring Whatman no 42
8. Mengencerkan dengan aquades hingga tanda batas dengan labu ukur 50 ml lalu dikocok hingga homogen
9. Memasukkan ke botol vial
10. Melakukan pengujian dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)

## RIWAYAT HIDUP



Arya Danurdoro Hanindito dipanggil Arya atau Aryo lahir di Makassar, 6 Februari 2000. Penulis adalah anak ketiga dari pasangan Bapak Prabowo Soemodipoero dan Ibu Sri Hapsari Sulistyarini. Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Dasar di SDN 16 Mangkubumen Kidul Surakarta. Dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Surakarta lalu melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas SMA Batik 1 Surakarta. Penulis melanjutkan pendidikan S-1 pada tahun 2018 – saat ini di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Selama menempuh pendidikan, penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik seperti kepanitaan (organizing committee lintas lingkungan 2019) dan organisasi (HMTL). Penulis juga turut serta dalam menjadi asisten praktikum Laboratorium Lingkungan dan tutor asisten tugas besar perencanaan plumbing. Dan melakukan kerja praktek pada proyek pembangunan jalan tol Krian – Legundi-Bunder-Manyar di Sidoarjo, Jawa Timur dengan topik HIRADC.