TA/TL/2022/1593

TUGAS AKHIR

POTENSI *CARRIER* MOLASE DAN NaCl SEBAGAI MEDIA MIKROBAUNTUK REHABILITASI LAHAN BEKAS TAMBANG EMAS DI KABUPATEN KULON PROGO

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

RIFQI LUTHFIANTO

18513169

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

2022

TUGAS AKHIR

POTENSI *CARRIER* MOLASE DAN NaCl SEBAGAI MEDIA MIKROBAUNTUK REHABILITASI LAHAN BEKAS TAMBANG EMAS DI KABUPATEN KULON PROGO

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

RIFQI LUTHFIANTO
18513169

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dewi Wulandari S.Hut., M.Agr., P.hD.
NIK. 185130401
Tanggal 14 Februari 2023

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal 14Februari 2023

HALAMAN PENGESAHAN

POTENSI *CARRIER* MOLASE DAN NaCl SEBAGAI MEDIA MIKROBAUNTUK REHABILITASI LAHAN BEKAS TAMBANG EMAS DI KABUPATEN KULON PROGO

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : **Selasa**
Tanggal : **14 Februari 2023**

Disusun Oleh:

RIFQI LUTHFIANTO
18513169

Tim Penguji :

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

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

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

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

Yogyakarta, 14 Februari 2023

Yang membuat pernyataan,

Rifqi Luthfianto

NIM: 18513169

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT. Atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugsa akhir yang sudah dilaksanakan sejak Desember 2021 ini dengan judul **"Potensi *Carrier* Molase dan NaCl Sebagai Media Mikroba Untuk Rehabiltasi Lahan Bekas Tambang Emas di Kulon Progo".**

Selanjutnya penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang kepada semua pihak yang membantu kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir baik berupa dukungan, bantuan, bimbingan dan nasehat kepada penulis. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak dan Ibu selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa yang tidak pernah terputus.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc., (Res.Eng). Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
4. Ibu Dewi Wulandari S.Hut., M.Agr., P.hD. Selaku pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan serta saran yang bermanfaat sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
5. Seluruh dosen di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang banyak kepada penulis.
6. Staff laboran dari Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2018 yang telah memberikan banyak kenangan di masa perkuliahan penulis.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama penelitian dan pengumpulan data dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan baik secara penulisan maupun materi. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini. Besar harapan penulis, laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wasalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 14 Februari 2023

Rifqi Luthfianto

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

RIFQI LUTHFIANTO. Potensi *Carrier* Molase 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.

Keberadaan tambang emas tradisional di Dusun Sangon, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo memberikan efek negatif terhadap lingkungan akibat dari aktivitas penambangan dan proses pengolahan emas. Proses amalgamasi yang digunakan memisahkan biji emas dengan pasir dan batuan dengan menggunkan merkuri meninggalkan limbah yang berbahaya karena tidak adanya pengolahan limbah yang dilakukan oleh para penambang. Selain kontaminan merkuri, terdapat juga kontaminan logam berat lainnya yang berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu diperlukannya penelitian untuk menghilangkan atau mereduksi logam berat pada tanah bekas tambang emas tersebut. Bioremediasi dan fitoremediasi merupakan solusi dari upaya dalam meremediasi logam berat yang ada di lokasi tersebut. Bioremediasi yang menggunakan mikroorganisme untuk mengubah, mendegrasi, atau menghancukar polutan dan fitoremediasi yang menggunakan tanaman sebagai fitoremediator dalam dekontaminasi polutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *carrier* molase dan NaCl terhadap pertumbuhan *Eucalyptus* serta terhadap nutrisi, pH, dan logam berat. Hasil menunjukan bahwa mikroba dalam *carrier* molase dan NaCl dapat meningakatkan pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* meliputi tinggi dan diameter tanaman serta jumlah daun. Peningkatan pH juga didapatkan dari penelitian ini meskipun tidak terlalu terlihat jelas. Pada peningkatan nutrisi yang meliputi fosfat dan kalium didapatkan bahwa terjadi peningkatan nilai. Selain itu, pada reduksi logam berat timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) mikroba pada *carrier* molase dan NaCl mampu mengurangi konstrasi logam berat tersebut.

ABSTRACT

RIFQI LUTHFIANTO. Potential of Carrier Molasses and NaCl as Microbial Media for Remediation of Ex-Gold Mine Land in Kulon Progo Regency. Supervised by Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

The existence of a traditional gold mine in Sangon Hamlet, Kalirejo Village, Kokap District, Kulon Progo Regency has a negative effect on the environment as a result of mining activities and gold processing. The amalgamation process used to separate gold ore from sand and rock using mercury leaves hazardous waste because there is no waste treatment carried out by the miners. Apart from mercury contaminants, there are also other heavy metal contaminants that are harmful to the environment. Therefore research is needed to remove or reduce heavy metals in the ex-gold mining soil. Bioremediation and phytoremediation are solutions for efforts to remediate heavy metals in these locations. Bioremediation which uses microorganisms to change, degrade or destroy pollutants and phytoremediation which uses plants as phytoremediators in pollutant decontamination. This study aims to determine the potential carriers of molasses and NaCl on the growth of Eucalyptus and on nutrients, pH, and heavy metals. The results showed that the microbes in the molasses and NaCl carriers could increase the growth of Eucalyptus plants including plant height and diameter and number of leaves. An increase in pH was also obtained from this study although it was not very obvious. In increasing nutrition which includes phosphate and potassium, it was found that there was an increase in value. In addition, in the reduction of the heavy metals lead (Pb), Cadmium (Cd), and Mercury (Hg) the microbes in molasses and NaCl carriers were able to reduce the concentration of these heavy metals.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI *8*

DAFTAR TABEL *10*

DAFTAR GAMBAR *11*

DAFTAR LAMPIRAN *13*

BAB I PENDAHULUAN *14*

1.1 Latar belakang 14

1.2 Rumusan Masalah 16

1.3 Tujuan 17

1.4 Manfaat 17

1.5 Ruang Lingkup 17

BAB II TINJAUAN PUSTAKA *18*

2.1 Tambang Emas 18

2.2 Logam Berat 19

2.3 Rehabilitasi Tanah 20

2.4 Carrier Media 22

2.5 Mikroba Terseleksi 23

2.6 Penelitian Sebelumnya 24

BAB III METODE PENELITIAN *27*

3.1 Waktu dan Lokasi 27

3.2 Tahapan Penelitian 28

3.3 Sampling Tanah 28

3.4 Persiapan Inokulum 29

3.5 Persiapan Media 29
3.6 Persiapan Tanaman 30
3.7 Inokulasi Mikroba 30
3.8 Pengamatan dan Pengukuran 31
3.9 Analisis Nutrisi (P dan K), pH, dan Logam Berat (Pb, Cd, dan Hg) 31
3.10 Analisis Data 32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA *33*
4.1 Pengaruh *Carrier* Media terhadap pertumbuhan *Eucalyptus* 33
4.2 Pengaruh Media *Carrier* Molase dan NaCl Terhadap pH Tanah Tanaman *Eucalyptus* Pada Tanah Bekas Tambang Emas 42
4.3 Pengaruh Media *Carrier* Molase dan NaCl s Terhadap Kadar Fosfat dan Kalium Tanaman *Eucalyptus* Pada Tanah Bekas Tambang Emas 43
4.3.1 Kadar Fosfat 43
4.3.2 Kadar Kalium 45
4.4 Pengaruh Media *Carrier* Molase dan NaCl Terhadap Penyerapan Logam Berat Tanaman *Eucalyptus* Pada Tanah Bekas Tambang Emas 47
4.4.1 Reduksi Logam Timbal (Pb) 47
4.4.2 Reduksi Logam Cadmium (Cd) 50
4.4.3 Reduksi Logam Merkuri (Hg) 52
BAB V KESIMPULAN *55*
5.1 Kesimpulan 55
5.2 Saran 55
DAFTAR PUSTAKA *56*
LAMPIRAN *60*

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya 24

Tabel 3. 1 Jumlah Populasi Mikroba 30

Tabel 4. 1 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Tinggi Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier Molase 34

Tabel 4. 2 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Tinggi Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier NaCl 35

Tabel 4. 3 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Diameter Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier Molase 36

Tabel 4. 4 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Diameter Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier NaCl 37

Tabel 4. 5 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier Molase 38

Tabel 4. 6 Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier NaCl 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Bekas Tambang Emas .. 27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian 28

Gambar 4. 1 Grafik Analisa Data Ketinggian Tanaman Eucalyptus dengan Media Carrier Molase 34
Gambar 4. 2 Grafik Analisa Data Ketinggian Tanaman Eucalyptus dengan Media Carrier Nacl 34
Ga**mbar 4. 3** Grafik Analisa Data Diameter Tanaman Eucalyptus dengan Media Carrier Molase 36
Gambar 4. 4 Grafik Analisa Data Diameter Tanaman Eucalyptus dengan Media Carrier NaCl 36
Gambar 4. 5 Grafik Analisa Data Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus dengan Media Carrier Molase 38
Gambar 4. 6 Grafik Analisa Data Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus dengan Media Carrier NaCl 38
Gambar 4. 7 Grafik Berat Basah Jaringan Akar dan BatangTanaman Eucalyptus pada media Carrier Molase 39
Gambar 4. 8 Grafik Berat Basah Jaringan Akar dan BatangTanaman Eucalyptus pada media Carrier NaCl 40
Gambar 4. 9 Grafik Berat Kering Jaringan Akar dan Batang Tanaman Eucalyptus Pada Media Carrier Molase 41
Gambar 4. 10 Grafik Berat Kering Jaringan Akar dan Batang Tanaman Eucalyptus Pada Media Carrier NaCl 41
Gambar 4. 11 Grafik pH Tanaman Eucalyptus pada Semua Perlakuan 42
Gambar 4. 12 Grafik Kadar P-total Tanah 44
Gambar 4. 13 Grafik Kadar P-total Batang 44
Gambar 4. 14 Grafik Konsentrasi P-tersedia Akar 45
Gambar 4. 15 Grafik Konsentrasi Kalium Tanah 46
Gambar 4. 16 Grafik Konsentrasi Kalium Batang 46

Gambar 4. 17 Grafik Konsentrasi Kalium Akar 47
Gambar 4. 18 Grafik Konsentrasi Pb Tanah 48
Gambar 4. 19 Grafik Konsentrasi Pb Batang 49
Gambar 4. 20 Grafik Konsentrasi Pb Akar 49
Gambar 4. 21 Grafik Konsentrasi Cd Tanah 50
Gambar 4. 22 Grafik Konsentrasi Cd Batang 51
Gambar 4. 23 Grafik Konsentrasi Cd Akar 51
Gambar 4. 24 Grafik Konsentrasi Hg Tanah 52
Gambar 4. 25 Grafik Konsentrasi Hg Batang 53
Gambar 4. 26 Grafik Konsentrasi Hg Akar 54

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan negara yang dipennhui dengan sumber daya alam yang melimpah. Salah satu sumber daya alam tersebut adalah pertambangan emas. Keberadaan tambang emas di Indonesia sangatlah banya, baik dalam skala perusahaan besar maupun pertambangan emas tradisional oleh masyarakat. Kulon Progo adalah salah satu daerah yang memiliki kandungan mineral khususnya logam mulia emas yang cukup melimpah. Kegiatan pertambangan yang ada di Kulon Progo dilakukan secara tradisional oleh masyrakat setempat atau biasa dikenal dengan sebutan Penambangan Emas Skala Kecil (PESK). Kegiatan dan proses penambangan emas ini dilakukan di sekitar Sungai Cedam yang berada di Dusun Sangon, Desa Kalirejo, Kecematan Kokap, Kabupaten Kulon Progo (Widagdo et al, 2016).

Proses pengolahan emas yang dilakukan oleh masyarakat adalah dengan menggunakan proses amalgamasi. Proses amalgamasi sendiri merupakan Teknik pemisahan logam mulia emas dengan tanah dan batuan dengan menggunakan merkuri (Widodo, 2008). Proses amalgamasi ini menghasilkan limbah setelah proses selesai, limbah cair yang dihasilkan ini masih mengandung merkuri yang ditampung dalam sebuah kolam penampungan tanpa proses pengolahan lebih lanjut. Sehingga limbah sisa proses amalgamasi tadi dapat masuk dalam masuk kedalam jaringan tanah hingga mencemari tanah sekitarnya. Penggunaan merkuri dalam proses amalgamasi dipilih karena sifat kimia merkuri yang dapat mengikat butiran-butiran emas dalam memisahkan dengan pertikel lainya dianggap sederhana (Yulis, 2018). Dengan adanya tailing ini maka akan mengganggu kelangsungan ekosistem suatu lingkungan sehingga siklus dan kualitas dari lingkungan bisa mengalami penurunan dikarenakan terdapat bahan pencemar (Wasis. B., 2011).

Pada lahan tambang aktif, tanah sisa tambang (*tailing*) dan bekas tambang sering dihadapkan pada masalah kompleks, baik secara fisik, kimiawi, maupun

biologi (Herman, 2006). Secara kimiawi, ditemukan beberapa unsur logam berat yang berlebihan dan pH tanah yang terlampau rendah atau tinggi, unsur hara lain yang dibutuhkan kurang tersedia untuk pertumbuhan tanaman. Logam berat ada pada proses ini adalah merkuri yang dihasilkan dari proses amalgamasi (Sumantri, 2014). Selain logam Hg yang secara dominan terdapat pada tailing emas terdapat juga logam yang lainya seperti Silikon (Si), Besi (Fe), Alumunium (Al), Titanium (Ti), Arsen (As), Rubidium (Rb), Seng (Zn), Niobium (Nb), Alumunium (Al), Titanium (Ti), Arsen (As), Indium (In), Timah (Sn), Zirkonium (Zr), Mangan (Mn), Stronsium (Sr), Barium (Ba), dan Stibium/Antimon (Sb) (Rika R. 2020). Selain itu menurut Rindi (2022) kandungan logam berat dalam tanah sektar tambang emas di dominasi oleh Merkuri (Hg) dan Kadmium (Cd). Secara biologi, kondisi fisik tanah kurang memenuhi syarat untuk pertumbuhan dan perkembangan bagi kehidupan keragaman mikrobia tanah. Dari komposisi tersebut, lahan bekas permbangan emas tergolong tidak subur (Suharno, 2013).

Beberapa bahan pencemar tanah seperti logam berat juga menjadi pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Logam berat dalam jumlah kecil dimanfaatkan oleh tumbuhan, namun dalam konsentrasi tinggi akan menghambat pertumbuhan (Suharno, 2013). Logam berat yang skalanya lebih besar nantinya akan menyebabkan bahaya bagi lingkungan sekitar. Logam berat yang merupakan polutan bagi tanaman, hewan, dan kesehatan manusia antara lain arsenic (As), boron (B), kadmium (Cd), tembaga (Cu), merkuri (Hg), molibdenum (Mo), nikel (Ni), timbal (Pb), selenium (Se), dan seng (Zn) (Palar, 2008) Oleh karena itu, diperlukannya penelitan mengenai kadar logam berat yang terkandung dan cara penangannya.

Teknologi remediasi merupakan teknologi untuk memulihkan lingkungan baik perairan, tanah maupun udara yang telah tercemar oleh pencemar organik dan anorganik sehingga kualitas lingkungan tersebut menjadi seperti sedia kala sebelum mengalami pencemaran. Teknologi remediasi ini mencakup remediasi secara fisik, kimia dan biologi. Bioremediasi adalah salah satu alternatif untuk menangani toksisitas logam berat dengan pemanfaatan mikroba untuk

mereduksi kontaminasi logam dalam lingkungan. Dalam melakukan bioremediasi kebutuhan nutrisi perlu diperhatikan oleh karena itu penting dalam menentukan inokulum yang tepat. Dengan media carrier molase dan NaCl diupayakan untuk remediasi lahan bekas pertambangan emas yang mengandung logam berat. Carrier berfungsi sebagai pelindung dan media tumbuh karena mengandung serat pangan (Pratiwi et al. 2020).

Peran mikroba dalam hal ini membantu tanaman dalam mendapatkan nutrisi dan air dengan meningkatkan luas permukaan akar, membantu memacu pertumbuhan bibit tanaman dan membantu mempersingkat waktu persemaian, meningkatkan ketahanan terhadap stress air dan serangan penyakit akar pada tanaman, mengurangi penggunaan pupuk kimia (ramah lingkungan) dan biaya pemeliharaan serta aplikasi pupuk hanya dilakukan satu kali saja. Dalam upaya rehabilatasi ini juga digunakan fioremediasi yaitu penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, mestabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar. tanaman semai *Eucalyptus*. Menurut Sulistyoningrung (2018) tanaman *Eucalyptus* dan jenis pepohonan seperti jarak pagar mampu menyerap bebrapa kontaminan logam berat. *Eucalyptus* merupakan akumulator yang efektif untuk senyawa organic dan anorganik. Kegiatan rehabilitasi dengan penanaman jenis *Eucalyptus* pada tailing diharapkan dapat mengurangi kandungan bahan berbahaya dan beracun yang ada pada tanah bekas tailing sehingga dapat memperbaiki ekosistem.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait rehabilitasi *tailing* emas dengan *carrier* molase dan NaCl pada pertambangan emas di Dusun Sangon, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo. Dengan demikian diharapkan dari penelitian ini dapat menjadi bahan acuan, evaluasi, maupun literasi tentang pontensi carrier molase dan NaCl sebagai media mikroba dalam rehabilitasi tailing emas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh potensi carrier molase dan NaCl

Sebagai media mikroba untuk rehabilitasi tailing emas di Dusun Sangon, Kalirejo, Kokap, Kabupaten Kulon Progo.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi potensi *carrier* molase dan NaCl terhadap pertumbuhan semai *Eucalyptus*
2. Mengetahui efektifitas media *carrier* molase dan NaCl sebagai inokulum untuk rehabilitasi lahan bekas pertambangan emas.

1.4 Manfaat

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penilitan ini dapat dijadikan sebagai dasar untuk rehabilitasi lahan yang tercemar merkuri pada pertambangan emas rakyat di Kalirejo, Kulon Progo.
2. Memberikan penerapan ilmu yang telah diperoleh pada saat perkuliahan terkhusus pada bidang remidiasi.
3. Dari penelitian ini dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut dalam remediasi lahan bekas pertambangan emas dengan carrier mikroba molase dan NaCl
4. Memberikan informasi yang bisa menjadi rujukan bagi masyarakat maupun instansi terkait dalam rehabilitasi tanah bekas tambang emas.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah

1. Lokasi dari penelitian ini dilakukan di Dusun Sangon, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Data yang digunakan merupakan sampel tanah asli yang diambil dari lokasi penelitian.
3. Perbandingan efektifitas media carrier antara molase dengan NaCl dalam laju rehabilitasi lahan bekas pertambangan emas.
4. Pertumbuhan tanaman Eucalyptus pada lahan bekas pertambangan emas pada percobaan skala rumah kaca.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tambang Emas

Sudah sejak lama kegiatan penambangan emas di Indonesia berlangsung, penambangan ini baik legal maupun ilegal, dan penambangan ini tersebar di seluruh Indonesia, terbukti dengan adanya kegiatan penambangan di bekas tambang emas aluvial, lubang penambangan (terowongan), penggalian, lubang dan pintu air (Herman, 2006). Kabupaten Kulon Progo memiliki sumber daya alam yang melimpah, terkhusus daerah ini memiliki kandungan mineral logam mulia emas yang cukup banyak. Daerah yang memiliki potensi kandungan emas ini salah satunya terletak di Dusun Sangon. Proses pertambangan dan pengolahan emas di Dusun Sangon ini berada di sekitar aliran Sungai Cedam (Widagdo et al., 2016). Penambangan emas tradisional merupakan salah satu kegiatan ekonomi masyarakat, dan para penambang memperoleh penghasilan yang cukup dari kegiatan tersebut. Di sisi lain, kegiatan penambangan ini berpotensi mencemari lokasi dan lingkungan sekitarnya karena penggunaan teknik sederhana, seperti penggunaan merkuri sebagai pengikat unsur emas dalam proses amalgamasi. Pencemaran ini terjadi ketika beberapa merkuri yang digunakan sebagai pengikat unsur emas terbuang bersama dengan mencuci air limbah ke tempat pembuangan di tanah dan air sungai (Sumual, 2009).

Penambangan bijih emas yang berlokasi di Dusun Sangon Kulon Progo Yogyakarta dilakukan oleh penambang emas skala kecil (PESK) atau penambang emas tradisional oleh penduduk setempat. Penambang tradisional di Dusun Sangon masih menggunakan amalgamasi, yaitu proses ekstraksi emas dengan cara mencampurkan bijih emas dengan merkuri (Hg) dalam kayu bulat. Penggunaan amalgam untuk mengolah emas dapat menyebabkan pencemaran merkuri dan logam berat lainnya yang berpotensi berdampak pada lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat di sekitar lokasi penambangan. Tambang Emas di Kawasan Sangon, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan tambang emas rakyat. Dalam kegiatan ini untuk memisahkan batuan

halus dan amalgam (campuran merkuri dan emas) yang mengalir ke kolam tailing (Kusuma, 2017).

2.2 Logam Berat

Merkuri merupakan logam berat yang terjadi secara alami di alam, meskipun dalam jumlah yang sangat rendah. Merkuri dalam jumlah besar berpotensi menjadi polutan beracun. Kadar merkuri di lingkungan meningkat karena aktivitas manusia, termasuk di berbagai industri seperti industri perminyakan, penggunaan biosida merkuri dalam industri kertas, pertanian dan proses penambangan emas, terutama amalgam. Residu merkuri yang ada di lingkungan dapat masuk ke dalam rantai makanan dan berkembang biak di jaringan tanaman atau biota perairan (Retnowati, 2011). Metil merkuri yang terdapat pada merkuri memiliki sifat neurotoksin dan berbahaya bagi ibu hami karena dapat masuk kedalam janin melewati plasenta dan masuk kedalam air susu ibu (Susanti, 2013). Menurut Rika Rahayu dan P.H. Abraham (2020) Logam-logam yang terkandung pada batuan buangan dari pertambangan emas pada umumnya vaitu Silikon (Si), Alumunium (Al), Titanium (Ti), Arsen (As), Zirkonium (Zr), Mangan (Mn), Stronsium (Sr), Barium (Ba), Rubidium (Rb), Seng (Zn), Niobium (Nb), Indium (In), Timah (Sn), dan Stibium/Antimon (Sb). Dengan persentasi logam terbanyak yaitu Silikon 52,98 % dan Besi 23,56 %.

Pada pertambangan emas, selain logam merkuri juga ditemukan bergai jenis logam lain diantaranya yaitu, arsen, kadmium, timbal, seng, tembaga dan krom. Penelitian yang dilakukan oleh (Indarwati, 2007). Pada air yang tercemar limbah penambangan emas menghasilkan tingkat konsentrasi logam yang cukup tinggi yaitu untuk logam kadmium berkisar antara 0,012-0,037 ppm dan arsen berkisar antara 0,002-0,015 ppm (Indarwati, 2007). Timbal merupakan bahan pencemar tanah yang memiliki sifat anorganik dan cenderung keberadaannya didalam tanah dalam waktu yang lama (Hanafiah, 2005). Logam timbal merupakan logam lunak yang berwarna abu-abu cenderung kebiruan serta mengkilat secara alami. Timbal dalam alam jarang ditemukan dalam bentuk tunggal, melainkan logam timbal biasa

ditemukan dalam beberapa komposisi logam lain yang menyertai (Widowati, 2008).

Logam merkuri yang terdapat di lingkungan tersebut dapat memasuk dan terakumulasi dalam tubuh melalui beberapa cara, seperti melalui kontak langsung dengan kulit, menghirup uap merkuri, dan memakan ikan yang telah terkontaminasi merkuri. Hal tersebut dapat menyebabkan keracunan merkuri yang dapat dianalisa dengan gejala seperti sakit kepala, sukar menelan, penglihatan yang menjadi kabur, daya dengar telinga menurun, merasa tebal pada bagian kaki dan tangan, mulut terasa tersumbat oleh logam, pembengkakan pada gusi, dan diare (Sumantri, 2014).

2.3 Remediasi Tanah

Pada umumnya kerusakan lahan tambang emas disebabkan oleh aktivitas penambangan emas tersebut. Sifat kimia, fisik dan biologi tanah akan rusak dan menjadi masalah pada ekosistem yang ada akibat dari kegiatan penambangan dan proses pengolahan. Menurut Suharno dan Sancayaningsih (2013) pada lahan tambang terjadi kerusakan tanah baik secara kimia dengan ditemukannya logam berat yang berlebihan dan pH tanah yang terlalu rendah padahal tanaman memerlukan unsur hara yang optimal, secara fisik dengan kondisi struktur tanah yang berpasir dan suhu permukaan yang terlalu tinggi dan secara biologi dengan rendahnya keberadaan mikroba tanah yang dibutuhkan oleh tanaman. Untuk memperbaiki kondisi tersebut perlu dilakukan upaya remediasi tanah untuk memperbaiki kerusakan tanah yang telah terjadi akibat kegiatan penambangan dan proses pengolahannya.

Remediasi tanah adalah merupakan upaya untuk memperbaiki lingkungan dari berbagai bahan pencemar dan diharapkan dapat mengembalikan kembali tanah dalam kondisi yang tidak tercemar sehingga tidak berbahaya bagi makhluk hidup. Dalam penelitian ini bahan pencemar yang berada pada sampel merupakan logam berat. Keberadaan logam dalam lingkungan dalam jumlah yang cukup akan dimanfaatkan oleh tanaman untuk keberlangsungan hidup. Namun, apabila jumlah logam tersebut melebihi batas yang itu akan menjadi bahan pencemar atau polutan. Dalam upaya untuk meremediasi lahan bekas tambang emas dapat dilakukan

dengan menggunakan bioremediasi dengan basis menggunakan mikroba untuk mereduksi bahan pencemar dan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman sebagai akumulator bahan pencemar.

Salah satu teknik remediasi yang memanfaatkan mikroba dikenal sebagai bioremediasi. Hal ini sangat menarik, karena prosesnya ramah lingkungan dengan biaya lebih kompetitif dibandingkan dengan teknik fisikokimia. Pengertian dari bioremediasi sendiri adalah proses penguraian limbah (pencemar) menggunakan agen biologi (mikroba) yang dilakukan dalam kondisi terkendali (controlled condition). Proses bioremediasi dapat terjadi secara alamiah oleh mikroba yang terdapat pada lingkungan tercemar (intrinsict bioremediation). Meskipun demikian, sering kali dilakukan beberapa hal untuk mempercepat proses tersebut. Contohnya dengan menambahkan mikroba (exogenous microbe), nutrien, donor dan atau akseptor electron (Komarawidjaja, 2009). Mekanisme bioremediasi terjadi karena enzim yang diprosuksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan atau bahan pencemar beracun dengan merubah struktur kimia tersebut, atau disebut sebagai biotransformasi. Pada beberapa kasus, biotransformasi pada akhirnya berubah menjadi biodegradasi, dimana polutan terdegradasi strukturnya menjadi tidak kompleks dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan beracun bagi lingkungan (Yuni Suryani, 2016).

Sedangkan Teknik remediasi dengan menggunakan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi logam dan bahan pencemar di lingkungan dengan menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar disebut dengan fitoremediasi (Sukono, 2020). Fitoremediasi menggunakan tumbuhan untuk membersihkan pencemaran di lingkungan. Tanaman dapat membantu membersihkan berbagai jenis polusi termasuk logam, pestisida, bahan peledak, dan minyak. Tanaman juga membantu mencegah angin, hujan, dan air tanah membawa polutan dari lokasi ke area lain (Sukono, 2020). Fitoremediasi adalah teknologi in-situ non-destruktif dan hemat biaya yang dapat digunakan untuk membersihkan tanah yang terkontaminasi. Mekanismen penyerapan kontaminan pada fitoremediasi tanaman terjadi terutama melalui sistem akar, di mana merupakan mekanisme utama untuk mencegah toksisitas. Sistem akar

menyediakan luas permukaan yang sangat besar yang menyerap dan mengakumulasi air dan nutrisi penting untuk pertumbuhan bersama dengan kontaminan non-esensial lainnya (Sukono, 2020).

2.4 Carrier Media

Bahan pembawa inokulum yang biasanya disebut dengan *carrier* pada dasarnya merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai tempat hidup atau habitat inokulum pupuk hayati sebelum diaplikasikan, sehingga harus dapat mengaktifkan kegiatan mikrobia agar mampu tumbuh dan berkembang pada saat digunakan. *Carrier* yang baik adalah tidak bersifat toksik bagi mikrobia, kemampuan absorpsi tinggi, mudah disterilkan, dan dihaluskan, mudah menempel pada bahan tanaman dan tersedia secara melimpah (Ahmad, 2015). *Carrier* ini nantinya digunakan atau berfungsi sebagai tempat hidup dan berkembangnya mikroba yang nantinya akan diaplikasikan pada tanaman *Eucalyptus*. Tetes tebu atau molase adalah salah satu produk utama setelah gula pasir yang dihasilkan dari bermacam-macam tingkat pengolahan tebu menjadi gula (Witono, 2007). Tetes tebu mengandung gula sekitar 50-55 %, terdiri atas 69% sukrosa dan 30% gula inversi, sehingga molase bisa digunakan untuk pertumbuhan mikroba (Dewantoro, 2015). Tetes tebu dipilih sebagai bahan pembawa dikarenakan bisa menjamin keberlangsungan hidup dan efektivitas mikroba yang ada didalamnya dari gangguan faktor biotik maupun abiotik. Selama proses pertumbuhan molase atau tetes tebu berfungsi untuk mendukung pertumbuhan mikroba. Karena di dalam molase terdapat sukrosa bagi mikroba. Molase mengandung nutrisi yang cukup tinggi untuk kebutuhan mikroorganisme, sehingga dapat dijadikan untuk alternatif sumber energi bagi mikroba dalam media. Sumber energi berguna pertumbuhan sel mikroorganisme (Jainurti, 2016).

Carrier media yang lain ialah NaCl, konsentrasi larutan garam bersifat bakteriostatik dan bakterisidal. Hal 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). Lestari (2014) larutan garam fisiologis merupakan media terbaik untuk menjaga ketahanan hidup isolat mikroba, karena NaCl (larutan garam fisiologis yang terbuat dari garam NaCl dengan konsentrasi 0,9%) berfungsi untuk menjaga keseimbangan ion sel mikroba. Pemilihan NaCl ini juga didasari oleh nutrisi yang sedikit apabila dibandingkan dengan molase. Sehingga nantinya didapatkan hasil perbandingan antara molase dengan nutrisi yang tercukupi dengan NaCl yang memiliki nutrisi yang relative lebih sedikit.

2.5 Mikroba Terseleksi

Konsentrasi logam pada tanah yang berlebih justru akan menimbulkan efek yang negatif pada kelangsungan hidup. Kadar racun pada logam berat ini dapat menyebabkan berbagai penyakit yang berbahaya pada tubuh manusia. Sedangkan untuk tumbuhan logam berat dapat mengakibatkan kerusakan pada pertumbuhan akar, gugurnya daun, kekuranga nutrisi. Oleh karena itu dipersiapkannya mikroba yang dapat membantu proses penguraiaan serta membantu meningkatkan keberlangsungan hidup tanaman. Isolat bakteri yang digunakan untuk remediasi logam berat pada lahan bekas tambang emas, pada penelitian ini berasal dari jenis *Phosphate solubilizing microbes (PSB)* dan *Enterobacter*. Pada penelitian ini digunakan 4 jenis perlakuan mikroba yang meliputi mikroba 15 (PSB1), mikroba 16 (PSB2), mikroba R3 (*Enterobacter*), dan mikroba 3 Konsorsium (PSB1, PSB2, *Enterobacter*). *PSB* termasuk *Pseudomonas, Micrococcus, Bacillus, Flavobacterium, Rhizobium, Enterobacter, Azospirillum* dan *Erwinia.* PSB merupakan bakteri yang berperan dalam proses mineralisasi senyawa P organik menjadi P anorganik sehingga dapat meningkatkan ketersediaan fosfat dalam tanah. Bakteri Pseudomonas sp. adalah bakteri yang memiliki peran penting bagi keseimbangan alam. (Neneng, 2009). Di sisi lain secara alami ada beberapa bakteri yang tahan terhadap merkuri dan menurunkan pencemaran mercuri, seperti dan *Pseudomonas,Bacilus, Serratia,* dan *Enterobacter*. Karena mempunyai operan gen mer yang menyandi enzim merkuri reduktase yang terkait dengan NADPH. Enzim ini mereduksi ion merkuri yang bersifat racun $Hg2^{+}$ menjadi ion Hg^{0} yang tidak berbahaya (Shovitri, 2010). Konsorsium mikroba adalah sekumpulan mikroba yang

bekerja sama dalam suatu kelompok sehingga mempunyai kemampuan lebih untuk mendegradasi suatu senyawa organik. Mikroba tanah tersebut berpengaruh secara langsung terhadap mobilitas logam dalam tanah yaitu dengan cara meningkatkan atau menurunkan mobilitas logam dalam tanah.

2.6 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

NO	PENULIS	JUDUL	TAHUN	HASIL PENELITIAN
1.	Febby Nur Indriani, Reginawanti Hindersah, Pudjawati Suryatmana	N-Total, Serapan N, dan Pertumbuhan Kacang Tanah (Arachis hypogaea L.) Akibat Inokulasi Azotobacter dan Bahan Organik pada Tailing Tambang Emas Pulau Buru, Maluku	2017	Tailing yang digunakan mengandung Hg 0,64 ppm, nilai yang didapatkan telah melewati baku mutu yang ditetapkan. Untuk laju pertumbuhan pada media tailing tanaman sangat rendah pada media tailing jika dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman kacang tanah pada tanah mineral.
2.	Suharno, Retno Peni Sancayaningsih,Endang Sutariningsih Soetarto, dan Rina Sri Kasiamdari	Keberadaan Fungi Mikoriza arbuska Di Kawasan Tailing Tambang Emas Timika Sebagai Upaya Rehabilitasi Lahan Ramah Lingkungan	2014	Hubungan simbiosis antara mikrobia dan tanaman serta interaksinya di rhizosfer penting dalam menentukan tingkat produktivitas tanaman dan kesuburan tanah. Apalagi saat ini telah diketahui bahwa hubungan antara jaringan FMA dan aktivitas mikrobia lain dalam suatu ekosistem tanah merupakan masalah utama padasebagian besar tanahyang diketahui mengalami berbagai gangguan

3	Lia Nova Triadriani, Sri Rahayu Utami, Eko Handayanto*	Penggunaan *Caladium bicolor, Paspalum conjugatum,* dan *Comelia nudiflora* Untuk Remediasi Tanah Tercemar Merkuri Limbah Tambang Emas Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung	2014	Tanaman *C. bicolor, P. conjugatum,* dan *C. nudiflora* mampu menurunkan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam tanah yang tercemar limbah tailing. Serapan logam Hg pada tanaman jagung terdapat banyak terdapat pada akar diikuti batang dan daun. Semakin keatas kandungan Hg semakin sedikit
4	A. Hamzah, Z. Kusuma, W.H. Utomo dan B. Guritno	Penggunaan Tanaman *Vetiveria zizanoides l.* dan Biochar Untuk Remediasi Lahan Pertanian Tercemar Limbah Tambang Emas	2012	Tanaman Vetiveria zizanoides L yang ditanam pada tailing tambang emas yang diberi perlakuan pupuk kandang dan biochar mampu menyerap Hg dan Pb masing-masing sebesar 14,3–33,2 mg/kg, dan 48–92 mg/kg. Persentase serapan Hg tertinggi pada akar 88,91% kemudian pada daun 23,54%, sedangkan untuk Pb serapan tertinggi 51,17% pada akar dan pada daun sebesar 48,83%.

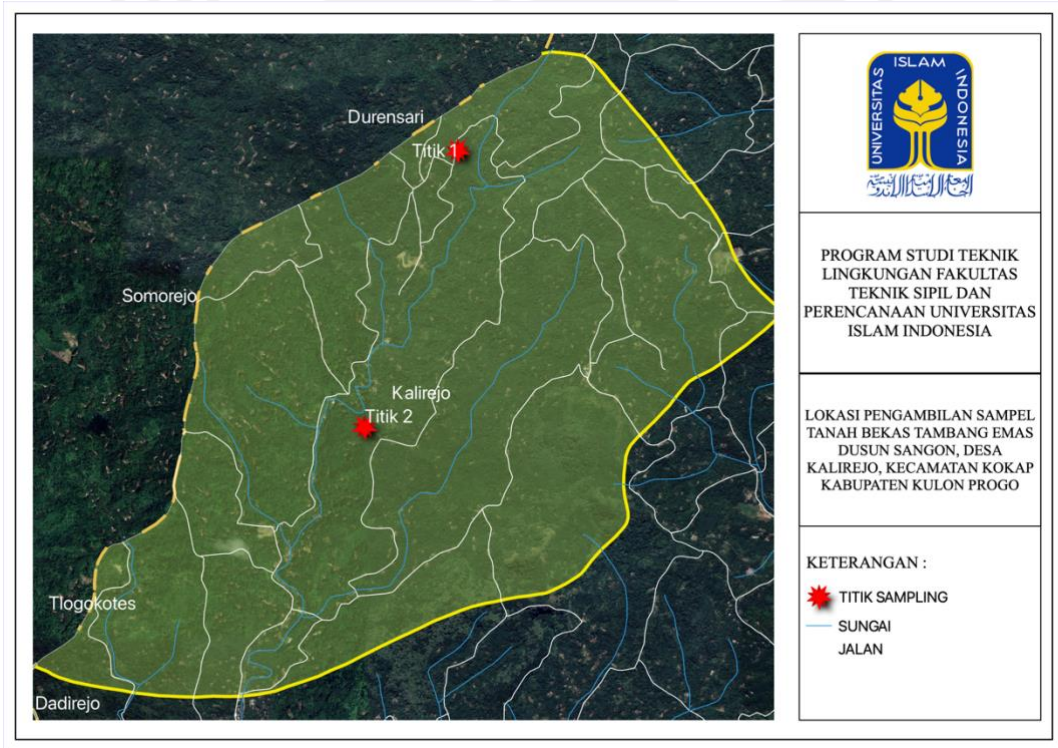
5	Haryono, H., dan S. Soemono	Rehabilitasi Tanah Tercemar Merkuri (Hg) Akibat Penambangan Emas dengan Pencucian dan Bahan Organik di Rumah Kaca	2009	Pemberian bahan organik dikombinasikan dengan pencucian dapat menurunkan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam tanah hingga 84%, walaupun belum sampai untuk di bawah batas ambang yang dianjurkan

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan dalam skala rumah kaca. Penelitian dimulai dari pembuatan media tanam, hingga berakhir pada analisis data sampel yang diambil. Pembuatan media tanam, penanaman *Eucalyptus*. Pengambilan sampel data, dan nantinya pemanenan *Eucalyptus* dilakukan di rumah kaca. Selanjutnya, akan dikaukan analisis data sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini dilakukan mulai dari Juli hingga Oktober 2022.

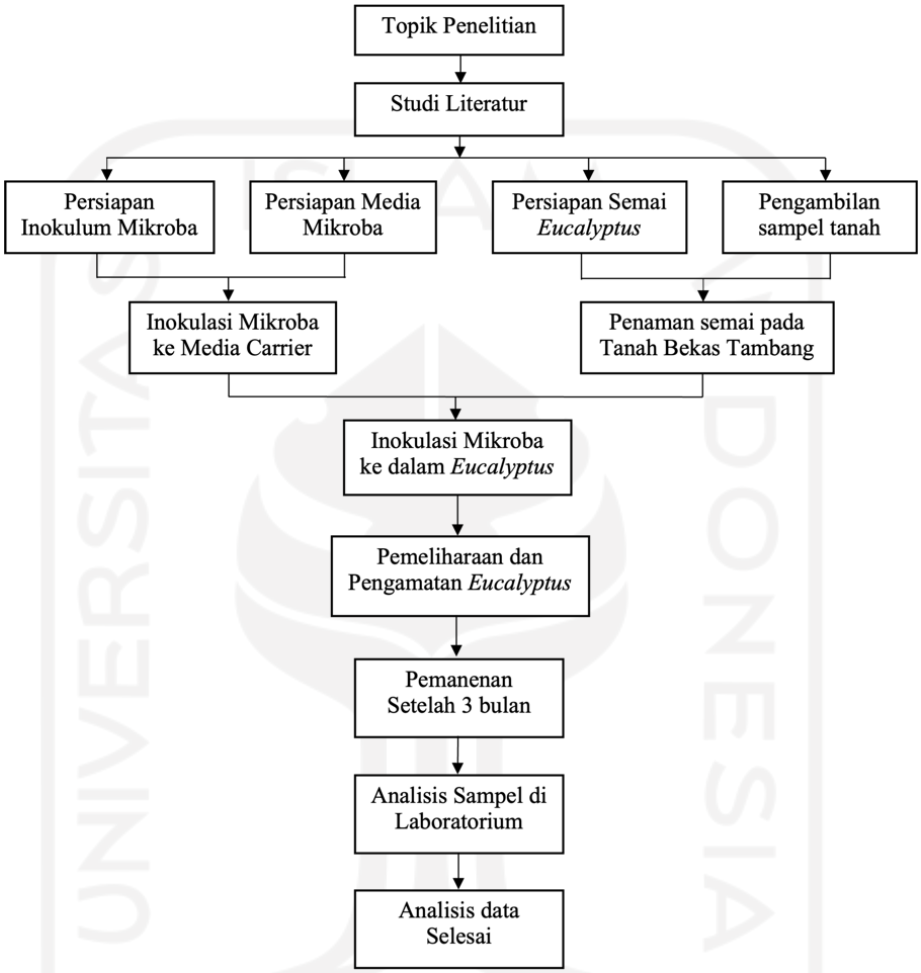
Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tailing emas yang diambil langusung pada tanggal 19 Maret 2022 di Dusun Sangon, Desa Kalijero, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo.



Gambar 3. 1 *Titik Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Bekas Tambang Emas*

3.2 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini



***Gambar 3. 2** Diagram Alir Penelitian*

3.3 Sampling Tanah

Metode sampling yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan mengambil tanah bekas penambangan emas pada tanggal 19 Maret 2022 di Desa Kalirejo, Kokap, Kulon Progo. Sampel yang diambil merupak tanah yang berasal dari 4 titik *tailing* baik yang mash aktif maupun sudah tidak dipaki. Selain itu diambil juga tanah yang kontrol atau tanah yang tidak dipakai tambang yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding. Sampel tanah kontrol yang digunakan juga diambil dari Dusun Sangon yang tidak terkontaminasi pertambangan, kurang lebih 1 km

dari lokasi penambangan. Kondisi sampel tanah kontrol yang diambil pada lokasi tersebut ditumbuhi beberapa vegetasi tanaman.

3.4 Persiapan Inokulum

Selected Phosphate solubilizing bact dan *Enterobacter* dari degraded area digunakan dalam penelitian ini, yang kemudian 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 ose koloni mikroba dan dimasukkan media NB (Nutrient Broth) seteril 250 ml untuk memperbanyak mikroba dalam media cair. Kemudia dilakukan pengadukan dengan menggunakan 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.

Pada penelitian ini dilakukan pengkodean pada setiap perlakuannya untuk memudahkan dalam proses pengamatan. Adapun kode yang dibuat sebagai berikut, 15 merupakan *Selected Phosphate solubilizing bact* 1, 16 15 merupakan *Selected Phosphate solubilizing bact* 2, R3 merupakan *Enterobacter*, dan 3K merupakan 3 konsorsium yaitu campuran antara ketiga mikroba 15, 16, dan R3.

3.5 Persiapan Media

Media yang akan digunakan sebagai Carrier pada penelitian ini terlebih dahulu dipersiapkan, mulai dari penentuannya. Pada penelitian ini digunakan media Carrier yaitu molase dan NaCl. Molase yang digunakan merupakan ekstrak tebu yang bisa didapatkan pada toko pertanian, sedangkan untuk penggunaan NaCl juga diperolah jadi yang dijual dipasaran. Kedua media tersebut dipilih berdasarkan karakteristik masing-masing yang berbeda untuk meningkatkan kualitas dan menjamin keberlangsungan hidup tanaman. Sebelum dilakukannya inokulasi pada tanaman, media carrier harus disterilkan terlebih dahulu dengan menggunakan autoklaf dengan tekanan tinggi dalam waktu lebih kurang 1 jam. Sterilisasi ini bertujuan untuk membunuh mikroba lain yang mungkin bisa menjadi merugikan atau patogen.

3.6 Persiapan Tanaman

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah Eucalyptus, sebulum digunakan tanaman ini sudah dilakukan penyemaian dulu selama 2 bulan. Eucalytus yang sudah siap kemudian dipindahkan ke dalam polybag dengan ukuran 15x25 yang baru dengan menambahkan tahan bekas tambang emas yang sudah diambil sebelumnya. Tanah bekas pertambangan emas yang digunakan merupakan tanah bekas dari pertambangan yang sudah tidak aktif. Penanaman ini dilakukan berlangsung selama 3 bulan dilakukan dalam pengawasan dalam skala rumah kaca. Selama proses ini berlangsung setiap dua hari sekali atau sehari sekali dilakukan penyiraman secara rutin agar tanaman dapat memiliki air yang cukup.

3.7 Inokulasi Mikroba

Berjarak kurang lebih 2 minggu setelah penanaman *Eucalyptus* ke campuran tanah antara tanah semai dengan *tailing* emas dilakukan inokulasi mikroba ke media tanam tersebut. Untuk penelitian dengan objek tailing emas ini dilakukan dengan 3 media berbeda, yaitu media NaCl, molase, dan kontrol (tanpa perlakuan). Pengaplikasian inokulasi untuk setiap media berbeda cara satu dengan yang lain, untuk NaCl dan molase dilakukan dengan cara menyuntikkan ke dalam tanah sebanyak 7 ml. Sedangkan untuk kontrol atau tanpa perlakuan tidak ditambahkan apapun.

Tabel 3. 1 *Jumlah Populasi Mikroba*

No	Media	Treatment Mikroba	Jumlah Koloni (Unit Koloni/gram)
1	Molase	15	128.5×10^{-5}
2		16	26.5×10^{-5}
3		R31	99×10^{-5}
4		3 Konsorium	33×10^{-5}
5	NaCl	15	76×10^{5}
6		16	86×10^{5}
7		R31	34×10^{5}
8		3 Konsorium	287×10^{5}

3.8 Pengamatan dan Pengukuran

Setelah dilakukan inokulasi pada setiap tanaman, selanjutnya dilakukan pengamatan untuk melihat pertumbuhan dari tanaman *Eucalyptus*. Parameter yang diamati adalah diameter batang (mm), tinggi tumbuhan (cm), dan jumlah daun. Pengamatan ini dilakukan secara rutin setiap 2 minggu terhitung sejak media diinokulasi pada tanaman. Untuk tahap pemanenan dilakukan setelah 3 bulan terhitung dari penanaman. Proses pemanenan ini dilakukan 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 berat biomassa basah dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik pada masing-masaing sampel jaringan batang dan jaringan akar dimasukkan ked lam amplop coklat yang telah diberikan identitas kode penamaan pada setiap sample tanaman. Untuk sampel tanah dari tanaman dimasukkan kedalam plastik klip agar udara tidak masuk dan diberi kode tanaman. Pengukuran berat biomassa kering dilakukan dengan memasukan jaringan tanaman kedalam oven dengan suhu 70^{o}C selama 72 jam dan kemudian setelah kering dilakukan penimbangan ulang dengan timbangan analitik (ketelitian 0,001 gram).

3.9 Analisis Nutrisi (P dan K), pH, dan Logam Berat (Pb, Cd, dan Hg)

Analisa statistik digunakan untuk menganalisa yang bertujuan untuk membandingkan hasil kerja dari setiap dari perlakukan media *carrier*. Perbandingan yang dianalisa meliputi penyerapan logam berat, pH, juga pertumbuhan tanaman yang meliputi tingi tanaman, diameter tanaman, jumlah daun, dan biomasa. Pada sampel tanah dilakukan analisis logam berat dan pH, sedangakan untuk sampel jaringan batang dan akar tanaman dilakukan analisis kandungan nutrisi dan logam berat. Pada kandungan nutrsi pengujian dilakukan untuk mengetahui kandungan Fosfat dan Kalium, dengan menggunakan metode *Bray* pada sampel akar dan jaringan batang dengan Spektrofotometric UV-Vis merek Thermo Scientific tipe Orion Aqua Mate 8000. Pengujian pH atau kemasaman tanah menggunakan dua metode yaitu pH aktual (H_2O) dan pH potensial (KCl) dengan pengukuran menggunakan pH meter digital smart sensor.

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) dengan merek GBC digunakan untuk menanalisis logam berat yang meliputi Timbal (Pb), Kadmium (Cd). Sedangkan untuk pengukuran logam Merkuri (Hg) digunakan alat ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) dengan merek Agilant tipe 7850. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Setelah semua data didapat kemudian data tersebut dibuat grafik untuk menampilkan hasil dari media yang telah dilakukan.

3.10 Analisis Data

Pada penelitian ini analisis data yang digunakan adalah standar error. Standar error adalah perkiraan simpangan baku populasi dari sampel statistik, istilah statistik yang digunakan untuk mengukur seberapa akurat distribusi sampel diwakili menggunakan deviasi standar. untuk mengukur seberapa akurat distribusi sampel mewakili populasi dimana media carrier menggunakan molase dan NaCl dengan 4 macam perlakuan mikroba. 4 macam perlakuan mikroba tersebut nantinya akan dibandingkan dengan tanaman yang tidak dilakukan inokulasi. Standar error digunakan untuk mengetahui data yang dihasilkan layak atau tidak, yang kemudian data tersebut akan ditampilkan dalam bentuk diagram batang. Perhitungan dengan *Standar Error* menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. ANOVA digunakan untuk mengetahui hubungan dari masing-masing perlakuan yang ada. Metode pengujian logam berat mengacu pada SNI 06.6989.45:2005 tentang Cara Uji Timbal, SNI 06.6989.16:2004 tentang Cara Uji Kadmium, SNI 01-2354.6-2006 tentang Cara Uji Merkuri.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif yang dilakukan dengan mendeskripsikan keberadaan kandungan logam berat yang berada pada tanaman dan tanah. Hasil pengamatan dan analisis dibandingkan antara baku mutu tanah dan tanaman dengan data yang ada.

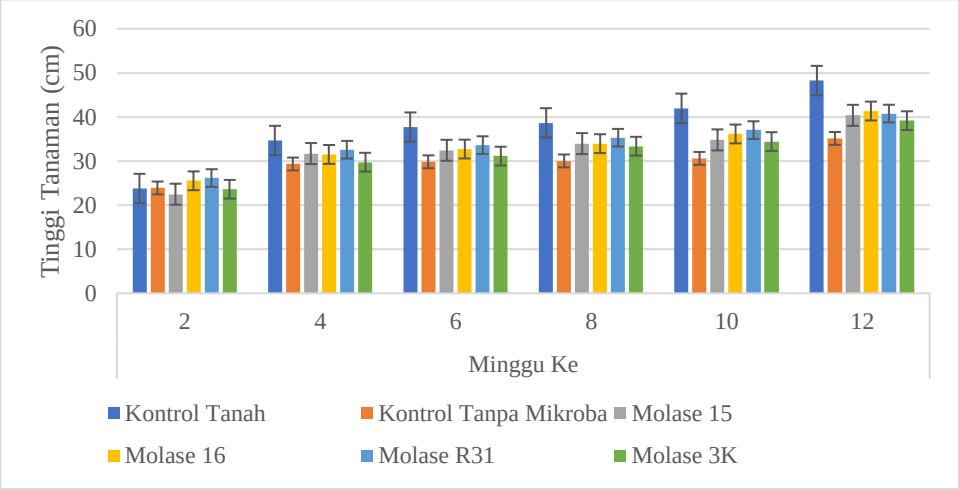
BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Pengaruh *Carrier* Media terhadap pertumbuhan *Eucalyptus*

Untuk mengetahui perkembangan serta pertumbuhan tanaman uji dilakukan pengamatan terhadap tanaman uji. Pengamatan ini meliputi parameter seperti diameter batang, ketinggian tanaman, jumlah daun tanaman dalam berat basah dan berat kering pada semua perlakuan tanaman. Kegiatan pengamatan pertumbuhan tanaman dilakukan setiap 2 minggu sekali dalam kurun waktu 3 bulan atau 12 minggu. Sehingga terdapat 6 kali pengukuran dalam 1 periode penanaman. Pengataman pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui efektitas media *carrier* pada setiap perlakuan dalam pertumbuhan tanaman.

A. Tinggi Tanaman

Dari hasil pengukuran yang talah dilakukan dan dapat dilihat pada gambar 4.1. bahwa perbedaan tinggi antara tanaman satu dengan yang lain. Bedasarkan data yang didapat bahwa setiap tanaman mengalami peningkatan tinggi sejak dari semai hingga minggu terakhir. Perbedaan selisih tinggi pada setiap tanaman juga dapat terlihat dari data yang telah didapat. Pada media *carrier* molase pertumbuhan tinggi tanaman *eucalyptus* mengalami peningkatan yang konstan dan merata pada semua jenis perlakuan. Dengan kata lain semua mengalami peningkatan tinggi namun tidak ada pertumbuhan yang menonjol dari perlakuan ini. Sedangkan pada media *carrier* NaCl terdapat perbedaan data peningkatan tinggi tanaman *Eucalyptus* yang berbeda dari media *carrier* molase. Dimana pada perlakuan ini data yang didapatkan menunjukan bahwa pada molase R31 mengalami pertumbuhan yang diatas rerata perlakuan yang lain, bahkan pada perlakuan ini pertumbuhannya dapat melebihi pertumbuhan dari tenaman control. Sehingga dapat disimpulkan bahwa peranan media *carrier* NaCl R31 lebih baik dalam pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* dibandingkan perlakukan yang lain dalam pertumbuhan tinggi tanaman.

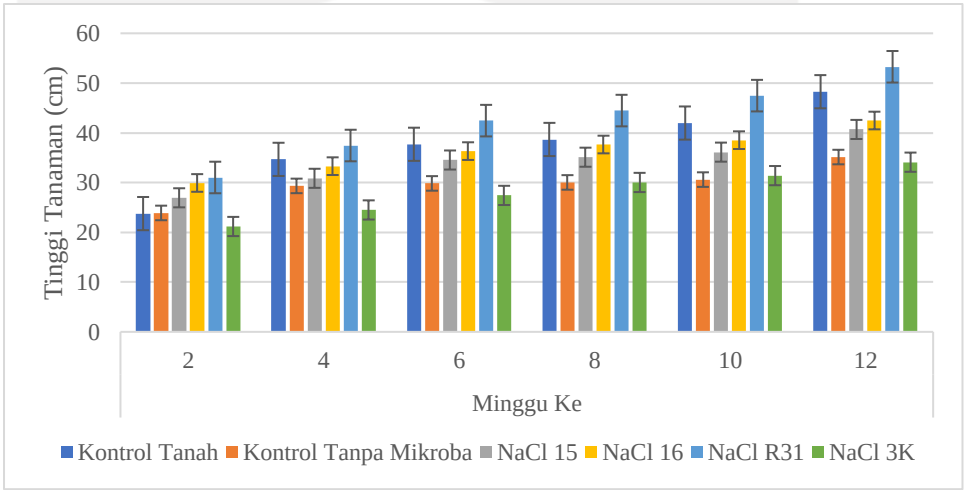


Gambar 4. 1 Grafik Analisa Data Ketinggian Tanaman *Eucalyptus* dengan Media *Carrier* Molase

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

Tabel 4. 1 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Varience*) One-Way Tinggi Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan *Carrier* Molase

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	199,34	5,00	39,87	1,24	0,31	2,53
Within Groups	961,35	30,00	32,05			



Gambar 4. 2 Grafik Analisa Data Ketinggian Tanaman *Eucalyptus* dengan Media *Carrier* Nacl

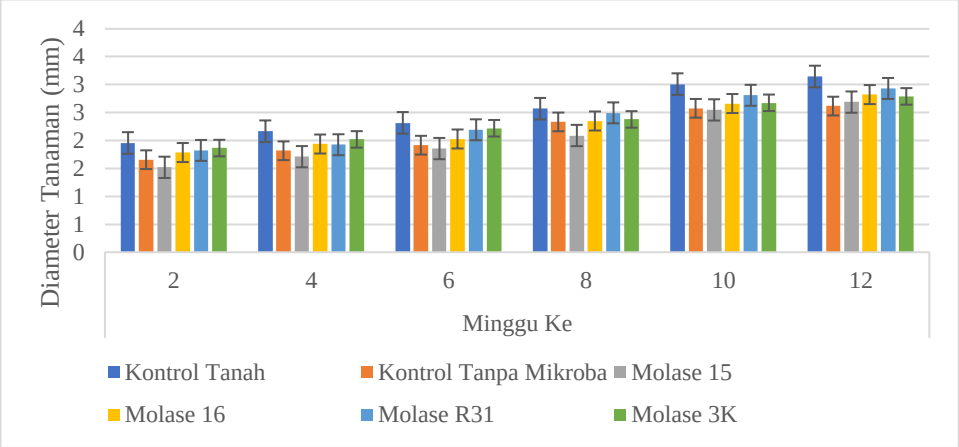
Tabel 4.2 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan tinggi Eucalyptus sp. dengan carrier NaCl dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan tinggi tanaman pada carrier NaCl memiliki beda nyata.

Tabel 4. 2 Hasil Uji ANOVA (*Analysis Of Varience*) One-Way Tinggi Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier NaCl

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	854,37	5	170,87	5,04	0,0018	2,53
Within Groups	1016,58	30	33,89			

B. Diameter Tanaman

Peningkatan pertumbuhan diameter pada tanaman *Eucalyptus* dari data yang ditampilkan mengalami peningkatan. Berdasarkan data gambar 4.3 dan gambar 4.4 semua tanaman dari semua media dan perlakukan mengalami peningkatan yang berbeda-beda. Menurut Hapsari (2018), sel meristem ialah sel yang akan terus-menerus membelah sehingga menambah jumlah sel-sel tubuh tumbuhan dan membentang yang menyebabkan bertambahnya ukuran sel. Peningkatan pertumbuhan diameter pada media *carrier* molase rata-rata mengalami peningkatan sebesar 0,21% pada setiap minggunya. Persentase peningkatan pertumbuhan tertinggi berada pada minggu ke 10 yaitu sebesar 0,46% pada perlakuan sampel 15. Sedangkan pada media *carrier* NaCl rerata peningkatan pertumbuhan diameter yaitu sebesar 0,20% pada setiap minggunya, dengan perlakuan 16 dan R31 mimiliki peningkatan terbesar masing-masing 0,41% pada minggu ke-10. Pertumbuhan diameter paling besar adalah diameter batang kontrol. Pada minggu terakhir dapat dilihat bahwa batang kontrol memiliki diameter paling besar diantara tanaman dengan media dan perlakukan yang lain baik media *carrier* molase maupun NaCl. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa mikroba pada masing-masing *carrier* dapat membantu pertumbuhan diameter tanaman *Eucalyptus*.

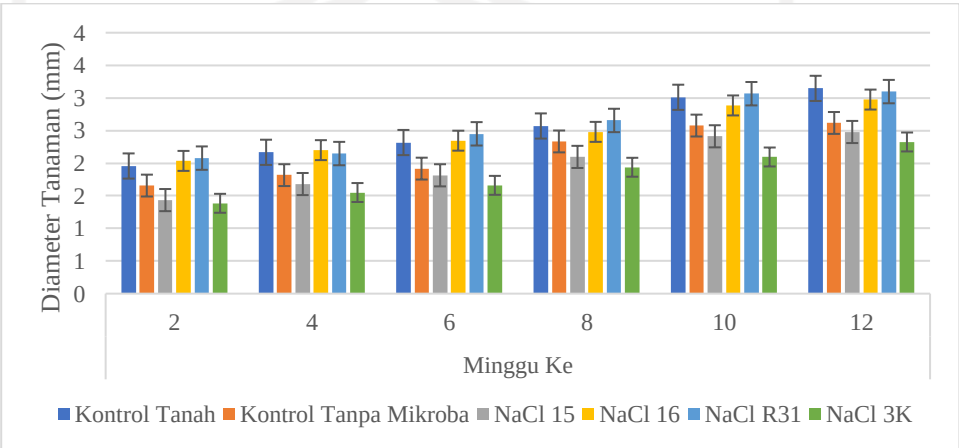


Gambar 4. 3 Grafik Analisa Data Diameter Tanaman *Eucalyptus* dengan Media *Carrier* Molase

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

Tabel 4. 3 *Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Diameter Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier Molase*

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0,788	5	0,158	0,839	0,533	2,534
Within Groups	5,631	30	0,188			



Gambar 4. 4 Grafik Analisa Data Diameter Tanaman *Eucalyptus* dengan Media *Carrier* NaCl

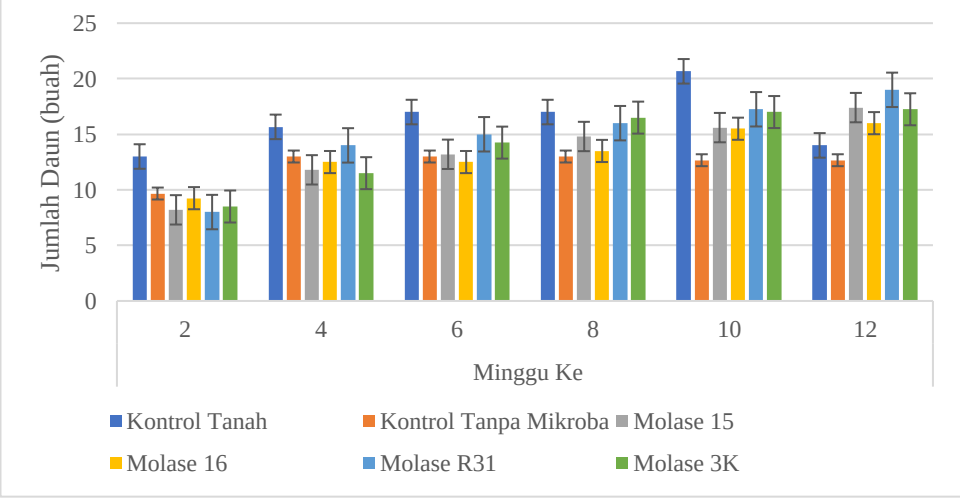
Tabel 4.4 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan diameter Eucalyptus sp. dengan carrier NaCl dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukan bahwa nilai F lebih besar dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan diameter tanaman pada carrier NaCl memiliki beda nyata.

Tabel 4. 4 *Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Diameter Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier NaCl*

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	3,015	5	0,603	3,529	0,013	2,534
Within Groups	5,125	30	0,171			

C. Daun Tanaman

Pertambahan ukuran tubuh tumbuhan secara keseluruhan merupakan hasil dari pertambahan jumlah dan ukuran sel (Sitompul dan Guritno, 1995). Berdasarkan data yang diperoleh bisa dilihat bahwa pertumbuhan daun pada tanaman *Eucalyptus* menunjukan peningkatan pada setiap minggunya. Dari gambar grafik yang ada peningkatan jumlah daun terlihat mulai dari minggu ke 2 sampai minggu ke 10. Namum, pada minggu terakhir sebelum masa pemanenan beberapa tanaman *Eucalyptus* di berbagai perlakuan mengalami kerontokan daun. Terjadinya perpindahan logam dari akar menuju daun menyebabkan daun menjadi layu/mati. Hal itu diakrenakan sifat dari logam berat itu yang bersifat racun. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh serangan hama, pathogen, atau juga mungkin defisiensi unsur hara dalam tanah (Sari, 2015).

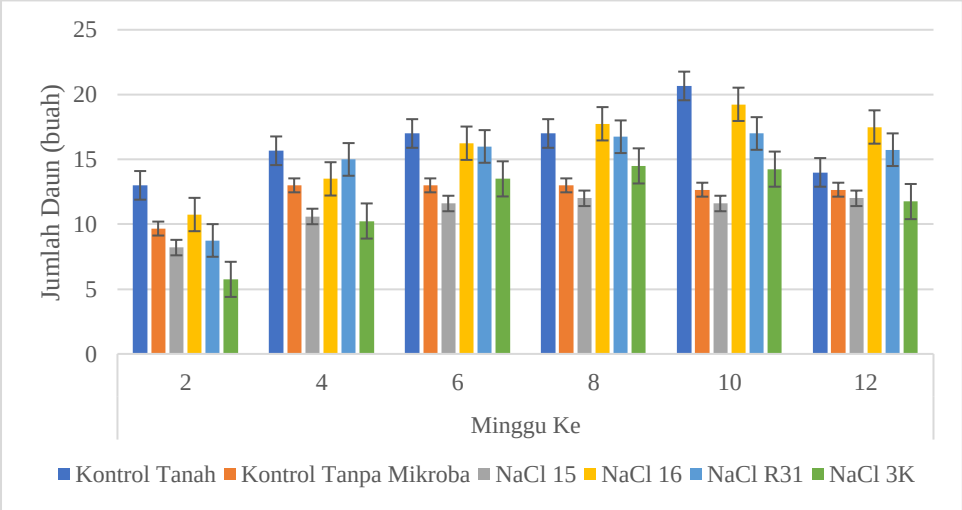


Gambar 4. 5 Grafik Analisa Data Jumlah Daun Tanaman *Eucalyptus* dengan Media *Carrier* Molase

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

Tabel 4. 5 *Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier Molase*

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	56,22	5	11,24	1,29	0,29	2,53
Within Groups	261,62	30	8,72			



Gambar 4. 6 Grafik Analisa Data Jumlah Daun Tanaman *Eucalyptus* dengan Media *Carrier* NaCl

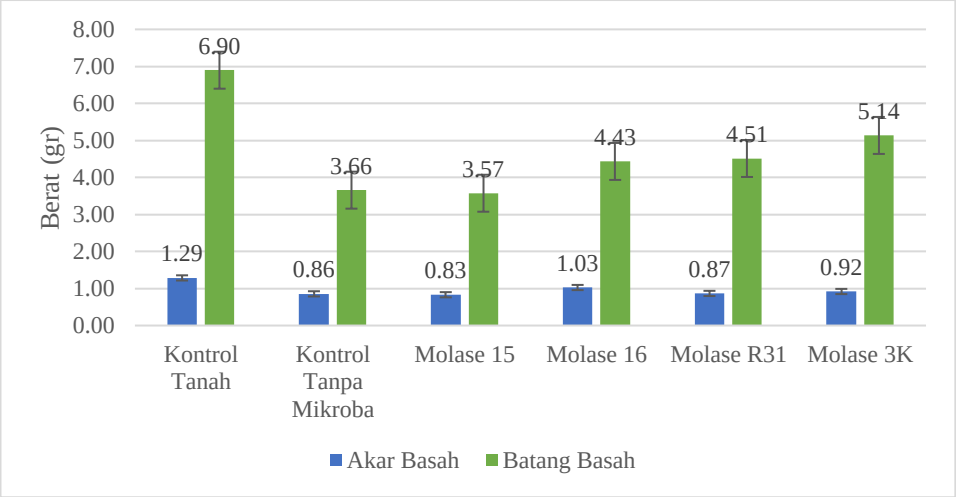
Tabel 4.5 merupakan hasil analisis uji ANOVA pertumbuhan diameter Eucalyptus sp. dengan carrier NaCl dengan Alpha (α) adalah 5%. Pada hasil uji menunjukan bahwa nilai F lebih kecil dari nilai F kritis, sehingga data pertumbuhan jumlah daun pada carrier NaCl tidak jauh berbeda pada setiap perlakuan atau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

Tabel 4. 6 *Hasil Uji ANOVA (Analysis Of Varience) One-Way Jumlah Daun Tanaman Eucalyptus sp. Menggunakan Carrier NaCl*

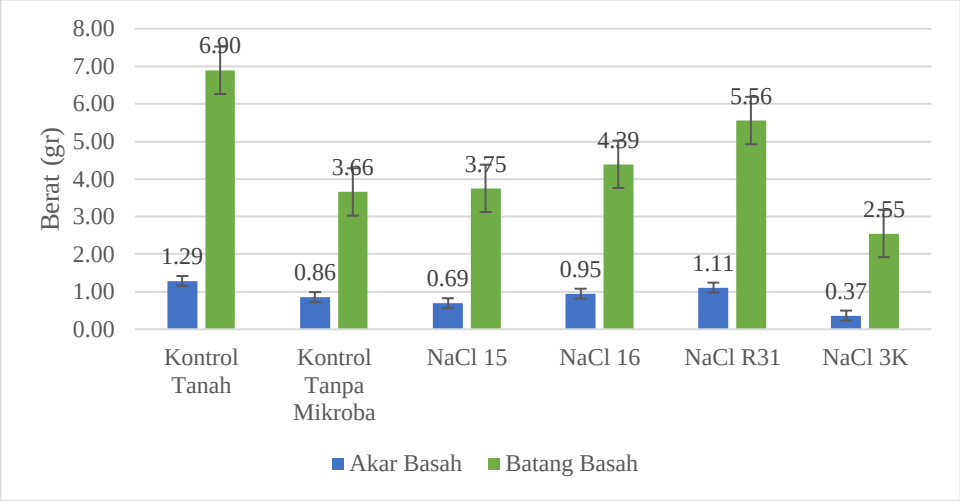
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	56,22	5	11,24	1,29	0,29	2,53
Within Groups	261,62	30	8,72			

D. Biomassa Tanaman

Berat basah tanaman merupakan berat tanaman yang masih segar dan diperoleh dengan cara menimbang tanaman setelah panen dan ditimbang sebelum tanaman layu, karena jika ditimbang berat basah tanaman ketika layu maka akan kehilangan kadar air yang banyak (Roidi, 2016). Pada gambar grafik didapatkan data bahwa berat basah memiliki berat yang lebih tinggi daripada berat kering. Hal ini dikarenakan pada berat besah tanaman masih terdapat kandungan air didalamnya. Sesuai dengan dengan literatur diatas bahwasannya perbedaan antara berat basah dengan berat kering ini disebabkan oleh adanya kandungan air pada jariangan akar maupun batang. Untuk mengetahui berat kering tanaman maka dilakukan peneringan tanaman dengan menggunakan oven.

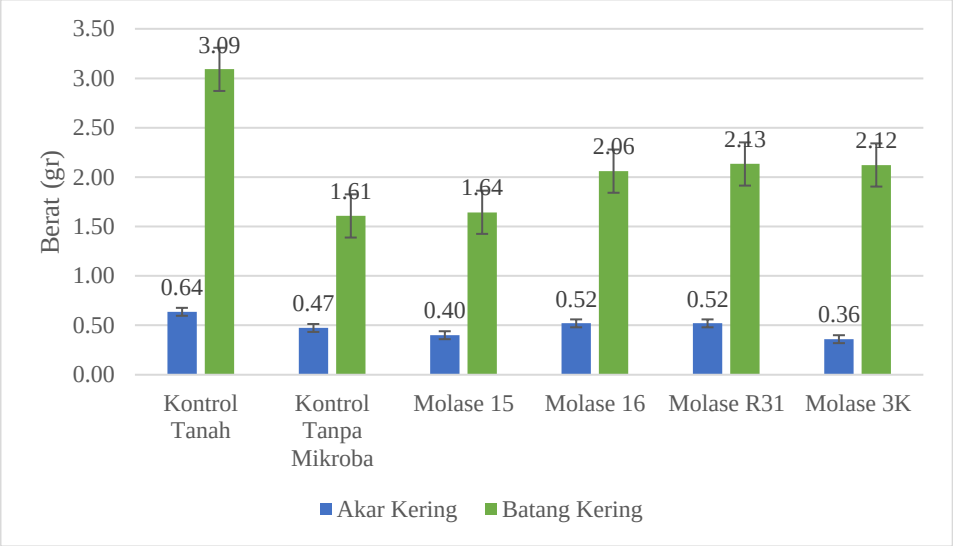


Gambar 4. 7 Grafik Berat Basah Jaringan Akar dan BatangTanaman *Eucalyptus* pada media *Carrier* Molase

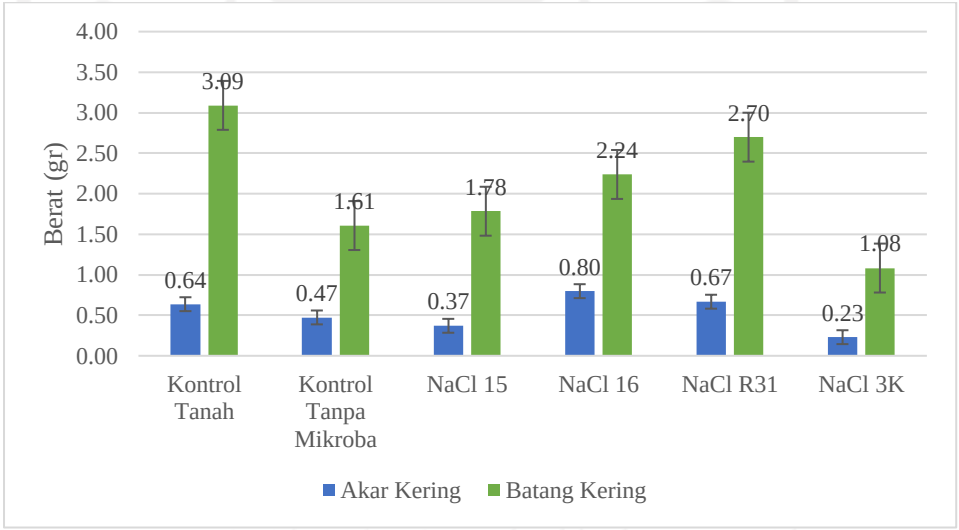


Gambar 4. 8 Grafik Berat Basah Jaringan Akar dan BatangTanaman *Eucalyptus* pada media *Carrier* NaCl

Pengurangan kadar air dari proses pengovenan 70^{o}C selama kurun waktu 72 jam yang memiliki tujuan untuk mengetahui serapan tanaman terhadap kadar unsur hara serta logam yang terakumulasi ke dalam tanaman. Oleh karena itu hal tersebut dapat menyebabkan perbedaan antara berat basah dengan berat kering pada tanaman (Dwi, 2019). Dari grafik yang ditampilkan pada kedua media *carrier* terlihat bahwa jaringan akar memiliki berat yang lebih kecil daripada jaringan batang. Hal tersebut adalah wajar karena jaringan batang secara akumulatif lebih besar daripada jaringan akar. Menurut Roidi (2016) tinggi ataupun rendahnya berat kering tanaman tergantung dari banyak atau sedikitnya serapan unsur hara oleh akar yang berlangsung selama proses pertumbuhan. Apabila fotosintesis berlangsung dengan baik maka tanaman akan tumbuh dengan baik akan berkembang dengan baik pula serta di ikuti dengan peningkatan berat kering tanaman. Pada berat basah yang memiliki berat paling besaar selain kontrol tanah adalah media *carrier* NaCl R31. Hal tersebut memiliki arti bahwa *carrier* NaCl R31 dapat membantu optimalisasi mikroba yang ada didalamnya



Gambar 4. 9 Grafik Berat Kering Jaringan Akar dan Batang Tanaman *Eucalyptus* Pada Media *Carrier* Molase

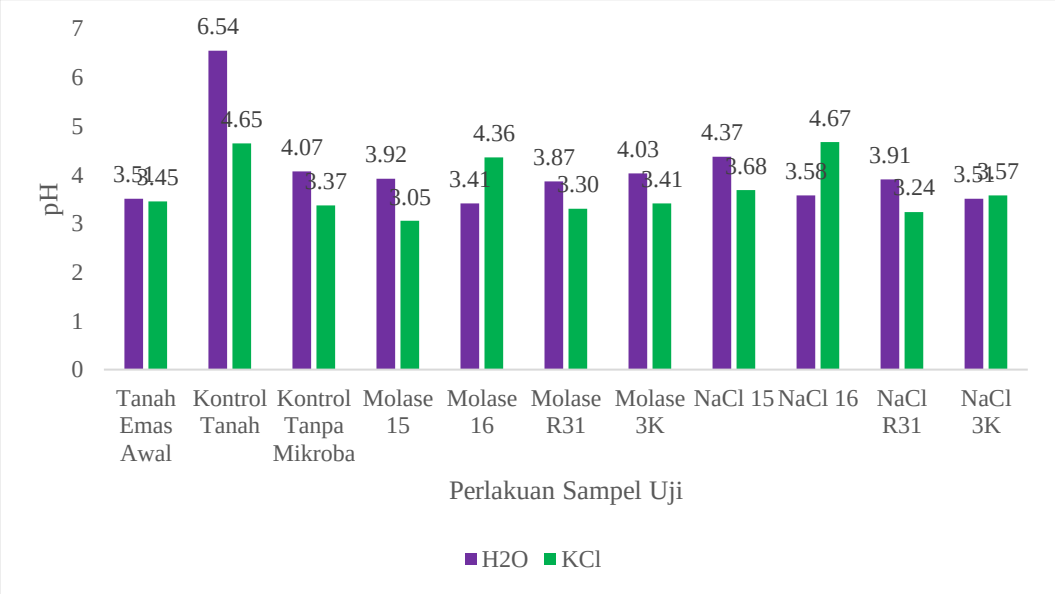


Gambar 4. 10 Grafik Berat Kering Jaringan Akar dan Batang Tanaman *Eucalyptus* Pada Media *Carrier* NaCl

Sama seperti pada berat basah, berat kering jaringan batang memiliki berat yang besar daripada jaringan akar. Perbedaan pada keduanya adalah pada kandunga air yang ada didalamnya, sehingga ketika jaringan akar dan batang sudah mengalami proses pengeringan tidak ada perbedaan yang signifikan karena air yang menghilang.

4.2 Pengaruh Media *Carrier* Molase dan NaCl Terhadap pH Tanah Tanaman *Eucalyptus* Pada Tanah Bekas Tambang Emas

Penentuan pH tanah dilakukan pada semua sampel tanah tanaman uji. Dalam penentuan keasamannya dilakukan dengan 2 metode yaitu dengan pH(H_2O) dan pH(KCl). pH(H_2O) atau yang disebut juga pH aktual adalah pH yang menunjukkan konsentrasi H+ dalam larutan tanah sesuai dengan kondisi alam sebenarya. Sedangkan pH(KCI) atau yang disebut pH tanah potensial adalah pH yang menunjukkan nilai pH tanah setelah H^+ dalam tanah didesak keluar dan digantikan oleh kation K^+ (Amran, dkk, 2015). Untuk mengetahui pH yang akan diuji digunakan alat pH meter digital. Pada kondisi awal terdapat empat jenis tanah yang diukur pHnya tanpa perlakuan yaitu merupakan kontrol tanah, kontrol tanpa mikroba, kontrol awal, dan emas awal. Pada gambar 4. Dapat dilihat bahwa kondisi tanah tergolong asam karena memilki pH dibawah netral atau 7. Peningkatan pH tanah pada masing-masing media *carrier* dan perlakuannya memiliki perbedaan. Hal itu dikarenakan kemapuan dari mikroba dalam media *carrier* itu sendiri. Tidak semua semua perlakuan mengalami peningkatan pH pada tanah, ada juga perlakukan yang justru memiliki pH yang semakin asam.



Gambar 4. 11 Grafik pH Tanaman *Eucalyptus* pada Semua Perlakuan

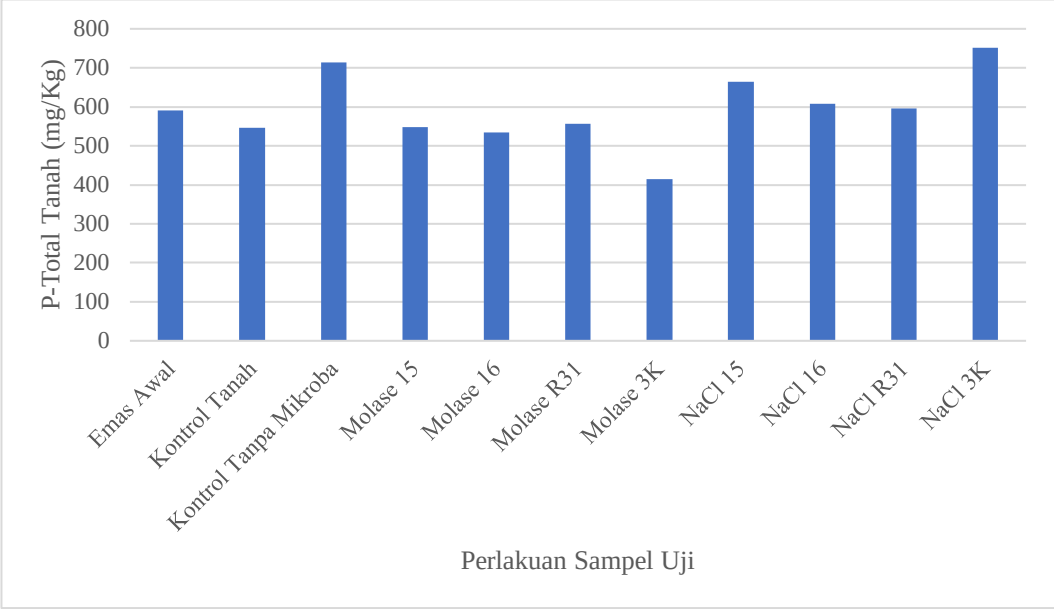
Daya toksik senyawa kimia mengalami peningkatan seiring dengan penurunan nilai pH air atau kondisi air dalam suasana asam (Purnamawat et al., 2015). Peningkatan

keasaman tanah pada beberapa perlakuan menunjukan bahwa mikroba pada *carrier* molase dan NaCl mampu memberikan peningkatan kadar keasaman kearah netral pada tanah bekas tambang emas. Berdasrakan hsail pengujian pH dengan metode H_2O peningkatan kadar keasaman tertinggi pada NaCl 15, yang artinya adalah mikroba 15 mampu memberikan kenaikan pH dengan dibantu oleh NaCl sebagai media untuk kualitas mikroba. Sedangkan pada pengujian dengan metode KCl dapat dilihat pada perlakuan NaCl memiliki kenaikan kadar keasaman paling tinggi diantara sampel yang lain.

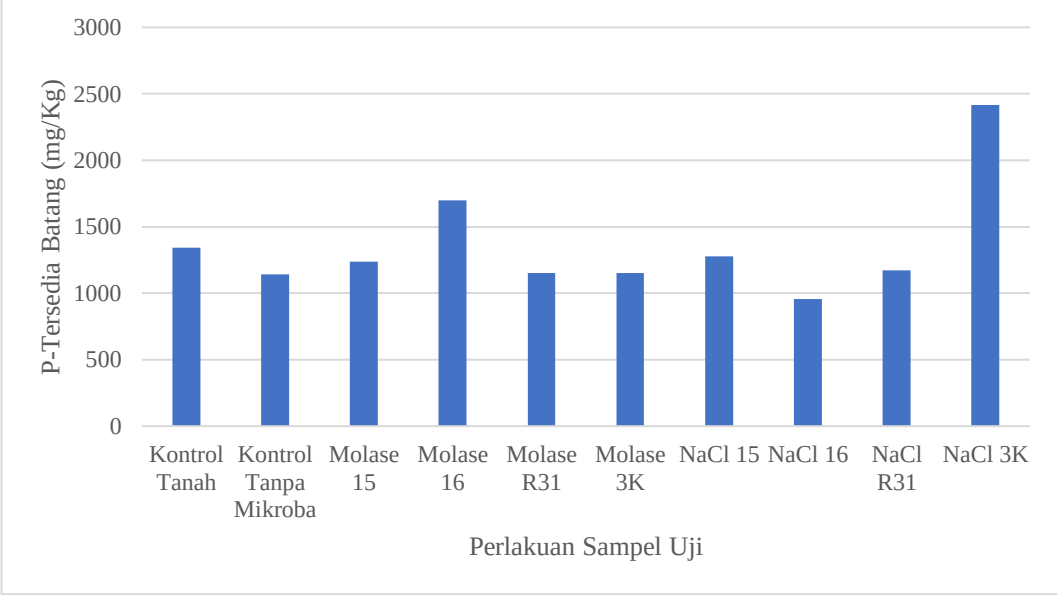
4.3 Pengaruh Media *Carrier* Molase dan NaCl s Terhadap Kadar Fosfat dan Kalium Tanaman *Eucalyptus* Pada Tanah Bekas Tambang Emas

4.3.1 Kadar Fosfat

Unsur P merupakan salah satu bagian penting yang dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhan dan produksi. Kekurangan unsur P pada tanaman dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman kurang maksimal (Karo, 2017). Menurut Buckman dan Brady (1982), Fosfor berguna bagi dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah untuk mempercepat pertumbuhan akar semai, mempercepat dan memperkuat pertumbuhan tanaman muda serta memperkokoh tanaman, mempercepat pembuangan dan pembuahan termasuk pembuahan biji, meningkatkan produksi biji-bijian, memberikan kekebalan tanaman terhadap penyakit tertentu. Berdasarkan Gambar 4.12 kadar P-total tanah pada tanah emas awal memiliki kandungan sebesar 590,072 mg/Kg. Dari beberapa perlakuan sampel uji didapatkan untuk p-total dalam tanah ada yang mengalami peningkatan unsur p dan ada juga yang mengalami penurunan. Peningkatan kadar p total dalam tanah paling tinggi didapat oleh *carrier* media NaCl 3K. Peningkatan unsur p total dalam tanah ini terjadi pada semua media *carrier* NaCl, sedangkan pada pada media *carrier* molase semua perlakuan mikroba mengalami penurunan unsur p. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa media molase kurang efektif membantu mikroba dalam upaya mingkatkan kadar p total dalam tanah dan media NaCl mampu memberikan membantu mikroba dalam peningkatan kadar p total tanah dengan mikroba 3 konsorsium mengalami peningkatan paling banyak.

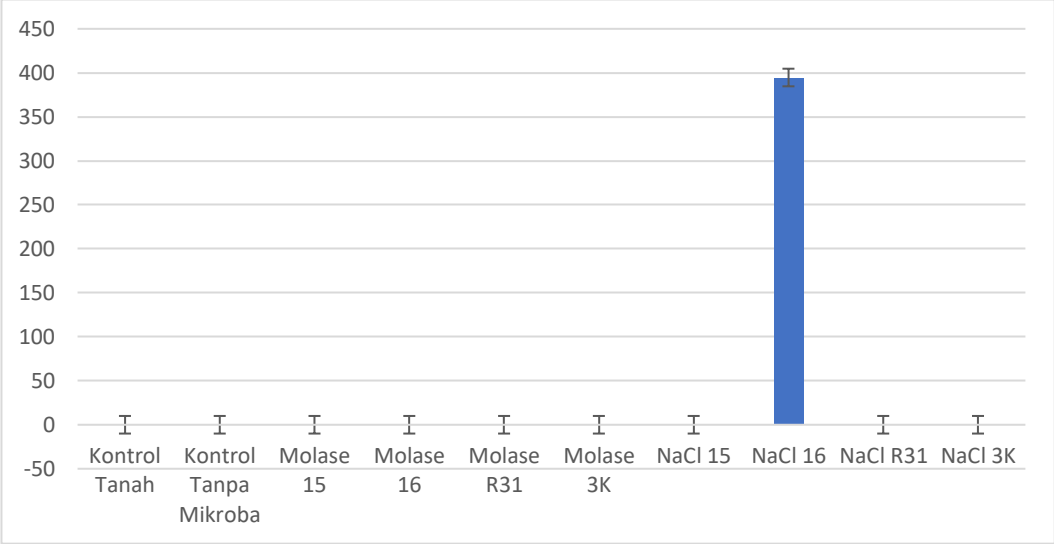


Gambar 4. 12 Grafik Kadar P-total Tanah



Gambar 4. 13 Grafik Kadar P-total Batang

Sedangakan kadar p total yang terdapat pada jaringan batang yang terjadi pada data yang diperoleh pada gambar 4.13, perlakuan media NaCl 3K memiliki serapan fosfat paling tinggi diantara perlakuan media yang lain. NaCl 3K mampu menyerap fosfat hingga 2415,14 mg/Kg pada jaringan batang. Hal tersebut sejalan dengan tingginya kadar p total dalam tanah yang terukur.

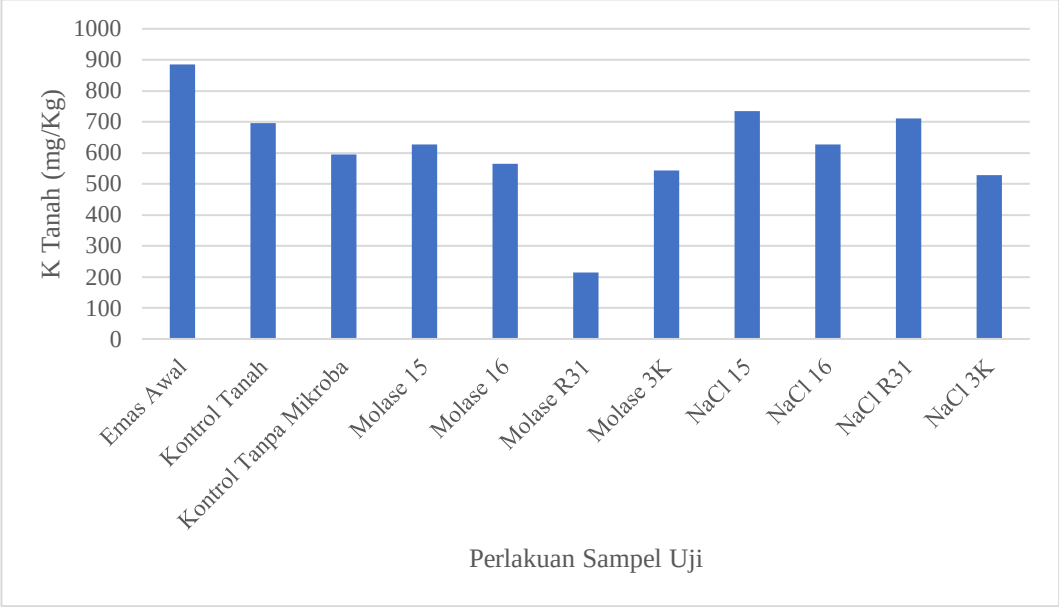


Gambar 4. 14 Grafik Konsentrasi P-tersedia Akar

Sedangkan pada jaringan akar kadar p total hanya terbaca pada perlakuan media *carrier* NaCl 16. Pada perlakuan media *carrier* yang lain kadar p total pada jaringan akar tidak terbaca, hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh kecilnya kadar p total yang terdapat pada jaringan akar sehingga tidak terbaca oleh alat.

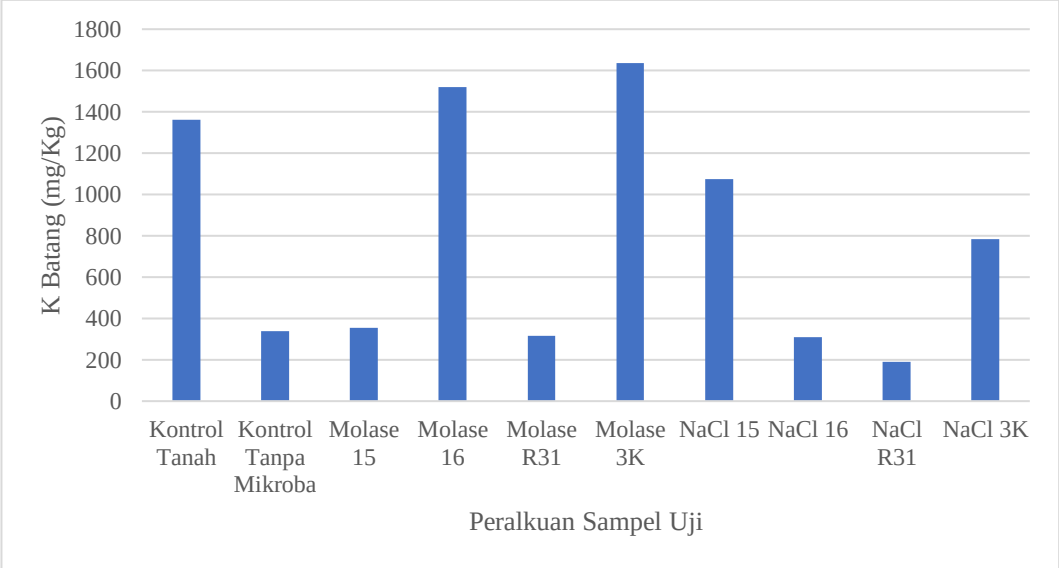
4.3.2 Kadar Kalium

Unsur K memiliki peran untuk memacu translokasi asimilat dari sumber (daun) ke bagian organ penyimpanan (sink) dan juga terlibat dalam proses membuka dan menutupnya stomata. Stomata akan membuka karena sel penjaga menyerap air, dan penyerapan air ini terjadi sebagai akibat adanya ion K^+ (Singh et al., 2014). Pada penelitian ini didapatkan data seperti pada garafik sebagai berikut, pada kondisi tanah emas awal kadar kaliumnya adalah sebesar 886,21 mg/Kg dan 695,90 mg/Kg pada kondisi tanah kontrol. Setelah dilakukan perlakukan dengan media *carrier* molase dan NaCl kadar kalium dalam tanah mengalami penurunan.



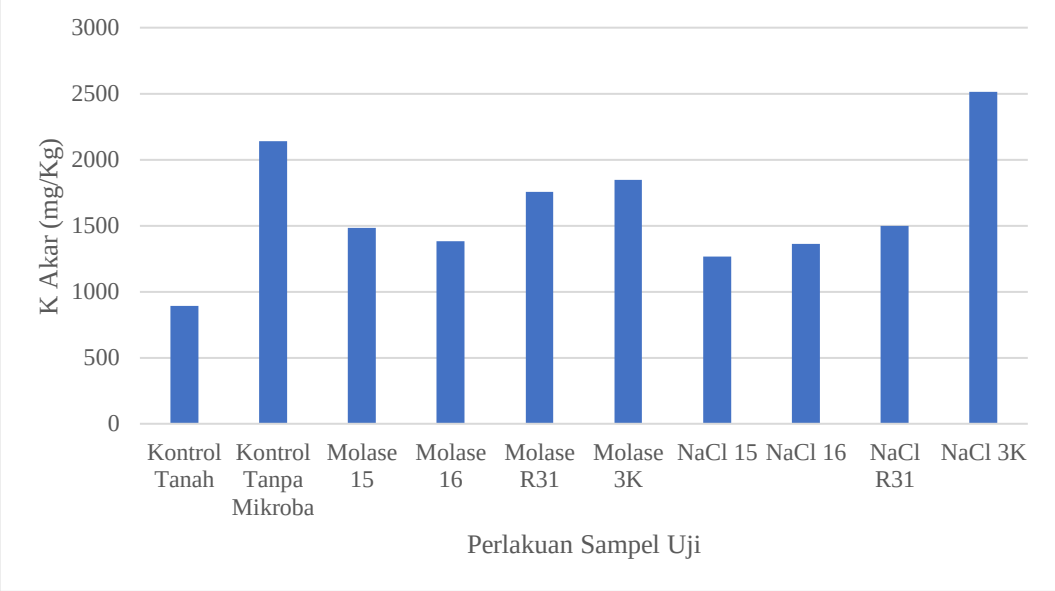
Gambar 4. 15 Grafik Konsentrasi Kalium Tanah

Pada jaringan batang serapan kalium terbesar terdapat pada perlakuan media *carrier* molase 3K yaitu sebesar 1635,35 mg/Kg dan molase 16 sebesar 1519,14 mg/Kg. Banyak dan sedikitnya serapan yang masuk hingga jaringan batang ini dipengaruhi oleh efektifitas mikroba serta media *carrier*nya. Tingginya serapan kalium jaringan batang pada perlakuan media *carrier* molase menunjukan bahwa molase efektif dalam membantu mikroba untuk membantu penyerapan nutrisi kalium khusunya pada mikroba molase 16 dan 3 Konsorsium.



Gambar 4. 16 Grafik Konsentrasi Kalium Batang

Sedangkan pada jaringan akar serapan tertinggi kalium berada pada perlakuan media *carrier* NaCl 3K dan kontrol tanpa mikroba. Kedua perlakuan tersebut memiliki serapan kalium pada jaringan akar sebesar 2513,76 mg/Kg untuk NaCl 3K dan 2140,74 mg/Kg untuk kontrol tanpa mikroba.



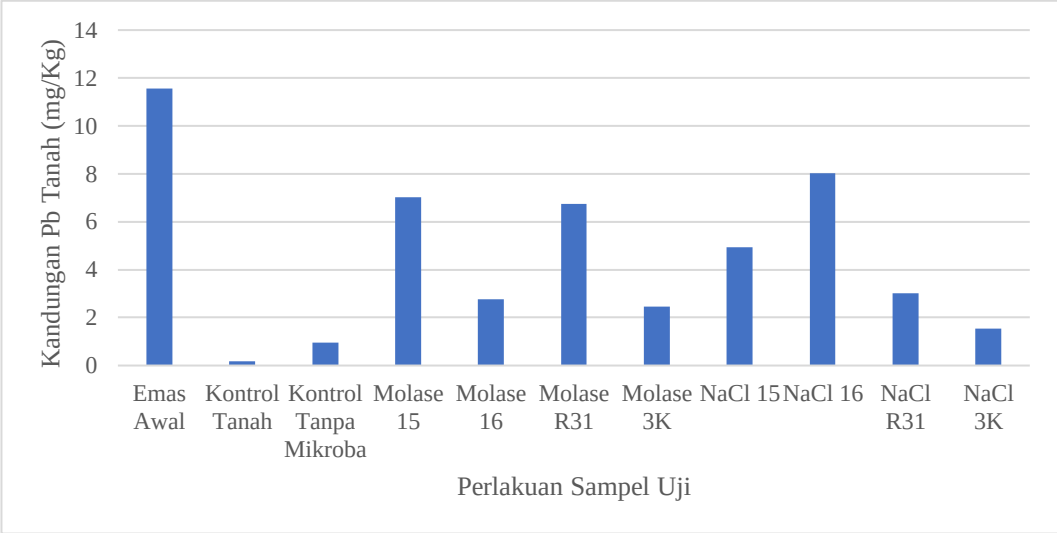
Gambar 4. 17 Grafik Konsentrasi Kalium Akar

4.4 Pengaruh Media *Carrier* Molase dan NaCl Terhadap Penyerapan Logam Berat Tanaman *Eucalyptus* Pada Tanah Bekas Tambang Emas

4.4.1 Reduksi Logam Timbal (Pb)

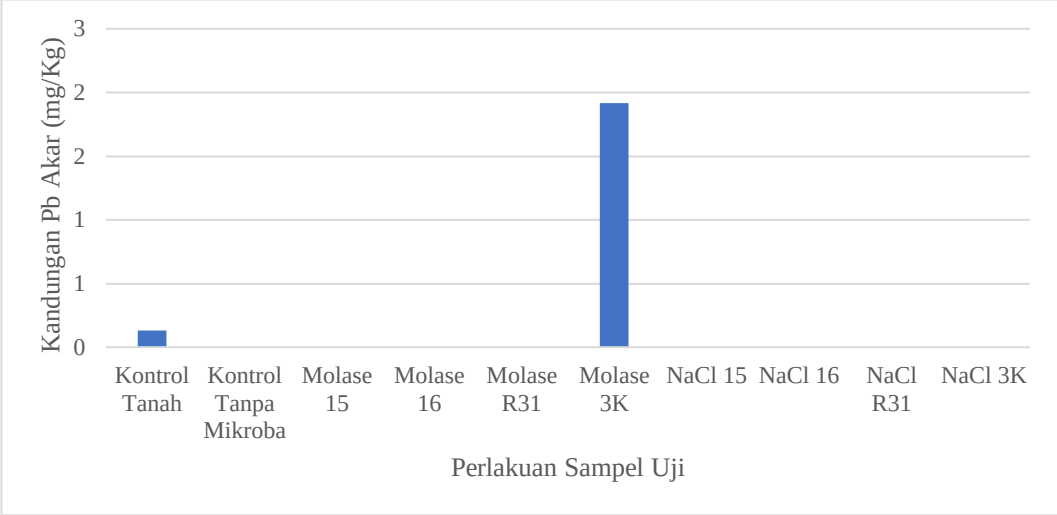
Berdasarkan gambar 4.18 dari data hasil penelitian yang didapat tanah emas awal memiliki kandungan logam Pb sebesar 11,55 mg/Kg. Menurut Ministry of State for Population and Enviromental of Indonesia, and Dalhousie, University Canada (1992). Ambang batas maksimum keberadaan logam Pb adalah 100 ppm. Sehingga dapat ditarik kesimpulan tanah emas awal masih dalam batas aman ambang batas logam Pb. Pada perlakuan *carrier* media molase dan NaCl, mikroba mampu mengurangi kandungan timbal (Pb) dalam tanah. Pengurangan kandungan Pb ini bervariatif pada setaiap perlakuanya. Penurunan kandungan paling banyak terdapat pada kontrol tanpa mikroba. Pengurangan kadar logam Pb dalam tanah yang paling tinggi terdapat pada perlakuan media *carrier* kontrol tanpa mikroba yang mampu mengurangi kadar logam Pb hingga 0,953 mg/Kg. Pada perlakuan media *carrier*

molase pengurangan kadar logam Pb paling banyak terdapat pada perlakuan NaCl 3K, sedangkan pada perlakuan media *carrier* molase pengurangan paling tinggi terdapat pada molase 3K. Dari grafik yang didapat dari penelitian yang ada menunjukan bahwa semua perlakuan menunjukan pengurangan terhadap kadar logam Pb. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa mikroba pada *carrier* molase dan NaCl mampu mengurangi kadar logam Pb dalam tanah bekas tambang emas.



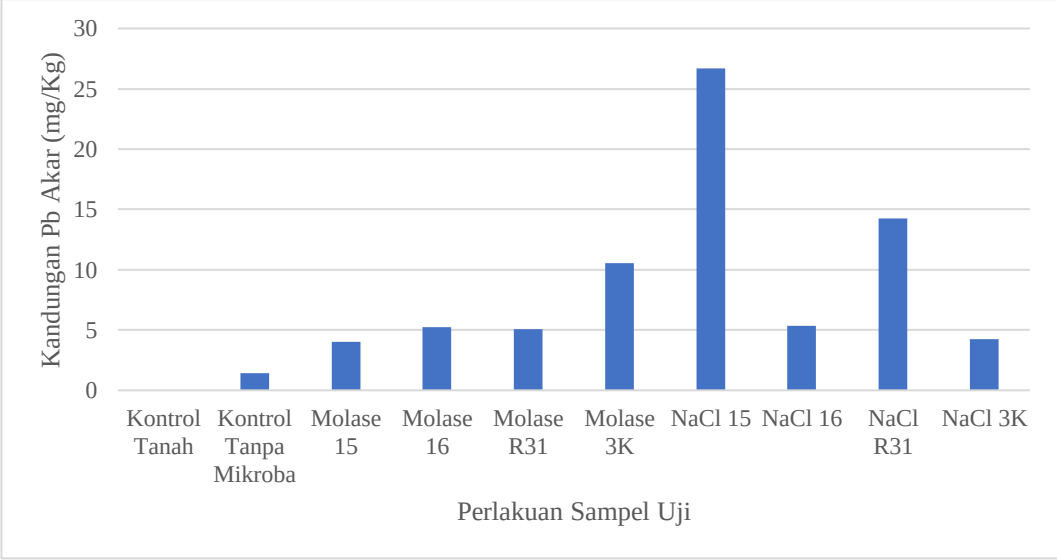
Gambar 4. 18 Grafik Konsentrasi Pb Tanah

Pada jaringan batang dapat dilihat bahwa logam Pb juga terserap oleh tanaman *Eucalyptus.* Serapan logam Pb pada batang tertinggi terjadi pada media *carrier* molase 3K. Hal ini menunjukan bahwa mikroba dalam media molase 3K kurang efektif dalam mereduksi logam timbal. Pada jaringan batang perlakuan media *carrier* yang lain, serapan logam Pb lebih sedikit dibandingkan dengan molase 3K.



Gambar 4. 19 Grafik Konsentrasi Pb Batang

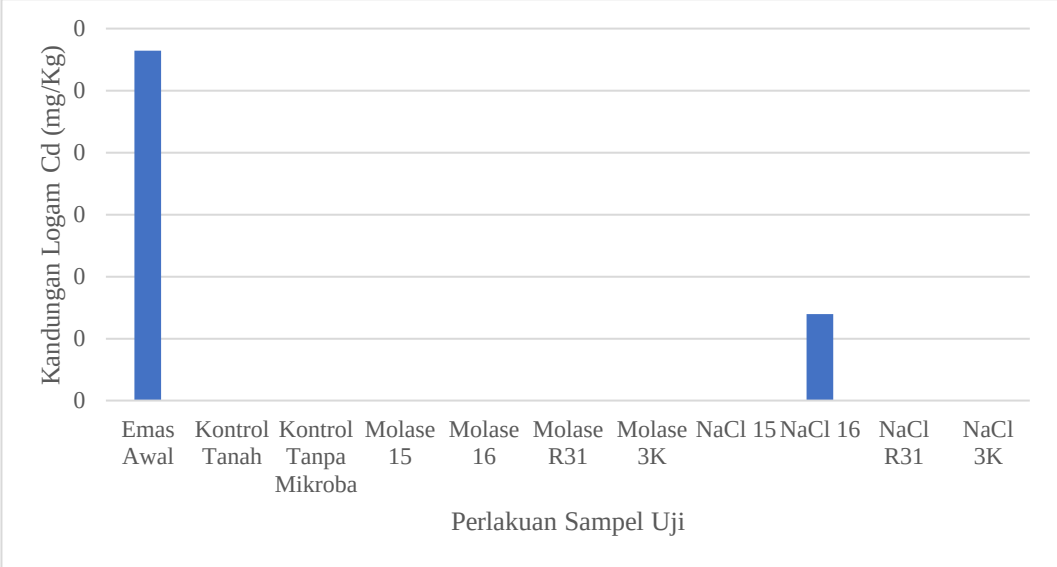
Pada Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa serapan logam Pb dalam jaringan akar masih tinggi baik pada *carrier* media molase maupun NaCl. Hal ini terjadi dikarenakan semakin tinggi serapan Pb maka semakin rendah kandungan Pb yang ada didalam tanah, namun serapan Pb dapat menghambat dan menyebabkan pertumbuhan tanaman kurang optimal. Semakin tingginya tanaman dalam menyerap Pb yang terdapat dalam tanah, maka akan semakin berkurang kandungan Pb dalam tanah. Bagian tanaman *Eucalyptus* yang paling banyak mengakumulasi Pb atau mengandung Pb paling banyak terdapat pada jaringan akar. Sedangkan bagian batang dan daun kandungan logam Pb semakin berkurang.



Gambar 4. 20 Grafik Konsentrasi Pb Akar

4.4.2 Reduksi Logam Cadmium (Cd)

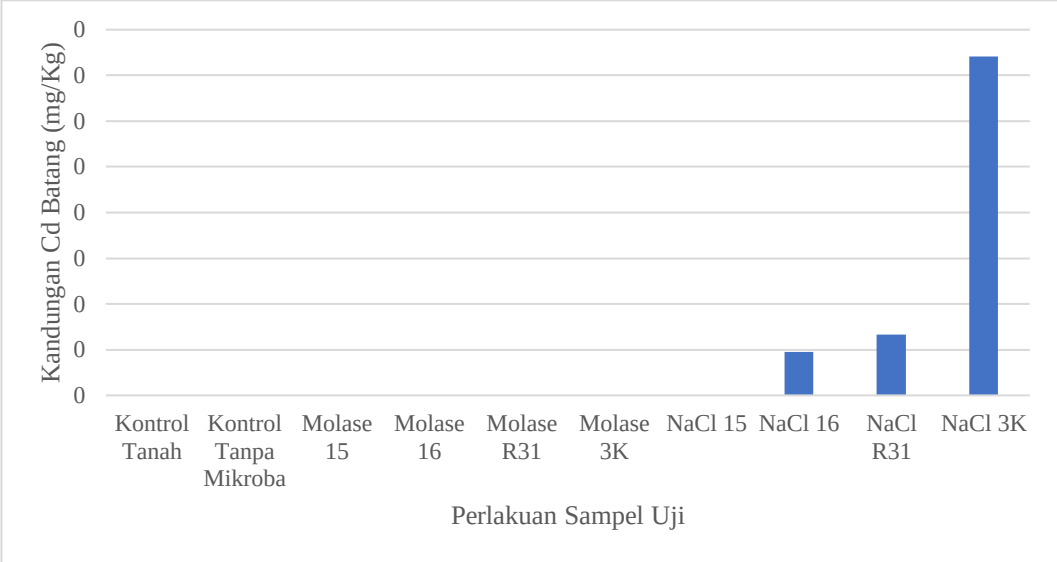
Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang sangat berbahaya jika keberadaannya di dalam tanah telah melewati ambang batas. Pada penelitian kali ini, dapat dilihat pada gambar 4.21 kadar kadmiun dalam tanah sangat rendah sehingga tidak terbaca oleh alat. Pada kondisi tanah emas awal kadar logam Cadmium hanya sebesar 0,028 mg/Kg. Hal tersebut terjadi diduga karena kadar kadmiun yang ada didalam tanah sangat kecil. Sehingga alat tidak mampu membaca ketelitian tersebut. Unsur logam berat Kadmium (Cd) terdapat di dalam tanah secara alami dengan kandungan rata-rata rendah yaitu 0.4 mg/kg tanah. Sedangkan pada tanah yang bebas polusi besar kandungan Cd adalah 0.06-1.00 mg/kg tanah (Pakpahan, 2019). Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah didapatkan bahwa kandungan Cd pada tanah emas awal hanya sebesar 0,028 mg/Kg maka hal tersebut belum bisa dikatakan tercemar. Menurut Penelitian Qurniawan (2011) jika kadar cadmium dalam tanah lebih dari 2 mg/kg maka tanah tersebut termasuk tanah beracun. Pada jaringan batang dan akar juga sama seperti pada tanah, kadar Kadmium tidak terbaca oleh alat.



Gambar 4. 21 Grafik Konsentrasi Cd Tanah

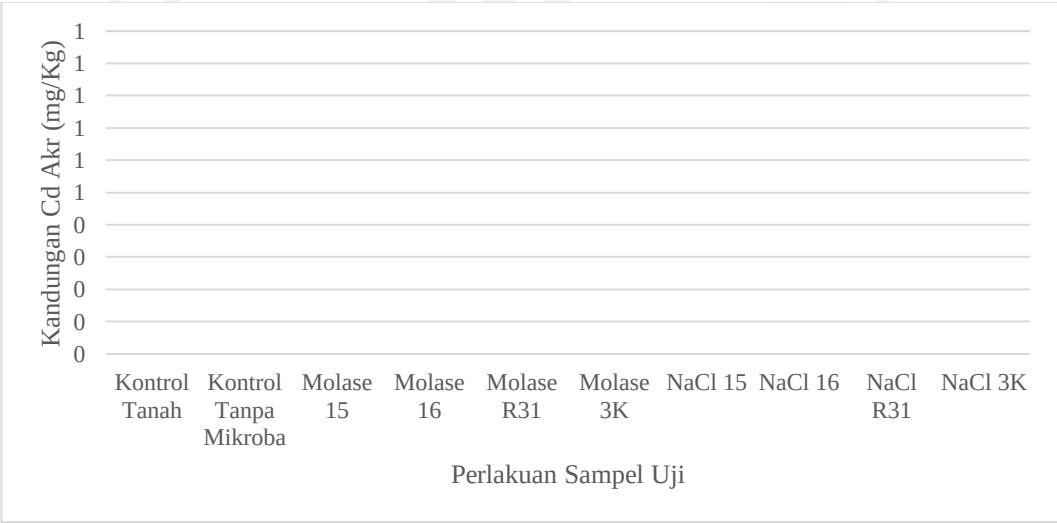
Rendahnya kandungan Cadmium (Cd) dalam tanah ini berbanding terbalik dengan penetilan sebelumnya. Menurut Rindi (2022) kandungan logam berat dalam tanah sektar tambang emas di dominasi oleh Merkuri (Hg) dan Kadmium (Cd). Namun pada penelitian ini kandungan Cadmium (Cd) yang terdeteksi sangatlah sedikit,

pada pembacaan alat ICP-MS yang digunakan kandungan logam Cadmium (Cd) terbaca pada tanah emas awal sebesar 0,028 mg/Kg dan sebesar 0,007 mg/Kg pada perlakuan sampel tanah NaCl 16



Gambar 4. 22 Grafik Konsentrasi Cd Batang

Namun pada jaringan batang perlakuan media *carrier* NaCl 3K terdapat kadar logam Cd sebesar 0,3709 mg/Kg. Hal tersebut menunjukan adanya serapan logam Cd hingga ke batang.

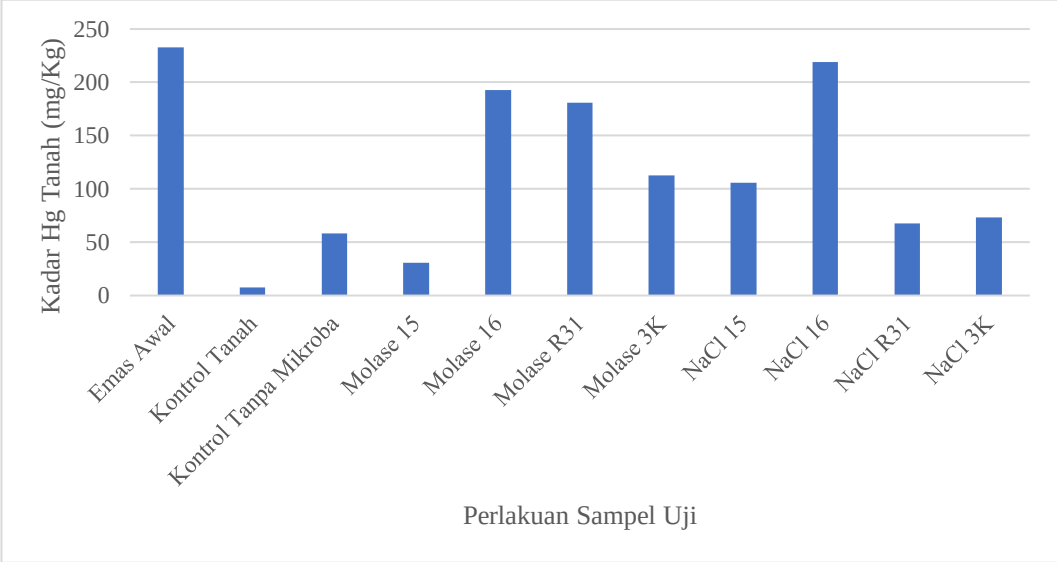


Gambar 4. 23 Grafik Konsentrasi Cd Akar

Sedangakan untuk jaringan akar kadar logam Cd sangat kecil sehingga alat yang digunakan tidak mampu membaca kadar Cd yang ada pada jaringan akar.

4.4.3 Reduksi Logam Merkuri (Hg)

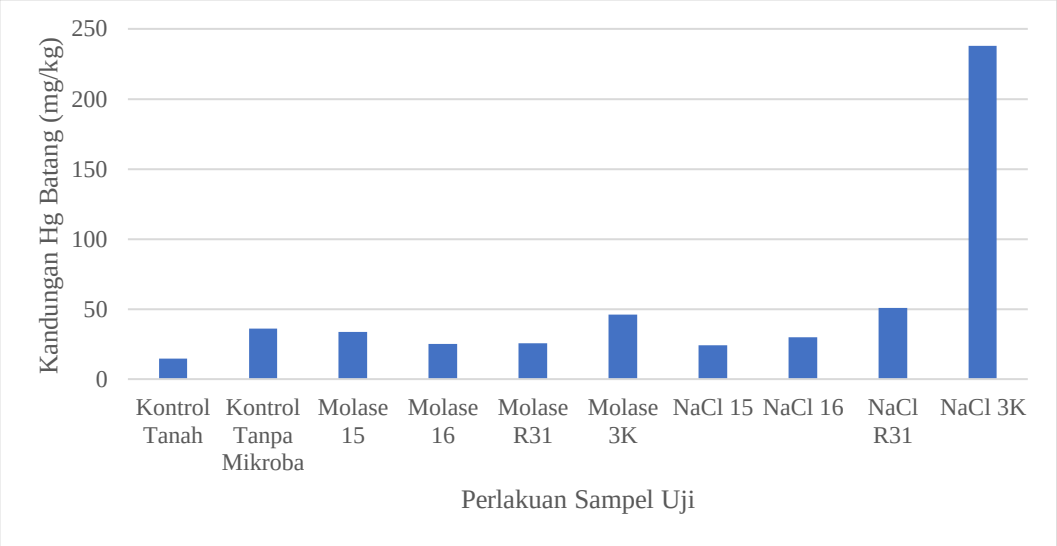
Pada gambar 4.24 dapat dilihat bahwa kondisi tanah emas awal memiliki kandungan merkuri (Hg) yang tinggi. Pada tanah eams awal kandungan Hg sebesar 232,92 mg/Kg. Hal itu dikarena selama proses pemisahan emas dilakukan merkuri digunkan sebagai bahan pengikat emas atau yang biasa disebut sebagai proses amalgamasi. Nilai ambang batas kandungan merkuri (Hg) yang diperbolehkan dalam tanah sawah menurut baku mutu tanah yang dikeluarkan oleh kantor KLH-Dalhousie University Canada (1992) untuk penggunaan pertanian yaitu sebesar 0,5 ppm. Sedangkan untuk nilai ambang batas cemaran merkuri (Hg) dalam makanan (tepung dan hasil olahannya) yang diizinkan menurut surat Dirjen POM (1989) adalah sebesar 0,05 ppm (Haryono, 2009). Pada penelitian kali ini pada berbagai jenis perlakuan media baik dari molase maupun NaCl semua mampu menurunkan kadar merkuri dalam tanah. Penurunan kadar Hg yang terjadi ini bervariatif namun pada semua jenis perlakuan mengalami penurunan. Molase dan NaCl mampu membantu mikroba untuk menurunkan kadar logam merkuri yang ada. Pada grafik yang telah diperoleh dari penelitian menunjukan bahwa mikroba 15 pada media *carrier* molase paling efektif menurunkan kadar logam merkuri.



Gambar 4. 24 Grafik Konsentrasi Hg Tanah

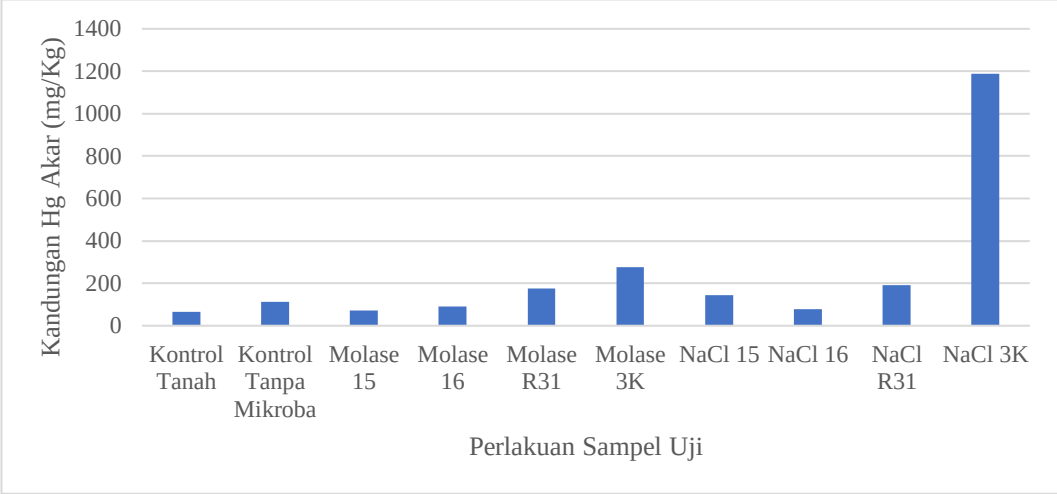
Pada jaringan batang reduksi logam merkuri (Hg) berdasarkan gambar 4.25 didapatkan bahwa kadar Hg tertinggi adalah pada perlakuan NaCl 3 konsorium.

Translokasi logam berat yang terserap dalam akar kemudian dipindahkan ke bagian tumbuhan lain. Hal ini dapat disimpulkan bahwa NaCl 3 konsorium dapat menyerap atau mengakumulasi logam merkuri paling besar pada jaringan batang tanaman uji. Tingginya serapan logam dalam batang NaCl 3K adalah sejalan apabila melihat serapan yang terjadi pada akarnya.



Gambar 4. 25 Grafik Konsentrasi Hg Batang

Sedangkan pada jaringan akar serapan logam Hg dapat dilihat pada gambar 4.24, jika pada perlakuan molase 16 mampu menyerap logam Hg paling tinggi. Hal tersebut sesuai dengan mekanisme fitoromediasi yang mengacu pada serapan dan kontaminan di dalam tanah yang terkontaminasi. Terjadi penyerapan logam dalam tanaman dimana akar menyerap kontaminan logam paling banyak. Dibandingkan dengan perlakuan yang lain NaCl 3K mampu menyerap logam Hg jauh lebih banyak dibandingkan yang lainya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan kemampuan tanaman dalam menyerap logam Hg ke jaringan akar terjadi pada perlakuan NaCl 3K



Gambar 4. 26 Grafik Konsentrasi Hg Akar

BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Molase dan NaCl sebagai *carrier* media mikroba mampu memberikan peningkatan terhadap pertumbuhan tanaman *Eucalyptus* dari segi peningkatan tinggi tanaman, diameter tanaman, dan jumlah daun tanaman.
2. Molase dan NaCl dinilai efektif sebagai inokulum karena pada berbagai perlakuan mampu mereduksi logam berat timbal merkuri.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian logam cadmium bisa ditinjau kembali dalam keberadaanya di lahan bekas tambang emas karena kadar yang begitu sedikit

DAFTAR PUSTAKA

AHMAD, Arifin. UJI CARRIER BAKTERI PELARUT FOSFAT SEBAGAI AGEN PUPUK HAYATI PHOSPHATE SOLUBLIZING BACTERIA CARRIER TEST AS AGENT OF BIOFERTILIZER. 2015. PhD Thesis. Universitas Mataram.

Amran, M. B., Sari, N. K. E., Setyorini, D. A., Wahyu, Y., Widiani, D., & Irnameria, D. (2015). Analisis Kualitas Tanah Pantai Sawarna Kabupaten Lebak Provinsi Banten. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*, *8*.

APRILIANI, Iin Nur. Pengaruh kalium pada pertumbuhan dan hasil dua varietas tanaman ubi jalar (Ipomea batatas (L.) Lamb). Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian [JIMTANI], 2022, 2.5.

Buckman, H. O. dan N.C.Brady. 1982. Ilmu Tanah (terjemahan). Bharatara Karya Aksara. Jakarta.

DAVID F. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi can benefit heavy metal tolerance and phytoremediation. JNat Res Life Sci Edu 41(1): 23-26.

IANG C-C,Li T, Xiao Y-P, Liu M-J, Zhang H-B,Zhao Z-W. 2009. Effects of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on maize grown in multi-metal contaminated soil. IntlJPhytoremed 11: 692-703.

DEWANTORO, EkoPriyo. Pengaruh Penambahan Volume Molase Segar Yang Berbeda Terhadap Karakteristik Kualitas Hidrolisat Protein Kerang Hijau (Perna viridis)Rebus Selama Masa Fermentasi dengan Starter Khamir Laut. 2015. PhD Thesis.Universitas Brawijaya.

HAPSARI, Agustina Tri; DARMANTI, Sri; HASTUTI, Endah Dwi. Pertumbuhan Batang, Akar dan Daun Gulma Katumpangan (Pilea microphylla (L.) Liebm.) Stems, Roots and Leaves Growth of Ketumpang (Pilea microphylla (L.) Liebm.) Weeds.

HAPSARI, R. I.; LESTARI, S. U. FITOREMEDIASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA TANAH YANG TERCEMAR DENGAN TANAMAN BIDURI (Caloptropis gegantea) DAN RUMPUT GAJAH (Panicum maximum. Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia, 2017, 2.1: 9-14.

HANIFAH. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Raja Grafindo Persada

Herman DZ. 2006. Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam.J Geologi Indonesia 1(1): 31-36.

INDRIANI, Febby Nur; Hindersah, Reginawanti; Suryatmana, Pudjawati. N-Total, Serapan N, dan Pertumbuhan Kacang Tanah (Arachis hypogaea L.) Akibat InokulasiAzotobacter dan Bahan Organik pada Tailing Tambang Emas Pulau Buru, Maluku. *soilrens*, 2017, 15.2.

INDARWATI, T., Maria, Mahendra, S. M., Arthana, W. I. 2007. Analisis Kadar Logam Berat Air Sungai Sekonyer di Kabupaten Kota Waringin Barat Kalimantan Tengah. Jurnal Ecotrophic 2(2) : 1-10.

KARO, Bina Br. Pengaruh pemberian pupuk fosfat dan sulfur terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kentang (Solanum tuberosum) varietas Granola dalam polibag. Jurnal Agroteknosains, 2017, 1.2: 111-116.

KOMARAWIDJAJA, Wage. Karakteristik dan pertumbuhan konsorsium mikroba lokal dalam media mengandung minyak bumi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2009, 10.1:114-119.

KUSUMA, Ratih Chandra. Kajian Kandungan Logam Berat di Lokasi Penambangan Emas Tradisional di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo. *ReTII*, 2017.

LEKATOMPESSY, Sylvia Jr; Sukiman, Harmastini, I. Peran mikroba dalam penyediaan bibt berkualitas dalam menunjang penghijauan kota. In: *ProsidingSeminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 2015. p. 2000-2005.

NENENG, Liswara; Saraswati, Dewi. Reklamasi Lahan Kritis Bekas Penambangan Emas Menggunakan Metode Bioremediasi dan Fitorememdiasi. EnviroScienteae, 15.2: 216-225.

PUTRI, Gusliani Eka. Gejala Kesehatan Yang Diderita Penambang Emas Akibat Proses Penambangan Emas Menggunakan Merkuri (Hg). *Jurnal Kesehatan Medika Saintika*, 2017, 8.1: 69-78.

RAHAYU, Rika; ABRAM, Paulus Hengky. Analisis Jenis dan Kandungan Logam

pada Batuan Buangan dari Pertambangan Emas Poboya. *Media Eksakta*, 2020, 16.2: 122-127.

RAHMAN, Fatur, et al. Potensi Tumbuhan Lokal Sebagai Agen Fitoremediasi Untuk Menurunkan Kadar Logam Merkuri(Hg) Pada Lahan Bekas Pertambangan Emas Tanpa Izin Di Kabupaten Sorolangun, Jambi. *ENVIROTEK: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2021, 13.2: 48-54.

RETNOWATI, Yuliana. Isolasi dan identifikasi bakteri pengguna merkuri dari sedimensungai yang terkontaminasi limbah tambang emas. *Saintek*, 2011, 6.1: 1-9.

ROIDI, Ahmad Alfi. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Daun Lamtoro (Leucaena leucocephala) Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Sawi Pak Coy (Brasicca chinensis L). Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta, 2016.

SEPTININGRUM, Krisna; HARDIANI, Henggar. Aplikasi Konsorsium Mikroba untuk Meremediasi Tanah Terkontaminasi Timbal dari Limbah Proses Deinking Industri Kertas. Jurnal Selulosa, 2016, 1.02.

Singh, A. N., A. S. Raghubanshi and J. S. Singh. 2002. Plantation as a Tool for Mine Spoil Restoration. Current Sci. 82(12):1436-1441.

Sitompul, S.M. dan Guritno, B. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. UGM Press, Yogyakarta.

SUHARNO, S., & SANCAYANINGSIH, R. P. (2013). Fungi mikoriza arbuskula: potensi teknologi mikorizoremediasi logam berat dalam rehabilitasi lahan tambang. Asian Journal of Tropical Biotechnology, 10(1), 23-34.

SUKONO, Geo Aghni Bintan, et al. Mekanisme Fitoremediasi. Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL), 2020, 2.02.

SUMANTRI, Arif, et al. Logam merkuri pada pekerja penambangan emas tanpa izin. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional (National Public Health Journal)*,2014, 8.8: 398-403.

SUMUAL, Herry. Karakterisasi Limbah Tambang Emas Rakyat Dimembe KabupatenMinahasa Utara. *Jurnal Agritek*, 2009, 7.5.

SUSANTI, Henny Dwi. Transport Metilmerkuri (MeHg) dan Merkuri Inorganik

(I-Hg)Terhadap Janin dan Asi. *Jurnal Keperawatan*, 2013, 4.2.

Wahyu Pratiwi, L., Sulistiyanto, B., & Cahya Setya Utama, dan. (2020). Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan VII-Webinar: Prospek Peternakan di Era Normal Baru Pasca Pandemi COVID-19, Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman.

WASIS, Basuki; Fathia, Nuri. Pengaruh pupuk NPK terhadap pertumbuhan semai gmelina(Gmelina arborea Roxb.) pada media tailing emas (tailing). *Jurnal Silvikultur Tropika*, 2011, 2.1: 14-18.

WIDODO, Widodo. Pengaruh Perlakuan Amalgamasi Terhadap Tingkat Perolehan Emas danKehilangan Merkuri. *RISET Geologi dan Pertambangan*, 2008, 18.1: 47-53.

WIDOWATI, W. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Yogyakarta: C.V Andi offset.

WIDOWATI, Widowati; ASNAH, Asnah; SUTOYO, Sutoyo. Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk kalium terhadap pencucian dan serapan kalium pada tanaman jagung. Buana Sains, 2012, 12.1: 83-90.

Widagdo, A., Paramumijono, S., Harijoko, A., & Setiawan, A. (2016). Preliminary Study of Geological Structures Control for the Distribution of Rocks in Kulonprogo Mountain Region Yogyakarta. Proceedings of National Earth Conference, 9–20.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan Sampel Tanah Bekas Tambang Emas di Dusun Sangon, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo

Lampiran 2. Perawatan dan Pengamatan Tanaman

RIWAYAT HIDUP

Rifqi Luthfianto atau yang akrab dipanggil Luthfi, lahir di Magelang 20 Oktober 1999 merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Sukiran S.Pd dan Ibu Yuni Indrawati S.Pd dan memilki saudara yaitu Fuad Arkan Nugroho. Penulis menempuh pendidikan di SMKN 2 Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan jurusan Kimia Industri. Jenjang pendidikan dari penulis yaitu SD Negeri Somokaton 2, SMPN 1 Muntilan, dan SMKN 2 Depok. Saat ini penulis sedang menyelesaikan studi sarjana satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.