

TA/TL/2023/1664

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT DI DALAM
TANAH DAN POTENSI RISIKO LINGKUNGAN DI TPA
BANYUROTO, KULON PROGO**

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



**LUBNA MAYOURI
19513206**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR


ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT DI DALAM TANAH DAN POTENSI RISIKO LINGKUNGAN DI TPA BANYUROTO, KULON PROGO

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

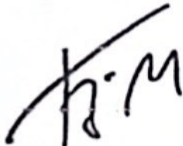


LUBNA MAYOURI
19513206

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Ir. Kasam, M.T.
925110102

Tanggal: 19 Oktober 2023


Fajri Mulva Iresha, S.T., M.T., Ph.D.
155130507

Tanggal: 19 Oktober 2023



Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res. Eng.), Ph.D.
095130401

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT DI DALAM TANAH DAN
POTENSI RISIKO LINGKUNGAN DI TPA BANYUROTO, KULON
PROGO**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis
Tanggal : 19 Oktober 2023

Disusun Oleh:

**LUBNA MAYOURI
19513206**

Tim Penguji :

Dr. Ir. Kasam, M.T.

()

Fajri Mulva Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

()

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., 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 sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



Lubna Mayouri

19513206

PRAKATA

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak 15 Maret 2023 ini ialah “Analisis kandungan logam berat dan risiko lingkungan pada TPA Banyuroto”. Tugas akhir ini selesai bukan hanya dengan saya sendirian, tetapi banyak orang – orang yang sayang dan peduli dengan penulis sehingga dapat mendorong penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menghaturkan terimakasih sebesar – besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua, seluruh keluarga dan adik-adik penulis yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga lancar dalam pengerjaan tugas akhir.
2. Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Kasam, M.T dan Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing yang telah banyak memberi saran dan masukan terhadap penelitian ini. Juga kepada laboran mas Bagus yang sudah membimbing saya selama berada di Laboratorium.
3. Sahabat penulis Dwi Indraswari yang telah bersedia menemani dan mendengarkan keluh kesah penulis.
4. Rekan-rekan penulis April, Tegar, Pita, Faizah, Tika, yang berjuang bersama penulis selama perkuliahan.
5. Teman-teman tugas akhir TPA Banyuroto April dan tegar yang telah kebersamai dalam penelitian ini dalam suka maupun duka serta fahri dan hendardi yang telah membantu dalam pengambilan sampel di TPA Banyuroto.
6. Semua pihak yang telah bersedia membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Pada tugas akhir ini penulis menyadari penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca tugas akhir ini yang bermanfaat bagi kita semua nanti hendaknya.

Yogyakarta, 15 Juli 2023

Lubna Mayouri

ABSTRAK

TPA Banyuroto menggunakan metode control landfill dan mulai beroperasi dari tahun 2010, Masuknya sampah pada TPA setiap harinya mengakibatkan bertumpuknya berbagai macam limbah organik maupun non organik. Limbah tersebut dapat membawa kandungan logam berat yang akan terbawa oleh air lindi, jika sistem pengolahan air lindi kurang baik menyebabkan air lindi tersebut masuk terserap kedalam tanah dan menyebabkan tanah tercemar oleh logam berat, serta timbulnya risiko terhadap lingkungan. Tujuan penelitian meliputi analisis logam berat terhadap tanah di TPA Banyuroto dan potensi risiko lingkungan akibat logam berat di dalam tanah. Penentuan titik sampling dilakukan dengan metode Grid Sampling pada area TPA. Metode analisis logam berat menggunakan Spektrometer Serapan Atom, sedangkan penilaian risiko lingkungan menggunakan metode index geoakumulation dan Potential Ecological Riks Index (PERI). Hasil rata-rata analisis logam berat yang didapatkan pada parameter logam berat di dalam tanah TPA Banyuroto Kulon Progo adalah Cd= 5,68 mg/kg, Cu= 30,06 mg/kg, Pb= 21,38 mg/kg. Diketahui konsentrasi logam Cd pada tanah TPA Banyuroto berasal dari zat warna pada sampah tekstil yang terdegradasi, kemudian konsentrasi logam Cu berasal dari sampah logam yang dibuang langsung ke TPA, sedangkan logam Pb berasal dari bahan kimia sebagai pengikat warna pada sampah kertas bertinta. Hasil konsentrasi logam berat Cd pada semua titik penelitian melebihi baku mutu Environment Protection Authority of Australia (EPAA) 2012, namun rata-rata konsentrasi logam berat Cu dan Pb tidak melebihi baku mutu EPAA 2012. Untuk hasil index geoakumulation logam Cd berada pada kelas 5 yaitu sangat berisiko, sedangkan untuk hasil rata-rata penilaian potensi risiko lingkungan pada area TPA sebesar 96,15 mg/kg termasuk kedalam kelas risiko C atau tingkat risiko Strong.

Kata kunci: Analisis, Air lindi, Logam Berat, TPA, Potensi risiko

ABSTRACT

Banyuroto TPA uses the control landfill method and started operating in 2010. The influx of rubbish into the TPA every day results in the accumulation of various kinds of organic and non-organic waste. This waste can carry heavy metal content which will be carried away by the leachate water. If the leachate water treatment system is not good it will cause the leachate water to be absorbed into the soil and cause the soil to be polluted by heavy metals, as well as creating risks to the environment. The research objectives include analysis of heavy metals in the soil at the Banyuroto landfill and potential environmental risks due to heavy metals in the soil. Determination of sampling points was carried out using the Grid Sampling method in the landfill area. The heavy metal analysis method uses an Atomic Absorption Spectrometer, while the environmental risk assessment uses the geoaccumulation index and Potential Ecological Riks Index (PERI) methods. The average results of heavy metal analysis obtained on heavy metal parameters in the soil of the Banyuroto Kulon Progo landfill were Cd= 5.68 mg/kg, Cu= 30.06 mg/kg, Pb= 21.38 mg/kg. It is known that the concentration of Cd metal in the soil of the Banyuroto landfill comes from dyes in degraded textile waste, then the concentration of Cu metal comes from metal waste which is thrown directly into the landfill, while Pb metal comes from chemicals as color binders in inked paper waste. The results of the heavy metal Cd concentration at all research points exceeded the 2012 Environment Protection Authority of Australia (EPAA) quality standards, however the average concentrations of the heavy metals Cu and Pb did not exceed the 2012 EPAA quality standards. The results of the Cd metal geoaccumulation index were in class 5, namely very risky, while the average result of the assessment of potential environmental risks in the landfill area was 96.15 mg/kg, including risk class C or Strong risk level.

Keywords: Analysis, leachate, Heavy Metals, TPA, potential risk

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tempat Pemrosesan akhir (TPA).....	5
2.2 pH pada tanah	6
2.3 Logam Berat Pada Tanah.....	6
2.4 Potential ecological riks index.....	9
2.5 Penelitian Terdahulu	11
BAB III	14
METODE PENELITIAN	14
3.1 Tahapan Penelitian.....	14
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	14
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	15
3.4 Lokasi Pengambilan Sampel.....	15
3.5 Alat dan Bahan	17
3.6 Metode Pengambilan Sampel	17
3.7 Metode Analisa Data	18
3.7.1 Analisis Kandungan Logam Berat.....	18

3.7.2 Pengukuran Logam Berat	18
3.8 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan	20
BAB IV	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian	23
4.2 Analisis Logam Berat Pada Tanah	24
4.2.1 Hasil dan Analisis Logam Kadmium (Cd)	25
4.2.2 Hasil dan Analisis Logam Tembaga (Cu)	28
4.2.3 Hasil dan Analisis Logam Timbal (Pb)	32
4.3 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan	35
4.3.1 Penilaian Tingkat Polusi Lingkungan TPA Banyuroto, Kulon Progo	36
4.3.2 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan Area TPA	37
BAB V	39
KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 penelitian terdahulu	11
Tabel 3 1 Tingkat kontaminasi pada sedimen	20
Tabel 3.2 Standar nilai potensi risiko lingkungan	21
Tabel 4 1 Konsentrasi logam Cd pada tanah di TPA Banyuroto.....	25
Tabel 4 2 Konsentrasi logam berat Cu pada tanah di TPA Banyuroto.....	28
Tabel 4 3 Konsentrasi logam Pb pada tanah di TPA Banyuroto	32
Tabel 4 4 Penilaian tingkat polusi logam berat Cd.....	36
Tabel 4 5 Penilaian tingkat polusi logam berat Cu.....	36
Tabel 4 6 Penilaian tingkat polusi logam berat Pb	37
Tabel 4 7 Penilaian potensi Risiko lingkungan TPA Banyuroto.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3 1 Diagram alir penelitian	14
Gambar 3 2 Peta titik pengambilan sampel	16
Gambar 3 3 Tahapan destruksinasam contoh uji.....	19
Gambar 4 1 Peta sebaran logam berat Cd.....	27
Gambar 4 2 Peta persebaran logam berat Cu.....	31
Gambar 4 3 Peta persebaran logam berat Pb.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tumpukan sampah	44
Lampiran 2 Pengambilan sampel tanah.....	45
Lampiran 3 Pengujian Sampel di Lab.Kualitas Lingkungan FTSP UII.....	46
Lampiran 4 Hasil lab pembacaan menggunakan SSA.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Kulon Progo dengan ibu kota Wates memiliki luas wilayah 58.627,512 ha (586,28 km²), merupakan salah satu dari lima kabupaten/kota di Daerah Istimewa Yogyakarta yang terletak paling barat. Jumlah penduduk tahun 2020 sebanyak 436.395 jiwa, dengan jumlah penduduk yang semakin besar akan berdampak terhadap lingkungan baik fisik maupun non fisik di berbagai bidang, dimana salah satunya yang berhubungan dengan masalah kebersihan dan sampah. Bertambah besar jumlah penduduk akan berakibat pada laju timbulan sampah yang semakin bertambah juga, karena sampah merupakan konsekuensi dari aktifitas manusia. Setiap aktivitas atau kegiatan manusia memungkinkan menghasilkan sampah dengan jumlah atau volume yang sebanding dengan tingkat konsumsinya, tergantung dari jenis barang atau material yang digunakan.

Adapun timbulan sampah pada TPA Banyuroto pada tahun 2022 sebanyak 64,654.37 ton. Komposisi sampah pada TPA Banyuroto berdasarkan data SIPSN tahun 2022 didominasi oleh sampah sisa makanan sebesar 67,18 %, kemudian sampah kertas/karton sebesar 12,6%, sampah plastik sebesar 17,22%, sampah logam 1,68 %, sampah kain sebesar 0,21%, dan sampah kaca sebesar 1,11 %. TPA Banyuroto merupakan TPA yang terletak di Dusun Tawang Desa Banyuroto Kecamatan Nanggulan dengan luas ± 2,5 Ha. TPA Banyuroto mulai dioperasikan pada tahun 2010 dengan kondisi tanah lempung, sistem yang dipakai adalah controlled landfill.

Sampah yang berada dalam TPA mengalami oksidasi melalui pembusukan kemudian terjadi dekomposisi dan menghasilkan air lindi atau leachate (Fagbenro, O. K., 2016). Air lindi atau leachate yaitu cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi yang halus dari hasil penguraian mikroba (Soemirat, 1999). Kandungan senyawa organik dan anorganik yang terdapat pada air lindi mengandung senyawa toksik bagi makhluk hidup (Mendoza et al., 2017). Oleh karenanya lingkungan TPA

lebih rentan tercemar air lindi yang terlihat oleh parameter fisik dan kimiawi yang berkonsentrasi tinggi dan juga mengandung logam berat seperti Cd, Cu dan Pb. Sistem pengolahan air lindi yang kurang baik menyebabkan air lindi tersebut masuk dan terserap kedalam tanah dan menyebabkan tanah tercemar oleh logam berat.

Ada beberapa metode evaluasi logam berat dalam sedimen internasional, salah satunya metode indeks risiko ekologis potensial. Sebagai metode internasional untuk mempelajari logam berat dalam sedimen, metode ini sederhana, pintas relatif dan presisi. Tidak hanya mengetahui dampak tunggal logam berat terhadap lingkungan ekologis tetapi juga memperhitungkan nilai latar belakang geografis dan menggabungkan kimia lingkungan dengan toksikologi ekologi dan biologis. Indeks *Potential Ecological Risk* (PER) dihitung untuk menilai kontaminasi logam berat dalam sedimen Nilai indeks potensi resiko ekologi (RI) digunakan untuk menghitung risiko ekologis dari beberapa logam berat atau integrasi logam berat yang diamati pada sampel tanah (Saleh et al., 2018). Metode Indeks Resiko Ekologis Potensial (PERI) di usulkan oleh ilmuwan Swedia Hakanson pada tahun 1980, kemudian diterapkan untuk mengevaluasi bahaya logam berat dalam sedimen. Metode ini telah digunakan secara luas dan memiliki pengaruh besar di dunia internasional (Huang, 2004).

Sampah di TPA Bayuroto diolah menjadi kompos, sedangkan sisanya dibiarkan begitu saja. Bahan organik pada sisa sampah yang tidak diolah akan mengalami dekomposisi bersama air hujan menghasilkan leachate (air lindi). leachate yang dibiarkan tanpa diolah akan mencemari air tanah di sekitarnya. Jenis tanah di TPA Banyuroto adalah tanah lempung (Aryani, 2017), sehingga memungkinkan leachate dapat merembes dan mencemari lapisan tanah di daerah sekitarnya. Dengan kurang optimalnya pengelolaan air pada TPA Banyuroto menyebabkan terkontaminasinya tanah pada TPA dan sekitarnya oleh logam berat. Sehingga perlu dilakukan pengamatan pada tanah TPA dan sekitarnya untuk mengetahui dan menganalisis kandungan logam berat yang terkandung pada tanah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana persebaran logam berat Cd, Cu, dan Pb pada tanah di TPA Banyuroto?
2. Bagaimana potensi risiko lingkungan akibat logam berat di dalam tanah TPA Banyuroto Kulon Progo?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui kandungan logam berat Cd, Cu, dan Pb pada tanah di TPA Banyuroto dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS)-Nyala.
2. Mengetahui *Ecological risks index* akibat logam berat (Cd, Cu, Pb) di dalam tanah TPA Banyuroto.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagi Universitas
Sebagai masukan studi literatur ke Perguruan Tinggi tentang menganalisis kandungan logam berat di TPA Banyuroto.
- 2) Bagi Mahasiswa
Sebagai media dan pengalaman bagi mahasiswa menerapkan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan di Universitas terkait dengan analisis kandungan logam berat yang terkandung pada TPA.
- 3) Bagi Masyarakat dan Pemerintah
Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan acuan bagi masyarakat dan pemerintah untuk dapat melihat bagaimana logam berat yang terakumulasi dalam tanah.

1.5 Ruang Lingkup

1. lokasi penelitian dilakukan di TPA Banyuroto, Kulon Progo.
2. Metode pengambilan sampel tanah dilakukan secara sistematis dengan mengambil 8 titik di sekitar TPA.

3. Metode pengukuran kandungan logam berat yang digunakan ialah metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS)-Nyala.
4. Metode penilaian resiko lingkungan yang digunakan *potential ecologi riks index* (PERI).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan akhir (TPA)

Tahap akhir dari pengelolaan sampah yaitu pembuangan. Di mana pembuangan ini dilakukan di TPA. Menurut UU No. 18 Tahun 2008, TPA merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya. TPA merupakan tempat dimana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya. Pengelolaan sampah adalah suatu bidang yang berhubungan dengan pengaturan terhadap penimbunan, penyimpanan (sementara), pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan, pemrosesan dan pembuangan sampah dengan suatu cara yang sesuai dengan prinsip-prinsip terbaik dari kesehatan masyarakat, ekonomi, teknik (engineering), perlindungan alam (conservation), keindahan dan pertimbangan lingkungan lainnya dan juga mempertimbangkan sikap masyarakat.

Sampah di TPA akan mengalami proses penguraian secara alamiah dengan waktu yang panjang. Ada beberapa jenis sampah yang terurai secara cepat, terurai secara lambat dan bahkan tidak berubah selama puluhan tahun, misalnya plastik. Dapat disimpulkan bahwa TPA banyak proses yang berlangsung dan menghasilkan zat-zat yang dapat mencemari lingkungan, karena masih diperlukan pengawasan dan manajemen terhadap TPA (Royadi, 2006).

Terdapat berbagai macam opsi teknologi pengelolaan sampah di masa kini. Teknologi pengelolaan sampah sudah mencapai generasi ke 3 yaitu Improved Sanitary Landfill dengan dilengkapi sarana pengelolaan air lindi. Teknologi TPA generasi 1 ialah sistem open dumping, tidak terdapat pengolahan dan hanya ditimbun lalu dibiarkan begitu saja, selanjutnya TPA generasi 2 ialah sanitary landfill dengan dilengkapi pipa perforasi pada bagian dasarnya (Damanhuri dan Padmi, 2019).

2.2 pH Pada Tanah

Reaksi tanah menunjukkan sifat keasaman tanah dan alkalis tanah yang ditunjukkan dengan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya jumlah konsentrasi ion H^+ pada tanah, semakin tinggi kadat ion H^+ maka semakin asam tanah tersebut. Nilai pH berkisar antara 0-4 dengan $pH=7$ disebut netral. Kondisi tanah yang paling ideal untuk tumbuh dan berkembangnya tanaman adalah tanah yang bersifat netral. Namun demikian beberapa jenis tanaman masih toleran terhadap tanah dengan pH yang sedikit asam, yaitu tanah yang ber pH maksimal 5. Keberadaan kadmium di dalam tanah tidak dapat dipisahkan dari faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi peresapan logam berat ke dalam tanah. Faktor-faktor tersebut adalah pH dan bahan organik tanah. Kandungan kadmium di dalam tanah dengan pH rendah cenderung lebih kecil bila dibanding pada tanah dengan pH tinggi.

2.3 Logam Berat Pada Tanah

Logam berat adalah logam berat jenis besar dari 5 g/cm³, Unsur yang termasuk logam berat adalah Cd, Cr, Cu, H, Ni, Pb dan Zn (Connell, 2006). Keberadaan logam berat esensial dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Logam berat dapat memasuki tanah melalui sumber berbeda-beda yang dapat menjadi polutan. Pupuk, pestisida, penambahan bahan organik dan anorganik, residu limbah dan lumpur aktif mengandung sejumlah logam berat (Yulipriyanto, 2010).

Tanah secara alamiah mengandung logam berat, tetapi dengan jumlah yang sedikit sebagian logam berat Fe, Hg, Mg, Cu, Cr, As dan Zn logam tersebut memiliki peran dalam proses fisiologis tanaman, namun bila berlebihan bisa memberikan efek toksisitas pada tanaman (Palar, 2008). Saeni (2002) menjelaskan bahwa unsur-unsur logam berat yang potensial menimbulkan pencemaran pada lingkungan adalah; Fe, As, Cd, Pb, Hg, Mn, Ni, Cr, Zn, dan Cu, karena unsur ini lebih ekstensif penggunaannya demikian pula dengan tingkat toksisitasnya yang tinggi. Alloway (1995) mengatakan bahwa kelebihan logam berat dalam tanah

bukan hanya meracuni tanaman dan organisme, tetapi dapat berimplikasi pada pencemaran lingkungan. Yaron et al., (1996) serta Pendias (2000) menjelaskan logam berat dalam tanah terdiri atas berbagai bentuk, seperti bentuk yang terikat pada partikel organik, bentuk tereduksi (hidroksida), bentuk karbonat, bentuk sulfida dan bentuk larutan dalam tanah. Logam berat yang terdapat di dalam tanah atau sedimen dapat melakukan proses pertukaran ion dan absorpsi terutama pada partikel halus dengan permukaan yang luas dan gugus bermuatan negatif, seperti tanah liat (kaolinit, klorit, montmorilonit) zat-zat humin (asam humus, asam fulfik, asam humin) dan oksida-oksida Fe dan Mn.

Logam berat termasuk zat pencemar karena sifatnya yang stabil dan sulit untuk diuraikan. Selain itu juga dijelaskan bahwa logam berat dalam tanah yang membahayakan pada kehidupan organisme dan lingkungan adalah dalam bentuk terlarut. Akan tetapi logam berat di dalam tanah mampu membentuk kompleks dengan bahan organik dalam tanah sehingga menjadi logam yang tidak larut. Logam yang diikat menjadi kompleks organik ini sukar untuk dicuci serta relatif tidak tersedia bagi tanaman. Dengan demikian senyawa organik tanah mampu mengurangi bahaya potensial yang disebabkan oleh logam berat beracun. Peneliti memilih Pb, Cd dan Cu berdasarkan tingkat toksisitas terutama dalam konteks lingkungan, Pb dan Cd merupakan logam berat dengan tingkat toksisitas kelas I sedangkan Cu berada di kelas II.

Kadmium (Cd) merupakan metal berbentuk kristal putih keperakan. Dalam kadar tinggi, kadmium berasal dari emisi industri, peleburan seng dan timbal. Sumber lain merupakan dari sisa penggunaan lumpur kotor sebagai pupuk tanaman (Widowati, 2008). Logam kadmium (Cd) memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas, tahan terhadap korosi, tidak larut dalam basa dan mudah bereaksi serta menghasilkan kadmium oksida jika dipanaskan. Faktor yang dapat mempengaruhi perserapan kadmium dalam tanah yaitu kandungan bahan organik tanah, pH tanah, ukuran partikel tanah, kemampuan pertukaran ion dan temperatur tanah (Setyoningrum, 2014). Kadmium memiliki efek unik terhadap anak-anak yaitu dapat membantu perkembangan otak pada anak. Namun di sisi lain, kadmium memiliki efek berbahaya untuk manusia dan hewan

antara lain menaikkan resiko terjadinya kanker payudara, penyakit paru-paru dan penyakit jantung. Hasil penelitian sebelumnya mengenai pencemaran tanah oleh logam berat Cd telah dilakukan oleh Setyoningrum et al., (2014) di mana hasil penelitiannya menunjukkan adanya kandungan logam berat Cd pada tanah TPA Piyungan, dengan konsentrasi yang bervariasi mulai dari 0,11 mg/kg sampai dengan 0,47 mg/kg. Konsentrasi logam berat Cd yang terakumulasi bersumber dari sampah tekstil. Terdapat 12,5% persentase sampah tekstil pada kedalaman satu meter pengeboran tanah di TPA Piyungan, dari penelitian ini membuktikan bahwa sampah tekstil terdegradasi oleh mikroorganisme dalam tanah. Berbagai macam sampah tekstil pada tumpukan sampah TPA Piyungan berupa baju dan celana bekas, boneka berbahan kain, dan juga aksesoris berupa gantungan kunci berbahan kain perca. Logam berat dalam tanah mempengaruhi laju proses respirasi, metabolisme dan aktivitas mikroorganisme tanah (Njoku et al., 2020). Salah satu upaya dalam mengurangi kandungan logam Cd pada tanah TPA Piyungan ialah dengan fitoremediasi menggunakan tanaman akar wangi.

Keberadaan Cu dalam lingkungan dapat terakumulasi di perairan maupun mengendap di dalam sedimen. Diantara jenis logam yang banyak ditemukan sebagai buangan adalah logam Cu. Cu merupakan logam berat yang banyak digunakan dalam campuran logam, pembuatan kabel, keramik dan pestisida. Cu bersifat sangat beracun dan sangat bioakumulatif. Tingkat kelarutan Cu sangat rendah dalam cairan namun mudah teradsorpsi dalam partikel yang teralarut dalam air (Jundana, 2016). Hasil penelitian sebelumnya mengenai pencemaran tanah oleh logam berat Cu telah dilakukan oleh Muyassar dan Budianta (2021) di mana hasil penelitiannya menunjukkan adanya kandungan logam berat Cu pada tanah di sekitar TPA Piyungan, dengan konsentrasi yang bervariasi mulai 0,2 mg/kg sampai dengan 3,5 mg/kg. Konsentrasi logam Cu yang bervariasi ini disebabkan oleh sampah logam yang dibuang langsung. Jalur pergerakan (migrasi) pencemar logam Cu melalui lapisan tanah, akan dipercepat dengan adanya infiltrasi air hujan yang tinggi yang membuat sifat logam berat menjadi lebih termobilisasi (Setyoningrum et al., 2014). Konsentrasi logam berat Cu yang terakumulasi bersumber dari sampah logam. Berbagai macam-macam sampah logam yang berada pada TPA Piyungan

seperti baterai kering, peralatan-peralatan elektronik, kabel, kaleng, dan sampah elektroplating lainnya. Terdapat 1,24% sampah logam pada kedalaman satu meter pengeboran tanah di TPA Piyungan. Hal ini membuktikan keberadaan sampah logam mengalami degradasi pada tanah TPA Piyungan.

Timbal (Pb) adalah logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi. Pencemaran Pb berasal dari sumber alami maupun limbah hasil aktivitas manusia dengan jumlah yang terus meningkat, baik di lingkungan, udara dan darat (Widowati et al, 2008). Tanah mengakumulasi kadar timbal umumnya dari pipa, cat timbal dan emisi residu dari kendaraan bermotor (Wani, 2015). Tanaman dapat menyerap timbal pada saat kondisi kesuburan tanah dan kandungan bahan organik serta KTK tanah rendah. (Charlena, 2004). Logam toksik timbal dapat menyebabkan anemia, gangguan ensefalopati dan gejala gangguan saraf perifer, dapat menyebabkan aminoasiduria, fostfaturia, gluksoria, nefropati, fibrosis dan atrofi glomerular (Darmono, 2001). Hasil penelitian sebelumnya mengenai pencemaran tanah oleh logam berat telah dilakukan oleh (Fatimah dan Budianta, 2021) di mana hasil penelitiannya menunjukkan adanya kandungan logam berat Pb pada tanah di sekitar TPA Piyungan, dengan konsentrasi yang bervariasi mulai dari 8 mg/kg sampai dengan 12 mg/kg. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) komposisi sampah kertas TPA Piyungan pada tahun 2021 sebesar 8,56%. Dengan persentase sampah kertas tersebut membuat konsentrasi logam Pb yang terakumulasi bersumber dari sampah kertas bertinta. Menurut Rinanti (2020), bahan kimia sebagai pengikat warna pada tinta akan terserap oleh kertas hingga kertas menjadi sampah. Salah satu cara meremediasi logam Pb pada tanah adalah dengan metode fitoremediasi yang menggunakan tanaman sebagai hiperakumulator (Ali et al., 2013).

2.4 Potential Ecological Riks Index

Ada sejumlah metode evaluasi logam berat dalam sedimen internasional, seperti Metode Indeks Geoakumulasi, Faktor Pengayaan Sedimen (SEF), Metode Indeks Risiko Ekologis Potensial (PERI), Metode Analisis Regresi Berlebihan dan Metode Grafik Wajah (Verca dan Dolance, 2005). Metode evaluasi yang berbeda

memiliki kelebihan. Keistimewaan area dan penerapan metode evaluasi harus dipertimbangkan terlebih dahulu untuk mengevaluasi potensi risiko ekologis logam berat dalam sedimen secara lebih andal.

Sebagai metode internasional untuk mempelajari logam berat dalam sedimen, Metode Indeks Risiko Ekologis Potensial adalah sederhana, pintas relatif dan presisi (Hakanson, 1980), tidak hanya mencerminkan dampak tunggal logam berat terhadap lingkungan ekologis tetapi juga memperhitungkan nilai latar belakang geografi yang berbeda dan menggabungkan kimia lingkungan dengan toksikologi biologis dan ekologi (Zhang, 2005).

Metode Indeks Risiko Ekologis Potensial (PERI) yang diusulkan oleh ilmuwan Swedia Hakanson pada tahun 1980, telah diterapkan untuk mengevaluasi bahaya logam berat dalam sedimen. Metode ini digunakan secara luas dan memiliki pengaruh besar di dunia internasional (Huang, 2004).

Dengan belum adanya penelitian pada TPA Banyuroto maka saya menggunakan Hasil dari penilaian potensi risiko lingkungan pada penelitian terdahulu yaitu TPA gunung Tugel banyumas, nilai rata-rata setiap parameter logam berat masih berada dibawah angka 30 kecuali logam berat kadmium (Cd) yang memiliki rata-rata 520,58 sehingga tingkat polusi logam berat kadmium (Cd) pada area TPA mendapatkan tingkat polusi extremely strong. Dapat disimpulkan tingkat polusi konsentrasi logam berat (Cd) pada area TPA sangat berbahaya. Sedangkan nilai RI yang didapatkan dari hasil rata-rata konsentrasi setiap parameter logam berat yang dijumlahkan memiliki nilai sebesar 79,68 mendapatkan tingkat medium dengan kelas risiko B pada potensi risiko lingkungan di area TPA. Sehingga dapat disimpulkan konsentrasi logam berat pada area TPA dengan nilai konsentrasi rata-rata seluruh parameter yang dianalisis RI kelas risiko B sebesar 79,68 dengan tingkat medium. Namun dengan menggunakan nilai konsentrasi maksimum logam berat memiliki nilai RI sebesar 220,64 dengan tingkat risiko very strong kelas risiko D. Hal ini disebabkan tingkat polusi logam berat kadmium (Cd) sangat tinggi dan berbahaya, sehingga parameter konsentrasi logam berat yang dianalisis menjadi tinggi. Berdasarkan hitungan dapat diurutkan parameter logam berat pada area TPA memiliki nilai index terbesar sampai terkecil yaitu, Cd, Pb,

Cu, Cr, Zn, Mn, Fe, sehingga diketahui konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pencemar yang memiliki tingkat risiko yang besar.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terhadap konsentrasi logam berat dan potensi risiko lingkungan pada tanah di TPA telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Beberapa hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 penelitian terdahulu

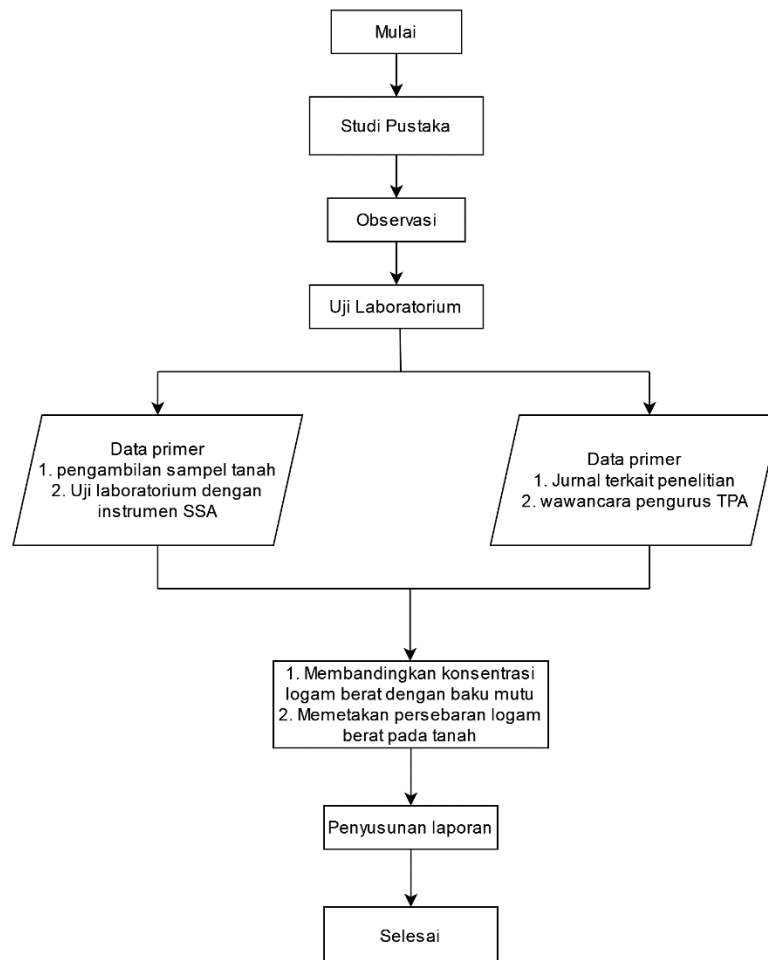
No	Nama Penulis	Hasil penelitian	Penelitian yang akan dilakukan
1.	Fituma Lemessa, 2022. Analysis of the concentration of heavy metals in soil, vegetables and water around the bole Lemi industry park, Ethiopia	Analisis dilakukan terhadap konsentrasi logam berat seperti Pb, Cr, Cd, dan Zn pada masing-masing sampel menggunakan statistik deskriptif perubahan konsentrasi, one way analysis of variance (ANOVA), Principal Component Analysis dan Koefisien Korelasi Pearson. Konsentrasi rata-rata logam berat dalam sampel tanah, sayuran, dan air dianalisis.	Penelitian yang akan dilakukan yaitu analisis logam berat Cd, Cu, Pb pada tanah di TPA, hanya sampel tanah yang akan dianalisis sedangkan penelitian terdahulu selain tanah juga menganalisis sampel sayuran dan air. Untuk lokasi yang digunakan juga berbeda terdahulu dianalisis di kawasan industri sedangkan yang akan diteliti di kawasan TPA. Serta penelitian ini menghitung tingkat potensi risiko lingkungan
2.	Zhen-yu chena, 2022. Ecological risk assessment and early warning of heavy metal comulation in the soils near the Luanchuan molybdenum polymettalic mine concentration area, Henan province, central China	unsur tunggal Cd merupakan faktor risiko ekologis utama, dengan tingkat kontribusi sebesar 53,6. Kegiatan penambangan akan mempercepat akumulasi logam berat di dalam tanah. Dengan terus berkembangnya kegiatan pertambangan, potensi risiko pencemaran logam berat di tanah daerah pertambangan juga akan meningkat	Menganalisis resiko ekologis yang akan terjadi namun lokasi yang digunakan berbeda antara kawasan tambang dan kawasan TPA. Jadi hasil yang didapatkan pun akan berbeda sehingga dapat dilakukan perbandingan. Logam berat yang diteliti selain Cd juga Cu dan Pb.
3.	Faisal A, 2020. Analisis Kandungan Logam Berat Di Dalam Tanah Tpa Gunung Tugel Banyumas	Diketahui kandungan Cd yang tertinggi adalah pada area TPA Gunung Tugel dengan rata rata sebesar 7.35 mg/kg, sehingga melebihi baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015 yaitu 3 mg/kg dan 0,6 mg/kg	Penelitian logam berat pada TPA dengan lokasi berbeda, serta jenis tanah yang berbeda. pada TPA Gunung tugel memiliki jenis tanah ultisol sedangkan TPA Banyuroto dengan jenis tanah lempung. Dengan adanya peneltian ini juga dapat digunakan sebagai pengambilan keputusan pengelolaan lingkungan.
4.	Sarah W, 2019. Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Fe) Pada Tanah di Rawapening Kabupaten Semarang Jawa Tengah.	Diketahui konsentrasi logam Cd dan Cu melebihi baku mutu EPMC 2015 berkisar 0,88 mg/kg – 1,41 mg/kg dan terdapat 4 titik sampel dengan kandungan logam berat Cu melebihi	Menganalisis kandungan logam berat pada tanh dengan perbedaan lokasi antara TPA dan danau. Jenis tanah yang berbeda antara tanah lempung pada TPA dan tanah gambut pada Rawa Pening..

		baku mutu EPMC 2015 berkisar 50,30 mg/kg – 58,80 mg/kg	
5.	Cicik Oktasari Handayani,2022. Penilaian Tingkat Cemar Logam Berat Pada Lahan Pertanian di Hulu Sungai Citarum, Jawa Barat	Berdasarkan analisis kontaminasi dari faktor kontaminan (CF) dan potensi resiko ekologi (Er) menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cd telah mencapai pada kategori sangat tercemar dan sangat berpotensi pada resiko ekologi. Tingkat pencemaran logam berat yang bersumber dari aktivitas anthropogenik menunjukkan kategori sedang hingga berat untuk logam Cd.	Menguji logam berat dengan lokasi yang berbeda antara lahan pertanian di hulu sungai dan lahan TPA. Namun dampak yang dihasilkan sama berdampak kepada masyarakat sekitar dan kesehatan manusia. Tingkat risiko lingkungan yang terjadi.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan penelitian yang harus dilaksanakan :



Gambar 3 1 Diagram alir penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian akan dilakukan pada tanah di TPA Banyuroto, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, lokasi penelitian masuk kedalam wilayah

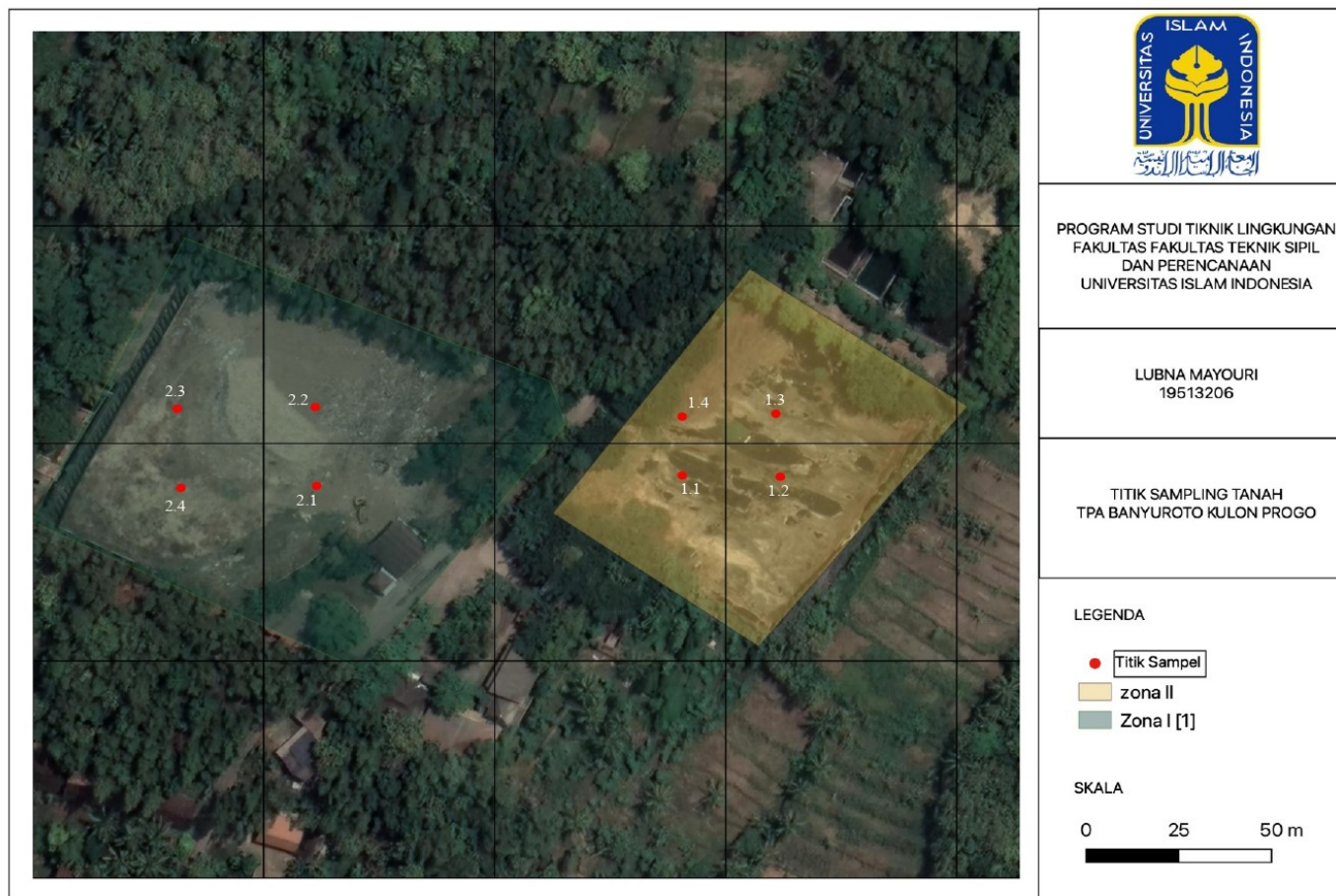
administrasi kabupaten Kulon Progo. Analisis logam berat pada tanah dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Proses pengambilan sampel tanah dilakukan pada tanggal 15 Mei 2023, kemudian pengujian sampel dilakukan pada bulan Mei 2023.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu primer dan sekunder. Data primer diambil melalui pengamatan fisik secara langsung di lapangan dan wawancara dengan masyarakat sekitar lokasi penelitian, sedangkan data sekunder adalah data yang mendukung data primer yang dapat diambil dari buku, jurnal, dan lembaga-lembaga terkait dengan penelitian. Data primer meliputi data yang dapat diukur di lapangan maupun analisis laboratorium, data yang dapat diukur meliputi temperatur, pH, serta wawancara masyarakat sekitar terkait kondisi eksisting maupun masalah di lingkungan penelitian. Sedangkan data sekunder meliputi data-data pendukung yang sudah ada atau telah dikumpulkan orang lain atau instansi antara lain peta administrasi, hasil penelitian terdahulu, buku, maupun jurnal. Pengujian sampel menggunakan metode Spektrometer Serapan Atom (SSA)-Nyala. Namun langkah yang dilakukan sebelum menggunakan instrumen SSA-Nyala adalah melakukan destruksi secara asam.

3.4 Lokasi Pengambilan Sampel

TPA Banyuroto memiliki dua zona dalam pembuangan sampah, zona I merupakan tempat penumpukan sampah yang digunakan hingga sekarang, sedangkan zona II merupakan tempat penumpukan sampah setelah dipilah oleh pekerja TPA, yaitu sampah organik yang ditumpuk hingga menjadi kompos namun penumpukannya hanya dilakukan secara asal pada pinggir area TPA. Terdapat 8 titik pengambilan sampel tanah pada TPA, setiap zona memiliki 4 titik pengambilan sampel. Dengan mempertimbangkan persebaran logam berat pada TPA Banyuroto, peta titik lokasi sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3 2 Peta titik pengambilan sampel

3.5 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan sebagai berikut:

- a. air bebas mineral;
- b. asam nitrat (HNO_3) pekat;
- c. asam klorida (HCl) pekat;
- d. hidrogen peroksida (H_2O_2) 30 %;

Alat yang digunakan sebagai berikut:

- a. Spektrometer Serapan Atom (SSA)-nyala
- b. digestion vessels 250 mL;
- c. kaca arloji;
- d. alat sentrifugasi dan tabung sentrifugasi;
- e. timbangan analitik dengan keterbacaan
- f. lempeng pemanas atau pemanas listrik (hot plate atau block digester);
- g. corong;
- h. gelas ukur berbagai ukuran;
- i. pipet volumetrik berbagai ukuran;
- j. gelas piala;
- k. labu ukur 50 mL dan 100 mL.

3.6 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan titik sampling mengacu pada balai penelitian tanah, dilakukan dengan menggunakan metode *Systematic Sampling*. Metode ini dilakukan dengan penentuan titik sampling tanah dengan menggunakan sistim grid berjarak sama pada kedua arah. Cara ini juga merupakan cara yang paling mudah dan praktis digunakan bagi penentu titik sampel yang kurang terampil (Buku penuntun praktikum dasar ilmu tanah, FP UB). Terdapat 4 titik sampel disebarkan secara sistematis pada tiap zona TPA, pada TPA Banyuroto terdapat 2 zona yang akan di gunakan sebagai tempat pengambilan sampel, jadi akan terdapat 8 titik sampel. Metode ini mempertimbangkan lokasi sampel yang luas sehingga dapat mengambil permukaan sampel tanah yang tersebar secara merata.

Sampel tanah dapat diambil dengan menggemburkan tanah menggunakan linggis atau cangkul kemudian menusukkan bor tangan pada kedalaman 0 - 20 cm ke dalam tanah. Tanah dalam satu area grid dikumpulkan dan dihomogenisasi yang selanjutnya sampel tanah tersebut diambil dan disimpan menggunakan plastik bening/plastik klip dengan di isi kurang lebih 100 gr tanah. Selanjutnya sampel tanah diberi label yang berisikan informasi tentang kode lokasi, tanggal pengambilan sampel dan kedalaman pengambilan tanah.

Tata cara pengambilan sampel:

1. Menggemburkan tanah menggunakan linggis atau cangkul.
2. Memasukkan pipa besi sedalam 20 cm pada tanah.
3. Mengambil tanah menggunakan pipa besi kemudian menaruh sampel tanah pada wadah.
4. Tanah yang telah diletakkan pada wadah kemudian dimasukkan kedalam plastik bening.
5. Plastik diberi label serta menulis nama sampel.

3.7 Metode Analisa Data

3.7.1 Analisis Kandungan Logam Berat

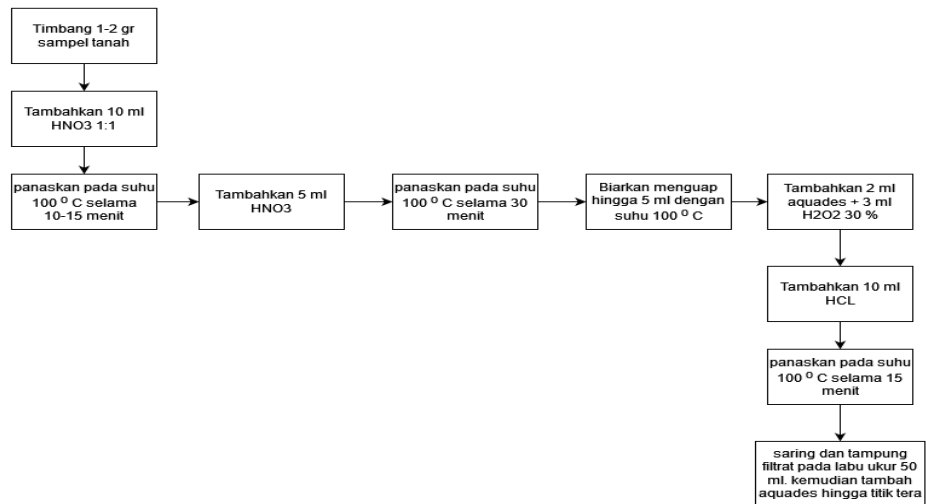
Kandungan logam berat Cd, Cu, dan Pb dianalisis menurut standar nasional indonesia (SNI 13-8910-2021) dengan menggunakan instrumen uji Spektrometer Serapan Atom (SSA). Dilakukan preparasi sampel tanah terlebih dahulu agar dapat dianalisis oleh SSA-Nyala

3.7.2 Pengukuran Logam Berat

Analisa logam berat dilakukan dengan cara destruksi. Dilakukan destruksi tanah terlebih dahulu agar memutus ikatan antara senyawa organik dengan logam yang akan dianalisis, senyawa logam di ubah menjadi bentuk logam-logam anorganik atau pemecahan senyawa menjadi unsur-unsurnya sehingga dapat dianalisis (Kristianingrum, 2012). Penelitian ini menggunakan destruksi basah yang dimana menggunakan pereaksi asam untuk mendekomposisi sampel.

Persiapan contoh uji

Melakukan destruksi asam contoh uji pada lemari asam dengan sistem scrubber uap asam dengan langkah-langkah dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Tahapan destruksinasam contoh uji

Perhitungan Kadar Logam

Setelah mendapatkan konsentrasi logam berat Jika hasil sudah memenuhi maka satuan diubah menjadi mg/kg dengan rumus:

$$\text{Logam berat (mg/kg)} = \frac{(C(\frac{mg}{L}) \times V(L))}{W(kg)}$$

Dimana:

C : Konsentrasi SSA-Nyala dalam larutan sampel (mg/L)

V : Volume larutan sampel yang diencerkan (ml dikonversi menjadi L)

W : Berat kering sampel tanah (gr dikonversi menjadi kg)

3.8 Indeks Geoakumulasi

Indeks Geoakumulasi (Igeo) awalnya didefinisikan oleh Muller untuk konsentrasi logam dalam fraksi 2 mikron dan dikembangkan sebagai nilai serpih standar global indeks dinyatakan sebagai berikut:

$$I_{geo} = \log_2 C_n / 1,5 * B_n$$

C_n adalah konsentrasi terukur unsur logam berat, B_n adalah nilai latar belakang geokimia dan konstanta 1,5 diperkenalkan untuk meminimalkan efek kemungkinan variasi nilai latar belakang yang mungkin disebabkan oleh variasi litologi sedimen. Menurut data kelimpahan kerak pada tanah lempung sampel acuannya adalah Cd:0,2, Cu:55, Pb: 13 Krauskopf dan Bird (1995). Muller (1979) menetapkan tujuh kelas Indeks Geoakumulasi (Tabel 2) mulai dari Kelas 0 ($I_{geo}=0$, tidak tercemar) hingga Kelas 6 ($I_{geo}>5$, sangat tercemar). Kelas tertinggi (Kelas 6) mencerminkan setidaknya faktor pengayaan 100 kali lipat di atas nilai latar belakang. Kelas kontaminasi terhadap sedimen dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3 1 Tingkat kontaminasi pada sedimen

Igeo kelas	nilai Igeo	Tingkat kontaminasi
0	$I_{geo} \leq 0$	Tidak terkontaminasi
1	$0 < I_{geo} < 1$	Tidak terkontaminasi/sedang terkontaminasi
2	$1 < I_{geo} < 2$	Kontaminasi sedang
3	$2 < I_{geo} < 3$	Sedang/kuat terkontaminasi
4	$3 < I_{geo} < 4$	Sangat terkontaminasi
5	$4 < I_{geo} < 5$	Sangat/sangat terkontaminasi
6	$5 < I_{geo}$	Sangat terkontaminasi

3.9 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan

Penilaian potensi risiko lingkungan (PERI) diambil dari hasil rata-rata konsentrasi dari hasil uji laboratorium setiap parameter logam berat yang telah dibandingkan oleh baku mutu EPAA 2012, yang digunakan adalah baku mutu terkecil dari setiap parameter logam berat pada tanah. Serta peta sebaran logam berat yang terdeteksi potensi risiko lingkungan. Penilaian potensi resiko lingkungan menggunakan tiga variable dasar yaitu: tingkat kontaminasi (CD), faktor respon toksik (TR) dan faktor potensi resiko lingkungan (ER). Penilaian ini diusulkan oleh Hakason untuk mengevaluasi risiko ekologi dari logam berat.

Penilaian tingkat polusi pada area TPA perparameter logam berat didapatkan dari hasil kandungan logam berat yang telah dianalisis dan hasil yang didapat

digunakan untuk mengetahui tingkat polusi di lokasi sampling dengan rumus berikut:

$$C_f^i = \frac{C^i}{C_n^i}$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i$$

$$RI = \sum E_r^i$$

Dimana:

C^i = konsentrasi logam berat tiap titik sampling

C_n^i = Baku mutu logam berat

C_f^i = koefisien pencemar

T_r^i = faktor respon toksik (Cu=Pb=5, Cd= 30)

E_r^i = indeks potensi risiko lingkungan satu elemen logam berat

RI = Total indeks potensi lingkungan

Nilai maksimum parameter logam berat dan nilai total dari potensi risiko lingkungan dibandingkan dengan standar untuk menentukan tingkat risiko lingkungan pada lokasi penelitian. Berikut merupakan batasan nilai risiko lingkungan untuk menentukan tingkat risiko logam berat Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Standar nilai potensi risiko lingkungan

	Tingkat polusi	RI	Kelas risiko	Tingkat risiko
$E_r^i < 30$	Slight	RI < 40	A	Slight
$30 < E_r^i < 60$	Medium	$40 < RI < 80$	B	Medium
$60 < E_r^i < 120$	Strong	$80 < RI < 160$	C	Strong
$120 < E_r^i < 240$	Very strong	$160 < RI < 320$	D	Very strong
$E_r^i > 240$	Extremely strong	RI > 340		-

Pada tabel 3.2 diketahui penilaian potensi risiko lingkungan dari tingkat polusi dan tingkat risiko. Tingkat polusi didapatkan dari hasil penjumlahan parameter tiap-tiap logam berat yang di analisa. Berbeda pada penjumlahan tingkat risiko dimana

rata-rata setiap logam berat yang dianalisa akan ditambahkan keseluruhannya dan didapatkan nilai RI yaitu total index atau total nilai rata-rata keseluruhan logam berat yang di analisa. Tingkat risiko terbagi menjadi 5 kelas risiko yaitu:

1. Kelas A = Slight (konsentrasi logam pada lingkungan)
2. Kelas B = Medium (batas konsentrasi logam pada lingkungan)
3. Kelas C = Strong (berisiko terhadap lingkungan jangka panjang)
4. Kelas D = Very Strong (berbahaya untuk dikonsumsi pada tubuh makhluk hidup dan tumbuhan).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian

TPA Banyuroto terletak di Dusun Tawang Desa Banyuroto Kecamatan Nanggulan. TPA Banyuroto telah beroperasi sejak tahun 2010 dengan luas lokasi sebesar 2,5 hektar, yang berada pada ketinggian 100-120 mdpal, dengan kemiringan lereng 15-25 %. Jenis tanah pada TPA Banyuroto yaitu tanah lempung. Lokasi TPA Banyuroto berada sangat dekat dengan pemukiman sekitar yakni berjarak sekitar 200 meter. Dinas Pekerjaan Umum (DPU) memperkirakan kapasitas TPA Banyuroto per tahun 2015 adalah 55.000 m³ atau 14.580 ton.

Pada TPA Banyuroto penanganan sampah dilakukan dengan menggunakan metode controlled landfill. Metode controlled landfill dilakukan dengan cara sampah ditimbun, diratakan dan dipadatkan kemudian pada kurun waktu memperkecil pengaruh yang merugikan terhadap lingkungan. Bila lokasi pembuangan akhir telah mencapai akhir usia pakai, seluruh timbunan sampah harus ditutup dengan lapisan tanah. Diperlukan persediaan tanah yang cukup sebagai lapisan tanah penutup. Menurut Damanhuri (2004), controlled landfill memiliki keuntungan yaitu dampak negatif terhadap lingkungan dapat diperkecil, lahan dapat digunakan kembali setelah digunakan, dan estetika lingkungan cukup baik. Penimbunan di TPA Banyuroto dilakukan setiap ketinggian timbunan sampah mencapai 0,5 meter atau dalam jangka waktu 1 minggu dengan menggunakan alat berat excavator.

Terdapat dua zona penumpukan sampah pada TPA Banyuroto. Pada zona satu merupakan zona penimbunan sampah yang berlangsung hingga sekarang, kondisi tanah pada wilayah ini berwarna coklat kemerah-merahan yaitu tanah lempung, Pada zona dua merupakan zona penyimpanan sampah organik yang telah dipilah untuk dijadikan pupuk kompos, namun hanya diletakkan saja dipinggir lokasi dan dibiarkan hingga menjadi kompos dengan sendirinya, kondisi tanah pada

wilayah ini berwarna coklat kemerahan yaitu tanah lempung sedikit berpasir. Sampah-sampah pada TPA Banyuroto hanya berasal dari kabupaten kulom progo saja. TPA Banyuroto pada tahun 2023 menampung sampah sebesar 35-40 ton per harinya. Sistem pengukuran massa sampah pada TPA Banyuroto menggunakan jembatan timbang yang kemudian diolah dengan menggunakan aplikasi excel serta ada pula yang dihitung secara manual.

Dibangunnya TPA walaupun merupakan salah satu solusi pengelolaan sampah namun dapat menimbulkan potensi pencemaran lingkungan apabila sistem pengelolaannya tidak dilakukan dengan benar. Sistem pengelolaan TPA yang tidak tepat dapat berpotensi menimbulkan pencemaran, baik pencemaran air, tanah, maupun udara. Terjadinya proses pembusukkan sampah yang ada di TPA akan menimbulkan bau yang tidak sedap yang mencemari udara. Pembusukkan sampah ini juga akan menghasilkan air lindi (leachate) yang berpotensi mencemari air tanah. Pada TPA Banyuroto sampah yang ditimbun tidak ditutup tanah setiap harinya sehingga berpotensi terkena air hujan, sehingga sampah akan bercampur dengan air hujan yang akan menghasilkan rembesan air lindi yang dapat mencemari lapisan luar tanah.

4.2 Analisis Logam Berat Pada Tanah

Logam berat terabsorpsi masuk ke dalam tanah melalui penumpukan sampah secara terus menerus yang dibuang langsung ke tanah (Sudarwin, 2008). Kontaminasi kandungan logam berat masuk ke dalam tanah diakselerasi oleh adanya aktivitas modernisasi pada masyarakat seperti industrialisasi, perkembangan laju penduduk dan laju pertumbuhan agrikultur yang intensif (He et al, 2015). Masuknya kandungan logam berat ke dalam tanah suatu lingkungan diakibatkan oleh adanya aktivitas manusia seperti buangan industri yang mengandung logam berat. Logam berat selanjutnya akan terabsorpsi masuk ke dalam tanah sehingga akan terjadi penumpukan jika buangan industri atau limbah terus-menerus dibuang langsung ke tanah (Sudarwin, 2008).

Kandungan logam berat memungkinkan masuk ke dalam tanah dikarenakan logam berat relatif lebih besar pada tanah lempung karena dapat

menyerap air dan mengakibatkan kandungan logam berat dalam air lindi dapat masuk ke dalam tanah.

Pengambilan sampel dilaksanakan pada tanggal 15 Mei 2023. Sampel yang dianalisis menggunakan AAS yang kemudian dibandingkan dengan menggunakan baku mutu internasional analisis logam berat Cd, Cu dan Pb yaitu *Environment Protection Authority of Australia* (EPAA) 2012. Baku mutu EPAA 2012 merupakan *Quality Standard* dari Negara Australia.

4.2.1 Hasil dan Analisis Logam Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) ialah logam berat yang dikelompokkan dalam jenis logam berat non-esensial, dimana keberadaannya dalam tubuh tidak diketahui manfaatnya dan bisa bersifat racun. Dapat meningkatkan jumlah meski relatif kecil dalam lingkungan karena proses pembuangan sampah non-domestik (Winter,1982).

Logam kadmium (Cd) sering kita jumpai dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Prinsip utama logam kadmium (Cd) banyak digunakan sebagai bahan stabilisasi oleh industri tekstil, bahan pewarna dalam industri plastik dan sebagai bahan utama pada industri elektroplating. Sebagian penggunaan logam Cd juga digunakan untuk solder dan sebagian kecilnya digunakan dalam industri-industri kecil seperti pada proses pengolahan roti, pengolahan minuman, dan lain-lain, meskipun senyawa-senyawa pada penggunaannya dengan konsentrasi yang sangat rendah (Cobb, 2008) Hasil uji kandungan logam berat Cd pada tanah TPA Banyuroto dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4 1 Konsentrasi logam Cd pada tanah di TPA Banyuroto

Nama sampel	Abs	Konsentrasi (mg/L)	c (mg/kg)	EPAA 2012 (mg/kg)
Titik 1.1	0,0438	0,1876	5,0747	3
Titik 1.2	0,0400	0,1693	4,5858	3
Titik 1.3	0,0438	0,1876	5,0920	3
Titik 1.4	0,0487	0,2112	5,7208	3
Titik 2.1	0,0530	0,2319	6,2896	3
Titik 2.2	0,0528	0,2310	6,2499	3

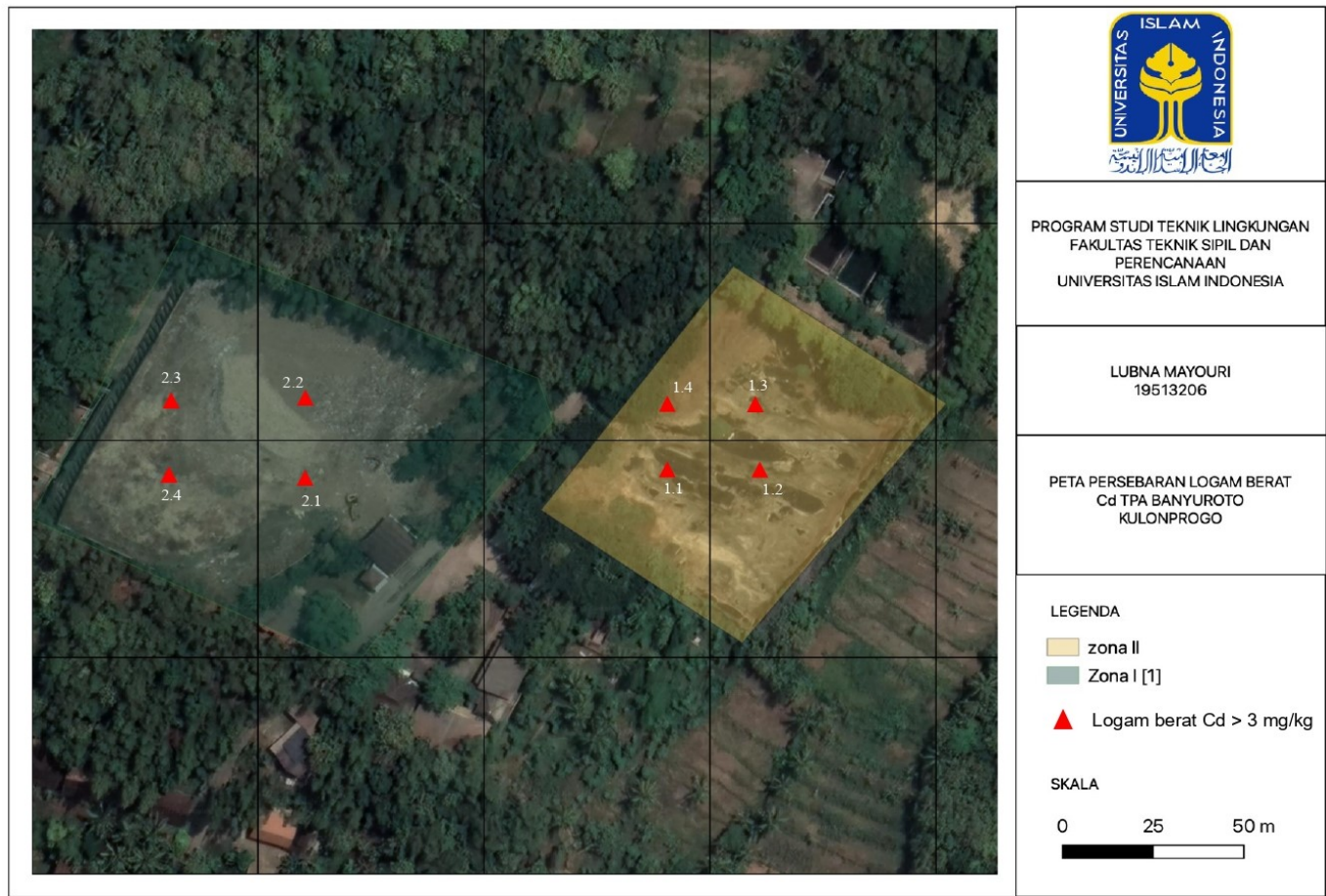
Nama sampel	Abs	Konsentrasi (mg/L)	c (mg/kg)	EPAA 2012 (mg/kg)
Titik 2.4	0,0535	0,2343	6,3494	3
Rata-rata			5,6824	3

Dapat dilihat pada Tabel 4.1 konsentrasi logam Cd pada semua sampel tanah telah melebihi baku mutu *Environment Protection Authority of Australia* (EPAA) tahun 2012 sebesar 3 mg/kg. Diketahui konsentrasi logam Cd terbesar terdapat pada sampel tanah 2.4 sebesar 6,34 mg/kg dan konsentrasi logam terkecil pada titik sampel tanah 1.2 sebesar 4,58 mg/kg.

Konsentrasi logam berat Cd yang terakumulasi bersumber dari sampah tekstil. Sampah dari penelitian ini membuktikan bahwa sampah tekstil terdegradasi oleh mikroorganisme dalam tanah. Berbagai macam sampah tekstil pada tumpukan sampah TPA Banyuroto berupa baju dan celana bekas, boneka berbahan kain, dan juga aksesoris berupa gantungan kunci berbahan kain perca. Logam berat dalam tanah mempengaruhi laju proses respirasi, metabolisme dan aktivitas mikroorganisme tanah (Njoku et al., 2020). Pada sampah tekstil, unsur yang berpotensi mencemari lingkungan adalah zat pewarna yang terkandung. Zat pewarna yang terkandung pada benang sampah tekstil terdegradasi ke dalam tanah kemudian mengganggu transmisi cahaya dan menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut dalam air, pH menjadi asam serta gangguan lainnya. Hasil degradasi zat pewarna pada sampah tekstil bercampur dengan unsur organik yang terdapat pada sampah organik sehingga mikroorganisme aerobik mendekomposisi menjadi unsur yang lebih sederhana berupa metana (CH₄) menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) berupa air lindi yang mengandung senyawa organik, logam berat dan senyawa anorganik lainnya (Sutrisno, 2014). Proses sekresi oleh aktivitas metabolisme mikroba dapat melarutkan logam berat dan partikel tanah yang mengandung logam berat. Proses presipitasi dan bioabsorpsi merupakan transformasi yang digunakan oleh mikroba untuk mendegradasi logam berat menjadi lebih stabil dan tidak termobilisasi (Kumar dan Bharadvaja, 2020).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi kandungan logam Cd pada tanah TPA Banyuroto ialah dengan fitoremediasi menggunakan tanaman akar wangi. Tanaman akar wangi memiliki sistem perakaran yang tebal, toleran terhadap kekeringan serta dapat tumbuh dengan cepat (Pinnars dan Elise, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Patandung (2014), tanaman akar wangi (*Vetiver zizanioides*) dapat menyerap kandungan Cd hingga 0,298 mg/Kg. Logam Cd mampu menguap ke atmosfer dan terserap dari dalam tanah oleh tanaman akar wangi kemudian ditransformasikan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer yang selanjutnya diserap oleh daun, proses ini disebut fitovolatilisasi. Tanaman akar wangi dapat menjadi solusi dalam mengurangi pencemaran kandungan Cd pada tanah TPA Banyuroto.

Peta persebaran logam berat Cd pada TPA Banyuroto dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4 1 Peta sebaran logam berat Cd

4.2.2 Hasil dan Analisis Logam Tembaga (Cu)

Tembaga dengan nama kimia cuprum dilambangkan dengan Cu, logam merah yang lunak, dapat ditempa, dan liat yang melebur pada 1038°C (Palar dan Vogel, 1994). Logam Tembaga (Cu) dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik itu pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Tembaga (Cu) yang masuk dalam ketiga strata lingkungan tersebut dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber-sumber masukan logam tembaga ke dalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 2008). Hasil uji kandungan logam berat Cu pada tanah TPA Banyuroto dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4 2 Konsentrasi logam berat Cu pada tanah di TPA Banyuroto

Nama sampel	Abs	Konsentrasi (mg/L)	c (mg/kg)	EPAA 2012 (mg/kg)
Titik 1.1	0,0842	0,8711	23,5613	100
Titik 1.2	0,0787	0,8133	22,0266	100
Titik 1.3	0,0994	1,0310	27,9805	100
Titik 1.4	0,1035	1,0741	29,0907	100
Titik 2.1	0,1094	1,1361	30,8097	100
Titik 2.2	0,1212	1,2602	34,1010	100
Titik 2.3	0,1158	1,2034	32,5837	100
Titik 2.4	0,1430	1,4895	40,3573	100
Rata-rata			30,0639	100

Dapat dilihat pada Tabel 4.2 bahwa semua sampel tanah memiliki konsentrasi logam Cu tidak melebihi baku mutu EPAA tahun 2012. Sampel tanah 2.4 merupakan sampel dengan konsentrasi logam Cu terbesar yaitu 40,35 mg/kg dan sampel tanah 1.2 memiliki konsentrasi logam Cu terkecil yaitu 22,02 mg/kg.

Hasil pada penelitian ini menghasilkan kandungan logam berat Cu pada tanah TPA Banyuroto yang sangat bervariasi mulai dari 22,02 mg/kg – 40,35 mg/kg. Konsentrasi logam Cu yang bervariasi ini disebabkan oleh sampah

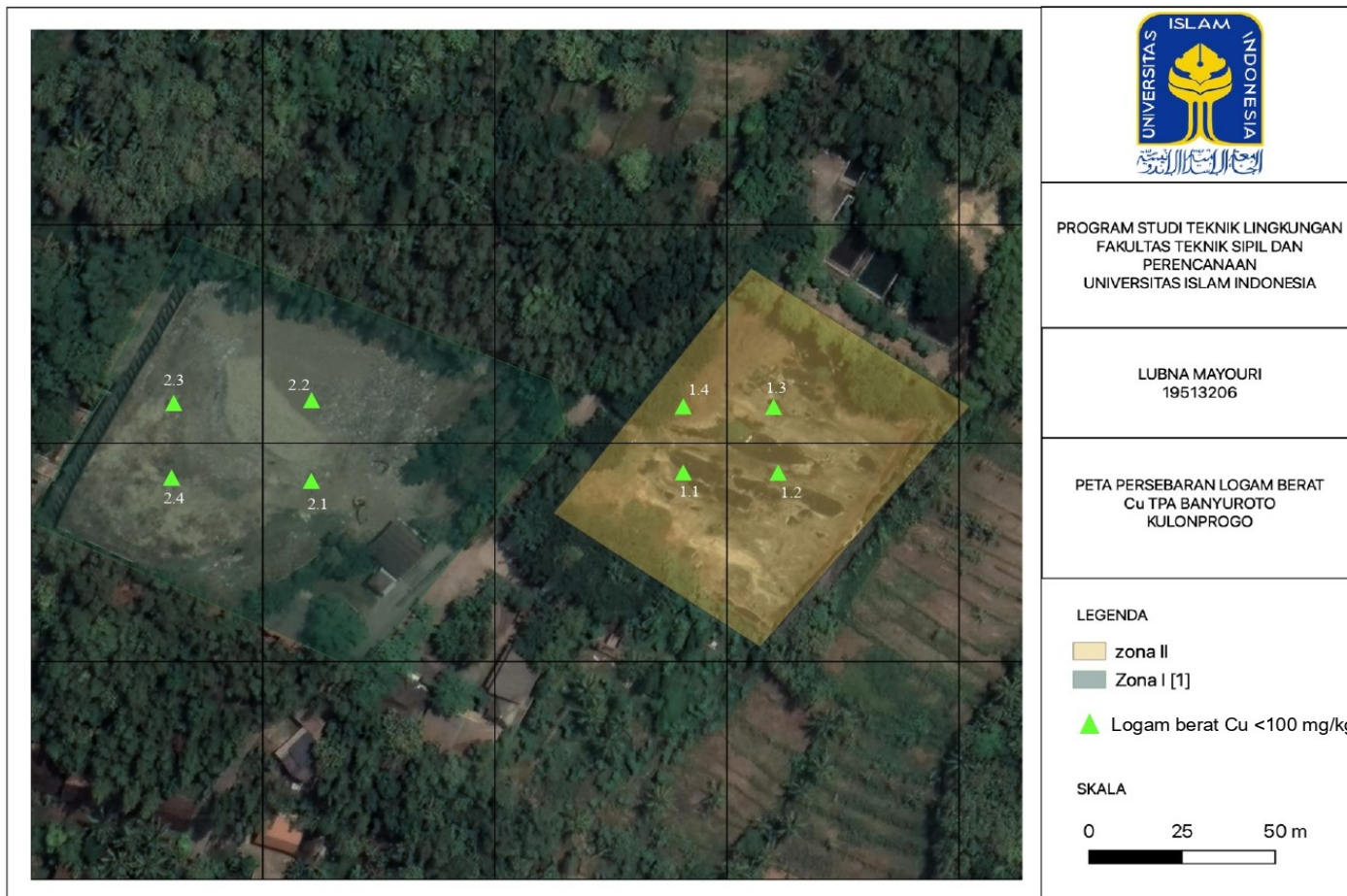
logam yang dibuang langsung. Jalur pergerakan (migrasi) pencemar logam Cu melalui lapisan tanah, akan dipercepat dengan adanya infiltrasi air hujan yang tinggi yang membuat sifat logam berat menjadi lebih termobilisasi (Setyoningrum et al., 2014). Kandungan logam berat Cu dapat dipengaruhi oleh limbah pabrik dan rumah tangga, serta pembakaran yang dilakukan, Kandungan Cu dengan konsentrasi relatif tinggi dari lapisan tanah ditentukan oleh cuaca, proses pembentukan tanah, pengairan, potensial oksidasi reduksi, jumlah bahan organik di tanah dan pH.

Pada penelitian ini diduga kandungan logam berat Cu berasal logam yang dibuang langsung ke TPA, berdasarkan data SIPSN ada sekitar 1,68 % logam yang terdapat pada TPA Banyuroto. Diketahui sampah logam membutuhkan waktu 50 hingga 200 tahun untuk terdekomposisi (Pongrácz, 2007). Terdapat sekitar 10% logam Cu yang tereduksi didapat dari aktivitas oksidasi mikroba rizosfer. Hanya beberapa logam Cu kuat dalam kondisi oksidasi limbah padat yang ikut larut kedalam lingkungan (Esakku, 2005). Proses dekomposisi sampah logam dimulai dengan bercampurnya sampah logam dengan sampah organik yang membuat mikroorganisme dibantu oleh oksigen mengurai unsur-unsur hara pada sampah logam dan menghasilkan sebuah cairan lindi. Kemudian setelah kadar oksigen habis, proses dekomposisi dilakukan oleh mikroorganisme dalam tanah secara anaerobik yang menghasilkan pH menjadi asam, metan, karbondioksida, air lindi, asam organik, nitrogen, amoniak, tembaga, dan lain-lainnya (Sopha, 2006). Mikroorganisme tanah juga dapat menahan toksisitas dari logam berat dengan mengubah logam berat menjadi unsur yang lebih sederhana dan mendegradasi logam pada permukaan sel atau polimer intraseluler dengan pengendapan atau biometilasi (Babich dan Stotzky, 1985; Doelman, 1986).

Metode fitoremediasi merupakan salah satu upaya untuk mengurangi kandungan logam berat Cu. Fitoremediasi memanfaatkan tanaman dan bagian-bagiannya untuk mengurangi pencemaran lingkungan, metode ini banyak digunakan untuk limbah organik maupun limbah anorganik. Akar dari tanaman dapat berfungsi sebagai penyerap unsur hara pada tanah sehingga dapat

menyerap kandungan logam berat yang berada dalam tanah (Rismawati, 2012). Salah satu tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi adalah tanaman dedalu. Menurut Verweke (2003), tumbuhan dedalu mampu terakumulasi logam Cu dengan rata-rata sebesar 20-30 mg/kg. Oleh karena itu tanaman dedalu dapat dijadikan salah satu solusi dalam upaya pengurangan kandungan logam Cu dalam tanah TPA Banyuroto.

Peta persebaran logam berat Cu pada TPA Banyuroto dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4 2 Peta persebaran logam berat Cu

4.2.3 Hasil dan Analisis Logam Timbal (Pb)

Timbal (Pb) tergolong ke dalam logam non-esensial. Logam Pb tersebar di seluruh lapisan bumi dengan jumlah 0,0002 % dari jumlah kerak bumi. Penyebaran logam Pb sangat sedikit bila dibandingkan dengan jumlah persebaran logam berat lainnya (Palar, 2008).

Logam berat timbal (Pb) dipengaruhi beberapa faktor yaitu, angin dan curah hujan. Logam berat timbal (Pb) tidak mengalami penguapan tetapi bisa didapatkan di udara sebagai partikel. Logam berat timbal (Pb) tidak mengalami penguraian dan tidak bisa dihancurkan (Sudarwin, 2008). Logam timbal sendiri bersifat mudah bergerak di dalam tanah, selain itu juga dapat terikat pada koloid tanah baik, koloid liat dan organik. Logam timbal sering terkonsentrasi di atas tanah dikarenakan dapat menyatu dengan tumbuhan (Priyanto dan Joko, 2001). Hasil uji kandungan logam berat Pb pada tanah TPA Banyuroto dapat dilihat pada Tabel 4.3.

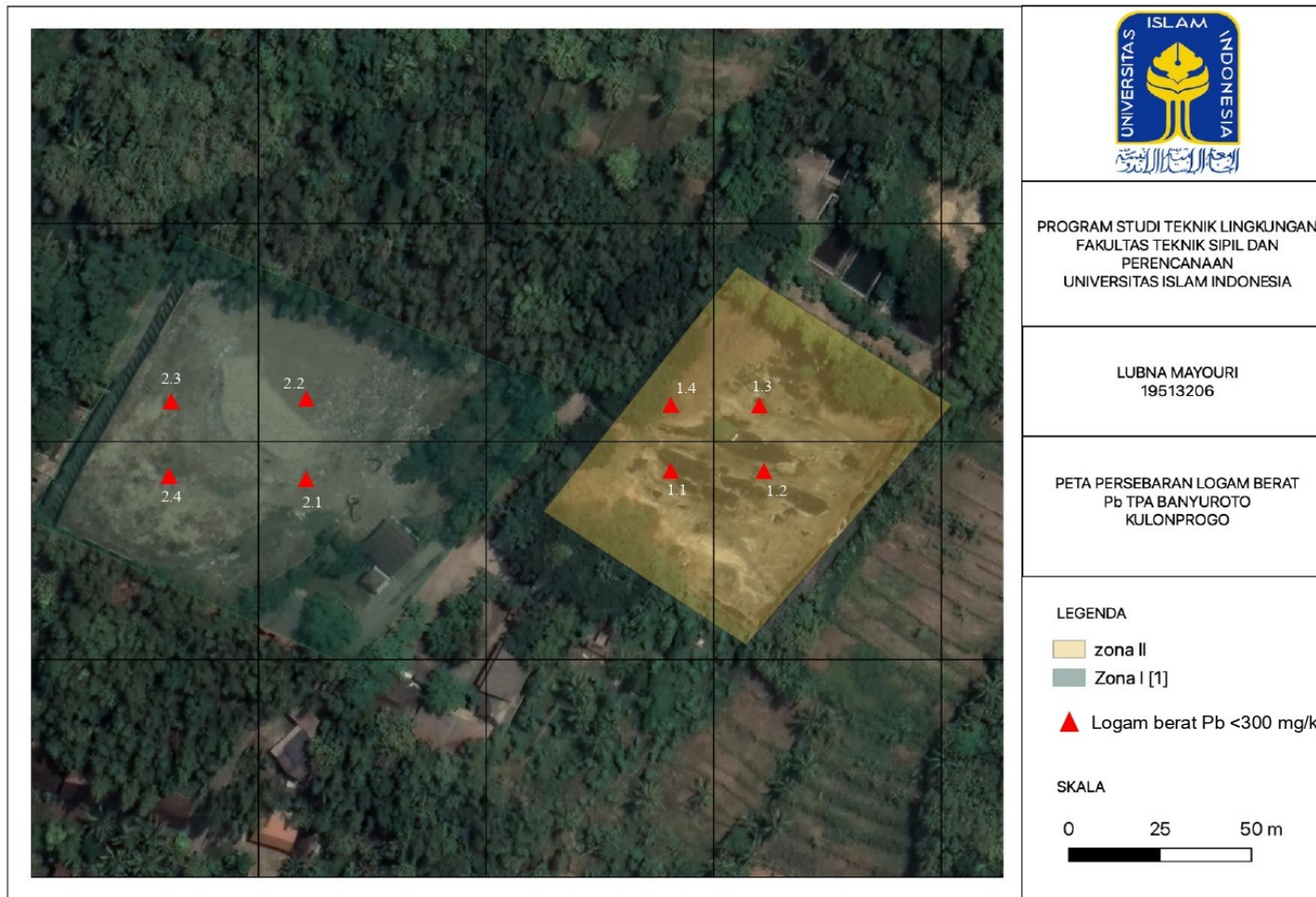
Tabel 4 3 Konsentrasi logam Pb pada tanah di TPA Banyuroto

Nama sampel	Abs	Konsentrasi (mg/L)	c (mg/kg)	EPAA 2012 (mg/kg)
Titik 1.1	0,0509	0,7066	19,1114	300
Titik 1.2	0,0461	0,6249	16,9258	300
Titik 1.3	0,0538	0,7559	20,5156	300
Titik 1.4	0,0523	0,7304	19,7823	300
Titik 2.1	0,0578	0,8240	22,3441	300
Titik 2.2	0,0595	0,8529	23,0783	300
Titik 2.3	0,0639	0,9277	25,1186	300
Titik 2.4	0,0619	0,8937	24,2145	300
Rata-rata			21,3863	300

Pada Tabel 4.3 semua sampel tanah memiliki konsentrasi logam Pb tidak melebihi baku mutu EPAA tahun 2012. Sampel tanah 2.3 merupakan sampel dengan konsentrasi logam Pb terbesar yaitu 25,11 mg/kg dan sampel tanah 1.2 memiliki konsentrasi logam Pb terkecil yaitu 16,92 mg/kg. Menurut Brent, L. Balentine (1995), konsentrasi kisaran logam berat timbal (Pb) dalam tanah berkisar 2-200 mg/kg.

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) komposisi sampah kertas TPA Banyuroto pada tahun 2022 sebesar 12,6 %. Dengan persentase sampah kertas tersebut membuat konsentrasi logam Pb yang terakumulasi bersumber dari sampah kertas bertinta. Menurut Rinanti (2020), bahan kimia sebagai pengikat warna pada tinta akan terserap oleh kertas hingga kertas menjadi sampah. Limbah kertas mempunyai bahan baku utama berupa kayu yang mengandung komponen organik berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin. Proses penguraian komponen organik pada limbah kertas bertinta dapat menggunakan kelompok bakteri selulolitik (Kurniahu et al., 2022). Menurut Fahrudin et al., (2019) pencemaran logam Pb bersifat toksik bagi beberapa kelompok bakteri, toksisitas logam Pb pada bakteri terlihat pada terhambatnya pertumbuhan koloni dan kematian pada kelompok bakteri. Hal ini yang membuat proses degradasi sampah anorganik berlangsung sangat lama.

Salah satu cara meremediasi logam Pb pada tanah adalah dengan metode fitoremediasi yang menggunakan tanaman sebagai hiperakumulator (Ali et al., 2013). Fitoremediasi merupakan metode remediasi yang menggunakan tanaman sebagai penyerap, pendegradasi serta mobilisasi bahan pencemar logam berat (Cristaldi et al., 2017). Berbagai macam tanaman hiperakumulator yang ada di Indonesia ialah tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas*) dan bayam (*Amaranthus Spinousus L*), kedua tanaman ini sudah banyak diteliti dan memiliki potensi yang baik dalam fitoremediasi tanah tercemar logam Pb (Chang et al., 2014). Logam berat pada umumnya akan berada dalam kondisi yang lebih mobile pada pH yang rendah di mana dalam keadaan mobilitas yang tinggi, akan semakin mudah terserap oleh tanaman hiperakumulator (Fatimah dan Budianta, 2021). Peta persebaran logam berat Pb pada TPA Banyuroto dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4 3 Peta persebaran logam berat Pb

4.3 Indeks Geoakumulasi

Penilaian tingkat kontaminasi pada sedimen dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4 4 Perhitungan Indeks Geoakumulasi

Konsentrasi			Hasil perhitungan		
Cd	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb
5,0747	23,5613	19,1114	4,0803	-1,8080	-2,2567
4,5858	22,0266	16,92579	3,9341	-1,9051	-2,3094
5,0920	27,9805	20,51562	4,0852	-1,5600	-2,2550
5,7208	29,0907	19,7823	4,2532	-1,5038	-2,1969
6,2896	30,8097	22,34414	4,3899	-1,4210	-2,1512
6,2499	34,1010	23,07828	4,3808	-1,2746	-2,1542
6,0972	32,5837	25,11857	4,3451	-1,3402	-2,1660
6,3494	40,3573	24,21446	4,4036	-1,0316	-2,1467

Tabel 4 5 penentuan kelas Indeks Geoakumulasi

Nama Sampel	Cd	Cu	Pb
Titik 1.1	5	0	0
Titik 1.2	4	0	0
Titik 1.3	5	0	0
Titik 1.4	5	0	0
Titik 2.1	5	0	0
Titik 2.2	5	0	0
Titik 2.3	5	0	0
Titik 2.4	5	0	0

Dapat dilihat pada Tabel 4.5 nilai Igeo Cd pada sebagian besar titik berada pada kelas 5 yaitu sangat terkontaminasi, sedangkan nilai Lgeo Cu dan Pb pada semua titik berada pada kelas 0 tidak terkontaminasi.

4.4 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan

Penilaian potensi risiko lingkungan (PERI) diambil dari hasil rata-rata konsentrasi dari hasil uji laboratorium setiap parameter logam berat yang telah dibandingkan oleh baku mutu EPAA 2012, yang digunakan adalah baku mutu

terkecil dari setiap parameter logam berat pada tanah. Serta peta sebaran logam berat yang terdektesi potensi risiko lingkungan.

Penilaian potensi resiko lingkungan menggunakan tiga variable dasar yaitu: tingkat kontaminasi (CD), faktor respon toksik (TR) dan faktor potensi resiko lingkungan (ER).

4.4.1 Penilaian Tingkat Polusi Lingkungan TPA Banyuroto, Kulon Progo

Penilaian tingkat polusi pada area TPA parameter logam berat didapatkan dari hasil kandungan logam berat yang telah dianalisis dan hasil yang didapat digunakan. Untuk mengetahui tingkat polusi di lokasi sampling dapat dilihat pada Tabel 4.6, Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4 6 Penilaian tingkat polusi logam berat Cd

Nama sampel	C_i	C_n^i	C_f^i	T_r^i	E_r^i	Tingkat polusi
Titik 1.1	5,07	0,60	8,46	30	253,73	<i>Extremely Strong</i>
Titik 1.2	4,59	0,60	7,64	30	229,29	<i>Very Strong</i>
Titik 1.3	5,09	0,60	8,49	30	254,60	<i>Extremely Strong</i>
Titik 1.4	5,72	0,60	9,53	30	286,04	<i>Extremely Strong</i>
Titik 2.1	6,29	0,60	10,48	30	314,48	<i>Extremely Strong</i>
Titik 2.2	6,25	0,60	10,42	30	312,50	<i>Extremely Strong</i>
Titik 2.3	6,10	0,60	10,16	30	304,86	<i>Extremely Strong</i>
Titik 2.4	6,35	0,60	10,58	30	317,47	<i>Extremely Strong</i>
Rata-rata					284,12	<i>Extremely Strong</i>

Tabel 4 7 Penilaian tingkat polusi logam berat Cu

Nama sampel	C_i	C_n^i	C_f^i	T_r^i	E_r^i	Tingkat polusi
Titik 1.1	23,56	50	0,47	5	2,36	<i>Slight</i>
Titik 1.2	22,03	50	0,44	5	2,20	<i>Slight</i>
Titik 1.3	27,98	50	0,56	5	2,80	<i>Slight</i>
Titik 1.4	29,09	50	0,58	5	2,91	<i>Slight</i>
Titik 2.1	30,81	50	0,62	5	3,08	<i>Slight</i>
Titik 2.2	34,10	50	0,68	5	3,41	<i>Slight</i>
Titik 2.3	32,58	50	0,65	5	3,26	<i>Slight</i>
Titik 2.4	40,36	50	0,81	5	4,04	<i>Slight</i>
Rata-rata					3,01	<i>Slight</i>

Tabel 4 8 Penilaian tingkat polusi logam berat Pb

Nama sampel	C _i	C _n ⁱ	C _f ⁱ	T _r ⁱ	E _r ⁱ	Tingkat polusi
Titik 1.1	19,11	80	0,239	5	1,19	<i>Slight</i>
Titik 1.2	16,93	80	0,212	5	1,06	<i>Slight</i>
Titik 1.3	20,52	80	0,256	5	1,28	<i>Slight</i>
Titik 1.4	19,78	80	0,247	5	1,24	<i>Slight</i>
Titik 2.1	22,34	80	0,279	5	1,40	<i>Slight</i>
Titik 2.2	23,08	80	0,288	5	1,44	<i>Slight</i>
Titik 2.3	25,12	80	0,314	5	1,57	<i>Slight</i>
Titik 2.4	24,21	80	0,303	5	1,51	<i>Slight</i>
Rata-rata					1,34	<i>Slight</i>

Tabel diatas merupakan hasil hitungan tingkat polusi perparameter logam berat yang dianalisis, didapatkan hasil rata-rata E_r^i dan akan dijumlahkan untuk menilai potensi risiko lingkungan. Diketahui polusi yang berdampak terhadap lingkungan terdapat pada pencemar logam berat kadmium (Cd) yang diakibatkan sampah tekstil yang terdapat disetiap titik sampel berakibat polusi pada area penelitian dan kandungan tanah urugan untuk TPA dan mengandung logam berat kadmium (Cd).

4.4.2 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan Area TPA

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 menggunakan metode PERI untuk menilai potensi risiko lingkungan pada di TPA Banyuroto.

Tabel 4 9 Penilaian potensi Risiko lingkungan TPA Banyuroto

Logam Berat	Rata-rata Konsentrasi (mg/kg)	Konsentrasi minimum (mg/kg)	Konsentrasi maksimum (mg/kg)	E _r ⁱ Rata-rata	E _r ⁱ Minimum	E _r ⁱ Maksimum
Cd	5,6824	4,5858	6,3494	284,12	229,29	317,47
Cu	30,0639	22,0266	40,3573	3,01	2,20	4,04
Pb	21,3863	16,9258	25,1186	1,34	1,06	1,57
RI				96,15	77,52	107,69
Tingkat Risiko				<i>Strong</i>	<i>Medium</i>	<i>Strong</i>

Berdasarkan Tabel 4.7 nilai rata-rata setiap parameter logam berat masih berada dibawah angka 30 kecuali logam berat kadmium (Cd) yang

memiliki rata-rata 284,12 sehingga tingkat polusi logam berat kadmium (Cd) pada area TPA mendapatkan tingkat polusi *extremely Strong*. Dapat disimpulkan tingkat polusi konsentrasi logam berat Cd pada area TPA sudah memasuki tingkat sangat berbahaya penilaian potensi risiko lingkungan. Nilai RI yang didapatkan dari hasil rata-rata konsentrasi setiap parameter logam berat yang dijumlahkan memiliki nilai sebesar 96,15 mendapatkan tingkat *Strong* dengan kelas risiko C pada potensi risiko lingkungan di area TPA. Sedangkan dengan menggunakan nilai konsentrasi maksimum logam berat memiliki nilai RI sebesar 107,69 yang juga masuk kedalam tingkat risiko *strong* kelas risiko C. Hal ini disebabkan tingkat polusi logam berat kadmium (Cd) sangat tinggi dan berbahaya, sehingga parameter konsentrasi logam berat yang dianalisis menjadi tinggi. Berdasarkan hitungan pada tabel dapat diurutkan parameter logam berat pada area TPA memiliki nilai index terbesar sampai terkecil yaitu, Cd, Cu, Pb sehingga diketahui konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pencemar yang memiliki tingkat risiko yang besar. Logam berat berbahaya yang berada pada tanah menunjukkan wilayah tersebut mengalami masalah lingkungan yang mengakibatkan kerusakan kimia tanah yang dicirikan dengan hilangnya kesuburan tanah dan terkandungnya unsur-unsur kimia yang tidak dibutuhkan tanaman dan manusia pemakannya. Dari data ini kandungan logam Cu dan Pb yang dihasilkan masih sangat kecil sehingga masih aman untuk lingkungan, namun jika dibiarkan terus-menerus akan mengakibatkan kandungan logam dalam tanah mengalami peningkatan maka harus dilakukan pengolahan yang benar sehingga kedepannya kandungan logam berat tidak terus meningkat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Tanah di sekitar area TPA Banyuroto Kabupaten Kulon Progo mengandung logam berat Cd, Cu dan Pb. Persebaran logam berat kadmium merata pada seluruh titik sampel yang ada di dalam tanah TPA. Kandungan logam berat tersebut berasal dari berbagai jenis sampah yang masuk kedalam TPA setiap harinya seperti sampah tekstil, sampah logam dan sampah kertas.
2. Berdasarkan penilaian Potensi risiko lingkungan pada TPA Banyuroto parameter logam berat Cu dan Pb masih dalam lingkup batas tingkat rendah pada konsentrasi lingkungan secara alami dan tidak berisiko terhadap lingkungan (*slight*). Serta untuk logam berat Cd berpotensi sebagai risiko pencemar lingkungan yang termasuk kedalam potensi risiko lingkungan *Strong*. Yang mengakibatkan masalah lingkungan dan kerusakan kimia tanah yang ditandai dengan hilangnya kesuburan tanah.

5.2 Saran

Menidaklanjuti hasil studi, maka disarankan sebagai berikut :

1. Pada area penelitian TPA Banyuroto dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan logam berat pada tanah area Persawahan.
2. Pada area penelitian diharapkan pemerintah mengawasi dan memantau perkembangan TPA Banyuroto dan melihat kondisi lingkungan pemukiman serta kondisi kesehatan masyarakat sekitar area penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. 2013. Phytoremediation of heavy metals concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869-881.
- Alloway, B.J. 1995. *Heavy Metals in Soils*. Second Edition. Glasgow: Blackie Academic & Professional an Imprint of Chapman & Hall.
- Ariyani, M.D., Dewi, T.K., Pujiyanto, S. and Suprihadi, A., 2021. Isolasi dan Karakterisasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria dari Perakaran Kelapa Sawit pada Lahan Gambut. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 23(2), pp.159-171.
- ARYANI, Firta Desi Nur. Kualitas air tanah di sekitar lokasi tempat pembuangan akhir untuk pemenuhan kebutuhan air bersih (Studi Kasus: TPA Banyuroto dan TPA Piyungan). *Geo Educasia*, 2017, 2.8: 1047-1057.
- Babich, H., Stotzky, G., 1985. Heavy metal toxicity to microbe-mediated ecological processes: a review and potential application to regulatory policies. *Environmental Research* 36, 111-137
- Chang, F. C., Ko, C. H., Tsai, M. J., Wang, Y. N., & Chung, C. Y. (2014). Phytoremediation of heavy metal contaminated soil by *Jatropha curcas*. *Ecotoxicology*, 23(10), 1969-1978.
- Chen, Z. Zhao, Y. Chen, D. Huang, H. Zhao, Y. Wu, Y. (2022) Ecological risk assessment and early warning of heavy metal comulation in the soils near the Luanchuan molybdenum polymettalic mine concentration area, Henan province, central China
- Cobb, A.B., 2008. The elements cadmium. *New York: MARSHALL CAVEND| SH*.
- Connel, D.W., and Miller, G.J. (2006). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Cristaldi, A., Conti, G. O., Jho, E. H., Zuccarello, P., Grasso, A., Copat, C., & Ferrante, M. (2017). Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals and PAHs. A brief review. *Environmental Technology & Innovation*, 8, 309-326.
- Damanhuri, E. and Pادمi, T., 2010. Pengelolaan sampah. *Diktat kuliah TL, 3104*, pp.5-10.
- Darmono, 2001. *Lingkungan hidup dan pencemaran: hubungannya dengan toksikologi senyawa logam*. Universitas Indonesia. Jakarta.

- El Haggag, Salah. (2007). Sustainable Industrial Design and Waste Management. Elsevier Academic Press: United States of America.
- Esakku, S., Selvam, A., Joseph, K. and Palanivelu, K., 2005. Assessment of heavy metal species in decomposed municipal solid waste. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 17(3), pp.95-102.
- Fahrudin, F., Haedar, N.H.N., Santoso, S. and Wahyuni, S., 2019. Uji kemampuan tumbuh isolat bakteri dari air dan sedimen Sungai Tallo terhadap logam timbal (Pb). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 10(2).
- Faisal, A. 2020. Analisis Kandungan Logam Berat Di Dalam Tanah Tpa Gunung Tugel Banyumas
- Fagbenro, O. K. 2016. *Leachate pollution and impact to environment. In Control and treatment of landfill leachate for sanitary waste disposal* (pp. 173- 199). IGI Global.
- Fatimah, K. E. P. S. S., & Budianta, W. 2021. FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR Pb DAN Zn DI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH PIYUNGAN, YOGYAKARTA. *KURVATEK*, 6(1), 23-30.
- Handayani, C.O., Sukarjo, S. and Dewi, T., Penilaian Tingkat Cemar Logam Berat Pada Lahan Pertanian di Hulu Sungai Citarum, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), pp.508-516.
- He, Z., Shentu, J., Yang, X., Baligar, V.C., Zhang, T. and Stoffella, P.J., 2015. Heavy metal contamination of soils: sources, indicators and assessment.
- Jundana, A. F., Hastuti, E. D., Budihastuti, R. 2016. *Daya Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Daun Avicennia marina (Fork.) Berdasarkan Fase Pertumbuhan Yang Berbeda Di Pantai Mangkang Semarang*. *Jurnal Biologi*. Vol. 5. No. 3. Hal. 36-46.
- Krauskopf, K.B., Bird, D.K., 1995. Introduction to Geochemistry, 3rd edition. McGrawHill, Inc., New York. (647 pp.).
- Kumar, L. and Bharadvaja, N., 2020. Microbial remediation of heavy metals. *Microbial bioremediation & biodegradation*, pp.49-72.
- Kurniahu, H., Sriwulan, S., Rahmawati, A. and Andriani, R., 2022. Elements Content in Inked Paper and Vegetable Waste Mixture Compost Using Rumen Liquor Bioactivator. *Jurnal Biota*, 8(1), pp.19-24.
- Lamessa, F. Belay, S. Assefa, S. Girma, G. 2022 Analysis of the concentration of heavy metals in soil, vegetables and water around the bole Lemi industry park, Ethiopia

- Mendoza, M. B., Ngilangil, L. E., & Vilar, D. A. 2017. *Groundwater and leachate quality assessment in Balaoan sanitary landfill in La Union, Northern Philippines. Chemical Engineering Transactions*, 56, 247-252.
- Muller, G., 1979. Schwermetalle in den sediments des Rheins-Veran-derungen seitt 1971. *Umschan* 79, 778–783
- Muyassar, M., & Budianta, W. 2021. PENCEMARAN LOGAM BERAT PADA TANAH DI SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH PIYUNGAN, BANTUL, YOGYAKARTA. *KURVATEK*, 6(1), 11-22
- Njoku, K.L., Akinyede, O.R. and Obidi, O.F., 2020. Microbial remediation of heavy metals contaminated media by *Bacillus megaterium* and *Rhizopus stolonifer*. *Scientific African*, 10, p.e00545.
- Novia. W., Fajriani. 2021. Analisis Perbandingan Kadar Keasaman (pH) Tanah Sawah Menggunakan Metode Kalinometer dan Elektrometer di Desa Matang Setui. *Jurnal Hardon*, vol. 3, no. 1, 2021
- Palar, H. 2008. *Heavy Metal Pollution and Toxicology*. Jakarta: PT. Rineka Cipta Jakarta
- Patandungan, A., Syamsidar, H.S. and Aisyah, A.A., 2016. Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (*Vetiver zizanioides*) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) Pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar. *Al-Kimia*, 4(2), pp.107-120.
- Pinners, Elise. 2011. “Penerapan Sistem vetiver Ramah Lingkungan” Indonesian Vetiver Network.
- Pongrácz, Eva. 2007. The Environmental Impacts of Packaging. *Environmentally Conscious Materials and Chemicals Processing*. 237 - 278
- Redana, I Wayan. 2011. *Mekanika Tanah*. Udayana University Press. Denpasar
- Rismawati, S.I., 2012. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Zn Menggunakan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*). *Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Royadi. 2006. *Analisis Pemanfaatan TPA Sampah Pasca Operasi Berbasis Masyarakat (Studi Kasus TPA Bantar Gebang Bekasi)*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana, Bogor.
- Saeni, M. S. 2002. Bahan Kuliah Kimia Logam Berat. Program Pascasarjana IPB. Bogor

- Saleh, S. M. K., Amer, A. T., & Al-Alawi, A. 2018. Potential ecological risk of heavy metals in surface sediments from the Aden coast, Southern Yemen. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* (IOSR-JESTFT, 13(1)
- Sarah W. 2019. Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Fe) Pada Tanah di Rawapening Kabupaten Semarang Jawa Tengah.
- Setyoningrum, H.M., Hadisusanto, S. and Yuniarto, T., 2014. Kandungan Kadmium (Cd) Pada Tanah Dan Cacing Tanah Di Tpas Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Cadmium (Cd) Content in Soil and Earthworms in Piyungan Controlled Landfill Municipal Waste Disposal, Bantul Yogyakarta Special District). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 21(2), pp.149-155.
- Soemirat J. 1999. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Suastawan, G., Satrawidana, I. D., Wiratini, N. M. 2016. *Analisis Logam Pb Dan Cd Pada Tanah Perkebunan Sayur Di Desa Pancasari*. *Jurnal Wahana Matematika Dan Sains*. Vol. 9. No. 2
- Sudarwin, S., 2008. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang* (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).
- Wani, A. B. Latif., A. A., Usmani, J. A. 2015. *Lead Toxicity. Interdisciplinary Toxicology*. Vol. 2. Hal. 55-64.
- Yulipriyanto, H. 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tumpukan sampah



Tumpukan sampah yang menghasilkan air lindi

Lampiran 2 Pengambilan sampel tanah



Gambar (2a)



Gambar (2b)

Gambar (2a) adalah Penggalan tanah pada titik sampel sedalam 20 cm.
Gambar (2b) pengambilan sampel tanah yang telah digali lalu dimasukkan
kedalam plastik

Lampiran 3 Pengujian Sampel di Lab.Kualitas Lingkungan FTSP UII



Gambar (3a)



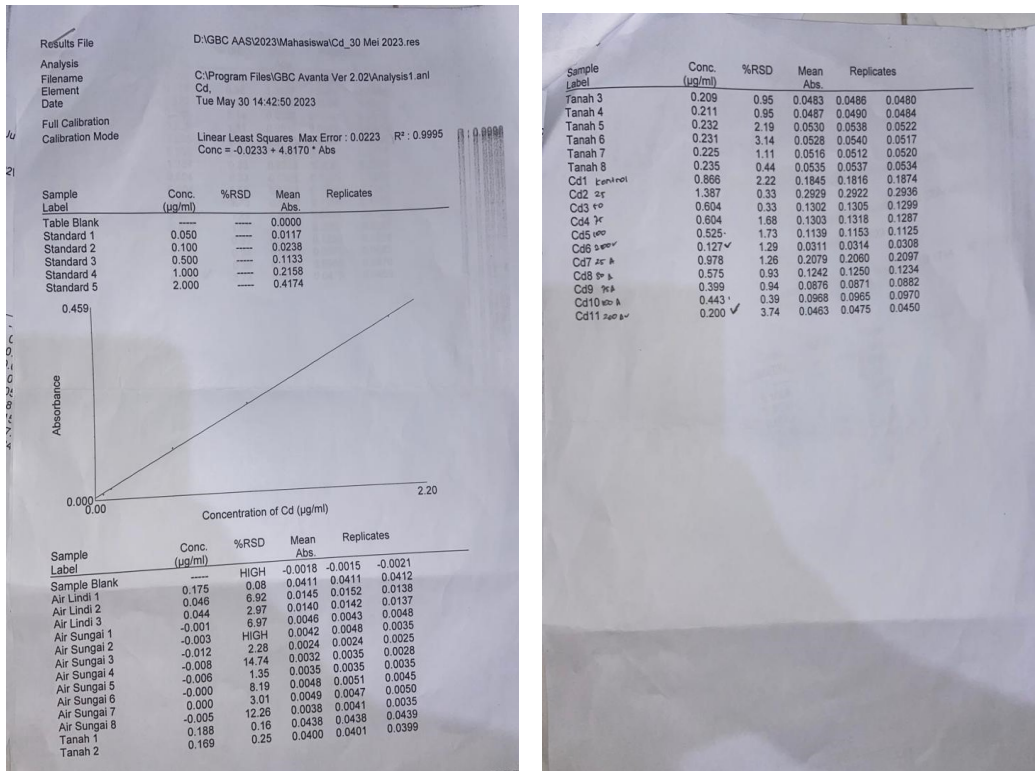
Gambar (3b)



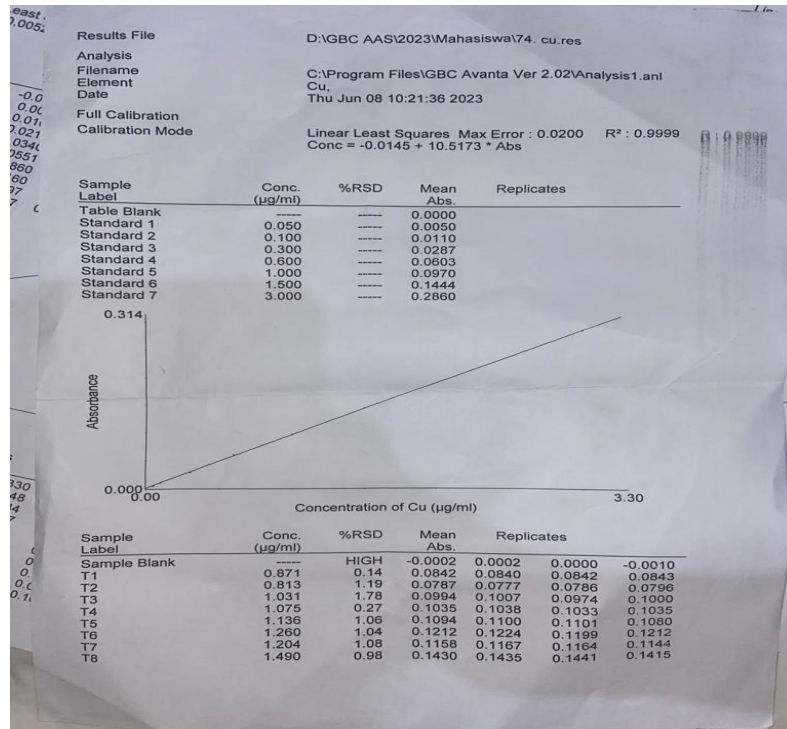
Gambar (3c)

Gambar (3a) Destruksi asam pada sampel tanah , Gambar (3b) Penyaringan hasil destruksi yang ditampung pada labu ukur 50 ml. Gambar (3c) pembacaan sampel yang telah disimpan dalam botol vial menggunakan instrumen SSA

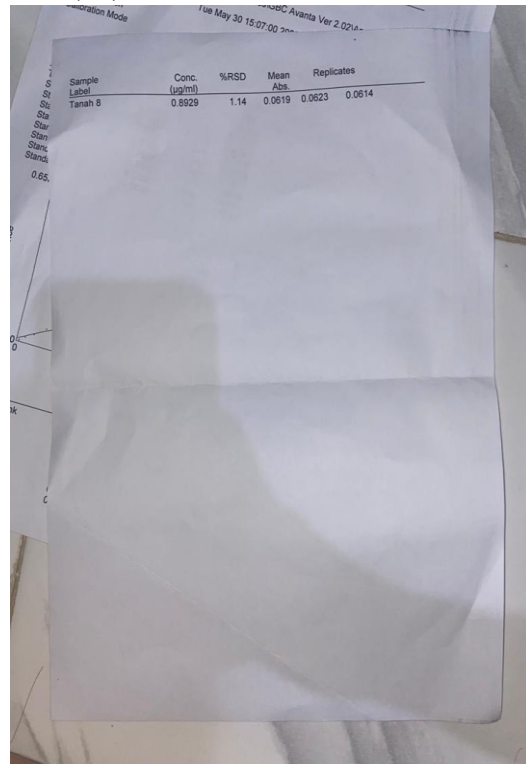
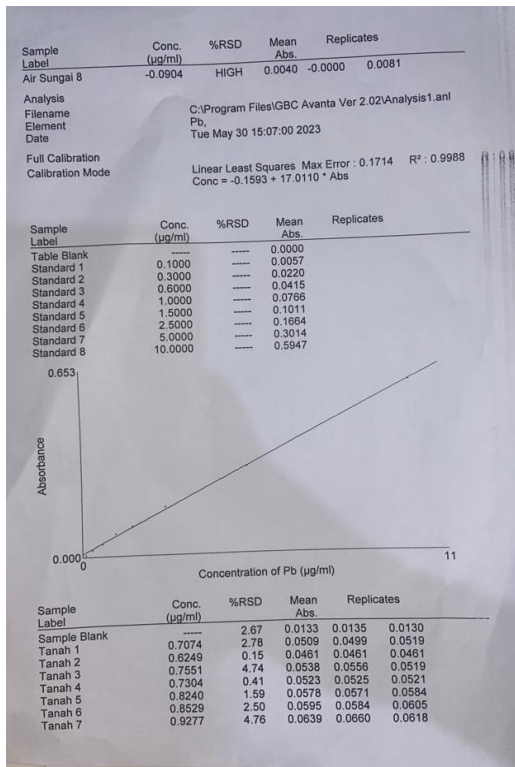
Lampiran 4 Hasil lab pembacaan menggunakan SSA



Gambar (4a)



Gambar (4b)



Gambar (4c)

Gambar (4a) Hasil uji logam Cd dari instrumen Spektrofotometri serapan atom.
Gambar (4b) Hasil uji logam Cu dari instrumen Spektrofotometri serapan atom.
Gambar (4c) Hasil uji logam Pb dari instrumen Spektrofotometri serapan atom.

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada 4 Januari 2002 di kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara dari pasangan Fitra Yanto, S.Hut dan Eti Indriani, S.Hut menempuh pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 200 Sidomulyo pada tahun 2007, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMP) Negeri 2 Bone-Bone pada tahun 2013 hingga 2016 dan melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Akhir (SMA) Negeri 4 Luwu Utara pada tahun 2016 hingga 2019, penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi pada tahun 2019 dengan program studi teknik lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.