

**KANDUNGAN TIMBAL (Pb) DALAM TANAH PADA BERBAGAI JARAK  
DARI LOKASI PEMBUANGAN LIMBAH SEGAR DI PT. ANEKA  
TAMBANG, BOGOR**

Oleh:

**AMELIA ANANDA PUTRI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG**

**2019**



**KANDUNGAN TIMBAL (Pb) DALAM TANAH PADA BERBAGAI JARAK  
DARI LOKASI PEMBUANGAN LIMBAH SEGAR DI PT. ANEKA  
TAMBANG, BOGOR**

Oleh:

**AMELIA ANANDA PUTRI**

**155040200111078**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH**

**MALANG**

**2019**



### PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Desember 2019

Amelia Ananda Putri  
NIM. 155040200111078



### LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Kandungan Timbal (Pb) dalam Tanah pada Berbagai Jarak dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar di PT. Aneka Tambang, Bogor

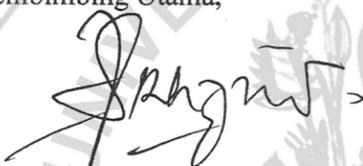
Nama : Amelia Ananda Putri

NIM : 155040200111078

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Pembimbing Utama,



Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19611028 198701 2 001

Disetujui

Pembimbing Pendamping,



Christanti Agustina, S.P., M.P.  
NIK. 2017098208262001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Ilmu Tanah,  
Fakultas Pertanian



Syahrial Kurniawan, S.P., M.P., Ph.D.  
NIP. 197910182005011002

Tanggal Persetujuan: 9 DEC 2019



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

*[Signature]*

*[Signature]*

Syahrul Kurniawan, SP.,MP.,Ph.D.

Ir.Sri Rahayu Utami., M.Sc.,Ph.D

NIP. 197910182005011002

NIP. 196110281987012001

Penguji III

Penguji IV

*[Signature]*

*[Signature]*

Christanti Agustina, SP., MP.

Prof.Ir. Eko Handayanto,M.Sc.,Ph.D.

NIK. 2017098208262001

NIP. 195203051979031004

Tanggal Lulus: **10 JAN 2020**



## RINGKASAN

**AMELIA ANANDA PUTRI. 155040200111078. Kandungan Timbal (Pb) dalam Tanah pada Berbagai Jarak dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar di PT. Aneka Tambang, Bogor. Di bawah bimbingan Sri Rahayu Utami, selaku pembimbing utama, dan Christanti Agustina sebagai pembimbing pendamping.**

---

Tanah yang telah tercemar oleh logam berat adalah salah satu masalah yang membutuhkan solusi efektif karena racun dari logam berat sangat berpotensi dalam merusak tanah dan memiliki sifat persisten dalam waktu yang cukup panjang. Kontaminasi tanah ini umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penambangan, industri, atau bahkan pertanian yang salah dalam menggunakan pupuk serta pestisida. Timbal atau Pb merupakan kelompok logam berat yang tidak bersifat esensial bagi tanaman, bahkan dapat membuat siklus hara dalam tanah menjadi terganggu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi status keberadaan logam berat timbal dalam tanah di sekitar tailing, mengkaji pengaruh jarak, kedalaman dan sifat tanah yang dapat mempengaruhi kadar timbal. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keberadaan logam berat yang terdapat pada tanah di sekitar PT. Aneka Tambang, Bogor sehingga dapat membantu dalam mengurangi pencemaran terutama pada tanah disekitar lokasi pembuangan limbah.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2018 sampai dengan bulan Januari 2019. Pengambilan sampel tanah dilaksanakan di lokasi pembuangan limbah penambangan emas PT. Aneka Tambang, Bogor dan uji kandungan logam timbal (Pb) pada tanah dilakukan di PT. Biodiversitas Bioteknologi Indonesia, Bogor. Penelitian ini menggunakan 18 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali dengan rancangan acak kelompok faktorial. Perlakuan penelitian merupakan kombinasi antara jarak titik pengambilan sampel dari pembuangan, dan kedalaman tanah. Sampel tanah diambil pada jarak 10 m, 20 m, 35 m, 55 m, 80 m dan 110 m. Pada setiap jarak, sampel tanah diambil pada kedalaman 0-15 cm, 15-30 cm dan 30-45 cm. Variabel yang diamati antara lain adalah, pH tanah, bahan organik, serta kadar timbal. Data kemudian dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada program *Genstat Discovery 18th Edition*, menggunakan uji DMRT pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah pada lokasi pertambangan memiliki kadar timbal yang berkisar antara 22,39 ppm sampai 39,91 ppm dan termasuk dalam kategori tercemar sehingga tidak bisa digunakan untuk lahan pertanian. Semakin jauh jarak dari lokasi pembuangan limbah segar kandungan timbal semakin rendah. Kadar timbal tertinggi terdapat pada jarak 10 m (39,91 ppm) dan yang terendah terdapat pada jarak 110 m (22,54 ppm). Kandungan timbal semakin meningkat seiring dengan kedalaman tanah. Kadar timbal tertinggi terdapat pada kedalaman 45 cm (39,33 ppm) dan yang terendah terdapat pada kedalaman 15 cm (25,39 ppm). Kadar timbal dalam tanah semakin menurun seiring dengan peningkatan pH tanah ( $R^2 = 0,9376$ ) dan dengan meningkatnya bahan organik ( $R^2 = 0,7936$ ).

## SUMMARY

**AMELIA ANANDA PUTRI. 155040200111078. Lead (Pb) Content in Soil at Various Distances from the Location of Fresh Waste Disposal at PT. Aneka Tambang, Bogor. Supervised by Sri Rahayu Utami as main supervisor and Christanti Agustina as second supervisor.**

---

Soil that has been polluted by heavy metals is one of the problems that requires an effective solution because the toxins from heavy metals have the potential to damage the soil and have persistent properties for a long time. This soil contamination is generally caused by human activities such as mining, industry, or even agriculture that is wrong in using fertilizers and pesticides. Lead or Pb is a group of heavy metals that are not essential for plants and can even disrupt nutrient cycles in the soil. The purpose of this study is to evaluate the status of the presence of lead heavy metals in the soil around the tailings, assess the effect of distance, depth and soil properties that can affect lead content. Through this research, it is expected to provide information about the presence of heavy metals present in the soil around PT. Aneka Tambang, Bogor so that it can help in reducing pollution, especially on the land around the location of waste disposal.

This study was conducted in December 2018 until January 2019. Soil sampling was carried out at the gold mining waste disposal site of PT. Aneka Tambang, Bogor and Pb content in the soil was analyzed at PT. Biodiversitas Bioteknologi Indonesia, Bogor. This study used 18 treatments and was repeated 3 times with a factorial randomized block design. Soil samples were taken at a distance of 10 m, 20 m, 35 m, 55 m, 80 m and 110 m. At each distance, soil samples were taken at depths of 0-15 cm, 15-30 cm and 30-45 cm. Soil pH, organic matter, and lead content were determined. Data were then analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) on the Genstat Discovery 18th Edition program, using the DMRT test at 5% level.

The results showed that the soil at the mining site had lead levels ranging from 22.39 ppm to 39.91 ppm (characterized as polluted soil), hence it should be used for agricultural. Lead content in the soil is according to the distance from waste disposal site, i.e the further distance the lower Pb content. The highest level of lead is at a distance of 10 m (39.91 ppm) and the lowest is at a distance of 110 m (22.54 ppm). Lead content increase with soil depth. The highest level of lead is at a depth of 45 cm (39.33 ppm) and the lowest is at a depth of 15 cm (25.39 ppm). Lead content in the soil decreased with increasing soil pH ( $R^2 = 0.9376$ ) organic matter ( $R^2 = 0.7936$ ).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Kandungan Timbal (Pb) pada Kedalaman Tanah dan Jarak yang Berbeda dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar di PT. Aneka Tambang, Bogor”. Dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini, tentunya penulis mendapat bimbingan, arahan, koreksi dan saran, untuk itu rasa terimakasih yang dalam penulis sampaikan kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus, yang telah memberikan berkat, hikmat dan akal budi.
2. Bapak Saut Gabe Hutasoit dan Ibu Iba Hariyanie, kedua orangtua yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan material dari awal hingga akhir perkuliahan.
3. Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama atas pengarahan, bimbingan dan saran yang diberikan.
4. Christanti Agustina, S.P.,M.P. selaku pembimbing pendamping atas pengarahan, bimbingan dan saran yang diberikan.
5. Dr.Ir. Damanhuri, MS. selaku Dekan Fakultas Pertanian atas penyediaan fasilitas untuk kegiatan penelitian.
6. Syahrul Kurniawan, S.P., M.P., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Tanah yang telah memberikan izin untuk melaksanakan kegiatan penelitian.
7. PT. Aneka Tambang Bogor, yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melaksanakan kegiatan penelitian.
8. Bapak Syaiful Habib, Bapak Evi, Bapak Kenda dan Mbak Eva, yang telah membimbing, memberikan saran, dan juga membantu selama penelitian berlangsung.
9. Bapak Trimanto, Bapak Katma, Bapak Las serta pekerja lapang lainnya yang telah banyak membimbing membantu dalam kegiatan penelitian.
10. Hendron Maju Marbun, yang telah banyak mendukung dalam proses perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.
11. Liri, Grace, Eva, Erlis, Indahyo, Siska dan Yessika, yang sedikit banyak telah menjadi teman seperjuangan dalam pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis meminta maaf apabila ada tulisan yang tidak sopan dan menyinggung. Penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 8 Desember 2019

Amelia Ananda Putri



## RIWAYAT HIDUP

Skripsi ini ditulis oleh Amelia Ananda Putri, anak pertama dan satu-satunya dari Bapak Saut Gabe Hutasoit dan Ibu Iba Hariyanie. Penulis dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 17 Oktober 1997. Penulis telah menempuh Pendidikan dasar di SD Santa Maria Monica, Bekasi pada tahun 2003 sampai dengan tahun 2009, lalu penulis melanjutkan Pendidikan ke SMP Strada Budi Luhur, Bekasi pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2012. Tahun 2012, penulis melanjutkan Pendidikan di SMA Negeri 2 Kota Bekasi dan lulus pada tahun 2015. Tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Tahun 2017 penulis mengambil konsentrasi peminatan yaitu Minat Manajemen Sumberdaya Lahan (MSDL), Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Selama menempuh perkuliahan, penulis miliki beberapa pengalaman. Penulis pernah mengikuti beberapa kepanitiaan seperti Inaugurasi Jurnalistis (2015), Paskah LKM Christian Community (2016), Jamming Session (2016), CC Art Night (2016), CC Art Night (2017), Retreat Christian Community (2017), dan juga panitia Pasca Gatraksi HMIT FP UB (2017). Penulis juga pernah mengikuti kegiatan magang kerja di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

**DAFTAR ISI**

RINGKASAN .....	i
SUMMARY .....	ii
KATA PENGANTAR .....	ii
RIWAYAT HIDUP .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Hipotesis .....	3
1.5. Manfaat .....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Pertambangan dan Pertambangan Rakyat.....	4
2.2. Dampak Negatif Pertambangan Terhadap Lingkungan .....	5
2.3. Logam Berat dan Sifatnya .....	5
2.4. Sifat Logam Berat Timbal dan Dampaknya Terhadap Lingkungan .....	6
2.5. Faktor yang Mempengaruhi Kadar Logam Berat dalam Tanah.....	8
III. METODE PENELITIAN .....	10
3.1. Waktu dan Tempat .....	10
3.2. Alat dan Bahan .....	10
3.2.1. Alat dan Bahan Pengambilan Sampel Tanah.....	10
3.2.2. Alat dan Bahan Analisa Laboratorium.....	10
3.3. Rancangan Penelitian.....	11
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	11
3.3.1. Kegiatan Pra Survei.....	11
3.3.2. Kegiatan Survei.....	12
3.3.3. Kegiatan Pasca Survei.....	13
3.5. Analisa Data.....	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	14
4.1. Kegiatan Pertambangan di PT. Aneka Tambang, Bogor.....	14



4.2. Kadar Timbal pada Berbagai Jarak dan Kedalaman ..... 15

4.3. Sifat Tanah yang Mempengaruhi Kadar Timbal..... 17

    4.3.1. Nilai pH dan Hubungannya dengan Kadar Timbal..... 17

    4.3.2. Kandungan Bahan Organik dan Hubungannya dengan Kadar Timbal 21

V. KESIMPULAN DAN SARAN ..... 26

    5.1 Kesimpulan ..... 26

    5.2 Saran ..... 26

DAFTAR PUSTAKA ..... 27

LAMPIRAN ..... 32



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kombinasi Perlakuan .....	11
2.	Parameter dan Metode Pengamatan .....	13



**DAFTAR GAMBAR**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kadar Timbal pada Berbagai Jarak dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar	16
2.	Kadar Timbal pada Setiap Kedalaman Tanah .....	17
3.	Kemasaman Tanah pada Berbagai Jarak dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar.....	18
4.	Kemasaman Tanah pada Setiap Kedalaman.....	19
5.	Hubungan Kemasaman Tanah dengan Kadar Timbal .....	20
6.	Kandungan Bahan Organik pada Berbagai Jarak dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar.....	22
7.	Kandungan Bahan Organik pada Setiap Kedalaman .....	23
8.	Hubungan Kandungan Bahan Organik dengan Kadar Timbal.....	24
9.	Kondisi Tempat Pengambilan Sampel Ulangan Pertama.....	39
10.	Kondisi Tempat Pengambilan Sampel Ulangan Kedua .....	39
11.	Kondisi Tempat Pengambilan Sampel Ulangan Ketiga.....	39
12.	Pengambilan Sampel Tanah .....	40
13.	Sampel Tanah .....	40
14.	Menghaluskan Sampel Tanah dengan Mortar dan Pistil.....	40
15.	Menimbang Tanah yang Telah Lolos Ayakan.....	41
16.	Melarutkan Sampel Tanah dengan Aquades .....	41
17.	Pengujian Kadar Timbal dengan Spektrofotometer.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Peta Lokasi Kegiatan Pertambangan.....	32
2.	Langkah Analisa Kadar Air pada Sampel Tanah.....	33
3.	Langkah Analisa pH pada Sampel Tanah.....	33
4.	Analisa C-Organik dan Bahan Organik.....	33
5.	Langkah Analisa Kandungan Timbal (Pb) pada Sampel Tanah.....	34
6.	Uji Statistik.....	36
7.	Kriteria Sifat Tanah.....	37
8.	Kandungan Logam Berat Timbal dalam Limbah Segar, Tanah dan Tanaman.....	38
9.	Dokumentasi Kegiatan.....	39





## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanah yang telah tercemar oleh logam berat adalah salah satu masalah yang membutuhkan solusi efektif karena racun dari logam berat sangat berpotensi dalam merusak tanah dan memiliki sifat persisten dalam waktu yang cukup panjang. Kontaminasi tanah ini umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penambangan, industri, atau bahkan pertanian yang salah dalam menggunakan pupuk serta pestisida. Terdapat banyak sekali logam yang berbahaya bagi makhluk hidup, diantaranya adalah tembaga (Cu), timbal (Pb), kadmium (Cd) serta merkuri (Hg). Timbal atau Pb merupakan kelompok logam berat yang tidak bersifat esensial bagi tanaman, bahkan dapat membuat siklus hara dalam tanah menjadi terganggu (Purwadinata *et al.*, 2013)

Timbal adalah logam lunak berwarna kebiruan atau kelabu keperakan yang banyak terdapat dalam kandungan endapan sulfid, dan tidak jarang tercampur dengan seng dan tembaga. Timbal banyak digunakan dalam bensin, cat dan pestisida. Pencemaran timbal dapat terjadi di tanah, udara maupun air. Media yang telah tercemar oleh timbal akan menyebabkan jumlah timbal melebihi konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian pada setiap biota di dalamnya (Suharto, 2005). Logam berat yang berada di dalam tanah dalam keadaan bebas dapat bersifat meracuni dan dapat terserap oleh tumbuhan. Logam berat selain akan mempengaruhi unsur hara, juga dapat mengontaminasi hasil tanaman. Logam berat di dalam tanah akan terserap oleh akar tanaman dan selanjutnya akan disebarkan ke bagian tanaman lainnya. Apabila tanaman tersebut dikonsumsi, maka akan membahayakan kesehatan bagi yang mengonsumsinya.

Kegiatan manusia seperti pertambangan mampu mencapai jumlah 300 kali lipat lebih tinggi bila dibandingkan dengan jumlah timbal alami. Timbal termasuk dalam bahan pencemar tanah yang bersifat anorganik dan cenderung berada di dalam tanah dalam waktu yang lama (Hanafiah, 2005). Timbal adalah logam lunak yang memiliki warna abu-abu kebiruan dan mengkilat secara alami. Logam berat timbal jarang ditemukan dalam bentuk logam tunggal, namun biasanya ditemukan pada dua atau lebih logam lainnya dalam komposisi yang sama (Widowati, 2008). Menurut PP Nomor 101 tahun 2014, ambang batas kadar

timbangan timbal dalam tanah dan dalam limbah sebelum ditempatkan di fasilitas penimbunan akhir adalah sebesar 0,5 ppm.

Tingginya kandungan timbal di dalam tanah dapat disebabkan karena kendaraan bermotor, limbah industri seperti baterai, keramik, emas dan juga cat. Beberapa pertambangan emas, salah satunya PT Aneka Tambang menggunakan timbal dalam proses dan pengolahan emas. Timbal digunakan dalam proses *leaching* emas dari batuan bijih. Timbal yang digunakan adalah timbal nitrat.

Selain timbal, bahan kimia lain yang juga digunakan dalam proses *leaching* adalah sianida, kapur dan NaOH. Proses *leaching* sianidasi bijih emas merupakan proses pelarutan selektif emas dari mineral bijihnya. Proses *leaching* di PT Aneka Tambang, Bogor membutuhkan timbal nitrat sebanyak 45 ton per tahun.

Sifat yang menjadi ciri khas logam berat timbal adalah daya larut dan translokasinya yang rendah. Hal ini yang menyebabkan sebaran kandungan logam timbal dalam tanah menjadi tidak terlalu jauh (Khodijah *et al.*, 2016). Logam berat timbal juga memiliki sifat yang sangat sulit untuk menguap. Timbal hanya akan menguap pada suhu antara 500° – 600° C (Palar, 2004). Hal inilah yang menjadi salah satu dari tujuan diadakannya penelitian ini, yaitu untuk mengetahui kandungan dan sebaran timbal (Pb) pada kedalaman tanah dan jarak yang berbeda dari lokasi pembuangan limbah segar.

Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian ini diambil pada jarak yang berbeda dari lokasi pembuangan limbah segar. Tujuannya adalah untuk mengetahui sebaran timbal dalam tanah sehingga dapat ditentukan jarak yang aman bagi kegiatan pertanian. Sampel tanah pada setiap jarak juga diambil pada 3 kedalaman yang berbeda, untuk mengetahui sebaran timbal pada setiap kedalaman agar dapat ditentukan jenis tanaman yang bisa ditanam pada lokasi penelitian.

### 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kandungan dan sebaran timbal (Pb) dalam tanah tailing pada jarak dan kedalaman yang berbeda?
2. Apa saja faktor tanah yang mempengaruhi kadar timbal (Pb) dalam tanah?

### 1.3. Tujuan

1. Mengevaluasi status keberadaan logam berat timbal dalam tanah di sekitar tailing.

2. Mengkaji kandungan dan sebaran timbal (Pb) dalam tanah pada kedalaman dan jarak yang berbeda dari lokasi pembuangan limbah segar.
3. Mengevaluasi pengaruh sifat tanah terhadap kandungan timbal (Pb).

#### 1.4. Hipotesis

1. Semakin jauh jarak dari lokasi pembuangan, kandungan logam berat akan semakin rendah.
2. Kandungan logam berat pada tanah di lapisan bawah akan lebih tinggi dibandingkan pada tanah di lapisan atas.
3. Semakin rendah nilai pH, maka kandungan total logam berat akan semakin tinggi. Semakin rendah kandungan bahan organik, maka kandungan total logam berat akan semakin rendah.

#### 1.5. Manfaat

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keberadaan logam berat yang terdapat pada tanah di sekitar lokasi pembuangan limbah PT. Aneka Tambang, Bogor sehingga dapat membantu dalam melakukan remediasi yang maksimal agar mengurangi pencemaran terutama pada tanah disekitar area tambang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pertambangan dan Pertambangan Rakyat

Pertambangan merupakan proses atau kegiatan pemindahan bahan-bahan yang terdapat di atas tanah, kemudian pengambilan bahan tambang, lalu menutup kembali lubang galian, dan penanaman kembali (Mansur, 2013). Pertambangan merupakan satu dari banyak hal yang seringkali menyebabkan kerusakan pada tanah dan lingkungannya. Kerusakan yang ditimbulkan dalam kegiatan pertambangan sangatlah beragam, bergantung pada jenis pertambangannya.

Menurut Abadi (2010), jenis-jenis pertambangan antara lain:

1. *Open pit mining*, merupakan pertambangan yang digunakan untuk material yang berupa batuan, pasir serta kerikil tembaga.
2. *Area strip mining*, pertambangan ini menggunakan parit yang dipotong mendatar untuk mengambil batu bara dan merupakan jenis pertambangan yang paling merusak.
3. *Contour strip mining*, pada jenis pertambangan ini garis kontur dipotong pada bagian bukit atau gunung, digunakan untuk menambang batu bara.
4. *Dredging*, adalah kegiatan pengerukan dasar laut untuk menambang pasir dan kerikil.

Berbeda dengan pertambangan, pertambangan rakyat memicu terjadinya masalah lingkungan yang berkaitan dengan degradasi lahan. Hal ini disebabkan karena lubang-lubang bekas tambang tidak direklamasi (Siswanto *et al.*, 2012).

Aktivitas pertambangan rakyat ini umumnya diadakan dalam ruang lingkup yang lebih kecil dan mengandalkan pengetahuan serta teknologi yang minim (Suyatna, 2016). Pertambangan rakyat ini ternyata turut berkontribusi dalam peningkatan ekonomi, tersedianya lapangan pekerjaan, serta merupakan sumber penghasilan untuk masyarakat yang tinggal di daerah pedesaan (Mallo, 2014). Dibalik beberapa manfaat tersebut, tetap saja pertambangan rakyat berpotensi untuk menimbulkan degradasi lahan. Degradasi yang terjadi meliputi perubahan bentang alam, perubahan kondisi fisik, kimia serta biologi tanah, iklim mikro serta flora dan fauna (Siswanto *et al.*, 2012).

## 2.2. Dampak Negatif Pertambangan Terhadap Lingkungan

Pertambangan memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan serta menghasilkan bahan baku industri, penyerapan tenaga kerja, sebagai sumber devisa negara, dan meningkatkan pendapatan asli daerah. Akan tetapi di sisi lain, terdapat beberapa dampak negatif yang ditimbulkan dari pertambangan terhadap lingkungan. Pertambangan tidak bisa dilepaskan dari degradasi lingkungan, atau dapat dikatakan bahwa tidak ada aktivitas pertambangan yang ramah lingkungan.

Aktivitas pengolahan sumberdaya mineral akan mempengaruhi semua media lingkungan, baik tanah, udara, air serta flora dan fauna (Listiyani, 2017).

Aktivitas pertambangan akan menyebabkan tercemarnya sungai-sungai di sekitar area pertambangan. Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan dapat mencemari sungai dan mengganggu kesehatan masyarakat setempat. Pencemaran udara juga seringkali terjadi akibat aktivitas pertambangan. Polusi seperti debu jelas mengganggu masyarakat. Jika hal ini terjadi secara terus menerus, pencemaran dapat mengganggu pernapasan masyarakat dan menimbulkan penyakit karena mengandung kotoran dan virus (Tuaputy *et al.*, 2014).

Pencemaran tanah juga dipastikan akan terjadi seiring dengan berjalannya kegiatan pertambangan. Pertambangan yang menggunakan bahan kimia dalam prosesnya, akan mencemari tanah dengan bahan kimia yang digunakan. Bahan kimia ini dapat dengan cepat tersebar di dalam tanah. Apabila tanah tersebut digunakan untuk lahan pertanian, maka bahan kimia dapat masuk kedalam jaringan tanaman dan menjadi berbahaya bila dikonsumsi oleh makhluk hidup (Sumarwoto, 2005).

## 2.3. Logam Berat dan Sifatnya

Kontaminasi logam berat menjadi isu penting karena banyak sekali kasus pencemaran logam yang sangat merugikan. Logam berat merupakan unsur kimia dengan densitas lebih dari  $5 \text{ g/cm}^3$  dan biasanya bernomor atom 22 sampai dengan 92 (Ernawati, 2010). Bila dibedakan berdasarkan densitasnya, logam digolongkan menjadi dua. Yang pertama adalah logam ringan (*light metals*) dan logam berat (*Heavy metals*). Logam ringan memiliki densitas yang lebih kecil dari  $5 \text{ g/cm}^3$ ,

berbeda dengan logam berat yang memiliki densitas di atas  $5 \text{ g/cm}^3$  (Wicaksono *et al.*, 2013).

Natrium (Na), Kalsium (Ca), serta Seng (Zn) termasuk ke dalam logam ringan atau *light metals*. Logam berat yang termasuk dalam zat pencemar yang sangat berbahaya adalah Plumbum (Pb), Kadmium (Cd), serta Merkuri (Hg). Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan suatu logam berat menjadi berbahaya. Salah satunya adalah sifatnya yang *non-degradable* atau sulit untuk diuraikan. Logam berat adalah unsur esensial bagi makhluk hidup, yang berarti sangat berguna untuk makhluk hidup, namun tidak sedikit pula logam berat yang bersifat racun baik bagi hewan maupun tumbuhan, namun terdapat beberapa tanaman yang toleran terhadap keberadaan logam berat. Tanaman ini yang nantinya akan digunakan dalam kegiatan fitoremediasi (Setiawan, 2013).

Widowati (2008), menjelaskan bahwa terdapat dua jenis logam berat, yaitu sebagai berikut:

1. Logam berat esensial

Adalah logam berat yang sangat dibutuhkan oleh organisme, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co dan juga Mn.

2. Logam berat non esensial

Yakni logam berat yang keberadaannya masih belum diketahui manfaatnya dan bahkan memiliki sifat toksik yang tinggi, seperti Pb, Hg, Cd dan Cr.

#### **2.4. Sifat Logam Berat Timbal dan Dampaknya Terhadap Lingkungan**

Timbal merupakan salah satu bahan pencemar utama di lingkungan. Hal yang menyebabkan meningkatnya jumlah timbal adalah emisi gas kendaraan bermotor, serta limbah cair industri yang proses produksinya menggunakan timbal seperti industri baterai, industri cat, industri emas dan juga industri keramik. Logam timbal umumnya digunakan dalam bahan bakar bensin, anti letup, pencegah korosi, anti oksidan, diaktifator logam, anti pengembunan dan juga zat pewarna (Naria, 2005).

Logam berat timbal banyak digunakan dalam proses penambangan emas.

Salah satu pertambangan emas, PT Aneka Tambang menggunakan timbal dalam

bentuk timbal nitrat dalam proses *leaching* atau pelarutan selektif emas dari mineral bijihnya. Proses *leaching* di PT Aneka Tambang, Bogor membutuhkan timbal nitrat sebanyak 45 ton per tahun. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya akumulasi logam timbal dalam tanah pertambangan.

Timbal memiliki daya larut yang rendah, bersifat pasif dan juga kemampuannya dalam translokasi sangat rendah. Hal ini yang menyebabkan sebaran kandungan logam timbal dalam tanah menjadi tidak terlalu jauh (Khodijah *et al.*, 2016). Logam berat timbal juga memiliki sifat yang sangat sulit untuk menguap. Timbal hanya akan menguap pada suhu yang sangat tinggi yaitu antara 500 – 600<sup>o</sup> C, oleh sebab itu timbal tidak dapat bergerak keatas (Palar, 2004). Timbal termasuk dalam logam berat yang bersifat “*trace metals*”, karena memiliki berat jenis lima kali lebih besar dari berat jenis air.

Timbal yang memiliki nomor atom 82 merupakan logam yang lunak sehingga mudah dibentuk, tahan terhadap korosi atau karat, memiliki titik lebur dan titik didih masing-masing 327,5 °C dan 1.749 °C. Timbal memiliki kalor peleburan sebesar 4,77 kJ/mol dan kalor penguapan sebesar 179,5 kJ/mol. Timbal memiliki kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam lainnya, kecuali merkuri. Timbal juga merupakan penghantar listrik yang baik, dengan nilai konduktivitas sebesar 35,5 (Palar, 2004).

Sumber-sumber timbal (Pb) dapat berasal dari alam dan sebagai akibat dari antropogenik atau kegiatan manusia. Secara alamiah, timbal (Pb) pada lingkungan berasal dari pelapukan geologis dan letusan gunung berapi. Aktivitas manusia juga dapat menimbulkan pencemaran timbal (Pb) ke dalam lingkungan.

Aktivitas tersebut antara lain adalah pertambangan, peleburan, hasil samping dari industri *accu*, produksi bahan serta pembakaran bahan bakar seperti bensin (Kusnoputranto, 2006). Pencemaran tanah oleh timbal (Pb) lebih luas bila dibandingkan dengan logam berat lainnya. Hal ini disebabkan karena timbal (Pb) merupakan sumbangan terbesar dari sumber antropogenik (Hu, 2013).

Akumulasi logam berat timbal (Pb) dapat menurunkan kualitas tanah, mengurangi hasil panen dan kualitas produk pertanian sehingga berdampak negatif bagi manusia, hewan dan ekosistem (Nagajyoti *et al.*, 2010). Bila tanaman tercemar logam timbal (Pb), tanaman akan mengalami penurunan pertumbuhan

dan produktivitasnya, pada banyak kasus seringkali tanaman menjadi kerdil dan klorosis. Kadar klorofil juga akan menurun seiring dengan meningkatnya kadar timbal (Pb) dalam tanaman. Masuknya timbal (Pb) kedalam jaringan tanaman juga dapat menyebabkan menurunnya penyerapan air, pertumbuhan melambat serta pembukaan stomata tidak sempurna (Widagdo, 2005).

### 2.5. Faktor yang Mempengaruhi Kadar Logam Berat dalam Tanah

Terdapat beberapa faktor yang ternyata mampu mempengaruhi kadar logam di dalam tanah, antara lain adalah pH, bahan organik, serta tekstur dan permeabilitas. Penurunan pH akan meningkatkan kadar timbal (Abror *et al.*, 2013). Tanah dengan pH yang rendah, maka konsentrasi ion  $H^+$  akan lebih tinggi. Ion  $H^+$  tersebut akan berinteraksi dengan muatan negatif dari partikel tanah. Karena logam timbal juga memiliki muatan positif, maka timbal tidak dapat berikatan dengan ion  $H^+$ , sehingga timbal pada tanah yang masam akan ditemukan dalam sifat *mobile* (Fatoni, 2014).

Logam berat tersedia juga cenderung lebih banyak ditemukan pada tanah yang miskin bahan organik. Ion-ion  $H^+$  pada tanah yang masam akan mengambil ruang pada muatan negatif tanah, menggantikan posisi bahan organik (McCauley *et al.*, 2017). Kandungan bahan organik pada lapisan tanah juga menjadi penentu karena bahan organik akan menahan bahan pencemar tanah. Timbal pada tanah dengan bahan organik rendah akan ditemukan dalam sifat *mobile* (Adhiani, 2017).

Bahan organik tanah merupakan salah satu kunci untuk penyerapan logam berat. Bahan organik sangat berperan dalam membentuk retensi tanah terhadap logam berat dengan cara mengikat logam berat sehingga mengurangi mobilitasnya (Sherene *et al.*, 2010). Imobilisasi logam berat dapat dilakukan dengan penambahan amandemen tanah untuk mengurangi kelarutan atau ketersediaan logam berat bagi tanaman (Tender *et al.*, 2016).

Besar kecilnya partikel tanah juga akan menentukan besar kecilnya pori tanah. Bila partikel tanah semakin besar, maka pori tanah juga akan semakin besar. Keadaan ini akan semakin mempermudah tanah dalam meresap bahan pencemar (Adhiani, 2017). Mikroorganisme juga berperan dalam mobilisasi dan immobilisasi logam berat dalam tanah dengan menurunkan pH di sekitar tanah tersebut (Mühlbacova, 2005). Temperatur juga dapat menjadi salah satu pengaruh

laju resapan tanah. Semakin tinggi suhu tanah, maka daya resap tanah terhadap bahan pencemar juga akan semakin besar. Sebaliknya, apabila suhu tanah rendah, laju resapan juga akan semakin kecil (Adhiani, 2017).

Logam berat juga akan lebih sulit ditemukan pada tanah dengan fraksi dominan berupa pasir. Hal ini disebabkan karena fraksi pasir memiliki permeabilitas yang lebih tinggi, sehingga akan menyebabkan penyebaran logam berat ke wilayah lain menjadi lebih mudah (Abror *et al.*, 2013). Ada atau tidaknya vegetasi juga dapat mempengaruhi kadar logam dalam tanah. Terlebih lagi bila terdapat aktivitas fitoremediasi yang menggunakan tanaman hiperakumulator.

Fitoremediasi merupakan pengembangan teknik reklamasi yang berkembang dengan pesat. Teknik ini memanfaatkan tumbuhan untuk menghilangkan kontaminan pada tanah maupun kawasan perairan. Tumbuhan yang digunakan dapat berupa rumput, perdu serta pohon. Kegiatan fitoremediasi tentunya akan menurunkan kadar logam berat dalam tanah, karena tanaman hiperakumulator menyerap logam berat dan mendistribusikannya ke organ tanaman lainnya (Juhaeti *et al.*, 2005).



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2018 sampai dengan bulan Februari 2019. Pengambilan sampel tanah dilakukan di lokasi pembuangan limbah penambangan emas PT. Aneka Tambang, Bogor pada bulan Desember 2018 sampai dengan Januari 2019. Analisa tanah dilakukan pada bulan Januari sampai dengan Februari 2019 yang bertempat di Laboratorium Kimia PT. Biodiversitas Bioteknologi Indonesia, Bogor.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian mulai dari pengambilan sampel sampai dengan analisa laboratorium adalah sebagai berikut

##### 3.2.1. Alat dan Bahan Pengambilan Sampel Tanah

Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah antara lain adalah meteran untuk menentukan jarak titik pengambilan sampel, bor tanah dan sekop digunakan untuk mengambil sampel tanah komposit. Kantong plastik dibutuhkan sebagai wadah untuk menyimpan sampel tanah, label dan alat tulis untuk mencatat keterangan pada sampel, serta kamera untuk mendokumentasikan kegiatan. Bahan yang dibutuhkan dalam kegiatan ini adalah sampel tanah di lokasi pembuangan limbah area pertambangan.

##### 3.2.2. Alat dan Bahan Analisa Laboratorium

Alat yang digunakan dalam analisa laboratorium antara lain ayakan 2 mm dan 0,5 mm untuk menghomogenkan ukuran partikel tanah, oven untuk menghilangkan kadar air, mortar dan pistil untuk menghaluskan sampel tanah, cawan untuk menampung sampel, timbangan untuk menimbang berat sampel, *desicator* untuk mendinginkan sampel tanah, *hot plate* untuk memanaskan larutan, labu ukur 100 ml dan 1.000 ml untuk menampung larutan, *Vortex Mixer* untuk menghomogenkan larutan, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) untuk menetapkan kadar logam, 2 buah *fial film* untuk menampung larutan, pH meter untuk mengetahui pH tanah, dan pipet digunakan untuk mengambil larutan.

Bahan yang digunakan antara lain sampel tanah, HNO<sub>3</sub> pekat untuk mengikat logam dalam tanah, standar pokok Pb (1.000 ppm), aquades, KCl 1N, untuk

campuran larutan, dan larutan penyangga pH 7,0 dan pH 4,0 untuk kalibrasi pH meter, serta larutan lain seperti KCl,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $H_2SO_4$ , dan  $HClO_4$ .

### 3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan 18 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali dengan rancangan acak kelompok faktorial (RAKF). Perlakuan penelitian merupakan kombinasi antara jarak titik pengambilan sampel dari pembuangan, dan juga lapisan tanah (Tabel 1). Sampel tanah diambil pada jarak 10 m, 20 m, 35 m, 55 m, 80 m dan 110 m dari lokasi pembuangan limbah segar. Tanah pada setiap jarak diambil pada 3 kedalaman tanah yaitu 0-15 cm, 15-30 cm, dan 30-45 cm.

**Tabel 1.** Kombinasi Perlakuan

Jarak (m)	Kedalaman (cm)		
	0-15	15-30	30-45
10	J <sub>1</sub> K <sub>a</sub>	J <sub>1</sub> K <sub>b</sub>	J <sub>1</sub> K <sub>c</sub>
20	J <sub>2</sub> K <sub>a</sub>	J <sub>2</sub> K <sub>b</sub>	J <sub>2</sub> K <sub>c</sub>
35	J <sub>3</sub> K <sub>a</sub>	J <sub>3</sub> K <sub>b</sub>	J <sub>3</sub> K <sub>c</sub>
55	J <sub>4</sub> K <sub>a</sub>	J <sub>4</sub> K <sub>b</sub>	J <sub>4</sub> K <sub>c</sub>
80	J <sub>5</sub> K <sub>a</sub>	J <sub>5</sub> K <sub>b</sub>	J <sub>5</sub> K <sub>c</sub>
110	J <sub>6</sub> K <sub>a</sub>	J <sub>6</sub> K <sub>b</sub>	J <sub>6</sub> K <sub>c</sub>

Ket: (J) jarak, (K) kedalaman, (1) jarak 10 meter, (2) jarak 20 meter, (3) jarak 35 meter, (4) jarak 55 meter, (5) jarak 80 meter, (6) jarak 110 meter, (a) kedalaman pertama, (b) kedalaman kedua, (c) kedalaman ketiga.

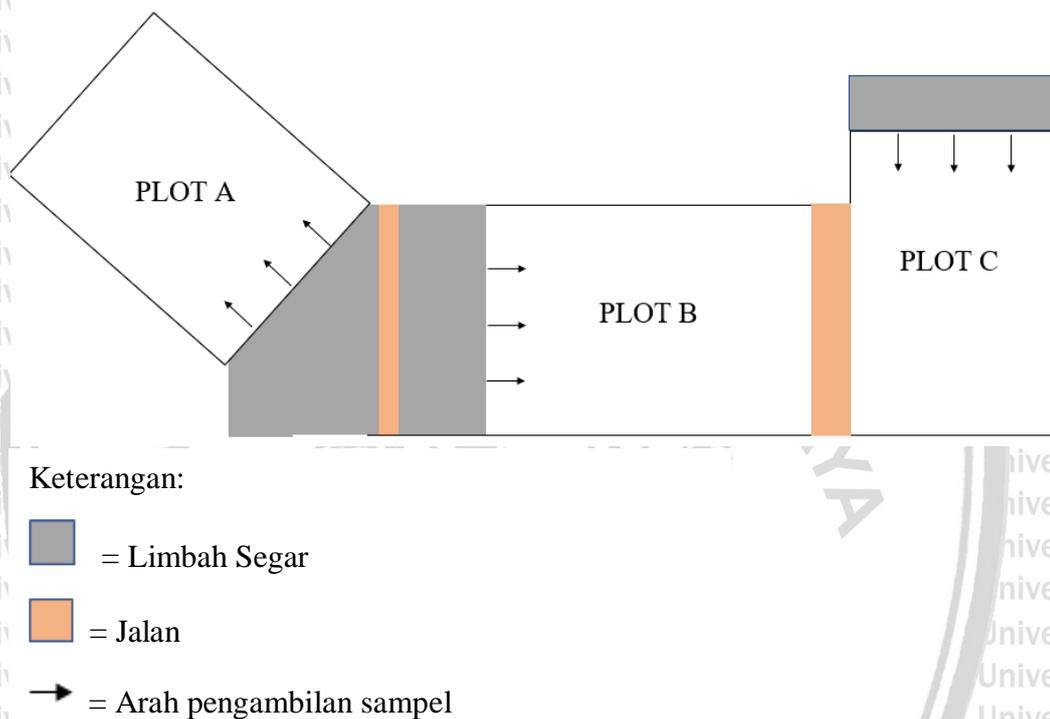
### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian di lapangan dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

#### 3.3.1. Kegiatan Pra Survei

Kegiatan pra-survei yang dilakukan antara lain adalah mengurus perijinan pada pihak-pihak yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Kegiatan lainnya yang dilakukan adalah mengumpulkan pustaka yang berkaitan dengan penelitian serta mengumpulkan data-data sekunder yang dapat menunjang berlangsungnya penelitian seperti peta lokasi pembuangan limbah, denah lokasi pengambilan sampel (Gambar 1), jenis tanah dan tekstur tanah, juga mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan selama survei berlangsung dan menentukan titik pengambilan sampel tanah pada beberapa jarak dari lokasi pembuangan limbah. Lahan pembuangan limbah ini dibentuk dengan cara

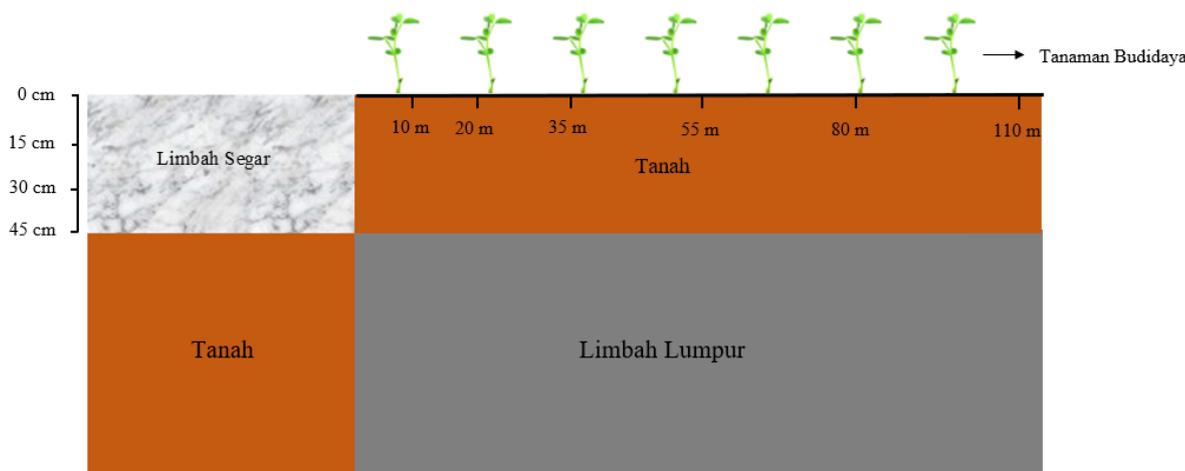
membuat lubang besar sedalam kurang lebih 2 meter, kemudian lubang tersebut diisi dengan limbah lumpur hingga kurang lebih 1,5 meter. Sisa ruang yang belum terisi lumpur kemudian diisi kembali dengan tanah asli yang sebelumnya telah dikeruk. Di samping lahan pembuangan limbah ini, terdapat limbah pertambangan segar. Limbah segar ini berupa lumpur dan belum ditutup kembali dengan tanah. Lahan ini memiliki permukaan yang datar (0-3%).



**Gambar 1.** Denah Pengambilan Sampel

### 3.3.2. Kegiatan Survei

Kegiatan survei dilakukan dengan mengamati karakteristik tanah terlebih dahulu serta memperhatikan kondisi lahan seperti kelerengan, luasan lahan serta jenis tanaman yang dibudidayakan. Sampel tanah diambil pada lahan pembuangan limbah yang telah ditimbun kembali dengan tanah pada jarak 10 m, 20 m, 35 m, 55 m, 80 m, dan 110 m dari pembuangan limbah segar. Limbah segar adalah limbah lumpur hasil dari pengolahan yang dibiarkan terbuka atau tidak ditimbun kembali dengan tanah. Sampel tanah pada setiap jarak di ambil pada 3 kedalaman tanah yang berbeda. Lapisan pertama diambil pada kedalaman 0-15 cm, lapisan kedua diambil pada kedalaman 15-30 cm, sedangkan lapisan ketiga diambil pada kedalaman 30-45 cm (Gambar 2).



**Gambar 2.** Sketsa Plot Pengambilan Sampel Tanah

### 3.3.3. Kegiatan Pasca Survei

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah melakukan analisa kandungan logam timbal (Pb) serta variabel yang mempengaruhinya. Sebelum dilakukan analisa, sampel tanah terlebih dahulu dikeringanginkan pada suhu ruang selama 3-4 hari dan dihaluskan menggunakan mortar dan pistil untuk nantinya dihomogenkan dengan ayakan 2 mm dan dilanjutkan dengan ayakan 0,5 mm.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Parameter dan Metode Pengamatan

Parameter	Metode
Kadar Air	Gravimetri (Tan, 2005)
pH	Potensiometri (ISRIC, 1993)
C Organik	Walkley and Black (1934)
Timbal (Pb)	Destruksi Basah (AOAC, 2002)

### 3.5. Analisa Data

Data yang telah didapatkan dari penelitian dilakukan tabulasi dan perhitungan data yang menggunakan *Microsoft Excel 2016*, kemudian dilakukan analisis ragam (ANOVA) menggunakan *Genstat 18<sup>th</sup> Edition*. Selanjutnya dilakukan analisis uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, yang dilakukan dengan menggunakan *Genstat 18<sup>th</sup> Edition*. Untuk mengetahui hubungan dan pengaruh antar variabel dilakukan uji korelasi dan regresi menggunakan *Microsoft Excel 2016*.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Kegiatan Pertambangan di PT. Aneka Tambang, Bogor

PT. Aneka Tambang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang melakukan kegiatan berupa eksplorasi dan eksploitasi mineral logam Indonesia. PT. Aneka Tambang terletak di Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. Daerah Izin Usaha Pertambangan (IUP) yang dimiliki PT. Aneka Tambang adalah seluas 6.047 Ha.

PT Aneka Tambang menggunakan sistem penambangan bawah tanah dengan metode gali isi atau *cut and fill*. Metode ini dilakukan dengan mengambil bijih emas dari dalam perut bumi kemudian rongganya diisi dengan material *tailing* yang telah bersih dari zat-zat berbahaya. Kegiatan memasukan material *tailing* ke dalam galian bekas tambang dilakukan dengan bantuan pompa. Hal pertama yang dilakukan saat akan memulai penambangan adalah membuat lubang bor dengan cara pemboran (*drilling*), lubang tersebut kemudian digunakan untuk meletakkan bahan peledak (dinamit). Bijih emas yang masih berupa bongkahan kemudian dimuat di atas lori, selanjutnya lori ditarik keluar dari tambang menuju tempat penghancuran menggunakan *trolley*. Bijih emas yang berupa bongkahan mengalami proses pemecahan hingga diperoleh bijih yang berukuran antara 0,5 – 12,5 mm. Emas yang dihasilkan oleh PT Aneka Tambang dapat mencapai 2.000 kilogram per tahun.

Timbal digunakan oleh PT Aneka Tambang dalam proses *leaching* emas dari batuan bijih. Timbal yang digunakan adalah timbal nitrat. Selain timbal, bahan kimia lain yang juga digunakan dalam proses *leaching* adalah sianida, kapur dan NaOH. Proses *leaching* sianidasi bijih emas merupakan proses pelarutan selektif emas dari mineral bijihnya. Proses *leaching* di PT Aneka Tambang, Bogor membutuhkan timbal nitrat sebanyak 45 ton per tahun.

Dalam lokasi pertambangan PT. Aneka Tambang, terdapat beberapa lahan yang digunakan sebagai tempat pembuangan limbah pengolahan emas. Lahan pembuangan limbah telah dilakukan reklamasi dengan menggunakan beberapa macam tanaman dan dijadikan sebagai tempat pengambilan sampel penelitian.

Lahan pembuangan limbah ini dibentuk dengan cara membuat lubang besar sedalam kurang lebih 2 meter, kemudian lubang tersebut diisi dengan limbah lumpur hingga kurang lebih 1,5 meter. Sisa ruang yang belum terisi lumpur

kemudian diisi kembali dengan tanah asli yang sebelumnya telah dikeruk. Di samping lahan pembuangan limbah ini, terdapat limbah pertambangan segar.

Limbah segar ini berupa lumpur dan belum ditutup kembali dengan tanah.

Lahan disekitar pembuangan limbah memiliki permukaan yang cenderung datar (0-3%). Lahan ini ditanami dengan beberapa tanaman fitoremediator. Salah satunya yang paling banyak ditemukan adalah tanaman puspa (*Schima wallichii*).

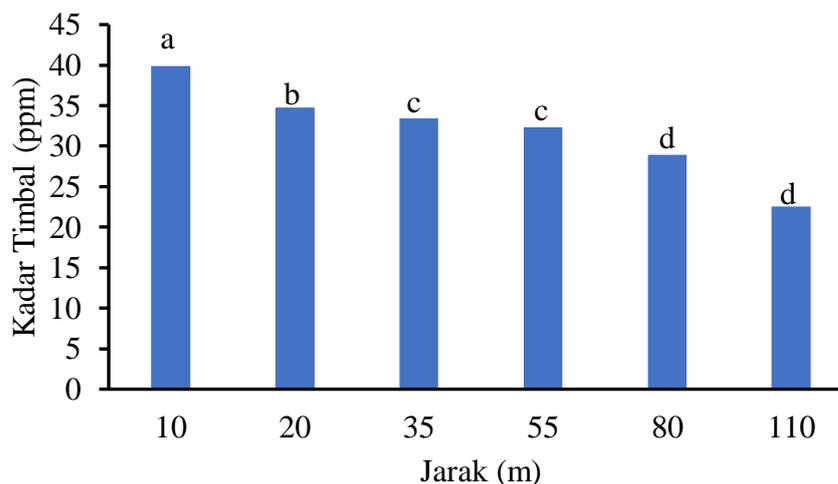
Penanaman tanaman fitoremediator dilakukan saat lahan pembuangan limbah telah terbentuk. Penanaman menggunakan jarak tanam 2x2m. Saat pembuatan *tailing*, tanah disekitar *tailing* diaplikasikan pupuk dolomit untuk menetralkan pH tanah. Setelah dilakukan penanaman, setiap tanaman diberikan kembali pupuk dolomit sebanyak 1/8 kg, serta pupuk kandang dan pupuk kompos sebanyak 3 kg.

#### 4.2. Kadar Timbal pada Berbagai Jarak dan Kedalaman

Hasil analisis ragam (Lampiran 9) menunjukkan bahwa perlakuan jarak, kedalaman, dan kombinasi keduanya berpengaruh sangat nyata ( $F_{hit} > F_{tab}$ ) pada kadar timbal di dalam tanah. Hasil uji lanjut (DMRT) menunjukkan bahwa kadar timbal pada setiap jarak dan kedalaman berbeda nyata. Berdasarkan jarak pengambilan sampel, kadar Pb tertinggi terdapat pada jarak 10 m (39,91 ppm) dan berbeda nyata dengan jarak lainnya. Kadar Pb terendah dijumpai pada jarak 110 m (22,54 ppm) dan tidak berbeda nyata dengan jarak 80 m (28,90 ppm) namun berbeda nyata dengan jarak 10 m, 20 m, 35 m dan 55 m (Gambar 3). Menurut tingkat kedalaman tanah, tampak bahwa kadar Pb akan semakin tinggi seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah. Kadar Pb pada setiap kedalaman menunjukkan nilai yang berbeda nyata (Gambar 4). Kadar Pb tertinggi terdapat pada kedalaman 45 cm (39,33 ppm) dan terendah terdapat pada kedalaman 15 cm (25,39 ppm).

Sesuai dengan baku mutu kandungan logam berat dalam sedimen dari PP Nomor 101 tahun 2014, maka dapat disimpulkan bahwa tanah pada PT. Aneka Tambang tercemar logam berat karena kadarnya sudah di atas 0,5 ppm, sehingga lahan tersebut tidak dapat digunakan sebagai lahan pertanian. Kandungan timbal dalam limbah segar juga sudah di atas 0,5 ppm (Lampiran 13), sehingga masih perlu dilakukan pengelolaan limbah terlebih dahulu sebelum limbah tersebut diteruskan ke tempat penimbunan akhir (*Landfill*). Berbeda dengan tanah yang

berada di sekitar limbah segar, tanah yang berada jauh dari lokasi pembuangan limbah segar memiliki kadar timbal di bawah 0,5 ppm (Lampiran 14). Bila kadar timbal sudah di bawah 0,5 ppm maka lahan tersebut masih bisa digunakan sebagai lahan pertanian sesuai dengan baku mutu kandungan logam berat dalam sedimen dari PP Nomor 101 tahun 2014.

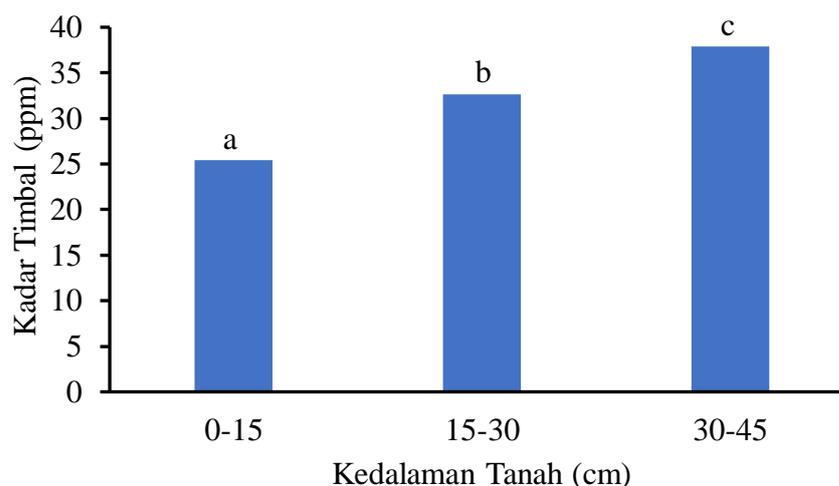


**Gambar 3.** Kadar Timbal pada Berbagai Jarak dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Pb akan semakin rendah jika semakin jauh dari lokasi pembuangan limbah segar. Hal ini disebabkan karena tidak ada pergerakan timbal secara horizontal, sehingga semakin jauh jarak tanah dari lokasi pembuangan limbah segar maka kadar timbal akan semakin rendah. Logam Pb memiliki sifat pasif dan daya larut yang rendah, sehingga kemampuannya untuk berpindah tempat juga cenderung rendah (Effendi, 2003).

Selain karena sifat tersebut, terdapat hal lain yang memungkinkan rendahnya penyebaran timbal secara horizontal. Lahan pengambilan sampel memiliki permukaan yang relatif datar (0-3%). Lahan yang datar memiliki potensi aliran permukaan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan lahan yang miring.

Pada lahan yang miring, aliran permukaan akan lebih sering terjadi. Aliran permukaan akan membawa partikel tanah dari lereng atas ke lereng bawah (lembah). Apabila terdapat timbal dalam tanah tersebut maka timbal juga akan ikut terbawa ke bawah bukit, sehingga akan terjadi penyebaran timbal dan kadar timbal akan lebih tinggi pada tanah yang berada di bawah bukit bila dibandingkan dengan tanah yang berada di atas bukit (Azis *et al.*, 2012).



**Gambar 4.** Kadar Timbal pada Setiap Kedalaman Tanah

Peningkatan kadar Pb seiring dengan kedalaman terjadi di lokasi penelitian. Tingginya kadar timbal dalam tanah di kedalaman 45 cm diduga bukan akibat dari penguapan timbal pada limbah lumpur di bawahnya. Hal ini disebabkan karena logam berat timbal memiliki sifat yang sangat sulit untuk menguap. Timbal akan menguap pada suhu yang sangat tinggi yaitu antara 500 – 600<sup>o</sup>C, oleh sebab itu timbal tidak dapat bergerak ke atas (Palar, 2004).

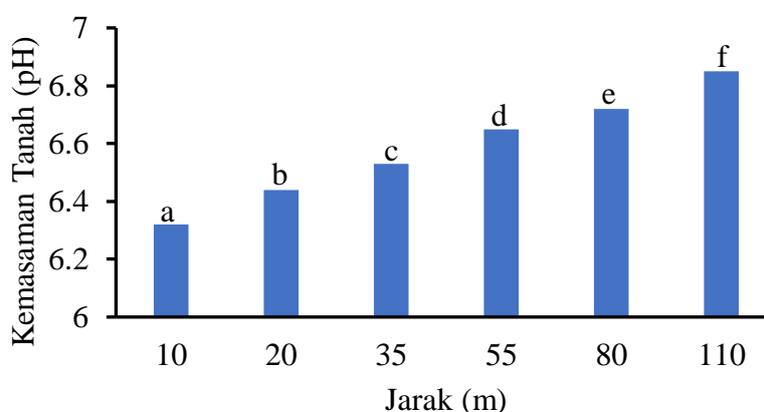
Tanah di kedalaman 45 cm merupakan lapisan tanah yang dekat dengan lumpur limbah sehingga ada kemungkinan saat pengambilan sampel, tanah tercampur dengan lumpur limbah yang ada dibawahnya dan mempengaruhi kadar timbal di dalam tanah. Selain itu, adanya vegetasi juga dapat mempengaruhi kadar timbal dalam tanah. Hal ini disebabkan karena tanaman mampu menyerap logam berat, sehingga kadar timbal di sekitar area perakaran (lapisan atas) akan berkurang (Adji *et al.*, 2008).

### 4.3. Sifat Tanah yang Mempengaruhi Kadar Timbal

#### 4.3.1. Nilai pH dan Hubungannya dengan Kadar Timbal

Hasil analisis ragam (Lampiran 10) menunjukkan bahwa perlakuan jarak dan kedalaman tanah masing-masing berpengaruh sangat nyata terhadap pH tanah ( $F_{hit} > F_{tab}$ ), sedangkan kombinasi perlakuan jarak dan kedalaman tanah tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah ( $F_{hit} < F_{tab}$ ). Hasil analisis uji lanjut (DMRT) menunjukkan nilai pH tanah yang berbeda pada setiap perlakuan jarak dan kedalaman. Berdasarkan jarak pengambilan sampel, tampak bahwa nilai pH

akan semakin meningkat seiring dengan semakin jauhnya jarak pengambilan sampel. Nilai pH tanah yang tertinggi terdapat pada jarak 110 m (6,85) dan berbeda nyata dengan jarak lainnya. Nilai pH terendah dijumpai pada jarak 10 m (6,32) yang juga berbeda nyata dengan jarak lainnya (Gambar 5). Menurut tingkat kedalaman pengambilan sampel tanah, tampak bahwa nilai pH akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah. Nilai pH tertinggi terdapat pada kedalaman 15 cm (7,19) dan berbeda nyata dengan kedalaman lainnya. Nilai pH tertendah terdapat pada kedalaman 45 cm (5,98) dan berbeda nyata pula dengan kedalaman lainnya (Gambar 6).



**Gambar 5.** Kemasaman Tanah pada Berbagai Jarak dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar

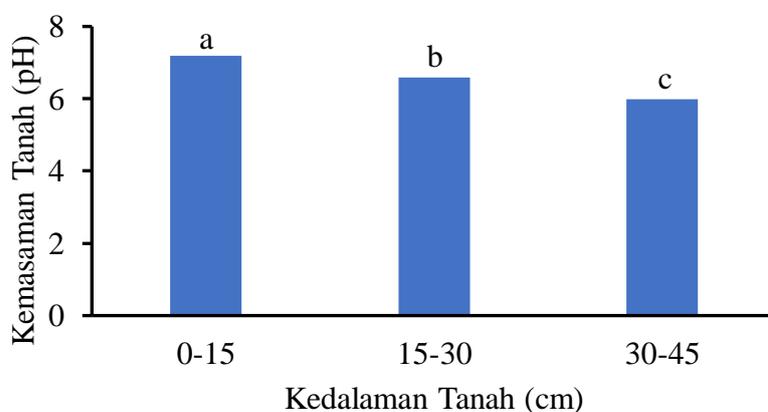
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH tanah akan semakin tinggi bila semakin jauh dari lokasi pembuangan limbah segar (Gambar 5). Kondisi ini disebabkan karena tanah pada jarak 10 m merupakan tanah yang dekat dengan limbah lumpur. Tanah yang dekat dengan lokasi pembuangan akan memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang jauh dari lokasi pembuangan.

Hal ini disebabkan karena *tailing* mengandung beberapa mineral antara lain seperti silika, magnesium, natrium, sulfida serta kalium. Natrium digunakan dalam proses *leaching* atau pelarutan emas dari bijihnya. Bila mineral tersebut bersentuhan dengan udara maka mineral akan teroksidasi dan membentuk garam-garam yang bersifat asam serta mengandung logam berat, salah satunya adalah timbal (Herman, 2006).

Tanah pada lokasi pengambilan sampel memiliki tekstur yang sangat lepas. Tanah yang sangat lepas akan memiliki pori yang lebih besar, sehingga air

dapat mengalir lebih mudah (Marwan *et al.*, 2015). Air yang mengalir akan membawa kation-kation asam dari lumpur menuju ke tanah yang ada didekatnya, namun karena lahan pengambilan sampel cenderung datar, maka aliran permukaan tidak terjadi secara maksimal sehingga penyebaran kation masam dari lumpur hanya bisa mencakup tanah yang jaraknya cukup dekat (Anwar *et al.*, 2013). Nilai pH tanah juga dapat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan organik juga akan meningkat seiring dengan bertambahnya jarak (Gambar 8). Hal ini sesuai dengan pernyataan Afandi *et al.*, (2015) bahwa pemberian pupuk kandang berupa kotoran ayam dapat meningkatkan nilai pH tanah. Tanah dengan perlakuan pupuk kotoran ayam sebanyak 15 ton per hektar memiliki pH yang lebih tinggi (5,56) dibandingkan dengan tanah yang tidak diberikan pupuk apapun (4,6). Nilai pH tanah yang dipengaruhi oleh pemberian bahan organik bergantung pada beberapa faktor seperti tingkat kemasakan bahan organik dan juga jenis tanah. Penambahan bahan organik yang belum masak akan menyebabkan pH tanah menurun karena bahan organik masih belum terdekomposisi sempurna dan masih melepaskan senyawa asam organik (Suntoro, 2003).



**Gambar 6.** Kemasaman Tanah pada Setiap Kedalaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH tanah akan semakin rendah seiring dengan kedalaman tanah (Gambar 6). Kondisi ini disebabkan karena terdapat limbah pula dibawah tanah pada kedalaman 45 cm.

Tanah yang dekat dengan lokasi pembuangan akan memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang jauh dari lokasi pembuangan. Hal lain yang dapat mempengaruhi pH tanah adalah adanya kemungkinan tanah pada

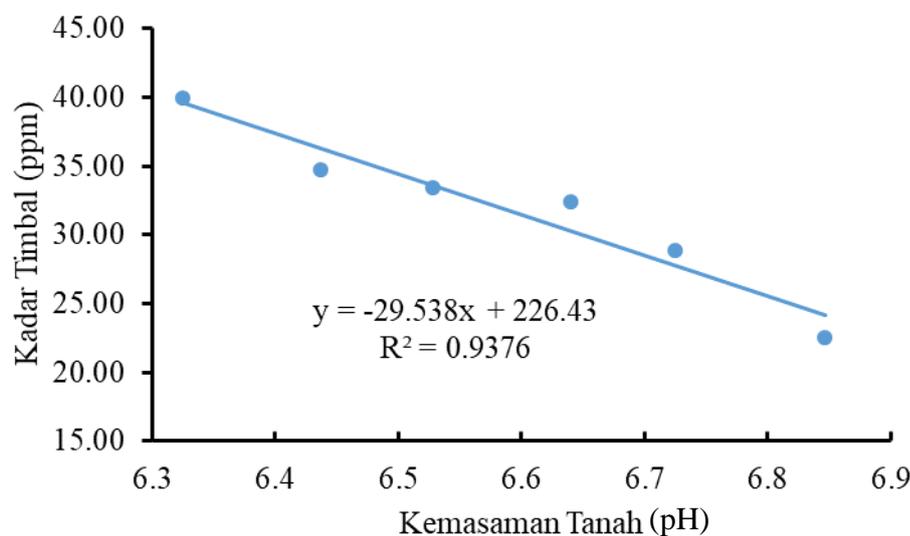
kedalaman 45 cm tercampur dengan limbah lumpur dibawahnya saat dilakukan pengambilan sampel, sehingga dapat mempengaruhi pH tanah. Selain itu, tanah pada lapisan atas (0-20cm) diaplikasikan pupuk kompos dan pupuk kandang.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa pemberian bahan organik seperti pupuk kompos dan juga pupuk kandang dapat meningkatkan nilai pH tanah.

(Afandi *et al.*, 2015). Meningkatnya pH tanah disebabkan karena adanya pelepasan ion  $\text{OH}^-$  dan asam organik yang dilepaskan oleh bahan organik. Bahan organik akan mengalami proses dekomposisi yang menghasilkan humus dan meningkatkan afinitas ion  $\text{OH}^-$  (Sariffuddin *et al.*, 2017).

Hasil uji korelasi pH dan kandungan Pb menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan negatif ( $r = -0,79$ ) yang sangat kuat, artinya semakin rendah pH maka kadar timbal akan semakin tinggi dan sebaliknya (Lampiran 12).

Sesuai dengan data hasil penelitian, dimana pH akan semakin rendah diiringi dengan peningkatan kadar Pb dalam tanah. Nilai pH pada sampel tanah penelitian berkisar antara agak masam sampai dengan netral. Nilai uji regresi pH dengan kadar Pb adalah sebesar 0,9376. Nilai regresi tersebut menyimpulkan bahwa sebanyak 93% data menunjukkan penurunan Pb diikuti dengan peningkatan pH tanah (Gambar 7).



**Gambar 7.** Hubungan Kemasaman Tanah dengan Kadar Timbal

Semakin rendahnya nilai pH yang diiringi dengan peningkatan kadar timbal dalam tanah disebabkan karena tanah dengan pH yang tinggi memiliki

kation basa yang tinggi. Hal ini akan menyebabkan timbal dengan muatan  $2^{+}$  dalam tanah menjadi terikat oleh ion  $\text{OH}^{-}$ , sedangkan tanah dengan pH yang rendah memiliki kation masam yang lebih banyak. Hal ini menyebabkan timbal menjadi terlarut dan dapat bergerak bebas di dalam tanah karena tidak ada yang mengikatnya. Hal ini didukung oleh Sherene *et al.* (2010) dimana nilai pH netral sampai agak basa menunjukkan mobilitas yang rendah untuk semua jenis logam berat, dan akan kembali meningkat bila pH tanah turun. Kelarutan logam berat timbal sangat bergantung pada pH. Kelarutan logam berat akan meningkat pada pH 3 sampai dengan 6.

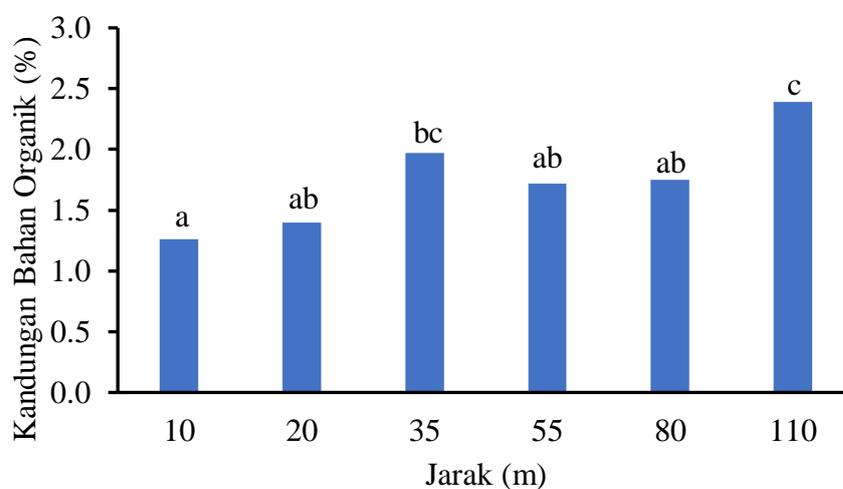
Semakin rendah pH tanah, maka timbal di dalam tanah akan berada dalam bentuk terlarut sehingga akan lebih mudah untuk menghilang dari tanah, namun timbal memiliki daya larut dan translokasi yang rendah (Khodijah *et al.*, 2016). Logam berat timbal juga memiliki sifat yang sangat sulit untuk menguap. Timbal hanya akan menguap pada suhu antara  $500^{\circ} - 600^{\circ} \text{C}$  (Palar, 2004). Hal inilah yang menyebabkan timbal menjadi sulit hilang dari dalam tanah.

Nilai pH tanah merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi keberadaan logam berat. Mobilitas logam berat akan berkurang seiring dengan meningkatnya pH. Hal ini disebabkan karena adanya pengendapan hidroksida ataupun karbonat (Smith, 1992). Nilai pH juga memiliki pengaruh yang besar pada dinamika logam karena pH mengendalikan adsorpsi dan presipitasi, yang merupakan mekanisme utama dari retensi tanah terhadap logam berat (Evans *et al.*, 1995). Keberadaan logam berat dalam tanah akan terlihat sangat signifikan pada kondisi yang masam. Hal ini kemungkinan terjadi karena adanya pembentukan mineral terlarut yang akan melepaskan ion logam ke lingkungan tanah (Pikula *et al.*, 2007).

#### 4.3.2. Kandungan Bahan Organik dan Hubungannya dengan Kadar Timbal

Hasil analisis ragam (Lampiran 11) menunjukkan bahwa perlakuan jarak berpengaruh sangat nyata ( $F_{hit} > F_{tab}$ ) dan perlakuan kedalaman tanah berpengaruh nyata terhadap bahan organik ( $F_{tab\ 1\%} > F_{hit} > F_{tab\ 5\%}$ ), sedangkan interaksi jarak dan kedalaman tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan bahan organik tanah ( $F_{hit} > F_{tab}$ ). Berdasarkan jarak pengambilan sampel, kandungan bahan organik yang tertinggi terdapat pada jarak 110 m

sebesar 2,93% (sedang) dan berbeda nyata dengan kandungan bahan organik terendah yang terdapat pada jarak 10 m sebesar 1,26% (rendah), sedangkan kandungan bahan organik pada jarak 20 m, 35 m, 55 m dan 80 m tidak berbeda nyata dengan jarak lainnya (Gambar 8). Berdasarkan kedalaman tanah (Gambar 9), kandungan bahan organik yang tertinggi terdapat pada kedalaman 0-15 cm sebesar 1,89% (rendah) dan berbeda nyata dengan kandungan bahan organik terendah pada kedalaman 30-45 cm sebesar 1,57% (rendah) namun keduanya tidak berbeda nyata dengan kandungan bahan organik pada kedalaman 15-30 cm sebesar 1,78% (rendah).

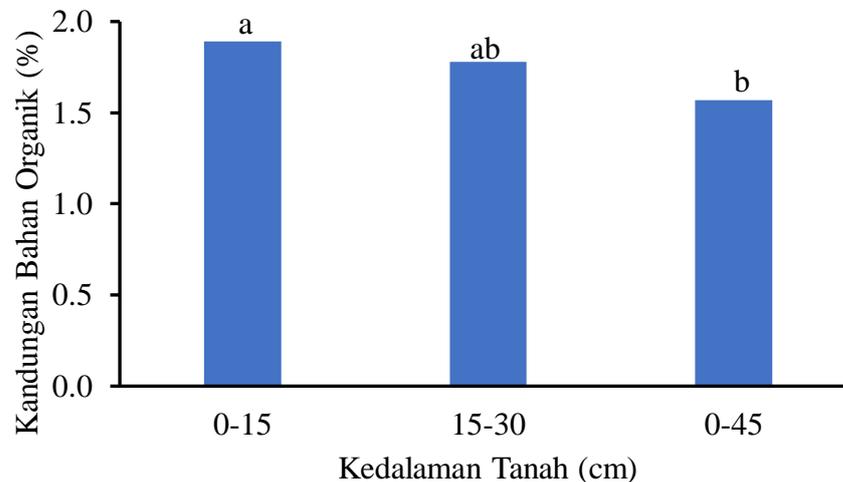


**Gambar 8.** Kandungan Bahan Organik pada Berbagai Jarak dari Lokasi Pembuangan Limbah Segar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan bahan organik akan semakin meningkat jika semakin jauh dari lokasi pembuangan limbah segar (Gambar 8). Kondisi yang sama juga ditemukan pada penelitian Adewole *et al.*, (2011), dimana bahan organik juga akan semakin meningkat bila jarak dari pembuangan limbah semakin jauh. Hal ini disebabkan karena tanah yang dekat dengan limbah pertambangan memiliki pH yang lebih rendah, seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Ion-ion  $H^+$  pada tanah yang masam akan mengambil ruang pada muatan negatif tanah, menggantikan posisi bahan organik (McCauley *et al.*, 2017).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kandungan bahan organik pada jarak 35 m dan 110 m lebih tinggi bila dibandingkan dengan jarak lainnya. Hal ini bisa disebabkan karena sampel tanah pada jarak tersebut diambil berdekatan

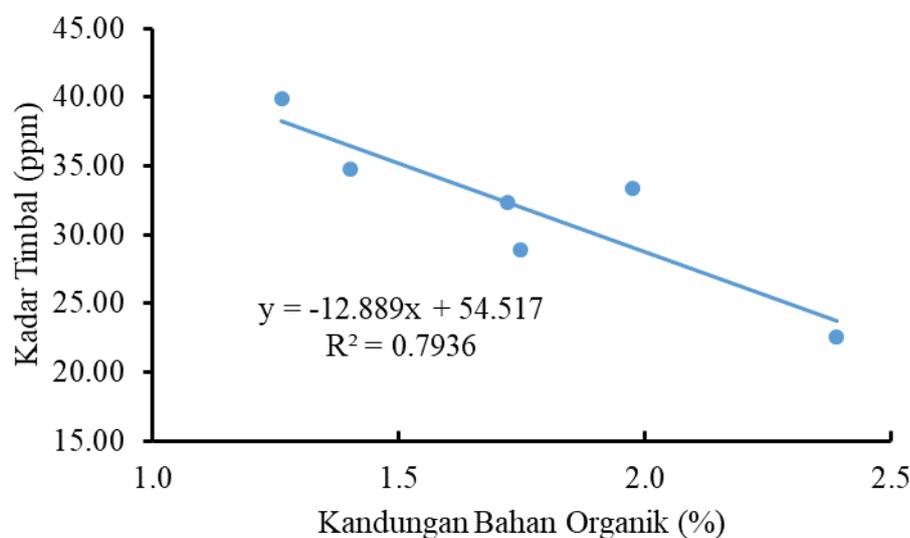
dengan tanaman. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya bahwa pemupukan dilakukan pada setiap tanaman, sehingga sampel tanah yang diambil dekat dengan tanaman akan memiliki bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel tanah yang tidak dekat dengan tanaman.



**Gambar 9.** Kandungan Bahan Organik pada Setiap Kedalaman

Kandungan bahan organik akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah (Gambar 9). Hal ini disebabkan karena tanah lapisan atas diaplikasikan pupuk dolomit, pupuk kandang dan pupuk kompos terlebih dahulu. Pemupukan dilakukan dengan cara menggemburkan tanah terlebih dahulu sampai kedalaman kurang lebih 20 cm, kemudian dicampurkan dengan pupuk. Selain itu, tingginya bahan organik pada lapisan atas juga bisa disebabkan oleh akumulasi dari residu tanaman ataupun hewan yang terurai di permukaan tanah (Emiru *et al.*, 2013).

Hasil uji korelasi antara kandungan bahan organik dan kadar timbal juga menunjukkan nilai negatif ( $r = -0,32$ ) yang masuk dalam kategori sedang, yang berarti bahwa semakin tinggi bahan organik tanah, maka kadar timbal total akan semakin rendah dan sebaliknya (Lampiran 12). Hal ini bertolak belakang dengan hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa semakin tinggi bahan organik, maka kadar timbal total yang terikat akan semakin tinggi. Nilai uji regresi bahan organik dengan kadar Pb adalah sebesar 0,7936 (Gambar 10). Nilai regresi tersebut menyimpulkan bahwa sebanyak 79% data menunjukkan penurunan Pb total diikuti dengan peningkatan bahan organik tanah.



**Gambar 10.** Hubungan Kandungan Bahan Organik dengan Kadar Timbal

Semakin tingginya bahan organik yang diiringi dengan penurunan kadar timbal tersedia dalam tanah disebabkan karena bahan organik dapat membentuk *chelate* yang berfungsi untuk mengikat logam berat, sehingga pada tanah dengan bahan organik yang tinggi logam berat ditemukan dalam sifat imobil dan tidak dapat mencemari tanah maupun tanaman. Hal ini didukung oleh Prasetiyono (2015) bahwa bahan organik, seperti pupuk kompos yang mengandung humus, berfungsi untuk menekan kadar logam berat tersedia dengan cara mengadsorpsi ion logam dan membentuk senyawa kompleks dan juga *chelate* sehingga logam menjadi terikat dan sulit untuk bebas. Kompos dengan kandungan mineral dapat bertukar posisi dengan ion logam berat bila terjadi kontak. Humus merupakan partikel koloid tanah yang umumnya bermuatan negatif, sehingga ion yang bermuatan positif akan terikat (Prasetiyono, 2013).

Bahan organik tanah merupakan salah satu kunci untuk penyerapan logam berat. Bahan organik sangat berperan dalam membentuk retensi tanah terhadap logam berat dengan cara mengikat logam berat sehingga mengurangi mobilitasnya (Sherene *et al.*, 2010). Imobilisasi logam berat dapat dilakukan dengan penambahan amandemen tanah untuk mengurangi kelarutan atau ketersediaan logam berat bagi tanaman (Tender *et al.*, 2016). Penambahan bahan pembenah tanah seperti fosfat dan zat alkali dapat mengurangi kelarutan logam dalam tanah, sehingga dapat meminimalisir pencucian logam berat oleh air (Shahid *et al.*,

2014). Jumlah bahan organik dapat mempengaruhi pengikatan logam berat oleh tanah. Bahan organik dapat menurunkan potensi ketersediaan logam dengan mengubahnya ke bentuk tidak tersedia bagi tanaman karena logam berat diadsorpsi oleh partikel organik. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa pada tanah tanpa bahan organik pembenah ditemukan lebih banyak logam berat yang tersedia untuk tanaman dibandingkan dengan tanah dengan bahan organik pembenah tanah (Kwiatkowska, 2017). Itulah sebabnya, logam berat banyak ditemui pada tanah dengan bahan organik yang rendah, karena tidak ada yang mengadsorpsi logam berat tersebut, dan logam berat menjadi lebih mudah untuk bebas dan mencemari tanah di sekitarnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi bahan organik, maka kadar total timbal akan semakin rendah. Hal ini bertolak belakang dengan hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa semakin tinggi bahan organik, maka kadar total timbal yang terikat juga akan semakin tinggi. Situasi ini dapat terjadi karena logam berat sudah terjerap dalam jaringan tanaman (Lampiran 15), sehingga kadar timbal dalam tanah sudah berkurang. Kadar timbal di dalam jaringan tanaman di sekitar area pembuangan limbah berkisar antara 0,63 ppm sampai dengan 11,65 ppm. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia nomor 7387 (2009), batas cemaran timbal pada tanaman berkisar antara 0,3 ppm sampai dengan 0,5 ppm. Dapat dikatakan bahwa tanaman di sekitar area pembuangan limbah PT. Aneka Tambang, Bogor sudah tercemar logam berat timbal. Terjerapnya logam berat dalam jaringan tanaman disebabkan karena adanya proses dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam organik. Senyawa asam organik mampu menonaktifkan kation pengikat fosfat dan logam berat (Adji *et al.*, 2008).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tanah pada lokasi pertambangan memiliki kadar timbal berkisar antara 22,39 ppm sampai dengan 39,91 ppm dan termasuk dalam kategori tercemar sehingga lahan tersebut tidak dapat digunakan sebagai lahan pertanian.
2. Semakin jauh jarak dari lokasi pembuangan limbah segar, maka kandungan timbal semakin rendah. Kadar timbal tertinggi terdapat pada jarak 10 m yaitu sebesar 39,91 ppm dan yang terendah terdapat pada jarak 110 m sebesar 22,54 ppm. Kandungan timbal juga semakin meningkat seiring dengan kedalaman tanah. Kadar timbal tertinggi terdapat pada kedalaman 45 cm yaitu sebesar 39,33 ppm dan yang terendah terdapat pada kedalaman 15 cm sebesar 25,39 ppm.
3. Sesuai dengan hipotesis, kadar timbal dalam tanah semakin menurun seiring dengan peningkatan pH tanah ( $R^2 = 0,9376$ ). Bertolak belakang dengan hipotesis, kadar timbal semakin menurun seiring dengan meningkatnya bahan organik ( $R^2 = 0,7936$ ).

### 5.2 Saran

Saran yang disampaikan untuk PT. Aneka Tambang, Bogor adalah perlunya dilakukan kegiatan reklamasi yang lebih baik. Hal ini disebabkan karena kadar timbal pada tanah di sekitar lokasi pembuangan sudah melebihi nilai ambang batas yang ditentukan. Selain itu, limbah pembuangan juga perlu diolah sebelum diteruskan ke tempat penimbunan akhir atau *landfill* karena kadar timbal dalam limbah juga melebihi nilai ambang batas. Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian ini adalah perlunya penelitian lanjutan mengenai kandungan timbal yang tersedia di dalam tanah, agar dapat diketahui hubungannya dengan sifat tanah secara lebih maskimal.

## DAFTAR PUSTAKA

Abadi, K. 2010. Kondisi Fisik, Kimia dan Biologi, Tanah Pasca Reklamasi Lahan Agroforestri di Area Pertambangan Bahan Galian C Kecamatan Astanhapira Kabupaten Cirebon Propinsi Jawa Barat. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Abror, M., Sabrina, T., dan Hidayat, B. 2013. Pengaruh Biomassa Azolla Terhadap Status Logam Berat Timbal (Pb) pada Tanah. Jurnal Online Agroekoteknologi 1 (3): 882-894.

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 of Environmental Studies and Management 4 (2): 1-8.

Adhiani. 2017. Logam Berat Sekitar Manusia. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.

Adji, S.S. 2006. Rehabilitasi Tanah Sawah Tercemar Natrium dan Logam Berat melalui Pencucian, Penggunaan Vegetasi, Bahan Organik dan Bakteri. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Adji, S.S., Sunarsih, D., dan Hamda, S. 2008. Pencemaran Logam Berat dalam Tanah dan Tanaman serta Upaya Mengurangnya. Yogyakarta: Seminar Nasional Kimia XVIII FMIPA UGM, 10 Juli 2008.

Afandi, F.N., Siswanto, B., dan Nuraini, Y. 2015. Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik terhadap Sifat Kimia Tanah pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Ubi Jalar di Entisol Ngrangkaj Pawon, Kediri. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan 2 (2): 237-244.

Anwar, S., dan Sudadi, U. 2013. Kimia Tanah. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Association of Official Agriculture Chemist. 2002. Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International, Maryland, USA. AOAS 1: 2.5-2.37

Azis, D., Jumadi, O., dan Wiharto, M. 2012. Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Daun Tanaman Teh (*Camellia sinensis* O.K) dan Tanah Perkebunan Teh yang Berada di Kawasan Puncak Malino. Jurnal Sainsmat 1 (1): 13-22.

Badan Standarisasi Nasional. 2009. Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan. SNI 7387. Hal 6-8.

Balai Penelitian Tanah. 2009. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah: Bogor.

Effendi. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.

Emiru, N., and Gebrekidan, H. 2013. Effect of Land Use Changes and Soil Depth on Soil Organic Matter, Total Nitrogen and Available Phosphorus Content of Soil in Senbat Watershed, Western Ethiopia. *ARPN Journal* 8(3): 206-212.

Ernawati, N. 2010. Pengaruh Pemberian Logam Berat terhadap Zooxanthellae pada Karang Pocillopora damicornis dan Styphora pistillata. Semarang: Universitas Diponegoro.

Evans, L., Spiers G.A., and Zhao, G. 1995. Chemical Aspects of Heavy Metals Solubility with Reference to Sewage Sludge-Amended Soils. *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry* 59 (2): 291-302.

Fatoni, A. 2014. Hubungan Antara pH dan C-Organik Terhadap Ion Logam Cr(VI) pada Tanah Bekas Pertambangan: Kajian Reaksi Kimia. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014, Palembang 26-27 September 2014: 420-424.

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

Herman, D.Z. 2006. Tinjauan Terhadap Tiling Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Bijih Logam. *Jurnal Geologi Indonesia* 1 (1): 31-36

Hu, Y., Liu, X., Bai, J., and Shih, K. 2013. Assessing Heavy Metal Pollution in the Surface Soils of a Region that had Undergone Three Decades of Intense Industrialization and Urbanization. *Environment Science Pollution*, 6150-6159.

ISRIC. 1993. Procedures for Soil Analysis. In van Reeuwijk, L.P. International Soil Reference and Information Centre. Wageningen, The Netherlands.

Juhaeti, T., Syarif, F., dan Hidayati, N. 2005. Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. *Biodiversitas* 6 (1): 31-33.

Khodijah, N.S., Rudjito, A.S., Harun, M.U., dan Robiartini, L. 2016. Cekaman Lingkungan dan Potensi Logam Berat pada Budidaya Sayuran di Lahan Pasca Tambang. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2016, Palembang 20-21 Oktober 2016: 530-542.

Kusnoputranto, H. 2006. Toksikologi Lingkungan, Logam Toksik dan Berbahaya. Jakarta: FKM-UI Press.

Kwiatkowska, J. 2017. Function of Organic Matter in Polluted Soils: The Effect of Organic Amendments on Phytoavailability of Heavy Metals. *Applied Soil Ecology* 6 (1): 1-4.

- Listiyani. 2017. Dampak Pertambangan Terhadap Lingkungan Hidup di Kalimantan Selatan dan Implikasinya Bagi Hak Warga Negara. *Al'Adl* 9 (1): 67-86
- Mallo, S. 2014. Mitigating the Activities of Artisanal and Small-scale Miners in Africa: Challenges for Engineering and Technological Institution. *International Journal of Modern Engineering Research* 2 (6): 4714-4725.
- Mansur, I. 2013. Teknik Silvikultur untuk Reklamasi Lahan Bekas Tambang. Bogor: SEAMEO BIOTROP.
- Marwan, M., Yusran, dan Umar H. 2015. Sifat Fisik Tanah di Bawah Tegakan Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) di Desa Kasimbar Barat Kecamatan Kasimbar Kabupaten Parigi Moutong. *Warta Rimba* 3 (2): 111-117.
- McCauley, A., Jones C., and Rutz K.O. 2017. Soil pH and Organic Matter. Montana: Montana State University.
- Nagajyoti, P.C., Lee, K.D., and Sreekanth, T. 2010. Heavy Metals, Occurrence and Toxicity for Plants. *Environmental Chemistry Letters* 8 (3): 199-216.
- Naria. 2005. Mewaspada Dampak Bahan Pencemar Timbal (Pb) di Lingkungan Terhadap Kesehatan. *Jurnal Komunikasi Penelitian* 17 (4): 66-72.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Pikula, D., and Stepien, W. 2007. Effect of Soil pH on the Uptake of Heavy Metals by Plants. *Fragmentation Agronomy* 2 (94): 227-237.
- Prasetyono, E. 2013. Efektifitas Kompos Batang Pisang (*Musa* sp) Untuk Meminimalisir Kandungan Logam Berat Timah Hitam (Pb) dan Menaikan pH Rendah. *Jurnal Sumberdaya Perairan* 7 (1): 1-8.
- Prasetyono, E. 2015. Kemampuan Kompos dalam Menurunkan Kandungan Logam Berat Timal (Pb) pada Media Budidaya Ikan. *Jurnal Akuatika* 6 (1): 21-29.
- Prasetya. 2009. Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pupuk Cair terhadap Serapan N dan Pertumbuhan Sawi pada Entisol. *Jurnal Agritek* 17 (5): 122-129.
- Purwadinata, H., dan Nono, S. 2013. Rehabilitasi Lahan Pertanian Tercemar Limbah Industri Hg dan Pb dalam Mendukung Pembangunan Pertanian Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Sains dan Teknologi* 72-81.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. Jenis dan Macam Tanah di Indonesia untuk Keperluan Survey dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi. Pusat Penelitian Tanah. Bogor.

Sarifuddin, E., Patadungan, Y.S., dan Isrun. 2017. Pengaruh Asam Humat dan Fulvat Ekstrak Kompos *Thitonia Diversifolia* Terhadap  $Hg_{k\text{helat}}$ , pH dan C-Organik Entisol Tercemar Merkuri. *Jurnal Agrotekbis* 5 (3): 284-290.

Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi selatan. *Jurnal Ilmu Kelautan* 7 (1): 12-24.

Shahid, M., Sabir M., Ali, M.A., and Ghafoor, A., 2014. Effect of Organic Amendments on Phytoavailability of Nickel and Growth of Berseem under Nickel Contaminated Soil Condition. *Chemical Speciation & Bioavailability* 26 (1): 37-42.

Sherene, T. 2010. Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment. *Biological Forum - An International Journal* 2 (2): 112-121.

Siswanto, B., Krisnayani, B.D., Utomo, W.H., and Anderson, C.W.N. 2012. Rehabilitation of Artisanal Gold Mining Land in West Lombok, Indonesia: Characterization of Overburden and the Surrounding Soils. *Journal of Geology and Mining Research* 4 (1): 1-7.

Smith. 1992. Effective *Rhizobium leguminosarum* biovar *Trifolii* Present in Five Soil Contaminated with Heavy Metals from Long-Term Application of Sewage Sludge or Metal Mine Spol. *Soil Biology and Biochemistry* 24 (8): 781-788.

Suharto. 2005. Dampak Pencemaran Logam Timbal Terhadap Kesehatan Masyarakat. Surabaya: Unair Press.

Sumarwoto, O. 2014. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Yogyakarta: Gadjah Mada University.

Suntoro. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Sebelas Maret University Press.

Suyatna, H. 2016. Panduan Pelembagaan Tambang Rakyat. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Tan, K.H. 2005. Soil Sampling, Preparation and Analysis. CRC Press Taylor and Francis Group. Boca Raton, FL 33487 -2742. 623 p.

Tender, C.A.D., Debode, J., Vandecasteele, B., Dhose, T., Cremelie, P., Haegeman, A., Ruttink, T., Dawyndt, P., and Maes, M. 2016. Biological, Physicochemical and Plant Health Responses in Lettuce and Strawberry in Soil or Peat Amended with Biochar. *Soil Ecology* 5(107): 1-12.

Tuaputy, U.S., Putri, E.I.K., dan Anna, Z. 2014. Ekternalitas Pertambangan Emas Rakyat di Kabupaten Buru Maluku. *Jurnal Ekonomi Pertanian, Sumberdaya dan Lingkungan* 4 (1): 71-86.

Walkley, A.J. and Black, I.A. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

Wicaksono, D.B., Yulianto, B., dan Ambariyanto. 2013. Pengaruh Logam Berat terhadap Karang. *Journal of Marine Research* 2 (1): 161-166.

Widagdo, S. 2005. Tanaman Elemen Lansekap Sebagai Biofilter untuk Mereduksi Polusi Pb di Udara. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

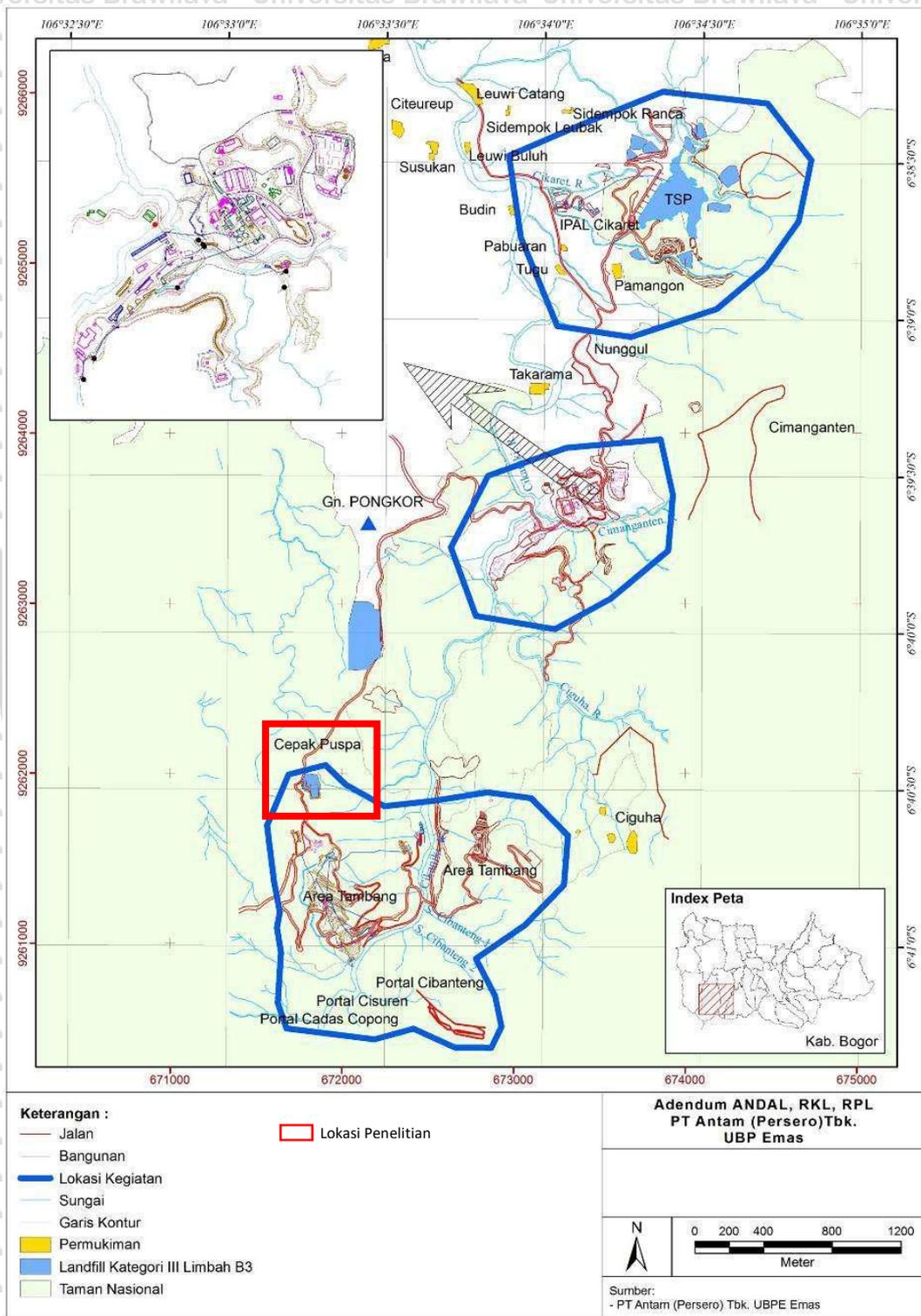
Widowati, W. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Yogyakarta: C.V Andi Offset.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Peta Lokasi Kegiatan Pertambangan



**Lampiran 2. Langkah Analisa Kadar Air pada Sampel Tanah**

Langkah pertama yang dilakukan adalah menimbang berat cawan yang digunakan, kemudian sampel tanah ditambahkan sebanyak 5 gram dan ditimbang kembali cawan beserta sampel tanah di dalamnya. Sampel tanah setelah itu dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam, lalu sampel dikeluarkan dan didinginkan di dalam *desicator*. Langkah terakhir adalah menimbang berat sampel uji. Kadar air tanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = (\text{kehilangan bobot/bobot contoh kering}) \times 100$$

(Tan, 2005).

**Lampiran 3. Langkah Analisa pH pada Sampel Tanah**

Analisa pH tanah dilakukan dengan cara menimbang sampel tanah sebanyak 20 gram yang telah lolos ayakan, kemudian tanah dimasukkan ke dalam 2 *fial film* masing-masing sebanyak 10 gram. *Fial film* pertama ditambahkan aquades sebanyak 25 ml, *fial film* yang lain ditambahkan KCl 1N sebanyak 25 ml. *Fial film* kemudian dihomogenkan selama 30 menit dan didiamkan hingga material tanah mengendap di bawah permukaan. Sebelum digunakan, pH meter terlebih dahulu dikalibrasi dengan larutan penyangga pH 7,0 dan pH 4,0 (ISRIC, 1993).

**Lampiran 4. Analisa C-Organik dan Bahan Organik**

Kadar C-organik dapat diketahui dengan menimbang 0,500 g sampel tanah ukuran < 0,5 mm kemudian sampel tanah dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Sampel tanah kemudian ditambahkan 5 ml K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1 N, lalu larutan dihomogenkan. Selanjutnya larutan ditambahkan dengan 7,5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat lalu dikocok dan didiamkan selama 30 menit. Larutan diencerkan dengan aquades, dibiarkan dingin dan diimpitkan. Keesokan harinya absorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 561 nm. Sebagai pembanding dibuat standar 0 dan 250 ppm, dengan memipet 0 dan 5 ml larutan standar 5.000 ppm ke dalam labu ukur 100 ml dengan perlakuan yang sama dengan pengerjaan contoh (Balittanah, 2009).

$$\begin{aligned} \text{Kadar C-organik (\%)} &= \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} / 1.000 \text{ ml} \times 100 / \text{mg contoh} \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times 10 / 500 \times \text{fk} \end{aligned}$$

Keterangan  
ppm kurva

:  
= kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

100

= konversi ke %

Fk

= faktor koreksi kadar air =  $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

Perhitungan persentase bahan organik didapatkan dari perhitungan C-organik, dimana persen bahan organik =  $\% \text{ C-organik} \times 1,724$  (Prasetya, 2009)

#### **Lampiran 5.** Langkah Analisa Kandungan Timbal (Pb) pada Sampel Tanah

Langkah pertama yang dilakukan adalah menyiapkan larutan standar 0, dengan cara memasukan 10 ml  $\text{HClO}_4$  ke dalam labu ukur 1.000 ml yang telah berisi air bebas ion kira-kira setengahnya, lalu larutan dihomogenkan dan air bebas ion kembali dimasukan ke labu ukur hingga tepat 1.000 ml. Langkah selanjutnya adalah membuat standar campuran, dengan cara memasukan 20 ml standar pokok Pb (1.000 ppm) kedalam labu ukur 1.000 ml kemudian diencerkan dengan larutan standar 0 sampai 1.000 ml lalu dikocok. Deret standar campuran kemudian dibuat dengan cara memasukan masing-masing 0; 1; 2; 4; 6; 8 dan 10 ml larutan standar campuran ke dalam tabung reaksi, kemudian tambahkan masing-masing 10; 9; 8; 6; 4; 2 dan 0 ml larutan standar 0, lalu dihomogenkan. Larutan tersebut kemudian diukur absorbansinya untuk membuat kurva kalibrasi.

Pengukuran logam berat pada tanah pertambangan dilakukan dengan tahapan yaitu sampel halus tanah ditimbang sebanyak 1 g dari masing-masing sampel tanah halus  $<0,5$  mm dan dimasukkan kedalam gelas kimia, lalu ditambahkan 5 ml  $\text{HNO}_3$  pekat dan dibiarkan selama satu malam. Hari selanjutnya, larutan dipanaskan diatas hot plate pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 1 jam 30 menit, lalu larutan didinginkan dan ditambahkan lagi 5 ml  $\text{HNO}_3$  pekat serta 1 ml  $\text{HClO}_4$ . Larutan dipanaskan hingga  $130^\circ\text{C}$  selama 1 jam, lalu suhu ditingkatkan menjadi  $150^\circ\text{C}$  selama 2 jam 30 menit atau sampai uap kuning habis. Bila uap kuning habis, suhu ditingkatkan menjadi  $170^\circ\text{C}$  selama 1 jam, lalu suhu ditingkatkan lagi menjadi  $200^\circ\text{C}$  selama 1 jam atau sampai terbentuk uap putih. Destruksi selesai dengan terbentuknya endapan putih atau sisa larutan jernih sekitar 1 ml. Ekstrak didinginkan kemudian diencerkan dengan air bebas ion

menjadi 25 ml, lalu dikocok hingga homogen, biarkan semalam, dan dapat ditetapkan kadar logam timbal (Pb) dengan Spektrofotometer Serapan Atom

(SSA). Penentuan kadar timbal dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar unsur logam berat (ppm)} = \text{ppm kurva} \times 100/\text{g contoh} \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva pada spektrofotometer

100 = konversi ke % (pada satuan %)

fk = faktor koreksi kadar air =  $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$

(Balittanah, 2009).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**Lampiran 6. Uji Statistik**

**a. Uji Normalitas**

Parameter	Normalitas	Keterangan
Bahan Organik	0.348	Normal
Timbal (Pb)	0.646	Normal
pH	0.052	Normal

**b. ANOVA Kadar Timbal, pH Tanah dan Bahan Organik Tanah**

Kadar Timbal	SK	Db	JK	KT	Fhit	Ftab		Ket
						1%	5%	
Ulangan	2	56.30	28.15	2.42	5.29	3.28	*	
Perlakuan	17	389.81	22.93	1.96	2.55	1.93	*	
Jarak	5	1743.93	348.79	29.98	3.61	2.49	**	
Kedalaman	2	1749.70	874.85	75.19	5.29	3.28	**	
Jarak.Kedalaman	10	515.09	51.51	4.43	2.88	2.12	**	
Galat	34	395.61	11.64					
Total	53	4460.62						

pH Tanah								
Ulangan	2	0.001478	0.0007	0.91	5.29	3.28	tn	
Perlakuan	17	1.55806	0.0916	112.61	2.55	1.93	**	
Jarak	5	1.6568	0.3313	407.38	3.61	2.49	**	
Kedalaman	2	13.15274	6.5763	8085.0	5.29	3.28	**	
Jarak.Kedalaman	10	0.00412	0.0004	0.51	2.88	2.12	tn	
Galat	34	0.0276556	0.0008					
Total	53	14.85280						

Bahan Organik								
Ulangan	2	0.3872	0.1936	1.47	5.29	3.28	tn	
Perlakuan	17	1.22	0.071	0.53	2.55	1.93	tn	
Jarak	5	7.3590	1.4718	11.16	3.61	2.49	**	
Kedalaman	2	0.9766	0.4883	3.70	5.29	3.28	*	
Jarak.Kedalaman	10	2.4449	0.2445	1.85	2.88	2.12	tn	
Galat	34	4.4832	0.1319					
Total	53	15.6509						

Ket: (tn) tidak nyata, (\*\*) sangat nyata, (\*) nyata

**c. Uji Korelasi**

	Timbal	Bahan Organik	pH
Timbal			
Bahan Organik	-0.3243		
Ph	-0.7922	-0.0105	

**Lampiran 7. Kriteria Sifat Tanah**

**a. Kriteria pH Tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1983).**

Kriteria	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH (H <sub>2</sub> O)	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

**b. Kriteria Bahan Organik Tanah (Balai Penelitian Tanah, 2009).**

Kriteria	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Bahan Organik (%)	<1,00	1,00-2,00	2,10-4,20	4,30-6,00	>6,00



**Lampiran 8.** Kandungan Logam Berat Timbal dalam Limbah Segar, Tanah dan Tanaman

**a.** Kandungan Logam Berat Timbal dalam Limbah Segar:

Kedalaman (cm)	Kandungan Timbal (ppm)
0-15	62,83
15-30	63,15
30-45	58,22

**b.** Kandungan Logam Berat Timbal dalam Tanah di PT. Aneka Tambang yang Tidak Tercemar

Kedalaman (cm)	Kandungan Timbal (ppm)
0-30	< 0,0591
30-60	< 0,0591
60-90	< 0,0591
90-120	< 0,0591

**c.** Kandungan Logam Berat Timbal pada Tumbuhan di Sekitar Tailing PT. Aneka Tambang (Juhaeti et al., 2005).

Jenis Tumbuhan	Kandungan Timbal (ppm)
<i>Sonchus arvensis</i> L.	3,46
<i>Mikania cordata</i> (Burm.f.)B.L.Robinson	11,65
<i>Ipomoea</i> sp	7,3
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	4,93
<i>Cyperus compactus</i> Retz	1,79
<i>Cynodon dactylon</i>	0,63
<i>Echinochloa colona</i> Link	2,00
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv	6,16
<i>Eulesine indica</i> (L.) Gaertn	4,67
<i>Ishaemum timorense</i>	0,63
<i>Scoparia dulcis</i> L.	6,13



Lampiran 9. Dokumentasi Kegiatan



Gambar 11. Kondisi Tempat Pengambilan Sampel Ulangan Pertama



Gambar 12. Kondisi Tempat Pengambilan Sampel Ulangan Kedua



Gambar 13. Kondisi Tempat Pengambilan Sampel Ulangan Ketiga



**Gambar 14.** Pengambilan Sampel Tanah



**Gambar 15.** Sampel Tanah



**Gambar 16.** Menghaluskan Sampel Tanah dengan Mortar dan Pistil



**Gambar 17.** Menimbang Tanah yang Telah Lolos Ayakan



**Gambar 18.** Melarutkan Sampel Tanah dengan Aquades



**Gambar 19.** Pengujian Kadar Timbal dengan Spektrofotometer

