

TA/TL/2023/[nomor admin]\*

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL  
(Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA AIR PERMUKAAN  
DI LINGKUNGAN SEKITAR TEMPAT  
PEMROSESAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN,  
KABUPATEN BANTUL**

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



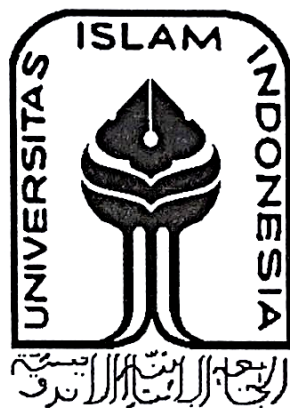
**AQILAH PUTRI SARININGTYAS  
19513080**

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

## TUGAS AKHIR

# ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA AIR PERMUKAAN DI LINGKUNGAN SEKITAR TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN, KABUPATEN BANTUL

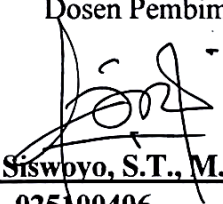
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



**AQILAH PUTRI SARININGTYAS**

**19513080**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

  
**Eko Siswopyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.**

**NIK. 025100406**

Tanggal: 6/9/2023

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

**NIK. 045130401**

Tanggal: 6/9/2023

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL  
(Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA AIR PERMUKAAN  
DI LINGKUNGAN SEKITAR TEMPAT  
PEMROSESAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN,  
KABUPATEN BANTUL**

**Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji**

**Hari :** Selasa

**Tanggal :** 5 September 2023

**Disusun Oleh:**

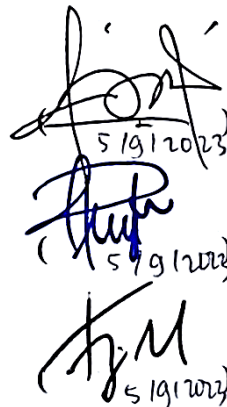
**AQILAH PUTRI SARININGTYAS  
19513080**

**Tim Penguji :**

**Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.**

**Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.**

**Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.**



5/9/2023  
5/9/2023  
5/9/2023

## 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. 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, 28 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



**Aqilah Putri Sariningtyas**

NIM: 19513080

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kahadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air Permukaan Di Lingkungan Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan, Kabupaten Bantul”**, dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Lingkungan Universitas Islam Yogyakarta. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sahabatnya, keluarganya, dan juga pengikutnya hingga akhir zaman. Semoga senantiasa kita semua berada dalam lindungan Allah SWT.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan, kesulitan, dan tantangan yang penulis hadapi. Namun dengan keyakinan dan dukungan orang sekitar, penulis tetap bersyukur karena dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT, yang selalu ada dalam setiap langkahku, atas karunia hidayah akal serta fikiran dan atas segala kemudahannya.
2. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan saran selama penelitian ini berlangsung.
3. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. selaku penguji yang telah memberikan masukan yang bermanfaat untuk penulisan penelitian ini agar lebih sempurna.
4. Bapak Sariyadi dan Ibu Tri Setyaningsih selaku orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan do'a, dukungan, serta motivasi baik materi mau pun moral kepada penulis.
5. Rangga Putradi Ahdim yang selalu membantu, memberikan dukungan, saling menguatkan, dan berada di sisi penulis dari awal penelitian hingga penulisan penelitian ini selesai.

6. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya akan keterbatasan kemampuan yang penulis miliki dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 28 Agustus 2023

Aqilah Putri Sariningtyas

19513080

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## ABSTRAK

AQILAH PUTRI SARININGTYAS. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air Permukaan Di Lingkungan Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan, Kabupaten Bantul. Dibimbing oleh Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan adalah tempat pemrosesan akhir sampah dari Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul. Penimbunan sampah secara terus-menerus di TPA menghasilkan air lindi yang mengandung logam-logam berat dalam konsentrasi tinggi seperti kadmium (Cd) dan timbal (Pb). Bahaya timbal (Pb) bagi kesehatan manusia adalah akan mengganggu sistem saraf dan kerusakan otak. Sedangkan bahaya bagi kesehatan manusia dari kadmium (Cd) meliputi potensi gangguan pernafasan dan kerusakan pada membran mukosa paru-paru yang menyebabkan radang paru-paru, memberikan dampak negatif pada sistem kekebalan tubuh, serta gangguan pada sistem saraf. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang terkandung pada permukaan di lingkungan sekitar TPA Piyungan serta mengetahui penyebarannya. Metode yang digunakan dalam penentuan lokasi *sampling* adalah “*Purposive Sampling*” yang dilakukan di 8 titik yang dimana masing-masing titik dilakukan 3 kali pengulangan. Sampel dianalisis dengan menggunakan metode Spektrometri Serapan Atom (AAS)-Nyala berdasarkan SNI 6989.8:2009 untuk uji timbal (Pb) dan SNI 6989.16:2009 untuk uji kadmium (Cd). Konsentrasi logam berat timbal (Pb) di air permukaan lingkungan sekitar TPA Piyungan berada pada kisaran 0,012–0,929 mg/L dan 0,019–0,095 mg/L untuk logam berat kadmium (Cd). Peta persebaran logam berat dibuat menggunakan *software* QGIS 3.20.3.

**Kata Kunci:** Air lindi, Air permukaan, Kadmium, Timbal



## **ABSTRACT**

*AQILAH PUTRI SARININGTYAS. Analysis of Heavy Metal Content of Lead (Pb) and Cadmium (Cd) in Surface Water Around Waste Disposal Area (TPA) Piyungan, Bantul Regency. Supervised by Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.*

*Waste Disposal Area (TPA) Piyungan is the final processing site for waste from Yogyakarta City, Sleman Regency, and Bantul Regency. The continuous landfilling of waste in the landfill produces leachate that contains high concentrations of heavy metals such as cadmium (Cd) and lead (Pb). The danger of lead (Pb) to human health is that it will disrupt the nervous system and damage the brain. While the dangers to human health from cadmium (Cd) include the potential for respiratory disorders and damage to the mucous membranes of the lungs that cause pneumonia, a negative impact on the immune system, and disorders of the nervous system. This study aims to determine and analyze the content of heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd) contained on the surface in the environment around Piyungan landfill and determine its distribution. The method used in determining the sampling location is "Purposive Sampling" which is carried out at 8 points where each point is repeated 3 times. Samples were analyzed using Atomic Absorption Spectrometry (AAS)-Nyala method based on SNI 6989.8:2009 for Pb test and SNI 6989.16:2009 for Cd test. The concentration of heavy metal lead (Pb) in surface water around Waste Disposal Area (TPA) Piyungan is in the range of 0.012-0.929 mg/L and 0.019-0.095 mg/L for heavy metal cadmium (Cd). Heavy metal distribution map was created using QGIS 3.20.3 software.*

**Keywords:** *Cadmium, Leachate, Lead, Surface water*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

PRAKATA .....	ii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II.....	5
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).....	5
2.2 Komposisi Sampah.....	6
2.3 Lindi .....	6
2.3.1 Pengertian Lindi .....	6
2.3.2 Proses Pembentukan Lindi .....	7
2.3.2 Karakteristik Air Lindi .....	8
2.4 Logam Berat .....	9
2.4.1 Timbal (Pb) .....	9
2.4.2 Kadmium (Cd).....	9
2.5 Spektrometri Serapan Atom (AAS) .....	10
2.6 Baku Mutu Kualitas Air .....	11
2.7 <i>Quantum Geographic Information System (QGIS)</i> .....	13
2.8 Penelitian Terdahulu .....	13
BAB III.....	17
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Tahapan Penelitian .....	19
3.3 Metode Pengumpulan Data .....	21

3.4 Metode Pengambilan dan Pengujian Sampel .....	21
3.4.1 Metode Pengambilan Sampel.....	21
3.4.2 Metode Pengujian Sampel.....	22
3.5 Analisis Data .....	24
BAB IV .....	27
4.1 Kondisi Eksisting TPA Piyungan.....	27
4.2 Parameter Fisika dan Kimia .....	28
4.3 Analisis Kandungan Logam Berat .....	32
4.3.1 Logam Berat Timbal (Pb) .....	32
4.3.2 Logam Berat Kadmium (Cd).....	34
4.4 Pengolahan Mengurangi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd).....	36
4.5 Persebaran Logam Berat .....	37
BAB V .....	41
5.1 Simpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	43
LAMPIRAN .....	47
RIWAYAT HIDUP .....	52

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Sampah TPA Piyungan Tahun 2022.....	6
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air berdasarkan PP Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021.....	12
Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah.....	12
Tabel 2. 4 Studi Penelitian Terdahulu.....	13
Tabel 3. 1 Koordinat Titik Sampling .....	18
Tabel 3. 2 Jarak Lokasi Pengambilan Sampel.....	19
Tabel 4. 1 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Pertama .....	28
Tabel 4. 2 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Kedua .....	29
Tabel 4. 3 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Ketiga.....	30

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Peta Titik Lokasi Penelitian .....	18
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 3. 3 Prosedur Pengambilan Sampel Air.....	21
Gambar 3. 4 Prosedur Persiapan Contoh Uji .....	23
Gambar 3. 5 Destruksi Contoh Uji dan Penyaringan .....	24
Gambar 3. 6 Pengujian Contoh Uji Menggunakan AAS .....	24
Gambar 4. 1 Kolam Pengelolaan Lindi TPA Piyungan .....	28
Gambar 4. 2 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) .....	33
Gambar 4. 3 Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) .....	35
Gambar 4. 4 Peta Persebaran Logam Berat Timbal (Pb) .....	38
Gambar 4. 5 Peta Persebaran Logam Berat Kadmium (Cd) .....	39



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Dokumentasi Pengambilan Sampel Air .....	47
<b>Lampiran 2</b> Kurva Kalibrasi Logam Berat Timbal (Pb) .....	47
<b>Lampiran 3</b> Kurva Kalibrasi Logam Berat Kadmium (Cd) .....	48
<b>Lampiran 4</b> Data Absorbansi Sampel Logam Berat Timbal (Pb) .....	48
<b>Lampiran 5</b> Data Absorbansi Sampel Logam Berat Kadmium (Cd) .....	48
<b>Lampiran 6</b> Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pengambilan Pertama Sampel Inlet.....	49
<b>Lampiran 7</b> Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb).....	49
<b>Lampiran 8</b> Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) .....	49
<b>Lampiran 9</b> Surat Izin Penelitian DLHK.....	50

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sampah menurut *World Health Organization* (WHO) adalah sesuatu yang berasal dari kegiatan manusia yang sudah tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disukai atau sesuatu yang dibuang [1]. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan adalah tempat pemrosesan akhir sampah dari Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul. Menurut data SIPSN pada tahun 2022 timbulan sampah di Provinsi Yogyakarta sebanyak 573.271 ton. Di TPA Piyungan, sampah diolah menggunakan metode *sanitary landfill* dimana langkah-langkahnya meratakan dan memadatkan sampah yang telah dibuang. Pada akhir waktu operasional, sampah ditutup dengan lapisan tanah sehingga tidak terlihat setelah jam operasional selesai [2] namun pada kenyataannya sampah yang masuk tidak langsung ditimbun dengan tanah pada akhir jam operasi.

Akumulasi sampah secara berkelanjutan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) mengalami proses oksidasi melalui pembusukan, diikuti oleh dekomposisi yang menghasilkan air lindi (*leachate*) sebagai dampak *infiltrasi* air hujan ke dalam tumpukan sampah. Air lindi adalah zat pencemar yang memiliki potensi besar untuk mengkontaminasi lingkungan di sekitar TPA karena mengandung bahan berbahaya yang beracun bagi makhluk hidup. Rembesan air yang disebut air lindi (*leachate*) mengandung kotoran organik, nitrat, sulfat, klorida, dan logam-logam berat dalam konsentrasi tinggi dan senyawa organik yang sangat berbahaya [3]. Lingkungan TPA memiliki kepekaan yang lebih tinggi terhadap pencemaran air lindi yang dapat diamati melalui parameter fisik dan kimia yang memiliki konsentrasi yang tinggi, termasuk adanya logam berat seperti kadmium (Cd) dan timbal (Pb). Konsentrasi logam Pb pada air lindi TPA Piyungan di Yogyakarta mencapai 0,32 mg/L [4].

Seiring bertambahnya volume sampah di TPA Piyungan tentunya akan meningkatkan potensi pencemaran oleh logam berat yang akan terbawa dan terdekomposisi pada air lindi kemudian merembes mengikuti gerakan aliran tanah. Merembesnya air lindi ke tanah dapat mencemari badan air di sekitarnya yang

kemudian akan mempengaruhi makhluk hidup yang terpapar keberadaan logam berat dalam air lindi. Hal ini dapat menurunkan kualitas air di lingkungan sekitar TPA dan berpengaruh terhadap kehidupan akuatik maupun merugikan kehidupan manusia sehingga harus selalu dikontrol.

Air adalah komponen abiotik yang sangat penting untuk kelangsungan hidup semua spesies. Air digunakan oleh tumbuhan dan hewan untuk tumbuh dan berkembang biak, dan manusia menggunakannya untuk berbagai keperluan, termasuk kegiatan domestik (termasuk air minum), pertanian, dan industri. Peningkatan konsumsi air di suatu wilayah sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan perubahan gaya hidup.

Permasalahan yang terjadi di TPA Piyungan adalah gejala pencemaran air lindi pada air permukaan dan air tanah yang dimanfaatkan sebagai sumber air domestik oleh warga setempat. Logam berat yang terkontaminasi pada air lindi akan menyebar dan menumpuk dalam tanah, air permukaan, dan air tanah, berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Salah satu bahaya timbal (Pb) bagi kesehatan manusia adalah akan mengganggu sistem saraf, kerusakan otak, dan penyakit lainnya. Sedangkan bahaya bagi kesehatan manusia dari kadmium (Cd) meliputi potensi gangguan pernafasan dan kerusakan pada membran mukosa paru-paru yang menyebabkan radang paru-paru, memberikan dampak negatif pada sistem kekebalan tubuh, serta gangguan pada sistem saraf jika masuk dan terakumulasi dalam tubuh [5]. Dengan mengetahui kondisi saat ini, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang terkandung pada permukaan di lingkungan sekitar TPA Piyungan serta mengetahui penyebarannya sehingga masyarakat bisa mengetahui daerah-daerah yang terkontaminasi oleh logam berat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan di lingkungan sekitar TPA Piyungan?

- 2) Bagaimana peta persebaran logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan di lingkungan sekitar TPA Piyungan?

### **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menguji kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan di lingkungan sekitar TPA Piyungan,
- 2) Membuat peta persebaran logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan di lingkungan sekitar TPA Piyungan.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Memberikan informasi terkini mengenai kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan di lingkungan sekitar TPA Piyungan guna menambah wawasan masyarakat sekitar untuk menjaga kebersihan dan memanfaatkan air dengan baik.
- 2) Memberikan referensi dan kajian pembahasan terkait pencemaran logam berat di air permukaan.
- 3) Instansi terkait diharapkan lebih dapat mengontrol proses pengolahan sampah untuk mengurangi tingkat pencemaran air oleh logam berat.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

- 1) Lokasi pengambilan sampel penelitian dilakukan di air permukaan pada lingkungan sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan.
- 2) Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- 3) Lingkup materi dalam penelitian ini adalah berkaitan dengan kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan.
- 4) Metode pengukuran logam berat yang digunakan adalah metode Spektrometri Serapan Atom (AAS)-Nyala.
- 5) Waktu penelitian ini berlangsung pada bulan April – Juni tahun 2023.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)**

Tempat Pemrosesan Akhir atau yang biasa disingkat TPA sebagaimana dijelaskan dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2018, merupakan suatu wadah akhir atau lokasi akhir di mana sampah akhir yang disediakan untuk masyarakat dari berbagai sumber seperti permukiman, rumah tangga, sektor industri, lembaga pemerintahan, dan entitas lainnya, dapat ditempatkan dan dikelola. Sampah yang berada di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) akan dikelola dan diawasi untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan. Tempat pemrosesan akhir sampah di berbagai belahan dunia dapat menjadi penyebab terhadap perubahan iklim dan peningkatan suhu global.

Rangkaian penanganan sampah dalam pengelolaan sampah terdiri dari pewadahan, pengumpulan (sementara), pemindahan, pengangkutan, pengolahan, dan juga pemrosesan akhir. Teknologi dalam pengelolaan sampah telah mencapai tahap ketiga yaitu dikenal sebagai *Improved Sanitary Landfill* yang dilengkapi dengan fasilitas pengaturan air lindi [6].

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan adalah tempat pemrosesan akhir sampah dari Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul dan telah beroperasi sejak tahun 1995. TPA Piyungan memiliki lahan seluas 12,5 hektar dimana 10 hektar digunakan untuk lahan pembuangan sampah dan 2,5 hektar digunakan untuk fasilitas kantor. TPA Piyungan mengolah sampah melalui metode *sanitary landfill* dimana langkah-langkahnya meratakan dan memadatkan sampah yang telah dibuang sehingga pada akhir jam operasi berakhir timbunan sampah akan tidak terlihat. Sistem *sanitary landfill* dilengkapi dengan pipa perforasi yang ditempatkan di lapisan bawah TPA agar air lindi mengalir melalui air tanah menuju fasilitas pengolahan air limbah (IPAL) TPA [2].



## 2.2 Komposisi Sampah

Berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2022, komposisi sampah pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2. 1 Komposisi Sampah TPA Piyungan Tahun 2022

No	Komponen	Komposisi
1	Sisa Makanan	67,18%
2	Kertas/Karton	12,6%
3	Plastik	17,22%
4	Logam	1,68%
5	Kain	0,21%
6	Kaca	1,11%

## 2.3 Lindi

### 2.3.1 Pengertian Lindi

Pengertian lindi merujuk pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, lindi merupakan cairan yang timbul karena air dari eksternal masuk ke tumpukan sampah, kemudian melarutkan dan membilas materi atau zat yang terlarut termasuk bahan-bahan organik yang dihasilkan dari proses biologi dekomposisi. Lindi dalam ilmu kesehatan lingkungan adalah gabungan dari rembesan air hujan langsung dan cairan apapun yang keluar dari hasil konsolidasi material-material sampah *landfill*.

Air lindi merupakan air yang dihasilkan sebagai akibat dari perkolasi air hujan melalui sel sampah, proses biokimia dalam sel sampah dan kadar air yang melekat pada sampah yang berada pada sel sampah itu sendiri [7]. Air lindi dapat berasal dari timbunan sampah organik dan anorganik yang tercampur, presipitasi atau aliran permukaan yang berinfiltrasi ke dalam timbunan sampah, air yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik padat sampah. Selain itu, air lindi dapat terkontaminasi oleh limbah yang mengandung logam berat seperti baterai, cat, dan limbah elektronik. Proses penguraian sampah di

TPA menghasilkan senyawa-senyawa organik yang dapat mengikat logam berat dan membawanya dalam air lindi [8]. Selain itu, proses penguraian juga dapat menghasilkan senyawa-senyawa anorganik yang dapat membentuk kompleks dengan logam berat dan membawanya dalam air lindi.

### **2.3.2 Proses Pembentukan Lindi**

Proses pembentukan air lindi terjadi sebagai akibat dari penimbunan sampah secara terus menerus di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam pembentukan air lindi:

1. Penimbunan Sampah

Sampah yang dibuang ke TPA akan ditimbun secara bertahap. Sampah tersebut dapat berupa limbah organik dan anorganik, seperti sisa makanan, plastik, kertas, logam, dan sebagainya.

2. Pemaparan Air Hujan

Selama proses penimbunan, TPA akan terpapar oleh air hujan. Air hujan yang jatuh ke atas tumpukan sampah akan meresap ke dalam sampah dan mengalir melalui celah-celah antara sampah.

3. Perkolasi

Air hujan yang meresap ke dalam sampah akan mengalami perkolasi, yaitu proses filtrasi melalui lapisan sampah. Selama perkolasi, air akan tercampur dengan bahan-bahan terlarut dan tersuspensi yang terdapat dalam sampah.

4. Proses Biokimia

Di dalam sel-sel sampah terjadi proses biokimia yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Mikroorganisme ini akan menguraikan bahan organik dalam sampah melalui proses dekomposisi. Selama proses ini, senyawa-senyawa terlarut dan tersuspensi akan terlepas ke dalam air lindi.

5. Kadar Air

Kadar air yang melekat pada sampah juga berperan dalam pembentukan air lindi. Air yang terperangkap dalam sampah akan terlepas dan menjadi bagian dari air lindi.

Hasil dari proses-proses di atas adalah terbentuknya air lindi, yaitu cairan yang mengandung bahan terlarut dan tersuspensi dengan kandungan polutan tinggi. Pada awalnya sampah mengalami proses dekomposisi dengan adanya oksigen (aerobik), namun saat pasokan oksigen habis maka proses dekomposisi berlanjut secara anaerobik dengan mikroorganisme utama yang bekerja yaitu mikroorganisme fakultatif aerob yang menghasilkan gas metana [9].

### **2.3.2 Karakteristik Air Lindi**

Timbunan sampah pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) menghasilkan cairan yang dikenal sebagai air lindi atau *leachate*. Cairan ini dapat meresap dan masuk ke dalam pori-pori tanah kemudian bercampur dengan air tanah serta air permukaan. Air lindi memiliki kandungan zat organik dan anorganik dalam jumlah yang signifikan. Dalam air lindi juga terdapat genus bakteri aerob, seperti *streptococcus*, *escherichia*, *pseudomonas*, dan *proteus*. Selain itu, mengandung mikroba parasit, seperti kutu air yang menyebabkan gatal-gatal di kulit.

Aliran air lindi akan terjadi dari tempat yang elevasinya tinggi ke lokasi yang lebih rendah. Air lindi memiliki kemampuan untuk meresap ke dalam tanah dan bisa mencampur dengan air tanah sampai kedalaman 200 meter. Selain itu, air lindi dapat mengalir di permukaan tanah dan akhirnya masuk ke aliran sungai. Oleh karena itu, air lindi memiliki potensi untuk mengkontaminasi baik air tanah maupun air permukaan. Selain itu, air lindi bisa menyebabkan pencemaran pada sumber air minum yang berjarak 100 meter dari sumber pencemar [10].

Kandungan dalam air lindi berbahaya karena mampu menyebar ke lingkungan sekitar. Air lindi dapat berdampak pada kualitas air tanah, air permukaan, ekosistem sungai, aliran air, dan ekosistem laut. Air lindi mengandung parasit dan logam berat. Kualitas air lindi dapat dipengaruhi oleh karakteristik limbah, musim, usia akumulasi sampah, dan waktu pengambilan sampel [11].

## 2.4 Logam Berat

Logam berat adalah golongan atau kategori logam yang memenuhi kriteria yang serupa dengan logam lainnya. Namun, perbedaannya terletak pada dampak yang terjadi saat logam berat ini diserap oleh tubuh suatu organisme. Lebih dari 70% unsur yang terdapat dalam tabel periodik termasuk dalam kategori logam. Hampir seluruh golongan dalam tabel periodik unsur memiliki elemen logam, kecuali golongan VII-A dan golongan VIIIA. Unsur logam ini akan dikelompokkan ke dalam kategori yang sesuai dengan ciri khasnya masing-masing [12].

Sifat berbahaya dari logam berat terletak pada ketahanannya yang sulit untuk terurai sehingga menyebabkan akumulasi dalam lingkungan melalui rantai makanan. Semakin tinggi level suatu organisme dalam rantai makanan, semakin besar konsentrasi logam yang terakumulasi di dalam tubuhnya. Akumulasi yang signifikan dari logam berat dalam tubuh dapat mengancam kesehatan dan mengakibatkan tingginya konsentrasi logam di dalam organisme [13].

### 2.4.1 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) ialah suatu unsur logam berat berwarna biru atau abu-abu perak, memancarkan cahaya logam yang lunak, memiliki suhu leleh pada  $327,4^{\circ}\text{C}$  serta titik didih pada  $1.620^{\circ}\text{C}$ . Lebih kurang 95% dari timbal adalah senyawa anorganik yang umumnya sulit larut dalam air dan sisanya memiliki karakteristik organik. Timbal (Pb) dalam suasana kering dan mulai ternoda bersentuhan dengan udara akan membentuk campuran senyawa yang kompleks. Timbal (Pb) umumnya ditemukan pada air yang terkontaminasi dari pipa timbal, baterai, cat, bensin, dan bahan konstruksi [14]. Senyawa timbal yang memasuki organisme akan mengendap pada jaringan tubuh, sementara sisanya akan dikeluarkan bersama sisa hasil metabolisme [15]. Timbal (Pb) dapat menyebabkan penyakit seperti anemia, kerusakan otak, anoreksia, defisiensi mental, muntah, dan bahkan kematian pada manusia [16].

### 2.4.2 Kadmium (Cd)

Logam kadmium (Cd) yang terdapat secara alami dalam air berikatan dengan ligan anorganik dan organik, seperti  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{CdCl}^+$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})^+$ ,  $\text{CdCO}_3$ ,  $\text{CdSO}_4$ , dan Cd yang bergabung dengan substansi organik. Logam kadmium

(Cd) berwarna putih keperakan serupa dengan aluminium, memiliki daya tahan yang baik terhadap korosi, serta mampu menahan suhu tinggi. Kadmium umumnya ditemukan dalam bijih bersama dengan tembaga, seng, dan timah. Kadmium (Cd) banyak digunakan dalam kegiatan industri, seperti sebagai agen anti korosi, stabilizer dalam produk PVC, penyerap neutron di pembangkit listrik tenaga nuklir, dan dalam pembuatan nikel-kadmium [17]. Pemanfaatan kadmium (Cd) terjadi dalam proses elektrolisis dan berperan sebagai zat warna dalam sektor industri cat. Selain itu, kadmium (Cd) digunakan dalam pembuatan plastik dan bahan enamel [18].

Logam kadmium (Cd) memiliki efek toksik yang tinggi terhadap organisme salah satunya tubuh manusia. Gejala keracunan akut akibat paparan kadmium dapat muncul pada individu yang terkena logam ini dalam rentang waktu 4-10 jam [18]. Paparan kadmium (Cd) dapat mempengaruhi ginjal, paru-paru, dan tulang. Apabila terdapat kadar logam Cd sebesar 50 mg dalam tubuh manusia, maka akan mengakibatkan mual, penurunan jumlah sel darah merah, kerapuhan tulang dan sumsum tulang, gangguan pencernaan, gangguan metabolisme kalsium, kerusakan ginjal, pertumbuhan tumor, tekanan darah tinggi, gangguan hati, penurunan fungsi reproduksi, dan perubahan pada gen.

## **2.5 Spektrometri Serapan Atom (AAS)**

Spektrometri Serapan Atom (AAS) merupakan metode analisis dengan menggunakan proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan energi ini menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. AAS biasanya digunakan untuk analisis kuantitatif pada logam dan metaloid dalam berbagai sampel, termasuk cairan, padatan, dan gas. Metode Spektrometri Serapan Atom (AAS) berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unturnya. Metode Spektrometri Serapan Atom (AAS) tidak bergantung pada temperatur, melainkan tergantung pada perbandingan. Atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi yang menimbulkan proses dalam atom bebas akan menghasilkan absorpsi dan emisi radiasi serta panas. Radiasi ini memiliki panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas [19]. Spektrometri Serapan

Atom (AAS) memiliki keunggulan dalam sensitivitasnya yang tinggi, selektivitas yang baik, dan jangkauan dinamis yang luas. Metode AAS banyak digunakan di berbagai bidang seperti analisis klinis, analisis lingkungan, analisis makanan dan minuman, analisis klinis, dan kontrol kualitas industri.

## **2.6 Baku Mutu Kualitas Air**

Standar kualitas air mengikuti pedoman yang terdapat pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berdasarkan Regulasi dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, baku mutu air merujuk pada standar atau batas kandungan organisme hidup, energi, zat, atau unsur yang ada atau perlu ada, serta zat pencemar yang mungkin ada atau dibatasi keberadaannya dalam air. Kelas-kelas air ditentukan berdasarkan kualitas air yang diukur menggunakan parameter-parameter tertentu sesuai dengan kondisinya.

Kualitas air diatur berdasarkan pengelompokan kelas air, yang mengindikasikan tingkat kualitas air yang masih cocok untuk digunakan sesuai dengan tujuan atau peruntukan tertentu. Pengelompokan kualitas air terbagi menjadi empat kelas sebagai berikut:

- Kelas I: mengacu pada air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum atau untuk tujuan lain yang memerlukan standar kualitas air yang setara dengan penggunaan tersebut.
- Kelas II: mengacu pada air yang dimanfaatkan untuk fasilitas sarana/prasarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, keperluan peternakan, irigasi tanaman, dan tujuan lain yang memerlukan standar kualitas air yang setara dengan penggunaan tersebut.
- Kelas III: mengacu pada air yang dimanfaatkan untuk tujuan budidaya ikan air tawar, keperluan peternakan, penyiraman tanaman, atau penggunaan lain yang menuntut standar kualitas air yang serupa dengan maksud penggunaan tersebut.

- Kelas IV: mengacu pada air yang cocok untuk mengirigasi tanaman dan juga untuk keperluan lain yang mengharuskan kualitas air setara dengan tujuan penggunaan tersebut.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup berhubungan dengan standar kualitas air yang harus ditaati di negara Indonesia. Tujuannya adalah untuk mengatur dan menetapkan batasan mutu air yang sesuai dengan penggunaannya dan untuk mencegah pencemaran air sebelum air tersebut dibuang ke badan air. Besarnya konsentrasi yang diizinkan untuk logam timbal (Pb) di badan air adalah 0,03 mg/L, sedangkan untuk logam kadmium (Cd) adalah sebesar 0,01 mg/L. Baku mutu air sesuai peruntukannya berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air berdasarkan PP Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	Suhu	°C	±3 terhadap suhu udara
2	pH	-	6–9
3	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01
4	Timbal (Pb)	mg/L	0,03

Regulasi yang digunakan dalam menentukan konsentrasi maksimal air lindi adalah Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Baku mutu merupakan ukuran kadar batas maksimal yang diperbolehkan dari berbagai parameter dan kontaminan air limbah sebelum dapat dibuang ke lingkungan atau diolah untuk digunakan kembali. Baku mutu air lindi berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	Suhu	°C	38

2	pH	-	6–9
3	Kadmium (Cd)	mg/L	0,05
4	Timbal (Pb)	mg/L	0,1

## 2.7 Quantum Geographic Information System (QGIS)

*Quantum Geographic Information System (QGIS)* merupakan sebuah aplikasi perangkat lunak (*software*) gratis yang memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan, mengelola, mengedit, serta menganalisis data geospasial. Data geospasial merujuk pada informasi mengenai lokasi geografis suatu objek atau entitas, yang biasanya diwakili dengan koordinat geografis seperti lintang dan bujur. Jenis data yang umumnya digunakan meliputi informasi geografis, data sistem informasi geografis (GIS), data peta, informasi lokasi, koordinat, serta data geometri spasial [20]. Beberapa fitur utama dalam QGIS adalah; visualisasi data, pengeditan data, geoproses dan analisis, membuat atau produksi peta, interaksi dengan perangkat lunak lainnya, dan *python scripting*. QGIS banyak digunakan oleh para peneliti, profesional, dan peminat di berbagai bidang seperti geografi, ilmu lingkungan, perencanaan, dan analisis geospasial.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terhadap konsentrasi logam berat pada perairan di TPA telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Beberapa hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2. 4 Studi Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	Eko Siswoyo, Ghozi Faiz Habibi (2018)	Sebaran Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Pada Air Sungai dan Sumur di Daerah Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Wukirsari	Pada tanggal 24 Mei 2015, kadar logam Pb dan Cd dalam sampel air yang diambil melebihi standar mutu yang ditetapkan. Khususnya dalam sumur pantau 2, kadar logam Pb mencapai 0,55 mg/L,



		Gunung Kidul, Yogyakarta	sementara dalam sumur pantau 2 dan sumur warga 2, kadar logam Cd mencapai 0,03 mg/L.
2	Widyasari, N. <i>et al</i> (2013)	Analisis Potensi Pencemaran Timbal (Pb) Pada Tanah, Air Lindi, dan Air Tanah (Sumur Monitoring) di TPA Pakusari Kabupaten Jember	Konsentrasi logam timbal (Pb) dalam air lindi yang ada di kolam penampung lindi 1, 2, dan 3 berada di bawah batas baku mutu sesuai dengan peraturan SK Gubernur Jawa Timur No. 45 Lampiran II. Namun, kadar timbal (Pb) dalam air sumur monitoring 1, 2, 3, 4, dan 5 melampaui baku mutu lingkungan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/PerIX/1990.
3	Firta Desi Nur Aryani (2017)	Kualitas Air Tanah di Sekitar Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih (Studi Kasus: TPA Banyuroto dan TPA Piyungan)	Kondisi air tanah di sekitar TPA Banyuroto terletak pada jarak 284 meter sebelum kolam lindi dan 247 meter sesudahnya, serta di sekitar TPA Piyungan pada jarak 765 meter sebelum dan 900 meter sesudah kolam lindi, masih menunjukkan kualitas yang memadai. Kriteria fisik dan kimia yang telah diuji menunjukkan bahwa air tanah di sekitar TPA

			Banyuroto dan TPA Piyungan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai sumber air bersih.
--	--	--	---

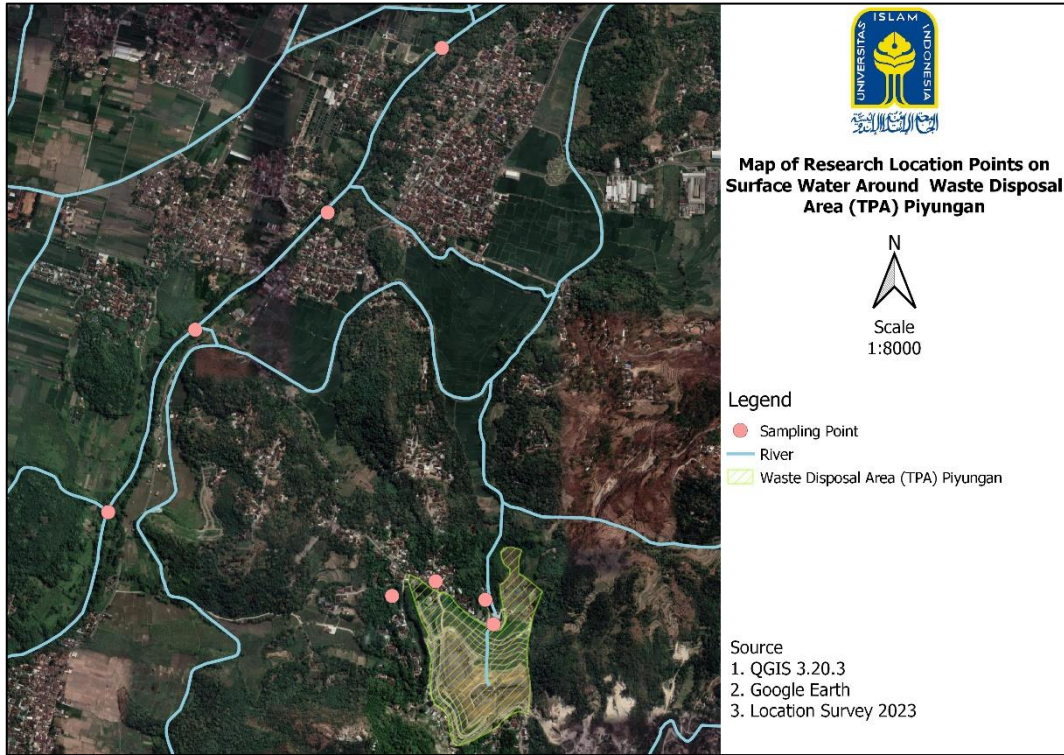
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan pada kolam inlet, outlet, dan sungai untuk mewakili air permukaan di lingkungan sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi penelitian ini terletak di wilayah administrasi Kabupaten Bantul. Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta bertanggung jawab atas pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan. Metode yang digunakan dalam penentuan lokasi sampling adalah “*Purposive Sampling*” yang dilakukan di (delapan) 8 titik. Pada masing-masing titik dilakukan 3 (tiga) kali pengulangan. Mewakili daerah hulu sungai yang belum terpengaruh dari aktivitas TPA Piyungan, air permukaan yang paling dekat dengan sumber pencemar, dan air permukaan yang terpengaruh dari aktivitas TPA Piyungan. Analisis logam berat pada air permukaan dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Waktu penelitian dari proses pengambilan sampel air dan pengujian sampel penelitian dilakukan pada bulan April – Juni 2023. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Peta Titik Lokasi Penelitian

Koordinat titik sampling dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Koordinat Titik Sampling

No	Titik Sampling	S	E
1	Inlet	7°86'86.81"S	110°43'03.81"E
2	Outlet	7°86'80.29"S	110°43'01.55"E
3	Titik 3	7°86'76.17"S	110°42'86.90"E
4	Titik 4	7°86'79.04"S	110°42'75.81"E
5	Titik 5	7°87'69.93"S	110°40'85.19"E
6	Titik 6	7°86'05.41"S	110°42'21.10"E
7	Titik 7	7°85'72.59"S	110°42'57.63"E
8	Titik 8	7°84'70.07"S	110°43'97.57"E

Jarak pengambilan sampel air dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

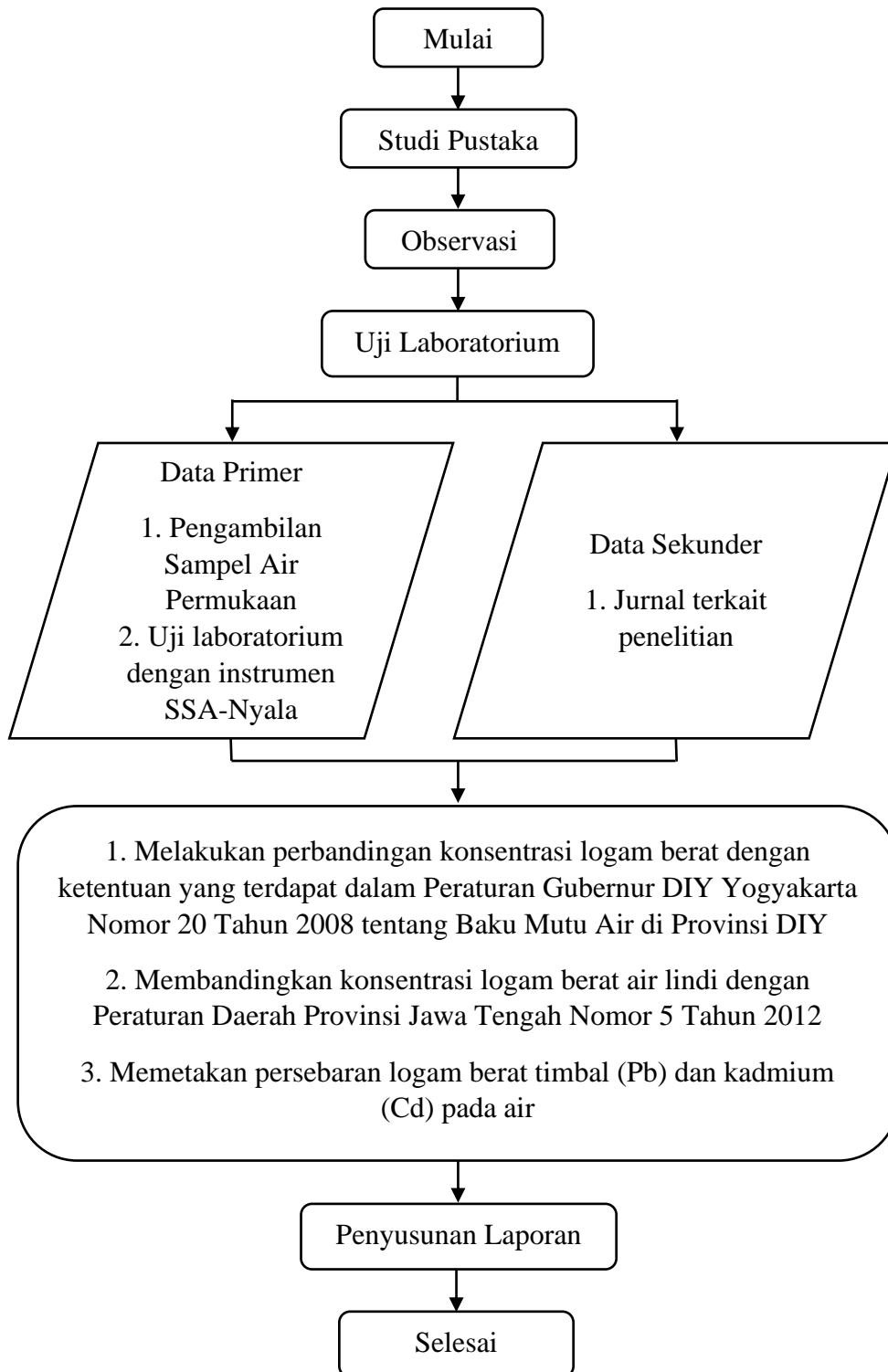
Tabel 3. 2 Jarak Lokasi Pengambilan Sampel

<b>Jenis Sampel</b>	<b>Titik Sampling</b>	<b>Jarak dengan sumber pencemar (m)</b>
Inlet lindi TPA	Inlet	0
Outlet lindi	Outlet	90
Sumur pantau	Titik 3	260
Air permukaan	Titik 4	325
Hilir sungai	Titik 5	1200
Sungai	Titik 6	1090
Sungai	Titik 7	1100
Hulu Sungai	Titik 8	1380

### **3.2 Tahapan Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode ini dipilih karena bertujuan untuk membuat gambar atau deskriptif tentang kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan di sekitar lingkungan TPA Piyungan secara objektif yang menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran data tersebut serta penampilan dan

hasilnya. Pada Gambar 3.2 dapat dilihat diagram alir tahapan penelitian yang akan dilaksanakan.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

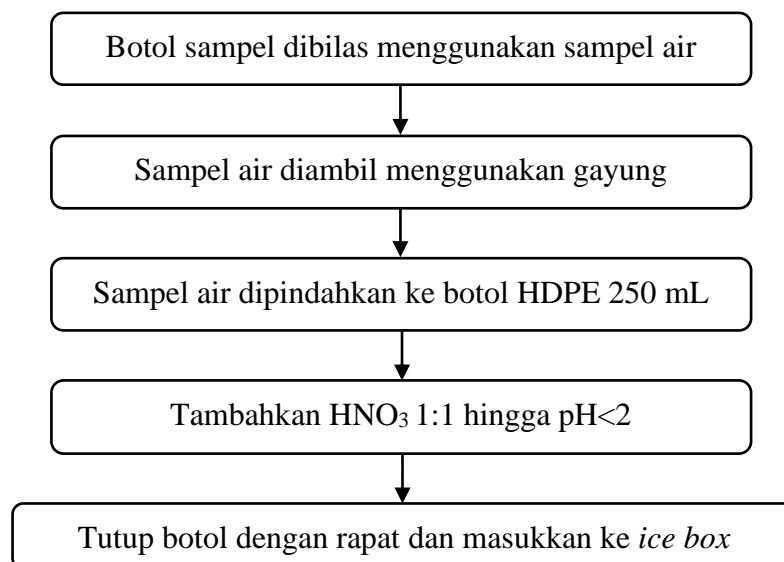
### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui pemanfaatan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi secara langsung dan pengambilan sampel di lapangan. Sementara itu, data sekunder diambil dari publikasi ilmiah, sumber pustaka, serta instansi yang berkaitan dengan studi tersebut. Dalam observasi langsung meliputi pencatatan topografi lokasi penelitian dan pengamatan kondisi air permukaan pada setiap titik pengambilan sampel.

### 3.4 Metode Pengambilan dan Pengujian Sampel

#### 3.4.1 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan contoh air permukaan dilakukan secara langsung dengan menerapkan metode *grab sampling* yaitu suatu metode pengambilan sampel yang merepresentasikan karakteristik air pada saat pengambilan sampel tersebut dilakukan [21]. Pedoman pengambilan sampel merujuk pada SNI 6989.57:2008 tentang metode pengambilan contoh air permukaan. Pada setiap titik sampling diambil sampel air menggunakan gayung yang kemudian dipindahkan ke botol *High Density Polyethylene* (HDPE) berukuran 250 mL yang sudah dibilas dengan sampel air. Sampel air yang sudah berada di botol HDPE diukur pH, kemudian ditambahkan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 1:1 menggunakan pipet tetes hingga  $\text{pH} < 2$ . Selanjutnya botol berisi sampel ditutup dengan rapat dan diletakkan ke dalam *ice box*. Pada Gambar 3.3 dapat dilihat prosedur pengambilan sampel.



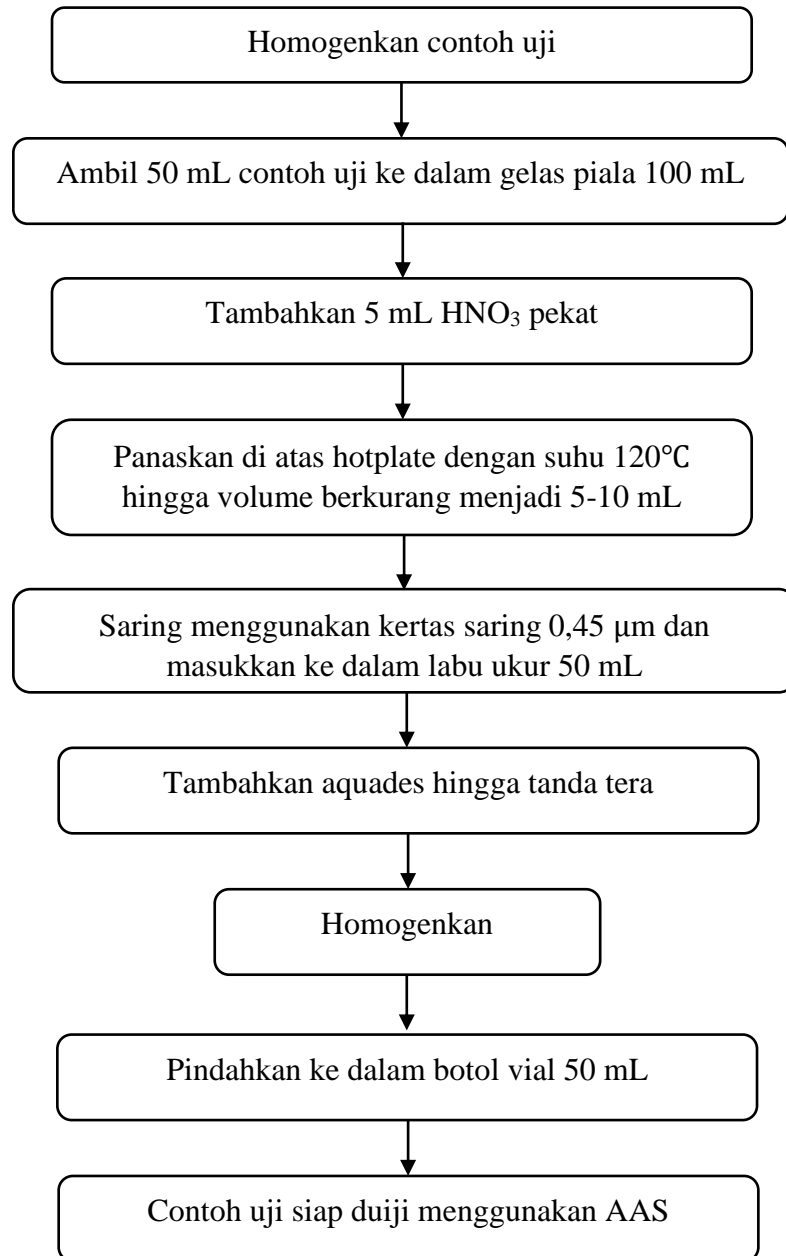
Gambar 3. 3 Prosedur Pengambilan Sampel Air



### 3.4.2 Metode Pengujian Sampel

Pengujian sampel air mencakup pengukuran kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) di laboratorium, bersama dengan pengukuran parameter fisika dan kimia yang dilakukan langsung di lokasi pengambilan sampel (*in-situ*). Penelitian yang dilakukan merujuk pada panduan yang tercantum dalam SNI 6989.8:2009 mengenai Cara Uji Timbal (Pb) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala dan SNI 6989.16:2009 tentang Cara Uji Kadmium (Cd) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala. Tujuannya adalah untuk mengetahui konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam sampel air di sekitar wilayah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan.

Persiapan sampel untuk pengujian secara AAS dilakukan dengan metode destruksi basah menggunakan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ). Asam nitrat berperan sebagai zat pengoksidasi utama yang bertujuan untuk melarutkan logam dalam sampel [22]. Prosedur persiapan pengujian sampel air dapat dilihat pada Gambar 3.4. Contoh uji yang berada di dalam botol dihomogenkan dan diambil sebanyak 50 mL menggunakan pipet volume kemudian dipindahkan ke gelas piala 100 mL. Selanjutnya dilakukan destruksi dengan menambahkan 5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat dan dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu  $120^\circ\text{C}$  sampai volume berkurang menjadi 5-10 mL. Apabila destruksi belum sempurna yang ditandai dengan contoh uji belum jernih, maka ditambahkan lagi 5 mL  $\text{HNO}_3$  dan kembali dipanaskan di atas *hot plate*. Sampel yang sudah terdestruksi sempurna selanjutnya disaring menggunakan kertas saring dengan ukuran pori  $0,45\ \mu\text{m}$  dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan aquades hingga tanda tera. Selanjutnya contoh uji dihomogenkan dan dipindahkan ke botol vial 50 mL. Contoh uji siap diuji menggunakan AAS.



Gambar 3. 4 Prosedur Persiapan Contoh Uji

Pada Gambar 3.5 merupakan proses saat melakukan destruksi contoh uji dan proses penyaringan.



Gambar 3. 5 Destruksi Contoh Uji dan Penyaringan

Pada Gambar 3.6 ini merupakan proses saat melakukan pengujian menggunakan instrumen AAS.



Gambar 3. 6 Pengujian Contoh Uji Menggunakan AAS

### 3.5 Analisis Data

Metode yang digunakan untuk menganalisis data dalam penelitian ini adalah analisis regresi linear. Linieritas adalah kapasitas metode analitik untuk merespon secara proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Pengujian linearitas dilakukan dengan pendekatan matematis melalui penyusunan persamaan garis lurus dan pendekatan kuadrat terkecil antara data pengukuran dan konsentrasi. Persamaan garis regresi berikut ini digunakan untuk mengetahui besarnya konsentrasi analit.

$$Y = bX + a$$

Dimana,

Y = nilai absorbansi

b = kemiringan atau *slope* garis Y

a = intersep garis Y

x = konsentrasi

Intersep adalah nilai respons yang ditunjukkan oleh instrumen terhadap blanko, dimana nilai yang idealnya adalah nol. Kemiringan (*slope*) adalah nilai yang menunjukkan tingkat sensitivitas dari metode pengujian. Nilai kesensitifan metode pengujian akan semakin besar apabila nilai kemiringannya semakin besar pula. Korelasi (R) merupakan korelasi antara konsentrasi analit (x) dengan respon instrumen. Nilai korelasi minimum yang diperlukan untuk menguji logam sesuai dengan panduan EPA adalah 0,995. Dalam hal ini, dapat dilakukan perhitungan konsentrasi logam dengan menggunakan formula berikut.

$$\text{Konsentrasi logam (mg/L)} = C \times Fp$$

Dimana,

C = konsentrasi sampel terbaca (mg/L)

Fp = faktor pengenceran

Apabila instrumen tidak mampu membaca konsentrasi logam karena nilai konsentrasinya terlalu tinggi, langkah yang diambil adalah melakukan pengenceran untuk mengidentifikasi konsentrasi logam berat. Konsentrasi logam yang telah diketahui kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Kemudian dibuat peta persebaran logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) menggunakan *software* QGIS.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Kondisi Eksisting TPA Piyungan**

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan adalah tempat pembuangan akhir sampah dari Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul dan telah beroperasi sejak tahun 1996. TPA Piyungan memiliki lahan seluas 16 hektar yang digunakan untuk lahan pembuangan sampah dan untuk fasilitas kantor serta fasilitas pendukung lainnya. Pengolahan sampah di TPA Piyungan menggunakan sistem *sanitary landfill* yaitu pengelolaan yang dimana langkah-langkahnya meratakan dan memadatkan sampah yang telah dibuang. Pada akhir waktu operasional, sampah ditutupi dengan lapisan tanah sehingga tidak terlihat setelah jam operasional selesai [2]. Namun pada kenyataannya sampah yang masuk tidak langsung ditimbun dengan tanah pada akhir jam operasi. Timbunan sampah yang terus meningkat mengharuskan TPA Piyungan melakukan pembangunan IPAL baru untuk mengolah air lindi.

TPA Piyungan memiliki fasilitas yang cukup memadai meliputi fasilitas operasi, kantor, pengolahan lindi, jembatan timbang, truk tangki, dan *dump truck*. TPA Piyungan memiliki sarana dan prasarana yang meliputi saluran drainase, satu unit jembatan timbang digital, tempat cuci mobil, tanggul keliling yang diperkuat dengan batu kali, dan tujuh unit alat berat. Aktivitas pengelolaan sampah di TPA Piyungan meliputi penerimaan sampah, penimbunan sampah, pembuangan sel sampah, kegiatan pemulungan, penyemprotan dan penyiraman, dan monitoring kualitas air dan air lindi (*leachate*).

Pengelolaan lindi di TPA Piyungan menggunakan 8 bak pengolahan. Proses pengelolaan lindi dimulai dengan air lindi dari sampah masuk ke kolam *inlet* kemudian pH dibuat netral. Pada bak 1 dilakukan pengendapan menggunakan amonium hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) dan PAC. Selanjutnya dilakukan pengendapan yang lebih besar di bak 2. Pada bak 3 dilakukan pengendapan seperti pada bak 1 menggunakan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan PAC. Kemudian pada bak 4 terdapat oksidator dan

aerator untuk meningkatkan jumlah oksigen. Pada bak 5 dilakukan filtrasi dengan pasir silica dan karbon aktif. Selanjutnya diberikan kaporit yang dilakukan di bak 6. Kemudian pada bak 7 digunakan untuk aerasi. Bak 8 merupakan bak pengolahan yang terakhir yang digunakan sebagai kolam kontrol (*outlet*) [23]. Pada Gambar 4.1. merupakan kolam pengelolaan lindi yang berada di TPA Piyungan



Gambar 4. 1 Kolam Pengelolaan Lindi TPA Piyungan

#### 4.2 Parameter Fisika dan Kimia

Kondisi lingkungan perairan berdasarkan pengukuran secara *in-situ* mendapatkan hasil yang bervariasi dari titik satu ke titik lainnya. Hasil pengukuran suhu sebagai parameter fisika dan derajat keasaman (pH) sebagai parameter kimia pada pengambilan sampel hari pertama dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Pertama

Pengambilan Sampel Pertama			
No	Titik Sampling	Suhu (°C)	pH
1	Inlet	36	8,5
2	Outlet	32	8,1
3	Titik 3	28	8
4	Titik 4	32	8,1
5	Titik 5	31	8,2
6	Titik 6	30	6,1
7	Titik 7	30	6
8	Titik 8	30	8,1

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan pada hari pertama pengambilan sampel, diketahui bahwa suhu pada *inlet* adalah 36°C dan nilai pH 8,5. Suhu pada *outlet* adalah 31°C dan nilai pH 8,1. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air lindi, kualitas air lindi masih sesuai dengan standar yang ditetapkan untuk suhu dan pH dimana suhu air berada di bawah batas maksimal 38°C dan pH berada dalam rentang 6 hingga 9. Hasil pengujian untuk Titik 3 hingga Titik 8 menunjukkan suhu pada kisaran 28–32°C dan pH pada kisaran 6–8,2. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, suhu air dan pH air masih sesuai dengan standar yang ditetapkan dimana batas maksimal untuk suhu adalah berkisar sekitar  $\pm 3$  dari suhu udara dan pH berada dalam rentang 6 hingga 9. Hasil pengukuran suhu sebagai parameter fisika dan pH sebagai parameter kimia pada pengambilan sampel hari pertama dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Kedua

<b>Pengambilan Sampel Kedua</b>			
<b>No</b>	<b>Titik Sampling</b>	<b>Suhu (°C)</b>	<b>pH</b>
1	Inlet	32	8,6
2	Outlet	31	8,2
3	Titik 3	29	6
4	Titik 4	33	6,3
5	Titik 5	30	6,1
6	Titik 6	30	6
7	Titik 7	30	6,1
8	Titik 8	28	8,2

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan pada hari kedua pengambilan sampel, diketahui bahwa suhu pada *inlet* adalah 32°C dan nilai pH 8,6. Suhu pada *outlet* adalah 31°C dan nilai pH 8,2. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa



Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air lindi, kualitas air lindi masih sesuai dengan standar yang ditetapkan untuk suhu dan pH dimana suhu air berada di bawah batas maksimal 38°C dan pH berada dalam rentang 6 hingga 9. Hasil pengujian untuk Titik 3 hingga Titik 8 menunjukkan suhu pada kisaran 28–33°C dan pH pada kisaran 6–8,2. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, suhu air dan pH air masih sesuai dengan standar yang ditetapkan dimana batas maksimal untuk suhu adalah berkisar sekitar  $\pm 3$  dari suhu udara dan pH berada dalam rentang 6 hingga 9. Hasil pengukuran suhu sebagai parameter fisika dan pH sebagai parameter kimia pada pengambilan sampel hari pertama dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Ketiga

<b>Pengambilan Sampel Ketiga</b>			
<b>No</b>	<b>Titik Sampling</b>	<b>Suhu (°C)</b>	<b>pH</b>
1	Inlet	35	8,5
2	Outlet	31	8,1
3	Titik 3	29	6
4	Titik 4	33	6,2
5	Titik 5	30	6,1
6	Titik 6	31	6
7	Titik 7	30	6
8	Titik 8	29	8

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan pada hari kedua pengambilan sampel, diketahui bahwa suhu pada *inlet* adalah 35°C dan nilai pH 8,5. Suhu pada *outlet* adalah 31°C dan nilai pH 8,1. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air lindi, kualitas air lindi masih sesuai dengan standar yang ditetapkan untuk suhu dan pH dimana suhu air berada di bawah batas maksimal 38°C dan pH berada dalam rentang 6 hingga 9. Hasil pengujian untuk Titik 3 hingga Titik 8 menunjukkan suhu pada kisaran 29–33°C

dan pH pada kisaran 6–8. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, suhu air dan pH air masih sesuai dengan standar yang ditetapkan dimana batas maksimal untuk suhu adalah berkisar sekitar  $\pm 3$  dari suhu udara dan pH berada dalam rentang 6 hingga 9.

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa air lindi dari tempat pembuangan sampah memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan air sungai. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti umur sampah, jenis sampah, dan keberadaan polutan lainnya. Derajat keasaman (pH) air lindi di TPA Piyungan bisa lebih tinggi dibandingkan air sungai dapat disebabkan karena tempat pembuangan sampah sering kali menerima berbagai bahan limbah yang dapat menghasilkan air lindi yang bersifat asam atau basa, bergantung pada komposisi kimianya. Meskipun pH pada inlet dan outlet lebih tinggi dari air permukaan, nilai pH pada inlet dan outlet masih memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan, begitu pula nilai pH pada air permukaan.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, sifat fisik dari air lindi adalah memiliki warna yang hitam pekat dan jika bercampur dengan air sumur memiliki warna yang sedikit lebih coklat. Air lindi memiliki bau yang menyengat terutama dari air lindi yang sudah lama terbentuk. Bau busuk air lindi berasal dari kandungan hidrogen sulfida. Proses dekomposisi pada air lindi mengakibatkan air lindi dari *inlet* dan *outlet* memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan air permukaan.

Kelarutan logam berat dapat lebih tinggi dan toksisitasnya semakin besar apabila suhu air tinggi dan pH rendah atau bersifat asam [24]. Suhu yang tinggi akan menyebabkan senyawa logam berat larut dalam air, sedangkan suhu air yang lebih dingin akan membantu logam berat mengendap ke sedimen. Kelarutan senyawa logam berat cenderung stabil pada badan air yang memiliki derajat keasaman (pH) normal pada kisaran pH 7 hingga 8. Semakin kecil kelarutan dari senyawa logam berat mengikuti dengan kenaikan pH pada badan air [25].

### **4.3 Analisis Kandungan Logam Berat**

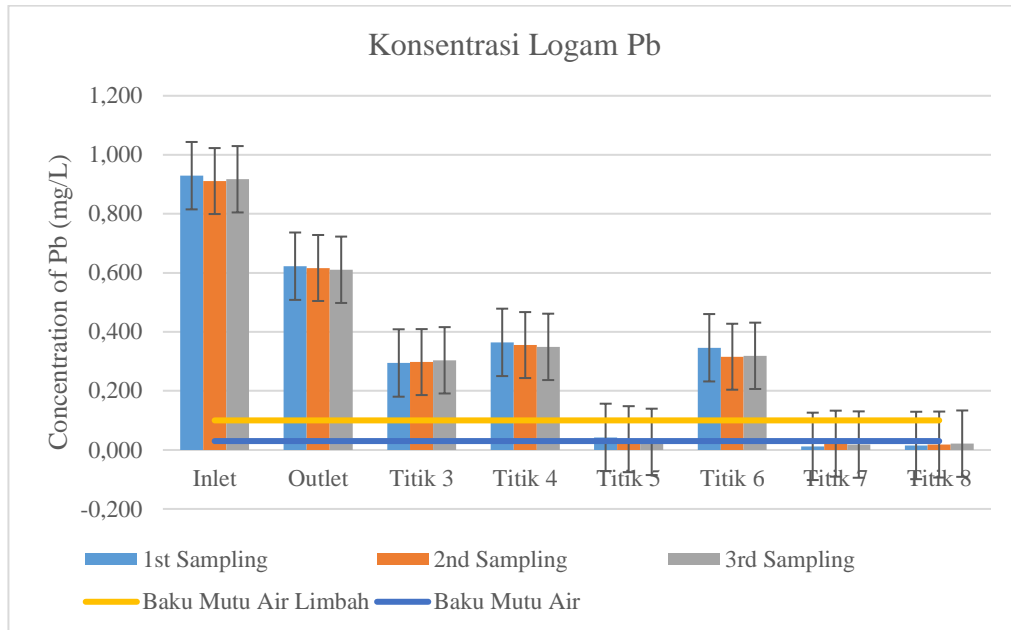
Pencemaran air oleh logam berat merupakan salah satu isu serius yang dihadapi di dunia ini. Pencemaran air berupa pencemaran kimia dari logam berat sering terjadi pada air permukaan. Keberadaan kandungan logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) di perairan terjadi secara alamiah. Pencemaran logam berat di perairan sekitar TPA Piyungan dapat terjadi karena air lindi yang meresap ke dalam tanah dan mencapai badan air. Selain itu, pencemaran ini dapat timbul akibat buangan limbah yang mengandung logam berat, termasuk limbah rumah tangga, industri, dan pertanian, serta akibat paparan angin [15].

Analisis kandungan logam berat pada contoh uji dilakukan menggunakan Spektrometri Serapan Atom (AAS)-Nyala dengan panjang gelombang tertentu. Pengujian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

#### **4.3.1 Logam Berat Timbal (Pb)**

Untuk melakukan pengujian, dilakukan pembuatan kurva kalibrasi dengan menggunakan larutan standar timbal (Pb) yang memiliki konsentrasi 0,05; 0,1; 0,3; 0,6; 1; dan 1,5 ppm. Selanjutnya, deret standar tersebut dianalisis menggunakan Spektrometri Serapan Atom (AAS) pada panjang gelombang 217 nm. Kurva kalibrasi standar untuk timbal (Pb) merupakan relasi linier yang menghubungkan konsentrasi timbal (Pb) dalam larutan standar dengan besaran serapan yang dihasilkan oleh respons instrumen Spektrometri Serapan Atom-nya.

Konsentrasi logam berat timbal (Pb) berbanding lurus dengan absorbansi. Sehingga bahwa semakin besar konsentrasi maka akan besar absorbansi yang akan didapatkan. Linieritas kurva kalibrasi yang diperoleh standar timbal (Pb) adalah  $y = 0,0329x + 0,0015$  dengan regresi sebesar 0,09984. Nilai regresi yang didapatkan kurva kalibrasi standar timbal (Pb) lebih tinggi dari standar yang ditetapkan EPA yaitu 0,995 sehingga dikatakan baik. Hasil pengujian kandungan logam berat timbal (Pb) pada air permukaan di sekitar TPA Piyungan dapat dilihat pada grafik Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa konsentrasi logam timbal (Pb) pada *inlet* sangat tinggi mencapai 0,929 mg/L. Konsentrasi logam Pb pada air lindi TPA Piyungan di Yogyakarta mencapai 0,32 mg/L [4]. Adanya kenaikan konsentrasi logam Pb pada air lindi kemungkinan karena bertambahnya timbunan sampah yang masuk ke TPA. Pada *outlet* konsentrasi logam timbal (Pb) masih mencapai 0,623 mg/L tidak mengalami penurunan yang besar karena kemungkinan dari pengolahan yang didapatkan belum maksimal. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah besarnya konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang diizinkan dalam air limbah adalah 0,1 mg/L sehingga *inlet* dan *outlet* di TPA Piyungan belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Pada Titik 3 yang merupakan sumur pantau memiliki konsentrasi timbal (Pb) mencapai 0,304 mg/L diduga karena disebabkan oleh infiltrasi air lindi dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) ke dalam aliran tanah. Pada Titik 5, Titik 7, dan Titik 8 konsentrasi logam berat timbal (Pb) sudah memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu besarnya konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang diizinkan adalah 0,03 mg/L. Meskipun

demikian, berdasarkan hasil yang didapat menunjukkan bahwa ada beberapa titik yang masih di atas baku mutu (Titik 5 *sampling* pertama dan kedua).

Air permukaan yang terkontaminasi logam timbal (Pb) dengan konsentrasi yang cukup tinggi dapat menyebabkan terganggunya kehidupan manusia. Timbal (Pb) umumnya ditemukan pada air yang terkontaminasi dari pipa timbal, baterai, cat, bensin, dan bahan konstruksi [11]. Air permukaan di wilayah sekitar TPA Piyungan dimanfaatkan oleh penduduk sekitar untuk memenuhi kehidupan sehari-hari karena lokasinya sangat dekat dengan pemukiman warga. Timbal (Pb) adalah logam yang bersifat toksik terhadap manusia karena timbal (Pb) bersifat bioakumulasi sehingga dapat terakumulasi pada tubuh manusia. Oleh karena itu, tingkat konsentrasi timbal (Pb) dalam tubuh manusia cenderung lebih tinggi daripada kandungan timbal dalam air permukaan yang digunakan sebagai pasokan air oleh penduduk di sekitar TPA Piyungan [18].

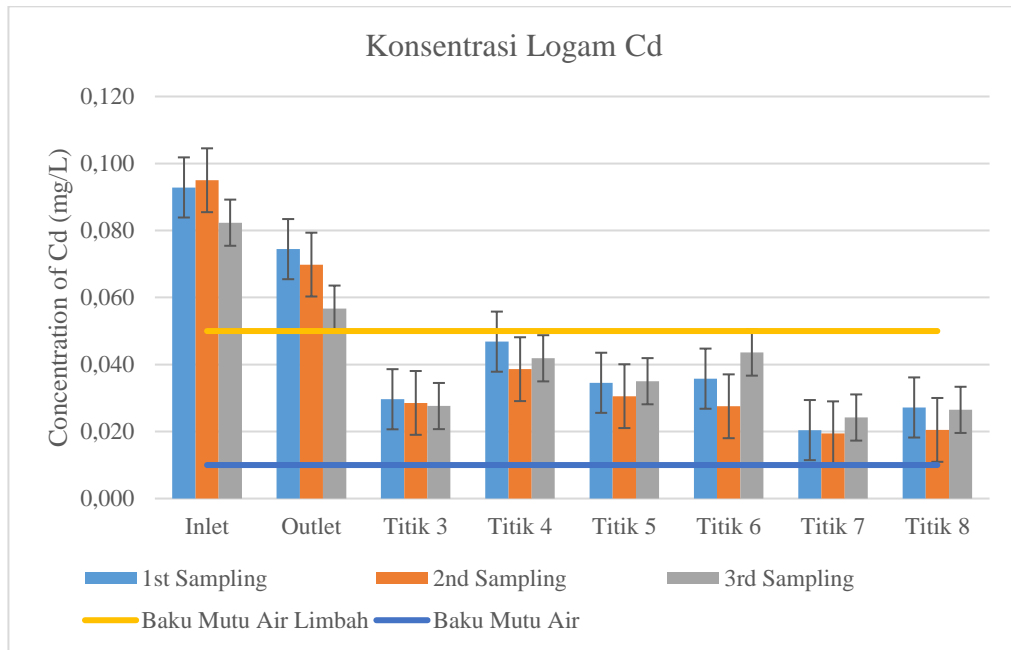
Logam timbal (Pb) dapat diremediasi menggunakan metode fitoremediasi menggunakan tanaman sebagai hiperakumulator. Fitoremediasi adalah teknik remediasi lingkungan dengan memanfaatkan tanaman untuk membersihkan, menurunkan, atau mengurangi polutan di tanah, air, atau udara. Tanaman pagar jarak (*Jatropha curcas*) dan bayam (*Amaranthus spinosus l*) merupakan tanaman hiperakumulator di Indonesia yang memiliki potensi yang baik dalam fitoremediasi yang tercemar timbal (Pb) [26].

#### **4.3.2 Logam Berat Kadmium (Cd)**

Untuk melakukan pengujian, dilakukan pembuatan kurva kalibrasi dengan menggunakan larutan standar timbal (Pb) yang memiliki konsentrasi 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,5; 0,8; dan 1 ppm. Selanjutnya, deret standar tersebut dianalisis menggunakan Spektrometri Serapan Atom (AAS) pada panjang gelombang 228,8 nm. Kurva kalibrasi standar untuk kadmium (Cd) merupakan relasi linier yang menghubungkan konsentrasi kadmium (Cd) dalam larutan standar dengan besaran serapan yang dihasilkan oleh respons instrumen Spektrometri Serapan Atom-nya.

Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) berbanding lurus dengan absorbansi. Sehingga bahwa semakin besar konsentrasi maka akan besar absorbansi yang akan

didapatkan. Linieritas kurva kalibrasi yang diperoleh standar kadmium (Cd) adalah  $y = 0,01629x - 0,0019$  dengan regresi sebesar 0,09991. Nilai regresi yang didapatkan kurva kalibrasi standar kadmium (Cd) lebih tinggi dari standar yang ditetapkan EPA yaitu 0,995 sehingga dikatakan baik. Hasil pengujian kandungan logam berat kadmium (Cd) pada air permukaan di sekitar TPA Piyungan dapat dilihat pada grafik Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 Konsentrasi Logam Kadmium (Cd)

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa konsentrasi logam kadmium (Cd) pada *inlet* sangat tinggi mencapai 0,095 mg/L. Pada *outlet* konsentrasi logam kadmium (Cd) masih mencapai 0,074 mg/L tidak mengalami penurunan yang besar karena kemungkinan dari pengolahan yang didapatkan belum maksimal. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah besarnya konsentrasi logam berat kadmium (Cd) yang diizinkan dalam air limbah adalah 0,05 mg/L sehingga *inlet* dan *outlet* di TPA Piyungan belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Pada Titik 3 yang merupakan sumur pantau memiliki konsentrasi kadmium (Cd) mencapai 0,03 mg/L diduga terjadi karena adanya rembesan air lindi TPA ke dalam aliran tanah. Pada Titik 3 sampai Titik 8 konsentrasi logam berat kadmium (Cd) belum memenuhi standar kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik

Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu besarnya konsentrasi logam berat timbal (Cd) yang diizinkan adalah 0,01 mg/L.

Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dapat berasal dari sampah plastik, baterai, dan sampah tekstil. Zat pewarna yang terdapat dalam limbah tekstil memungkinkan dalam mencemari lingkungan karena sampah tekstil dapat terdegradasi oleh mikroorganisme di dalam tanah. Hal ini berpotensi menghambat penyebaran cahaya dan mengakibatkan penurunan kandungan oksigen yang larut dalam air, perubahan pH menjadi asam, serta potensi gangguan lainnya [27].

Kandungan logam kadmium (Cd) dapat dikurangi dengan cara fitoremediasi menggunakan tanaman akar wangi. Tanaman akar wangi (*Vetiver zizanioides*) mampu menyerap logam kadmium (Cd) dari tanah, sehingga logam Cd menguap ke udara dan kemudian mengalami perubahan bentuk menjadi uap cair di atmosfer sebelum akhirnya diserap oleh daun tanaman tersebut [28]. Selain itu dapat dengan memanfaatkan tanaman perairan seperti tanaman Kayambang yang memiliki kemampuan dalam mengurangi kadar logam berat kadmium (Cd) sebanyak 92,04% dalam kurun waktu 3 hari [29].

#### **4.4 Pengolahan Mengurangi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)**

Sistem pengolahan yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dari air lindi TPA adalah sebagai berikut:

1. *Constructed wetland*

*Constructed wetland* adalah sistem pengolahan air limbah yang menggunakan tanaman air dan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dan mengendapkan partikel padat dalam air [30]. Sistem pengolahan air lindi dengan menggunakan sistem *constructed wetland* dapat membantu mengurangi kadar logam berat timbal dan kadmium.

2. Pengolahan Kimia

Pengolahan air lindi dengan menggunakan bahan kimia seperti koagulan dan flokulasi juga dapat membantu mengurangi kadar logam berat timbal dan kadmium. Teknik ini bekerja dengan cara

mengendapkan partikel-partikel padat dan mengurangi kadar logam berat yang terlarut dalam air. Selain itu dapat menggunakan adsorben seperti karbon aktif atau zeolit untuk menyerap logam berat dari air lindi.

### 3. Pengolahan Biologi

Sistem pengolahan air lindi dengan menggunakan sistem lumpur aktif atau sistem tanaman air juga dapat membantu mengurangi kadar logam berat timbal dan kadmium. Teknik ini bekerja dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dan mengurangi kadar logam berat yang terlarut dalam air [31].

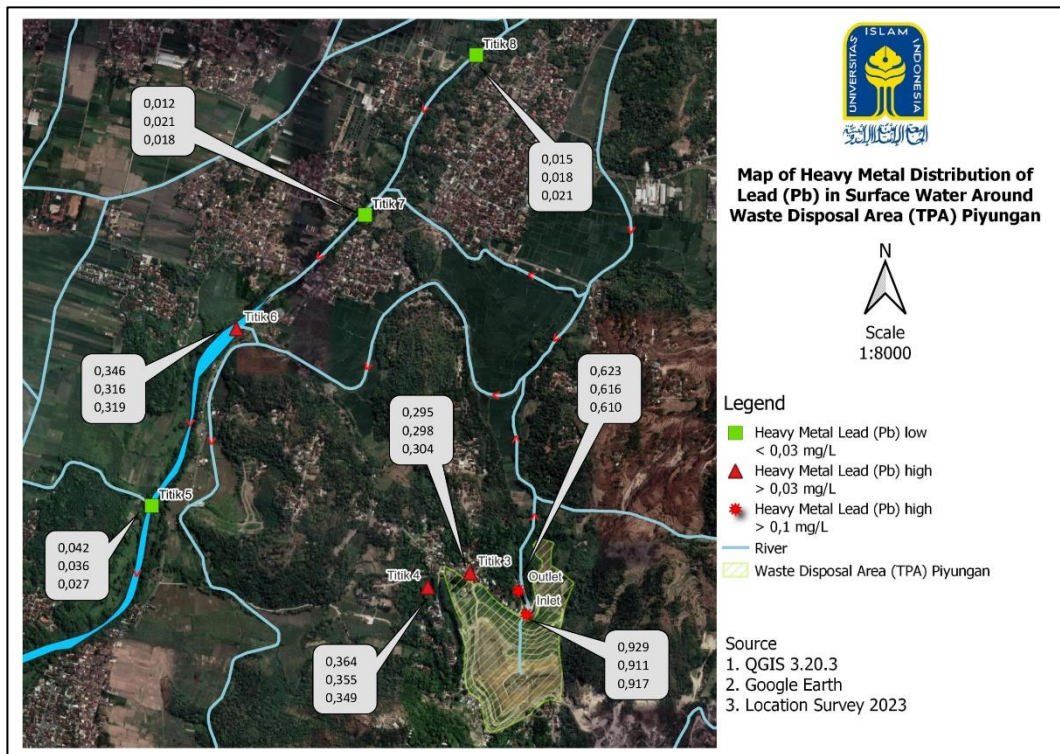
Dalam memilih sistem pengolahan yang cocok, perlu diperhatikan faktor-faktor seperti biaya, efektivitas, dan kemampuan sistem untuk mengurangi kadar logam berat timbal dan kadmium dalam air lindi. Selain itu, perlu dilakukan monitoring dan pengujian secara teratur untuk memastikan bahwa pengolahan air lindi berhasil mengurangi kadar logam berat timbal dan kadmium.

#### **4.5 Persebaran Logam Berat**

Konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang sudah diketahui dipetakan untuk mengetahui persebarannya. Persebaran logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) disajikan dalam bentuk peta sebaran logam berat berdasarkan hasil pengujian logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) di lingkungan sekitar TPA Piyungan.

Hasil konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada sampel air yang sudah diuji di atas baku mutu diberi kode warna merah. Sedangkan hasil konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang memenuhi baku mutu diberi kode warna hijau. Peta persebaran logam berat timbal (Pb) pada lingkungan sekitar TPA Piyungan dapat dilihat pada Gambar 4.4.

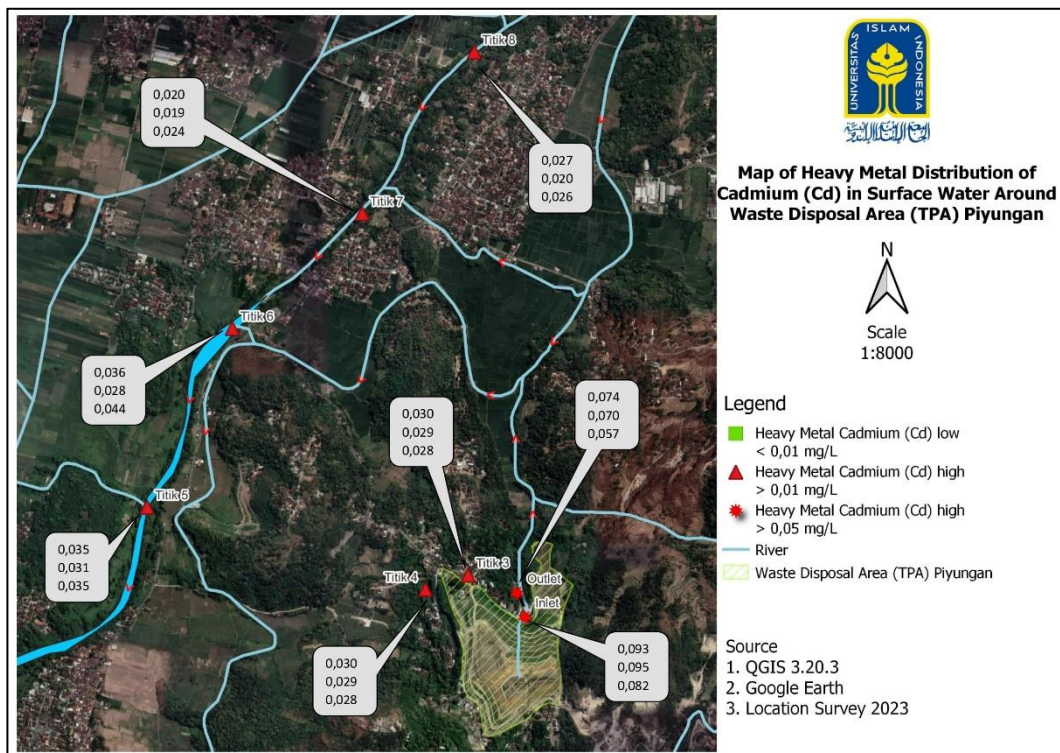




Gambar 4. 4 Peta Persebaran Logam Berat Timbal (Pb)

Berdasarkan peta persebaran logam berat timbal (Pb) pada area sekitar TPA Piyungan dapat dilihat bahwa titik yang terdekat dengan sumber pencemar yaitu Titik 3 dan Titik 4 memiliki kualitas air yang melebihi baku mutu yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pada Titik 6 menunjukkan kualitas air tercemar logam berat timbal (Pb) masih melebihi baku mutu yang mungkin disebabkan oleh adanya pengaruh aliran air dari TPA menuju Titik 6. Kualitas air pada Titik 7 dan Titik 8 masih memenuhi baku mutu karena kemungkinan belum terpapar logam berat timbal (Pb) dari TPA Piyungan. Sedangkan pada Titik 5 konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada air masih memenuhi baku mutu karena mungkin sudah mengalami pengenceran dalam perjalanannya dari Titik 6 menuju Titik 5.

Hasil konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada sampel air yang sudah diuji di atas baku mutu sehingga diberi kode warna merah. Peta persebaran logam berat kadmium (Cd) pada lingkungan sekitar TPA Piyungan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Peta Persebaran Logam Berat Kadmium (Cd)

Berdasarkan peta persebaran logam berat kadmium (Cd) pada area sekitar TPA Piyungan dapat dilihat bahwa titik yang terdekat dengan sumber pencemar yaitu Titik 3 dan Titik 4 memiliki kualitas air yang melebihi baku mutu yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pada Titik 5 dan Titik 6 menunjukkan kualitas air tercemar logam berat kadmium (Cd) masih melebihi baku mutu yang mungkin disebabkan oleh adanya pengaruh aliran air dari TPA. Kualitas air pada Titik 7 dan Titik 8 menunjukkan kualitas air tercemar logam berat kadmium (Cd) masih melebihi baku mutu yang mungkin dapat disebabkan oleh adanya pengaruh dari TPA dan aktivitas penduduk sekitar karena pada titik tersebut terdapat pemukiman yang padat.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian ini didapatkan hasil kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan di sekitar lokasi TPA Piyungan. Konsentrasi logam berat timbal (Pb) berada pada kisaran 0,012–0,929 mg/L. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) berada pada kisaran 0,019–0,095 mg/L.
2. Pada peta persebaran logam berat timbal (Pb), jarak paling dekat dengan sumber pencemar dan Titik 6 yang dipengaruhi aliran air dari sumber pencemar memiliki konsentrasi yang melebihi baku mutu. Sedangkan logam berat kadmium (Cd) melebihi baku mutu dengan persebaran yang merata.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu diadakannya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perkembangan kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air permukaan di lingkungan sekitar TPA Piyungan.
2. Pengelolaan air lindi pada TPA Piyungan perlu ditingkatkan agar logam berat yang terkandung dalam air limbah dapat berkurang secara maksimal.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandra. 2007. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- [2] Susanti, E.Y., Adhi, S., Manar, D.G. 2016. Analisis Faktor Penghambat Penerapan Kebijakan Sanitary Landfill di TPA Jatibarang Semarang Sesuai Dengan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. *Journal of Social and Political Of Science*. pp. 1–13.
- [3] Pujiati, R.A., Moelyaningrum, Khoiron. 2006. Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Kabupaten Jember Sebagai Bahan Kompos Dan Briket.
- [4] Siswoyo, E., Abdullah, L.S. 2011. Penurunan Logam Timbal (Pb) pada Limbah Cair TPA Piyungan Yogyakarta dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. vol. 3, pp. 73–079.
- [5] Agustina, T. 2016. Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan. *Teknobuga. Jurnal Teknologi Busana dan Boga*. 1(1).
- [6] Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2019. Pengolahan Sampah Terpadu. ITB Press.
- [7] Gandhimathi, R., Durai, N.J., Nidheesh, P.V., Ramesh, S.T., and Kanmani, S. 2013. Use of Combined Coagulation-Adsorption Process as Pretreatment of Landfill Leachate. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 10(24), pp. 1–7.
- [8] Larasati, A.I., Susanawati, L.D., dan Suharto, B., 2016. Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, Dan Silika Gel di TPA Tlekung, Batu. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 2(1), pp. 44–48.
- [9] Chen, Y.K. 1975. Mechanism of Leachate Formation in Sanitary Landfill. Michigan: Ann Arbor Science.
- [10] Mahardika, A.D.Z., Akhmad, A.L. 2010. Mendeteksi Dampak Polutan Sampah Terhadap Air Tanah Permukiman di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dengan Menggunakan Metode Geolistrik.
- [11] Moelyaningrum, A.D., and Pujiati, S.P. 2015. Cadmium (Cd) and Mercury (Hg) in the Soil, Leachate and Ground Water at the final Waste Disposal Pakusari Jember Distric Area. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*. 24(2), pp. 101–108.
- [12] Palar, H. 2008. Pencemaran Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta.
- [13] Sherly, R. 2013. Mengenal Pencemaran Ragam Logam. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- [14] Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., and Beeregowda, K. N. 2014. Toxicity, Mechanism and Health Effects of Some Heavy Metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), pp. 60–72.
- [15] Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.
- [16] Ogundiran, O. O. and Afolabi, T. A. 2008. Assessment of The Physicochemical Parameters and Heavy Metals Toxicity of Leachates from Municipal Solid Waste Open Dumpsite. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 5(2), pp. 243–250.
- [17] Godt, J. et al. 2006. The Toxicity of Cadmium and Resulting Hazards for Human Health. *Journal Occupational Medicine and Toxicology*. 1(1).
- [18] Widowati, W., Sastiono, A., dan Rumampuk, R.J. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. OPAC Perpustakaan Nasional RI.
- [19] Nasir, M. 2021. *Spektrometri Serapan Atom*. Syiah Kuala University Press.
- [20] Gray, J. 2008. *Get Started With Quantum GIS*. Linux Journal.
- [21] Hefni, E. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. AGRIS.
- [22] Hidayati, E. N. 2013. *Perbandingan Metode Destruksi pada Analisis Pb dalam Rambut dengan AAS*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [23] Sartohadi, J., Widyastuti, M. and Lestari, I.S. 2017. Spreading of Groundwater Contaminated by Leached in the Surrounding Area of Piyungan Landfill Bantul District, Yogyakarta Province. In *Forum Geografi*. 19(1), pp. 16-29.
- [24] Sukoasih, A. and Widiyanto, T. 2017. Hubungan Antara Suhu, pH Dan Berbagai Variasi Jarak Dengan Kadar Timbal (Pb) Pada Badan Air Sungai Rompong Dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. *Buletin Keslingmas*. 36(4), pp. 360-368.
- [25] Sarjono, A. 2009. *Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb, dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- [26] Chang, F.C., Ko, C.H., Tsai, M.J., Wang, Y.N. and Chung, C.Y. 2014. Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soil by *Jatropha curcas*. *Ecotoxicology*. 23, pp.1969-1978.
- [27] Sutrisno, B., Hidayat, A. and Mufrodi, Z. 2014. Modifikasi Limbah Abu Layang Menjadi Adsorben untuk Mengurangi Limbah Zat Warna pada Industri Tekstil. *Jurnal Chemica*. 1(2), pp. 57-66.

- [28] Patandangan, A., Syamsidar, H.S. dan 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.
- [29] Suryati, T., dan Priyanto, B. 2003. Eliminasi Logam Berat Kadmium dalam Air Limbah menggunakan Tanaman Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 4(3), pp. 143–147.
- [30] Sarafraz, S., Mohammad, T.A., Noor, M.J. and Liaghat, A. 2009. Wastewater treatment using horizontal subsurface flow constructed wetland. *American Journal of Environmental Sciences*. 5(1), pp. 772–778.
- [31] Sondang, M.R., Riogilang, H. dan Riogilang, H. 2023. Analisis Aplikasi Eco-Enzyme Terhadap Kandungan Logam Berat Pada Air Lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sumompo. *Jurnal TEKNO*, 21(85), pp. 1377–1385.



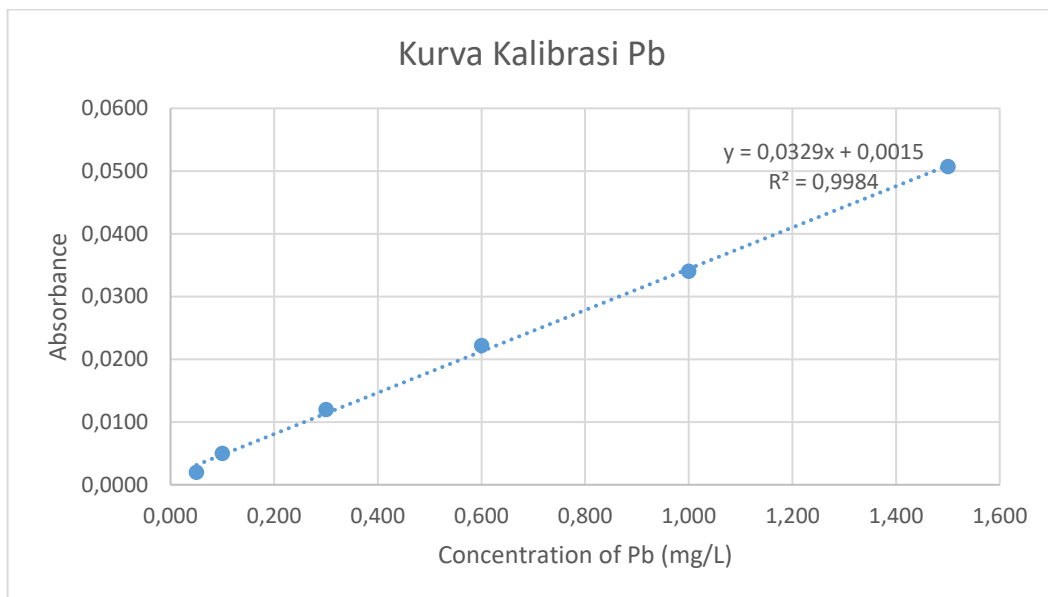
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan Sampel Air



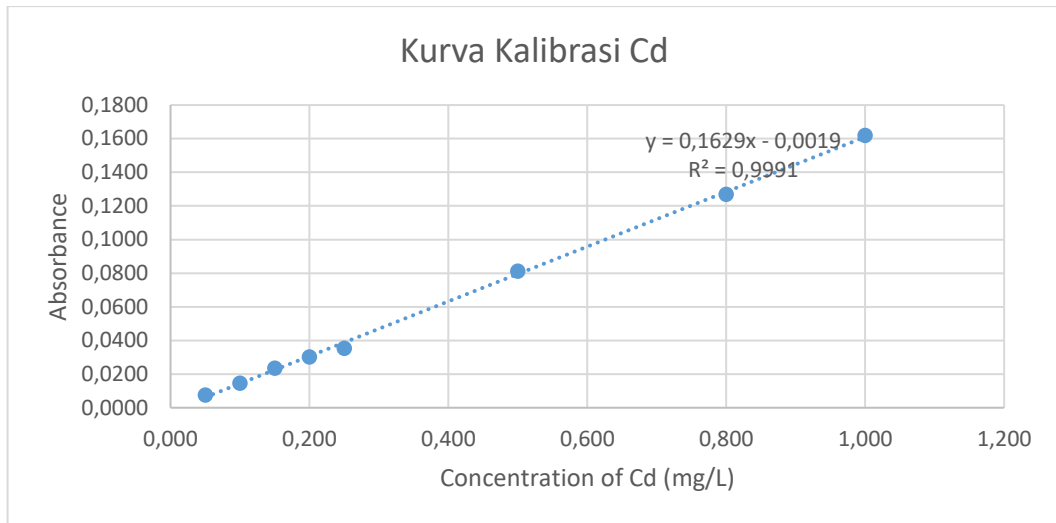
### Lampiran 2 Kurva Kalibrasi Logam Berat Timbal (Pb)



$$y = bX+a$$

$$y = 0,0329 X + 0,0015$$

**Lampiran 3 Kurva Kalibrasi Logam Berat Kadmium (Cd)**



$$y = bX+a$$

$$y = 0,1629 X + (- 0,0019)$$

$$y = 0,1629 X - 0,0019$$

**Lampiran 4 Data Absorbansi Sampel Logam Berat Timbal (Pb)**

<b>Sampel Label</b>	<b>Mean Abs. 1<sup>st</sup> Sampling</b>	<b>Mean Abs. 2<sup>nd</sup> Sampling</b>	<b>Mean Abs. 3<sup>rd</sup> Sampling</b>
Inlet	0,0321	0,0315	0,0317
Outlet	0,0220	0,0218	0,0216
Titik 3	0,0112	0,0113	0,0115
Titik 4	0,0135	0,0132	0,0130
Titik 5	0,0029	0,0027	0,0024
Titik 6	0,0129	0,0119	0,0120
Titik 7	0,0019	0,0022	0,0021
Titik 8	0,0020	0,0021	0,022

**Lampiran 5 Data Absorbansi Sampel Logam Berat Kadmium (Cd)**

<b>Sampel Label</b>	<b>Mean Abs. 1<sup>st</sup> Sampling</b>	<b>Mean Abs. 2<sup>nd</sup> Sampling</b>	<b>Mean Abs. 3<sup>rd</sup> Sampling</b>
Inlet	0,0132	0,0225	0,0187
Outlet	0,0102	0,0200	0,0142
Titik 3	0,0029	0,0159	0,0091
Titik 4	0,0057	0,0169	0,0116
Titik 5	0,0037	0,0161	0,0104
Titik 6	0,0039	0,0158	0,0119

Titik 7	0,0014	0,0150	0,0085
Titik 8	0,0025	0,0151	0,0089

**Lampiran 6** Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pengambilan Pertama Sampel Inlet

y = nilai absorbansi

x = konsentrasi logam berat (mg/L)

a = intersep

b = slope

$$y = bX + a$$

$$0,0132 = 0,1629 X + (-0,0019)$$

$$X = (0,0132 - (-0,0019)) / 0,1629$$

$$= 0,0929 \text{ mg/L}$$

**Lampiran 7** Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)

Titik Sampling	Conc. (mg/L)			Baku Mutu Air Limbah	Baku Mutu Air
	1st Sampling	2nd Sampling	3rd Sampling		
Inlet	0,929	0,911	0,917		
Outlet	0,623	0,616	0,610		
Titik 3	0,295	0,298	0,304		
Titik 4	0,364	0,355	0,349		
Titik 5	0,042	0,036	0,027	0,1	0,03
Titik 6	0,346	0,316	0,319		
Titik 7	0,012	0,021	0,018		
Titik 8	0,015	0,018	0,021		

**Lampiran 8** Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd)

Titik Sampling	Conc. (mg/L)			Baku Mutu Air Limbah	Baku Mutu Air
	1st Sampling	2nd Sampling	3rd Sampling		
Inlet	0,093	0,095	0,082		
Outlet	0,074	0,070	0,057		
Titik 3	0,030	0,029	0,028	0,05	0,01
Titik 4	0,047	0,039	0,042		
Titik 5	0,035	0,031	0,035		

Titik 6	0,036	0,028	0,044
Titik 7	0,020	0,019	0,024
Titik 8	0,027	0,020	0,026

## Lampiran 9 Surat Izin Penelitian DLHK

**B**



PEMERINTAH DAERAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
**DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN**  
 دىناس لىنگونان هىڊوان كىهوتانان  
 Jl. Argulobang No. 19, Bacio, Yogyakarta 55225 Telp (0274) 588518 Fax : (0274)512447  
 Email : dlhk@jogjaprov.go.id website : dlhk.jogjaprov.go.id

---

Yogyakarta, 24 Mei 2023

Nomor	: 070/12588	Yth.	Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
Sifat	: Biasa		
Lampiran	: -	di	
Hal	: Izin Penelitian		Yogyakarta

Menindaklanjuti surat Saudara dengan nomor 213/Ka.Prodi.TL/10/TLV/2023 pada tanggal 19 Mei 2023 perihal seperti pada pokok surat, dengan ini kami sampaikan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan memberikan izin kepada Mahasiswa Saudara untuk melaksanakan penelitian dan pengambilan data di Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY yang akan dilaksanakan pada:

Tanggal	: 24 Mei s.d. 31 Juli 2023
Tempat	: TPA Piyungan, Balai Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY
Nama	: Aqilah Putri Sariningtyas
NIM	: 19513080
Program Studi	: Teknik Lingkungan

Yang perlu diperhatikan adalah:

- Sebelum melaksanakan kegiatan harap melapor kepada Kepala Balai Pengelolaan Sampah, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY
- Menjaga ketertiban dan kebersihan lingkungan
- Berpakaian rapi dan sopan, memakai masker (mentaati protokol kesehatan)
- Menyampaikan laporan hasil penelitian berupa *soft/hard copy* ke Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY

Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

KEPALA  
 SEKRETARIS,  
  
 TRI BASUKI SUTORO, M.Sc.  
 NIP. 196607131992031006



Tembusan:

1. Kepala Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY
2. Kepala Balai Pengelolaan Sampah

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **RIWAYAT HIDUP**

Aqilah Putri Sariningtyas biasa dipanggil Aqilah lahir di Sragen, 21 Juli 2001. Penulis merupakan anak terakhir dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sariyadi dan Ibu Tri Setyaningsih. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDIT Raudhatul Jannah (2007-2013) kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Kota Serang (2013-2016), SMAN 1 Kota Serang (2016-2019). Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi pada tahun 2019 di perguruan tinggi Universitas Islam Indonesia jurusan Teknik Lingkungan dan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada tahun 2023.