

TUGAS AKHIR

**SEBARAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN TIMBAL (Pb) PADA
AIR SUMUR DI DAERAH SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR
(TPA) PIYUNGAN, BANTUL, YOGYAKARTA**

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



HANDRYAN SETYAWAN RAMIDI

19513101

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

TUGAS AKHIR

SEBARAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN TIMBAL (Pb) PADA AIR SUMUR DI DAERAH SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN, BANTUL, YOGYAKARTA

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



HANDRYAN SETYAWAN RAMIDI
19513101

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Eko Siswovo, S.T., M.Sc.E.S., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 24 - 10 - 2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



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

NIK. 045130401

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

SEBARAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN TIMBAL (Pb) PADA AIR SUMUR DI DAERAH SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN, BANTUL, YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis Jumat
Tanggal : 25 Oktober 2024

Disusun Oleh:

HANDRYAN SETYAWAN RAMIDI
19513101

Tim Penguji:

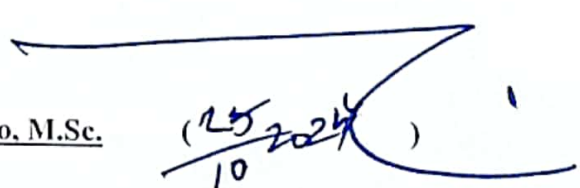
Eko Siswovo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

 24/10/2024

Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.

 24/10/2024

Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowivono, M.Sc.

 25/10/2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini merupakan hasil orisinil dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di lembaga perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, pemikiran, perumusan, dan penelitian saya sendiri, dengan panduan dan bimbingan dari Dosen Pembimbing, tanpa melibatkan pihak lain.
3. Dalam karya tulis ini, tidak ada penggunaan karya atau pandangan orang lain, kecuali jika diakui secara jelas dan dicantumkan sebagai acuan dalam teks dengan menyebutkan nama penulisnya dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di masa mendatang 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.

25 Oktober 2024

Yogyakarta, ~~Agustus~~ 2024

Yang membuat pernyataan,



Handryan Setyawan Ramidi

NIM: 19513101

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Sebaran Logam Berat kadmidum (Cd) dan Timbal (Pb) pada Air Sumur di Daerah Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, Bantul, Yogyakarta” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dengan maksud dan tujuan agar pembaca dapat menerima pengetahuan mengenai penyebaran kandungan logam berat cadmium (Cd) dan timbal (Pb) di TPA Piyungan Kabupaten Bantul agar masyarakat dapat mengetahui area yang telah tercemar. Selain itu, Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Begitu banyak bimbingan, dukungan dan bantuan baik secara moral maupun material. Serta doa restu dari semua pihak yang telah penulis dapatkan selama penyelesaian Tugas Akhir. Maka dengan segala kerendahan hati, perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa yang membuat penulis bisa sampai dititik ini;
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D selaku Kaprodi Teknik Lingkungan UII yang telah melancarkan dalam penyelesaian tugas akhir ini;
4. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan saran serta masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini;
5. Bapak Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran serta masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini;

6. Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran serta masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini;
7. Dosen dan staff Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat terhadap penulis hingga penulis dapat sampai dititik terakhir dimasa perkuliahan;
8. Annisa Auliya yang selalu membantu, memberikan dukungan dari awal penelitian hingga penulisan penelitian ini selesai;
9. Serta jamaah jumat berkah yang selalu suport disaat susah maupun senang.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian. Semoga laporan Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, Agustus 2024

Handryan Setyawan Ramidi

ABSTRAK

HANDRYAN SETYAWAN RAMIDI. Sebaran Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Pada Air Sumur di Daerah Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Dibimbing oleh Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan merupakan lokasi pembuangan sampah dari Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul. Penimbunan sampah di TPA ini menghasilkan air lindi yang mengandung logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam konsentrasi tinggi, yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Timbal dapat merusak sistem saraf dan otak, sementara kadmium dapat menyebabkan penyakit pernapasan dan merusak paru-paru serta sistem kekebalan tubuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kandungan Pb dan Cd di tanah sekitar TPA Piyungan serta memetakan sebarannya. Pengambilan sampel dilakukan di 8 titik dengan metode Purposive Sampling, dan analisis menggunakan Spektrometri Serapan Atom (AAS). Hasil menunjukkan konsentrasi Pb di air sumur sekitar 0,012–0,929 mg/L, dan Cd antara 0,019–0,095 mg/L.

Kata kunci : Air lindi, Air sumur, Kadmium, Timbal

ABSTRACT

HANDRYAN SETYAWAN RAMIDI. Distribution of Heavy Metal Content of Cadmium (Cd) and Lead (Pb) in Well Water in the Area Around the Piyungan Final Disposal Site (TPA), Bantul, Yogyakarta. Supervised by Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

The Piyungan landfill is a dumping site for waste from Yogyakarta City, Sleman Regency, and Bantul Regency. The landfill produces leachate that contains high concentrations of heavy metals such as lead (Pb) and cadmium (Cd), which are harmful to human health. Lead can damage the nervous system and brain, while cadmium can cause respiratory diseases and damage the lungs and immune system. This study aims to measure the content of Pb and Cd in the soil around Piyungan landfill and map their distribution. Sampling was conducted at 8 points with purposive sampling method, and analyzed using Atomic Absorption Spectrometry (AAS). The results show that the concentration of Pb in well water is around 0.012-0.929 mg/L, and Cd is between 0.019-0.095 mg/L.

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA.....	i
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).....	5
2.2 Pengaruh Sampah Terhadap Kesehatan dan Lingkungan.....	7
2.3 Logam Berat.....	9
2.3.1 Timbal (Pb)	10
2.3.2 Kadmium (Cd)	13
2.4 Sumur	13
2.5 Pencemaran Air Sumur	15
2.6 Baku Mutu Kualitas Air	18
2.7 <i>Quantum Geographic Information System (QGIS)</i>	19
2.7 Penelitian Terdahulu.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Lokasi.....	22
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Tahapan Penelitian	25
3.4 Metode Pengumpulan Data	27
3.5 Metode Pengambilan dan Pengujian Sampel.....	27

3.5.1 Metode Pengambilan Sampel.....	27
3.5.2 Pengujian Sampel Air	27
3.6 Analisis Data	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	33
4.1 Data Hasil Analisis.....	33
4.2 Parameter Fisika dan Kimia	34
4.3 Analisis Kandungan Logam Berat	38
4.3.1 Logam Berat Timbal (Pb)	39
4.3.2 Logam Berat Kadmium (Cd)	40
4.4 Pengolahan untuk Mengurangi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)	42
4.5 Persebaran Logam Berat	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	55
RIWAYAT HIDUP	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	26
Gambar 3. 3 Prosedur Persiapan Contoh Uji	28
Gambar 3. 4 Destruksi Contoh Uji.....	29
Gambar 3. 5 Pengujian Contoh Uji menggunakan AAS	29
Gambar 4. 1 Kolam Pengelolaan Lindi TPA Piyungan	34
Gambar 4. 2 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)	39
Gambar 4. 3 Konsentrasi Logam Kadmium (Cd)	41
Gambar 4. 4 Peta Persebaran Logam Berat Timbal (Pb)	45
Gambar 4. 5 Peta Persebaran Logam Berat Kadmium (Cd) Error! Bookmark not defined.	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Sumur.....	19
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3. 1 Sebaran Titik Berdasarkan Koordinat.....	23
Tabel 3. 2 Jarak Lokasi Pengambilan Sampel	23
Tabel 4. 1 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Pertama	35
Tabel 4. 2 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Kedua	36
Tabel 4. 3 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Ketiga.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva Kalibrasi Logam Berat Timbal (Pb)	55
Lampiran 2. Kurva Kalibrasi Logam Berat Kadmium (Cd)	56
Lampiran 3. Data Adsorbansi Sampel Logam Berat Kadmium (Cd)	56
Lampiran 4. Data Adsorbansi Sampel Logam Berat Timbal (Pb)	57
Lampiran 5. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Pengambilan Pertama Sampel <i>Inlet</i>	57
Lampiran 6. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb).....	58
Lampiran 7. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd).....	58
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah didefinisikan sebagai sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi, atau harus dibuang, biasanya berasal dari aktivitas manusia, termasuk industri, namun tidak mencakup kotoran manusia (Azwar, 1990). Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan, yang terletak di Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta, adalah fasilitas pemrosesan akhir sampah dengan luas 12 hektar. TPA ini melayani tiga wilayah, yaitu Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, dan Kota Yogyakarta.

Sebelum menjadi Tempat Pembuangan Akhir (TPA), lahan TPA Piyungan merupakan sebuah lembah yang ditimbun tanah dan sampah secara berlapis, dengan penambahan lapisan tanah di setiap lapisan sampah untuk mengurangi pencemaran. Pengelolaan TPA Piyungan telah beberapa kali berganti. Awalnya, dikelola oleh Pemda DIY, namun sejak tahun 2000 pengelolaannya dialihkan kepada Sekretariat Bersama (Sekber) Kartamantul melalui Keputusan Gubernur No. 18 Tahun 2000. Pada tahun 2015, pengelolaan diambil alih oleh Balai Pengelolaan Infrastruktur Sanitasi dan Air Minum di bawah Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Energi Sumber Daya Mineral sesuai dengan Peraturan Gubernur DIY No. 99 Tahun 2014. Pada tahun 2019, pengelolaan diserahkan kepada Balai Pengelolaan Sampah di bawah Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY.

Air hujan yang meresap ke dalam Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan menyebabkan terbentuknya air lindi, yang merupakan hasil dari dekomposisi sampah. Air lindi ini mengandung bahan kimia berbahaya, baik organik maupun anorganik, serta mikroba patogen yang dapat mencemari tanah dan air tanah. Air lindi juga menjadi sumber utama pencemaran logam berat seperti kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan timbal (Pb), yang konsentrasinya mencapai 0,32 mg/L di TPA Piyungan.

Seiring dengan meningkatnya volume sampah, potensi pencemaran logam berat juga meningkat, karena air lindi yang meresap ke dalam tanah dapat mencemari sumber air di sekitarnya. Ini berdampak pada kualitas air sumur yang digunakan penduduk sekitar untuk berbagai kebutuhan seperti minum, memasak, dan mandi. Penurunan kualitas air ini dapat mengancam kesehatan manusia dan kehidupan akuatik di sekitarnya., penelitian dilakukan untuk mendeteksi persebaran logam berat Cd dan Pb di sekitar TPA Piyungan. Informasi ini penting bagi masyarakat, mengingat keberadaan lahan pertanian dan permukiman penduduk dalam radius ± 500 meter dari TPA, di mana banyak rumah masih bergantung pada air sumur untuk kebutuhan sehari-hari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah:

1. Pengaruh TPA Piyungan terhadap kualitas air sumur.
2. Penyebaran kandungan logam berat cadmium (Cd) dan timbal Pb pada air sumur disekitar TPA Piyungan.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kualitas air sumur disekitaran TPA Piyungan ditinjau dari kandungan logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb)
2. Menentukan sebaran logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada kualitas air sumur di sekitar TPA Piyungan, Bantul

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui penyebaran kandungan logam berat cadmium (Cd) dan timbal (Pb) di TPA Piyungan Kabupaten Bantul agar masyarakat dapat mengetahui area yang telah tercemar, sehingga masyarakat menjadi lebih waspada.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang maksimal, maka perlu dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas. Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka batasan masalah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Tempat yang menjadi lokasi penelitian dilakukan di sekitar TPA.
2. Sampel yang digunakan yaitu air sumur dari sekitar area TPA Piyungan.
3. Yang dianalisa adalah logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Baku Mutu kualitas air mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) adalah lokasi di mana sampah dari berbagai sumber, seperti permukiman, rumah tangga, industri, dan lembaga pemerintahan, dikumpulkan dan dikelola. Di TPA, sampah diawasi dan diolah untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan. Namun, TPA juga dapat berkontribusi terhadap perubahan iklim dan peningkatan suhu global, terutama melalui emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembusukan sampah.

Proses pembusukan sampah di TPA menghasilkan lindi, yaitu limbah cair yang terbentuk ketika air dari luar masuk ke dalam tumpukan sampah. Air ini melarutkan bahan terlarut serta bahan organik dari proses dekomposisi biologis (DPU, 2013). Penumpukan sampah di TPA berpotensi mencemari air tanah melalui keluarnya air lindi, yang dapat membawa polutan berbahaya (Pinem, 2014). Kualitas lindi yang mencemari tanah bervariasi tergantung pada jenis sampah yang dibuang. Daerah dengan curah hujan tinggi memiliki risiko pencemaran tanah oleh lindi yang lebih besar dibandingkan daerah dengan curah hujan sedang atau rendah (Puspawati & Haryono, 2018).

Pengelolaan operasional sampah perkotaan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) umumnya dibedakan menjadi tiga metode antara lain *Open Dumping*, *Sanitary Landfill*, dan *Controlled Landfill*. *Open Dumping* dan *Sanitary Landfill* adalah dua metode pengelolaan sampah yang berbeda dalam cara menangani limbah padat. Berikut adalah perbandingan antara keduanya:

Open dumping adalah metode pembuangan sampah secara terbuka di permukaan tanah tanpa pengelolaan atau perlakuan lebih lanjut.

Ciri-ciri:

- Tidak terkontrol: Sampah dibiarkan terbuka, tanpa lapisan penutup atau pengolahan.

- Dampak lingkungan buruk: Open dumping sering menyebabkan polusi udara, tanah, dan air, serta menimbulkan bau yang tidak sedap.
- Penyakit: Sampah yang dibiarkan terbuka sering menjadi sarang penyakit, menarik hewan seperti lalat, tikus, dan burung, yang dapat menyebarkan penyakit.
- Tidak sesuai dengan standar lingkungan: Metode ini dianggap tidak ramah lingkungan dan berisiko tinggi terhadap kesehatan manusia dan ekosistem.
- Penguraian sampah lambat: Karena tidak ada proses pengelolaan atau penutupan yang baik, sampah yang dibuang di tempat terbuka akan mengurai sangat lambat, menghasilkan gas metana dan lindi (leachate) yang berbahaya.

Sanitary landfill adalah metode pengelolaan sampah dengan membuang sampah ke dalam lubang yang kemudian ditutupi dengan lapisan tanah setiap hari, serta menggunakan sistem pengelolaan yang memenuhi standar lingkungan.

Ciri-ciri:

- Terstruktur: Sampah ditimbun dalam lapisan yang terorganisir, ditutupi tanah setiap harinya untuk meminimalkan dampak lingkungan.
- Kontrol pencemaran: Dilengkapi dengan sistem untuk menangani gas yang dihasilkan oleh dekomposisi sampah (seperti gas metana) dan pengelolaan lindi (leachate) agar tidak mencemari air tanah.
- Minim polusi: Metode ini lebih ramah lingkungan karena dirancang untuk meminimalkan bau, mengurangi risiko kebakaran, dan mencegah penyebaran penyakit.
- Pemanfaatan energi: Beberapa sanitary landfill dilengkapi dengan sistem untuk menangkap gas metana yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi.
- Biaya lebih tinggi: Meskipun lebih ramah lingkungan, metode sanitary landfill memerlukan investasi dan biaya operasional yang lebih tinggi dibandingkan open dumping.

Perbandingan Utama:

- Dampak Lingkungan: Open dumping sangat mencemari lingkungan, sementara sanitary landfill berusaha meminimalkan dampak tersebut.
- Pengelolaan: Open dumping tidak memiliki manajemen yang baik, sedangkan sanitary landfill terkontrol dan diatur.
- Biaya: Open dumping lebih murah secara jangka pendek, tetapi dampak lingkungan dan kesehatan lebih besar, sementara sanitary landfill lebih mahal namun lebih berkelanjutan.

Kesimpulan: Sanitary landfill adalah metode yang lebih aman dan berkelanjutan dibandingkan open dumping karena lebih memperhatikan pengelolaan limbah yang terstruktur dan minim dampak negatif terhadap lingkungan. Sedangkan Metode *Controlled Landfill* merupakan kombinasi dari *open dumping* dan sanitary landfill, di mana penutupan dengan lapisan tanah dilakukan setelah TPA penuh atau setelah mencapai jangka waktu tertentu (Supanca, 2003).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan merupakan lokasi pembuangan akhir sampah yang melayani Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul. Beroperasi sejak tahun 1995, TPA ini memiliki luas sekitar 12,5 hektar, di mana 10 hektar digunakan untuk area pembuangan sampah dan 2,5 hektar untuk fasilitas perkantoran. Pengelolaan sampah di TPA Piyungan menggunakan metode **sanitary landfill**, di mana sampah diratakan dan dipadatkan setiap hari, sehingga pada akhir jam operasional, timbunan sampah tidak terlihat. TPA ini juga dilengkapi dengan pipa perforasi di lapisan bawah yang mengarahkan air lindi menuju fasilitas pengolahan air limbah (IPAL) untuk mencegah pencemaran tanah dan air tanah (Susanti, dkk., 2016).

2.2 Pengaruh Sampah Terhadap Kesehatan dan Lingkungan

Keberadaan sampah dan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) tentunya berdampak pada lingkungan dan masyarakat sekitarnya, baik secara positif maupun negatif. Berikut beberapa dampak positif dari pengelolaan sampah menurut Kusnoputranto (2000) :

1. Sampah dapat digunakan untuk menimbun tanah yang kurang baik, seperti tanah rendah atau rawa-rawa, sehingga tanah tersebut bisa diolah menjadi area yang berguna seperti lahan pemukiman, taman, atau lapangan olahraga.
2. Sampah dapat diolah menjadi pupuk yang dapat memperbaiki kondisi tanah. Sampah yang telah diolah dapat dijadikan pakan ternak.
3. Sampah yang masih berguna dapat didaur ulang untuk digunakan kembali dalam berbagai keperluan.
4. Dengan pengelolaan yang baik, populasi serangga dan binatang pengerat dapat berkurang, sehingga mengurangi jumlah vektor penyakit.
5. Pengelolaan sampah yang efektif dapat mengurangi kejadian penyakit yang berkaitan dengan sampah.
6. Lingkungan yang bersih dan sanitasi yang baik akan meningkatkan kenyamanan masyarakat.
7. Lingkungan yang sehat dapat mengurangi pengeluaran daerah/devisa, meningkatkan kondisi ekonomi daerah dan negara, serta meningkatkan kesehatan dan produktivitas masyarakat, yang pada gilirannya akan meningkatkan taraf sosial ekonomi.

Pengelolaan sampah yang diabaikan dapat menyebabkan dampak negatif serius, seperti penurunan kesejahteraan masyarakat, kerusakan ekologi, dan dalam jangka panjang berkontribusi pada perubahan iklim. Limbah yang dibuang tanpa penanganan memadai dapat mencemari lingkungan, menyebabkan kontaminasi air, tanah, dan udara. Selain itu, pembuangan sampah sembarangan oleh masyarakat dapat mengubah sungai yang bersih menjadi tempat pembuangan, menyumbat saluran air, dan menjadikan air sungai tidak layak digunakan (Effendi, 2003). Pembuangan sampah yang tidak terkendali juga berdampak buruk pada kesehatan manusia. Sampah yang menumpuk tanpa pengelolaan yang tepat dapat menarik hama seperti tikus dan serangga (lalat, kecoa, dan kutu), yang bertindak sebagai vektor penyakit (Sumantri, 2001). Hal ini dapat meningkatkan risiko penyebaran penyakit, serta merusak kualitas lingkungan hidup bagi masyarakat di sekitarnya.

Dampak pencemaran lingkungan tidak hanya memengaruhi lingkungan dan kesehatan manusia saja, tetapi juga berdampak pada kehidupan tanaman dan hewan. Jenis limbah yang dihasilkan oleh manusia bervariasi tergantung pada tingkat peradaban manusia. Sebelum kemajuan industri dan teknologi, limbah yang dihasilkan umumnya bersifat organik. Dari perspektif pelestarian lingkungan, limbah organik lebih ramah lingkungan karena dapat dengan mudah diurai oleh mikroorganisme, menjadi bahan yang dapat kembali menyatu dengan alam tanpa menyebabkan pencemaran (Laili, 2013)

2.3 Logam Berat

Logam adalah zat yang memiliki konduktivitas listrik tinggi, kelenturan, dan kilau, serta cenderung melepaskan elektron untuk membentuk kation. Distribusi kandungan logam di atmosfer dipengaruhi oleh sifat logam tersebut dan berbagai faktor lingkungan (Rosihan & Husaini, 2017). Logam dikategorikan menjadi dua golongan: logam berat dan logam ringan. Logam ringan adalah logam yang memiliki berat kurang dari 5g per cm^3 , sedangkan logam yang memiliki berat lebih dari 5g per cm^3 termasuk dalam kategori logam berat (Agustina, 2004).

Sampah adalah limbah padat yang terdiri dari bahan organik dan anorganik, hasil dari aktivitas manusia. Karena dianggap tidak bermanfaat, sampah harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan risiko bagi kesehatan lingkungan maupun manusia. Sampah anorganik mengandung berbagai mineral, termasuk logam berat. Logam berat ini akan terurai dan larut seiring dengan terbentuknya lindi, yang kemudian bercampur dengan tanah. Logam berat yang sering ditemukan dalam lindi antara lain besi, mangan, kadmium, dan timbal (Fatmawinir dkk, 2015).

Sifat berbahaya logam berat terletak pada kemampuannya untuk bertahan lama tanpa terurai, yang menyebabkan akumulasi di lingkungan melalui rantai makanan. Semakin tinggi posisi suatu organisme dalam rantai makanan, semakin besar pula konsentrasi logam berat yang terakumulasi di tubuhnya. Akumulasi

logam berat yang signifikan dalam tubuh dapat membahayakan kesehatan dan menyebabkan tingginya konsentrasi logam dalam organisme (Sherly, 2013).

Pencemaran air tanah oleh logam berat sering disebabkan oleh polutan dari limbah industri serta sampah logam, seperti baterai bekas dan aki. Dalam toksikologi, logam berat dapat dikategorikan menjadi dua jenis: esensial dan non-esensial. Logam berat esensial adalah logam yang diperlukan dalam jumlah tertentu oleh organisme hidup, namun dapat menjadi toksik jika terakumulasi dalam jumlah berlebihan. Contoh logam berat esensial termasuk Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn. Sebaliknya, logam berat non-esensial atau beracun adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh tidak diketahui manfaatnya dan dapat berfungsi sebagai racun, seperti Hg, Cd, Pb, dan Cr. Logam berat non-esensial dapat mengganggu kesehatan manusia dengan menghambat fungsi enzim dan memutus proses metabolisme tubuh. Selain itu, logam berat ini dapat menyebabkan alergi, mutagenesis, teratogenesis, atau karsinogenesis. Jalur paparan logam berat ini dapat melalui kulit, pernapasan, atau pencernaan (Effendi, 2003).

2.3.1 Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya adalah plumbum (Pb). Timbal merupakan logam yang bersifat toksik bagi manusia. Timbal bisa masuk ke dalam tubuh melalui makanan, minuman, atau melalui inhalasi udara dan debu yang tercemar Pb, serta melalui kontak dengan kulit, mata, atau selama masa prenatal. Timbal yang terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup dapat menjadi bahan berbahaya (Widyasari, dkk., 2013).

Timbal (Pb) dapat berasal dari berbagai sumber, baik alamiah maupun hasil aktivitas manusia. Berikut adalah beberapa sumber utama penghasil timbal (Pb):

1. Industri dan Manufaktur

- Pabrik Baterai: Salah satu sumber utama timbal adalah industri pembuatan baterai, terutama baterai timbal-asam yang digunakan dalam kendaraan bermotor.

- **Industri Logam:** Pabrik yang memproduksi atau mengolah logam seperti pengecoran, daur ulang logam, dan peleburan timbal dapat melepaskan partikel timbal ke udara dan tanah.
- **Industri Kimia:** Beberapa industri kimia menggunakan timbal dalam proses produksinya, termasuk dalam pembuatan pigmen, bahan kimia anorganik, dan pelapis anti-korosi.

2. Kendaraan Bermotor

- **Bahan Bakar Bertimbal:** Di masa lalu, timbal ditambahkan ke bahan bakar bensin untuk meningkatkan performa mesin. Meskipun banyak negara telah melarang penggunaan bensin bertimbal, residunya masih ada di tanah dan udara, terutama di wilayah perkotaan atau dekat jalan raya.
- **Emisi Kendaraan:** Kendaraan bermotor yang masih menggunakan bahan bakar bertimbal di beberapa negara berkembang menjadi salah satu sumber emisi timbal ke atmosfer.

3. Konstruksi dan Bangunan

- **Cat Bertimbal:** Cat yang mengandung timbal pernah banyak digunakan untuk melindungi permukaan dari karat dan korosi. Meskipun penggunaannya telah dibatasi, banyak bangunan lama masih memiliki lapisan cat bertimbal, yang bisa terkelupas dan menjadi debu.
- **Pipa Air Bertimbal:** Beberapa pipa air lama terbuat dari timbal atau menggunakan solder timbal untuk menyambung, yang dapat melepaskan timbal ke dalam air minum.

4. Produk Konsumen

- **Kosmetik dan Mainan:** Beberapa kosmetik tradisional dan mainan yang diimpor, terutama dari negara-negara dengan regulasi yang kurang ketat, mungkin masih mengandung timbal.
- **Peralatan Dapur dan Keramik:** Timbal dapat ditemukan dalam pelapis keramik atau peralatan dapur, terutama jika dibuat dengan teknik tradisional yang menggunakan senyawa timbal dalam proses glasir.

5. Limbah Elektronik (E-Waste)

- Perangkat Elektronik: Limbah elektronik seperti komputer, televisi, dan ponsel mengandung berbagai logam berat termasuk timbal. Jika tidak didaur ulang dengan benar, limbah ini dapat melepaskan timbal ke lingkungan.

6. Aktivitas Pertambangan

- Pertambangan Timbal: Penambangan dan pemrosesan bijih timbal menghasilkan limbah dan debu yang mengandung timbal, yang dapat mencemari udara, tanah, dan air di sekitar tambang.

7. Industri Penerbangan

- Bahan Bakar Avgas (Aviation Gasoline): Pesawat terbang kecil yang menggunakan bahan bakar avgas bertimbal dapat melepaskan timbal ke atmosfer melalui emisi knalpot.

8. Tembakan Senapan dan Perburuan

- Peluru dan Proyektil: Peluru yang terbuat dari timbal, jika tidak dikelola dengan baik setelah penembakan, dapat terpecah dan mencemari tanah serta sumber air.

9. Aktivitas Vulkanik

- Emisi Alami: Meski lebih jarang dibandingkan dengan sumber antropogenik, timbal dapat dilepaskan ke atmosfer melalui aktivitas vulkanik.

Jika paparan timbal melebihi batas aman, dapat menimbulkan risiko kesehatan, seperti gangguan pada sistem saraf, penurunan tingkat kecerdasan, dan dampak negatif pada pertumbuhan anak. Timbal dapat mempengaruhi pertumbuhan karena dapat menggantikan kalsium dalam tulang, yang berpotensi menyebabkan kelumpuhan (Warsinah dkk, 2015). Menurut Ogundiran, dkk (2008) Timbal (Pb) dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia, termasuk anemia, kerusakan otak, anoreksia, gangguan mental, muntah, dan bahkan dapat berakibat fatal.

2.3.2 Kadmium (Cd)

Logam berat kadmium (Cd) merupakan logam berat yang paling banyak ditemukan pada lingkungan, khususnya lingkungan perairan, serta memiliki efek toksik yang tinggi, bahkan pada konsentrasi yang rendah (Almeida, dkk., 2009). Logam berat kadmium (Cd) juga merupakan salah satu logam yang sulit mengalami pelapukan baik secara kimia, fisika, maupun biologis. Kadmium dapat diserap dan terakumulasi dalam tubuh hewan air meskipun dalam kadar yang relatif rendah. Hal ini dapat mengganggu rantai makanan karena terjadinya bioakumulasi, di mana kadmium terkumpul dan meningkat kadarnya dalam jaringan tubuh organisme. Akumulasi kadmium dapat menimbulkan efek berbahaya jika tingkat racun yang dibawanya tidak dapat ditoleransi oleh tubuh. Kadmium dapat menyebabkan efek kronis pada organ seperti ginjal, paru-paru, tulang, darah, jantung, dan sistem reproduksi (Ashar, dkk., 2014).

Logam berat kadmium (Cd) dapat berasal dari berbagai sumber, baik alami maupun antropogenik. Berikut adalah beberapa sumber utama penghasil kadmium:

- Sumber Industri
- Sumber Pertanian
- Sumber Rumah Tangga dan Konsumsi
- Sumber Alami
- Sumber Transportasi dan Industri

Pengelolaan dan pengendalian sumber-sumber ini sangat penting untuk mengurangi pencemaran kadmium dan melindungi kesehatan manusia serta ekosistem.

2.4 Sumur

Sumur merupakan salah satu sumber air bersih yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Berdasarkan jenisnya, terdapat dua tipe sumur utama yang dikenal luas, yaitu **sumur gali** (atau perigi) dan **sumur bor**. Kedua jenis sumur ini memiliki karakteristik dan metode pembuatan yang berbeda, serta memiliki dampak terhadap lingkungan dan ketersediaan air tanah.

1. Sumur Gali (Perigi)

Sumur gali adalah jenis sumur tradisional yang dibuat dengan cara menggali tanah secara manual hingga mencapai lapisan air tanah yang dangkal. Aspek utama dari sumur gali meliputi:

- **Konstruksi:** Sumur ini biasanya memiliki dinding yang dilapisi dengan batu, beton, atau bahan lainnya untuk mencegah runtuhnya tanah. Bibir dan lantai sumur juga sering kali diperkuat untuk mencegah kontaminasi air dari permukaan.
- **Kedalaman:** Sumur gali biasanya tidak terlalu dalam, berkisar antara 10 hingga 15 meter, tergantung pada keberadaan muka air tanah di lokasi tersebut.
- **Sumber air:** Air yang diambil dari sumur gali biasanya berasal dari lapisan air tanah yang dekat dengan permukaan, yang menjadikannya rentan terhadap kontaminasi dari limbah rumah tangga atau air lindi (leachate) dari sampah (Asdak, 2010).
- **Kapasitas air:** Kapasitas air yang dihasilkan oleh sumur gali umumnya lebih terbatas dibandingkan dengan sumur bor, terutama di daerah dengan curah hujan rendah atau pada musim kemarau.

2. Sumur Bor

Sumur bor adalah jenis sumur yang dibuat dengan menggunakan mesin pengebor tanah, yang mampu menembus lapisan tanah lebih dalam dibandingkan dengan sumur gali. Aspek penting dari sumur bor meliputi:

- **Konstruksi:** Sumur bor dibangun dengan pipa pelindung untuk menjaga kestabilan dinding sumur serta mencegah masuknya kontaminan dari permukaan.
- **Kedalaman:** Sumur bor dapat mencapai kedalaman puluhan hingga ratusan meter, tergantung pada kondisi geologis dan lapisan akuifer di bawah permukaan tanah.
- **Sumber air:** Karena sumur bor dapat mencapai akuifer dalam, air yang diperoleh biasanya lebih bersih dan cenderung lebih stabil ketersediaannya sepanjang tahun.

- Kapasitas air: Sumur bor memiliki kapasitas pengambilan air yang lebih besar dan lebih dapat diandalkan untuk kebutuhan sehari-hari serta skala yang lebih besar, seperti irigasi atau penggunaan industri.

3. Manfaat Sumur bagi Masyarakat

Sumur, baik gali maupun bor, memberikan sejumlah manfaat bagi masyarakat, termasuk:

- Sumber air bersih untuk kebutuhan rumah tangga seperti minum, mandi, memasak, dan mencuci.
- Mengurangi aliran permukaan yang berpotensi menyebabkan banjir atau erosi.
- Mempertahankan keseimbangan siklus air dengan menyerap air hujan ke dalam tanah (Subekti, 2005)

Penggunaan sumur, baik sumur gali maupun sumur bor, memiliki dampak terhadap ketersediaan air tanah dan lingkungan sekitar. Pada sumur gali, karena mengambil air dari lapisan tanah dangkal, air tersebut lebih cepat terisi kembali oleh air hujan yang meresap. Hal ini dapat membantu mengurangi aliran permukaan dan mencegah erosi tanah (Subekti, 2005)

Namun, sumur gali juga lebih rentan terhadap pencemaran, terutama jika tidak memenuhi standar sanitasi yang memadai. Sumur sanitasi adalah sumur yang telah dirancang untuk mencegah masuknya kontaminan dari air permukaan atau sumber pencemar lainnya (Chandra, 2007). Sementara sumur bor, meskipun menyediakan air yang lebih aman dan bersih, jika digunakan secara berlebihan tanpa pengelolaan yang baik, dapat menyebabkan penurunan muka air tanah yang signifikan, berpotensi menyebabkan intrusi air laut di wilayah pesisir serta penurunan permukaan tanah.

2.5 Pencemaran Air Sumur

Menurut Marsono (2009) dalam penelitiannya bahwa pencemaran sumur gali terjadi karena beberapa hal sebagai berikut :

- a. Aliran Tanah

Didalam siklus hidrologi, air tanah mengalir secara alami karena perbedaan tekanan dan elevasi lapisan tanah. Air akan bergerak dari area yang lebih tinggi menuju area yang lebih rendah. Oleh karena itu, jika sumur gali terletak di bawah sumber pencemaran, bahan pencemar dapat mengalir bersama air tanah dan mencapai sumur tersebut. Untuk mencegah dan mengurangi risiko pencemaran, penting untuk menentukan lokasi sumur yang jauh dari sumber pencemaran.

b. Penurunan Permukaan Air Tanah

Pada lapisan tanah yang memiliki ketinggian relatif sama dan permukaan yang landai, aliran air tanah cenderung tidak terjadi. Ketika air tanah dipompa atau diambil dari sumur, akan terjadi penurunan permukaan tanah yang dikenal sebagai draw down. Penurunan ini menyebabkan tekanan pada sumber tersebut menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tekanan air tanah di sekitarnya, sehingga air tanah di sekitar akan mengalir menuju sumur gali. Jika air tanah di sekitarnya tercemar, bahan pencemar dapat terbawa ke dalam sumur gali. Proses ini dapat menyebabkan pencemaran menyebar dari satu sumur ke sumur lainnya dengan jarak yang semakin jauh.

Adapun faktor-faktor yang menyebabkan pencemaran air sumur menurut (Puspitasari, 2016) sebagai berikut :

1. Jenis sumber pencemar

Karakteristik limbah dipengaruhi oleh jenis sumber pencemarnya. Limbah rumah tangga memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan limbah dari septic tank atau peternakan. Limbah dari septic tank dan peternakan sering mengandung bahan organik yang menjadi habitat mikroorganisme. Septic tank adalah metode yang efektif untuk mengelola kotoran dalam jumlah kecil, namun tidak efektif dalam menghilangkan bakteri patogen. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa saluran dari septic tank tidak terhubung dengan sumber air minum (Budiyanto, 2002). Perbedaan dalam karakteristik limbah juga memengaruhi kualitas bakteriologis air di sumur gali.

2. Banyaknya sumber pencemar

Semakin banyak sumur pencemar dengan jarak minimal 10 meter dari satu sama lain, semakin besar dampaknya terhadap penurunan kualitas bakteriologi air di sumur gali. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah bakteri yang dapat meresap ke dalam sumur.

3. Jarak sumber pencemar

Pola pencemaran air tanah oleh bakteri dapat menyebar hingga sekitar ± 11 meter. Jika sumur gali dibangun dalam jarak kurang dari 11 meter dari sumber pencemar, ada risiko air sumur akan tercemar karena perembesan air dari sumber pencemar tersebut.

4. Arah aliran air tanah

Pencemaran air sumur gali oleh logam berat dipengaruhi arah aliran air tanah. Pergerakan air tanah yang didalamnya terkandung logam berat dan mengarah kesumur gali, menyebabkan air sumur gali tercemar oleh logam berat.

5. Konstruksi dan bangunan fisik sumur

Pembangunan sumur harus mematuhi standar kesehatan. Jika konstruksi fisik sumur tidak sesuai dengan standar, hal ini dapat memudahkan sumber pencemar untuk masuk ke dalam sumur

6. Umur sumur

Sumur yang telah digunakan dalam waktu lama dengan volume pengambilan air yang cukup besar dapat memperbaiki aliran air tanah di sekitarnya dan menjadi lebih dominan. Selain itu, peningkatan aktivitas manusia di sekitar sumur menyebabkan peningkatan jumlah sumber pencemar di area tersebut.

7. Perilaku masyarakat

Kebiasaan masyarakat membuat sumur tanpa bibir atau tidak menutup bibir sumur, serta mandi dan mencuci di tepi sumur, dapat menyebabkan air bekas mandi dan cuci mengalir kembali ke dalam sumur dan menimbulkan pencemaran. Selain itu, kebiasaan mengambil air dari sumur dan membuang kotoran manusia juga turut mempengaruhi kualitas air sumur.

2.6 Baku Mutu Kualitas Air

Standar kualitas air mengacu pada pedoman yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berdasarkan peraturan tersebut, baku mutu air mengacu pada standar atau batasan untuk kandungan organisme hidup, energi, zat, atau unsur yang diperlukan, serta pembatasan atau pengendalian terhadap zat pencemar dalam air. Kelas-kelas air ditentukan berdasarkan pengukuran kualitas air menggunakan parameter tertentu sesuai dengan kondisi masing-masing.

Peringkat kualitas air yang dianggap layak untuk digunakan dalam aplikasi tertentu, atau kelas air, digunakan untuk mengevaluasi kualitas air (Pergub DIY No. 20 Tahun 2008). Klasifikasi kualitas air dipecah menjadi empat kategori berikut:

- Kelas I: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas II: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas III: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas IV: adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menetapkan standar kualitas air yang harus dipatuhi di Indonesia. Tujuan peraturan ini adalah untuk mengatur dan menetapkan batasan mutu air sesuai dengan penggunaannya serta mencegah pencemaran air sebelum dibuang ke badan air. Konsentrasi

maksimum yang diizinkan untuk logam timbal (Pb) di badan air adalah 0,03 mg/L, sedangkan untuk logam kadmium (Cd) adalah 0,01 mg/L. Baku mutu air sesuai peruntukannya berdasarkan peraturan ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Sumur

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
2	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01
3	Timbal (Pb)	mg/L	0,03

2.7 Quantum Geographic Information System (QGIS)

Quantum Geographic Information System (QGIS) adalah perangkat lunak yang memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan, mengelola, mengedit, dan menganalisis data geospasial. Data geospasial mencakup informasi tentang lokasi geografis objek atau entitas, biasanya diwakili oleh koordinat seperti lintang dan bujur. Jenis data yang sering digunakan meliputi informasi geografis, data sistem informasi geografis (GIS), data peta, informasi lokasi, koordinat, dan data geometri spasial (Gray, 2008). Beberapa fitur utama QGIS meliputi visualisasi data, pengeditan data, geoproses dan analisis, pembuatan peta, interaksi dengan perangkat lunak lain, dan scripting dengan Python. QGIS banyak dimanfaatkan oleh peneliti, profesional, dan penggemar dalam berbagai bidang seperti geografi, ilmu lingkungan, perencanaan, dan analisis geospasial.

QGIS banyak digunakan oleh para peneliti, profesional, dan peminat di berbagai bidang seperti :

- Geografi: Untuk analisis spasial dan pemetaan geografis.
- Ilmu Lingkungan: Untuk studi lingkungan, konservasi, dan manajemen sumber daya alam.
- Perencanaan: Dalam perencanaan kota dan wilayah, termasuk analisis penggunaan lahan dan infrastruktur.
- Analisis Geospasial: Untuk berbagai aplikasi dalam analisis data lokasi dan geospasial.

- Dengan berbagai fitur dan kemampuannya, QGIS menjadi alat yang sangat berguna untuk memproses dan menganalisis data geospasial secara efektif.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai referensi dan pembandingan terhadap penelitian yang dilakukan. Berikut ini daftar penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dan pembandingan, dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	Eko Siswoyo & Ghazi Faiz Habibi (2018)	Sebaran Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Pada Air Sungai dan Sumur di Daerah Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Wukirsari Gunung Kidul, Yogyakarta.	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, sementara dalam sumur pantau 2 dan sumur warga 2, kadar logam Cd mencapai 0,03 mg/L.
2	Widyasari, dkk (2003)	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.
--	--	--	---

Berdasarkan penelitian yang sudah pernah dilakukan mengenai analisis potensi pencemaran logam berat pada air sungai, lindi, maupun air tanah, dapat disimpulkan bahwa air memiliki kadar logam berat Cd dan Pb yang berbeda-beda, hal ini dapat disebabkan karena kondisi lingkungan, aktivitas industri, dan lainnya.

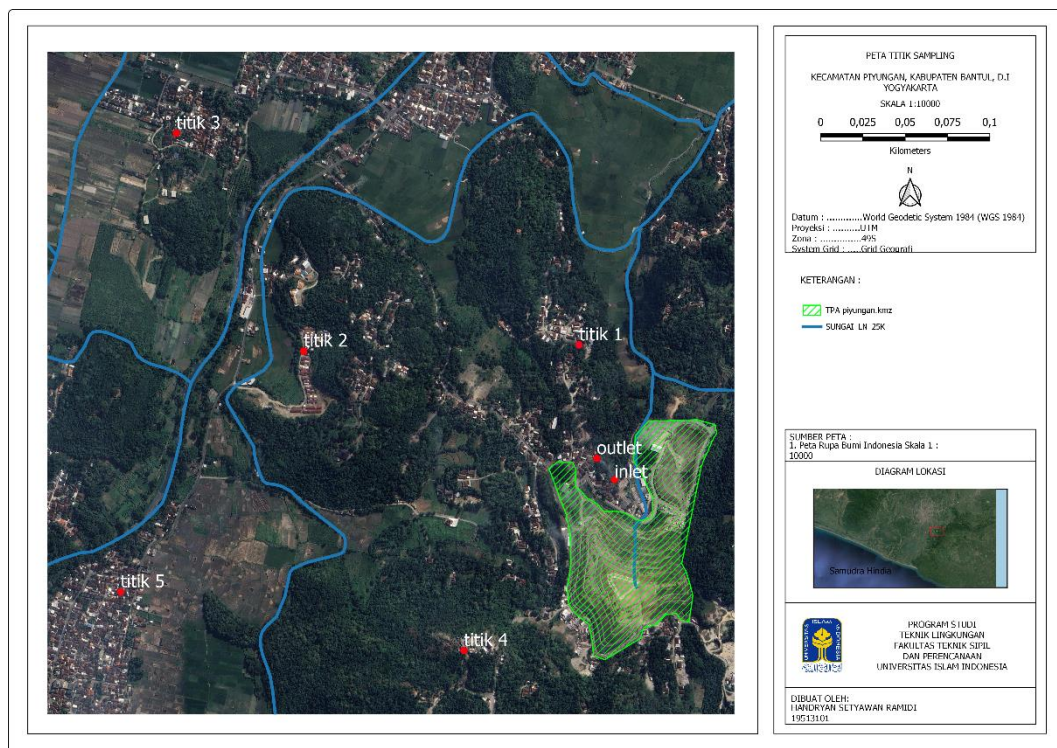
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Untuk merepresentasikan kualitas air sumur di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, lokasi penelitian dilakukan di sumur. Wilayah administratif Kabupaten Bantul termasuk lokasi penelitian ini. Saat ini, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta bertugas menjalankan TPA Piyungan. Di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dilakukan analisis logam berat di sumur. Pada bulan Maret – Mei 2024 telah dilakukan periode penelitian tata cara pengambilan sampel air dan pengujian sampel penelitian. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian

Penelitian tersebar di beberapa titik lokasi, koordinat persebaran titik lokasi dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Sebaran Titik Berdasarkan Koordinat

No	Titik Sampling	S	E
1	Inlet	7°52'03.85"S	110°25'47.06"E
2	Outlet	7°51'01.97"S	110°25'45.37"E
3	Titik 1	7°51'52.75"S	110°25'43.99"E
4	Titik 2	7°51'53.28"S	110°25'20.45"E
5	Titik 3	7°51'34.82"S	110°25'09.57"E
6	Titik 4	7°52'18.63"S	110°25'34.14"E
7	Titik 5	7°52'13.66"S	110°25'04.81"E

Adapun jarak pengambilan sampel air dengan sumber pencemar dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Jarak Lokasi Pengambilan Sampel

Jenis Sampel	Titik Sampling	Jarak dengan sumber pencemar (m)	Elevasi
Inlet lindi	Inlet	0	95
Outlet lindi	Outlet	90	80
Sumur 1	Titik 1	435	91
Sumur 2	Titik 2	841	69
Sumur 3	Titik 3	1134	90
Sumur 4	Titik 4	540	167
Sumur 5	Titik 5	1370	58

3.2 Alat dan Bahan

Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian :

A. Alat

1. *Van dorn Water Sampler*
2. DO Meter
3. pH Meter
4. TDS Meter
5. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
6. Lampu hollow katoda
7. Timbangan analitik ketelitian sampai 0,0001 g
8. Cawan porselin
9. Desikator
10. Oven
11. Gelas ukur 100 ml
12. Pipet volumetri (1,0 ml; 2,0 ml; 3,0 ml; 4,0 ml; 5,0 ml; dan 10 ml)
13. Pipet komagome 3 ml dan 5 ml
14. Gelas beaker 100 ml
15. *Hot plate*
16. Corong
17. Kaca arloji
18. Batang pengaduk
19. *Spatula*
20. Mortar dan alu
21. Erlenmeyer 250 ml
22. Botol gelas
23. Labu ukur 50 ml; 100 ml dan 1000 ml
24. Pipet ukur 5 ml; 10 ml; 20 ml
25. Pemanas listrik
26. Kertas saring whatman 40 (ukuran pori θ 0.42 μm)
27. Labu semprot
28. Corong pemisah
29. Wadah plastik poli etilen (PE)

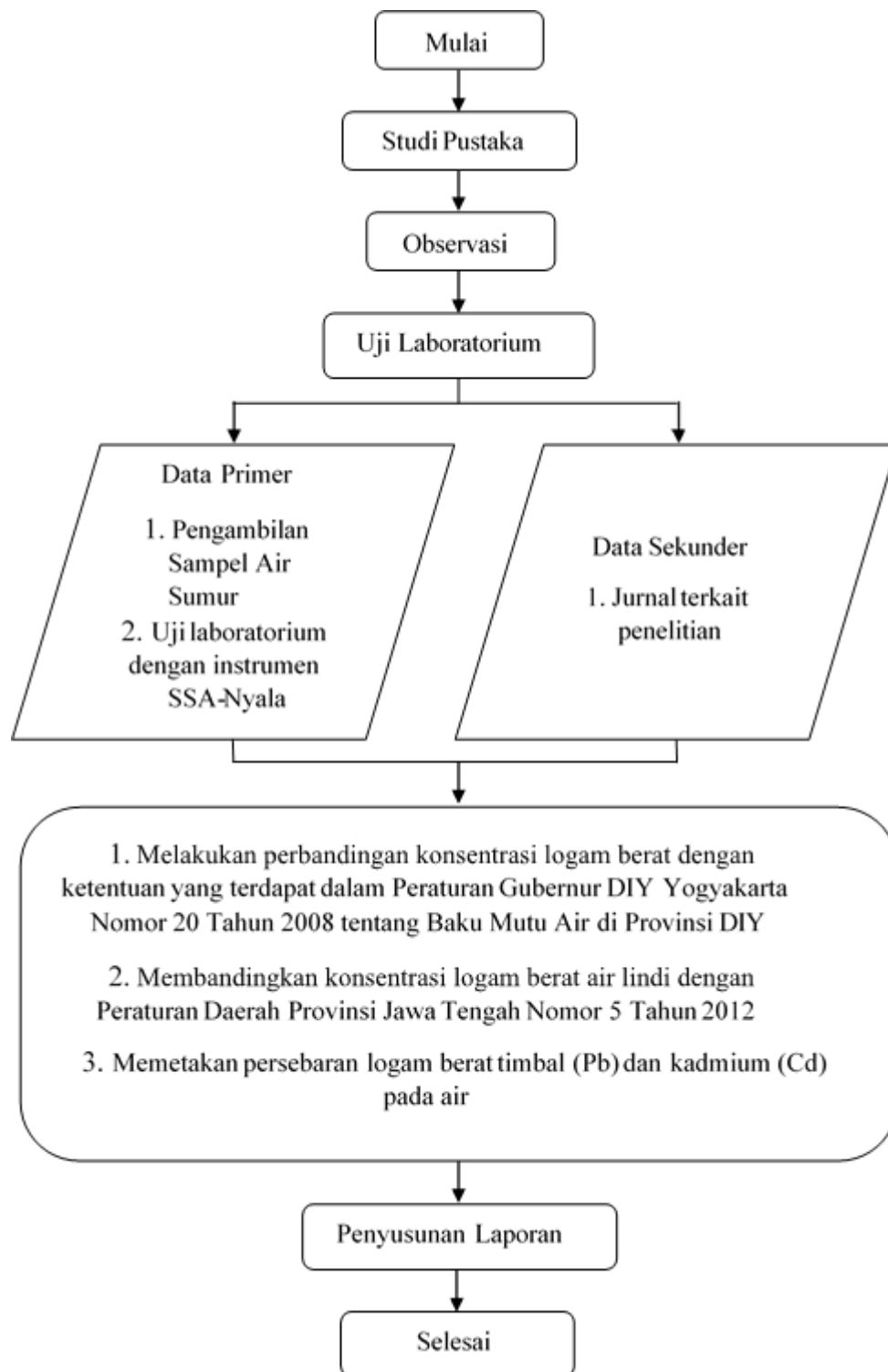
B. Bahan

1. Akuades
2. Asam nitrat p.a, HNO₃ pekat (65%)
3. Asam nitrat, HNO₃ 1,0 N (142,5 ml asam nitrat, HNO₃ pekat dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml yang telah berisi 250 ml akuades, lalu tepatkan menjadi 1000 ml kemudian dihomogenkan)
4. Asam nitrat, HNO₃ 10% (153,8 ml asam nitrat, HNO₃ pekat ke dalam labuukur 1000 ml yang telah berisi 250 ml akuades, lalu tepatkan menjadi 1000 ml kemudian dihomogenkan)
5. Asam perklorat p.a, HClO₄ pekat
6. Batu didih
7. Kertas saring kuantitatif (ukuran pori 8,0 µm)
8. Gas asetilen, C₂H₂

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif kuantitatif. Metode ini dipilih karena bertujuan untuk membuat gambaran atau gambaran kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada sumur di sekitar lingkungan TPA Piyungan secara objektif dengan menggunakan angka, mulai dari pendataan, menemukan data serta tampilan dan hasil.

Berikut ini adalah gambar diagram alir tahapan penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.4 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian, pengumpulan data merupakan langkah krusial untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan. Penggunaan data primer dan data sekunder adalah dua metode umum dalam pengumpulan data, yang masing-masing memiliki karakteristik dan kegunaan tersendiri. Data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung dari sumber utama oleh peneliti, data ini didapatkan melalui metode penelitian lapangan, yang memerlukan keterlibatan langsung dalam proses pengumpulan. Sedangkan data sekunder merupakan data yang telah dikumpulkan dan didokumentasikan oleh pihak lain, seperti lembaga resmi, buku, jurnal, atau publikasi ilmiah. Peneliti menggunakan data ini sebagai referensi atau untuk melengkapi data primer. *Flame-Atomic Absorption Spectrometer* (AAS) digunakan untuk pengujian sampel.

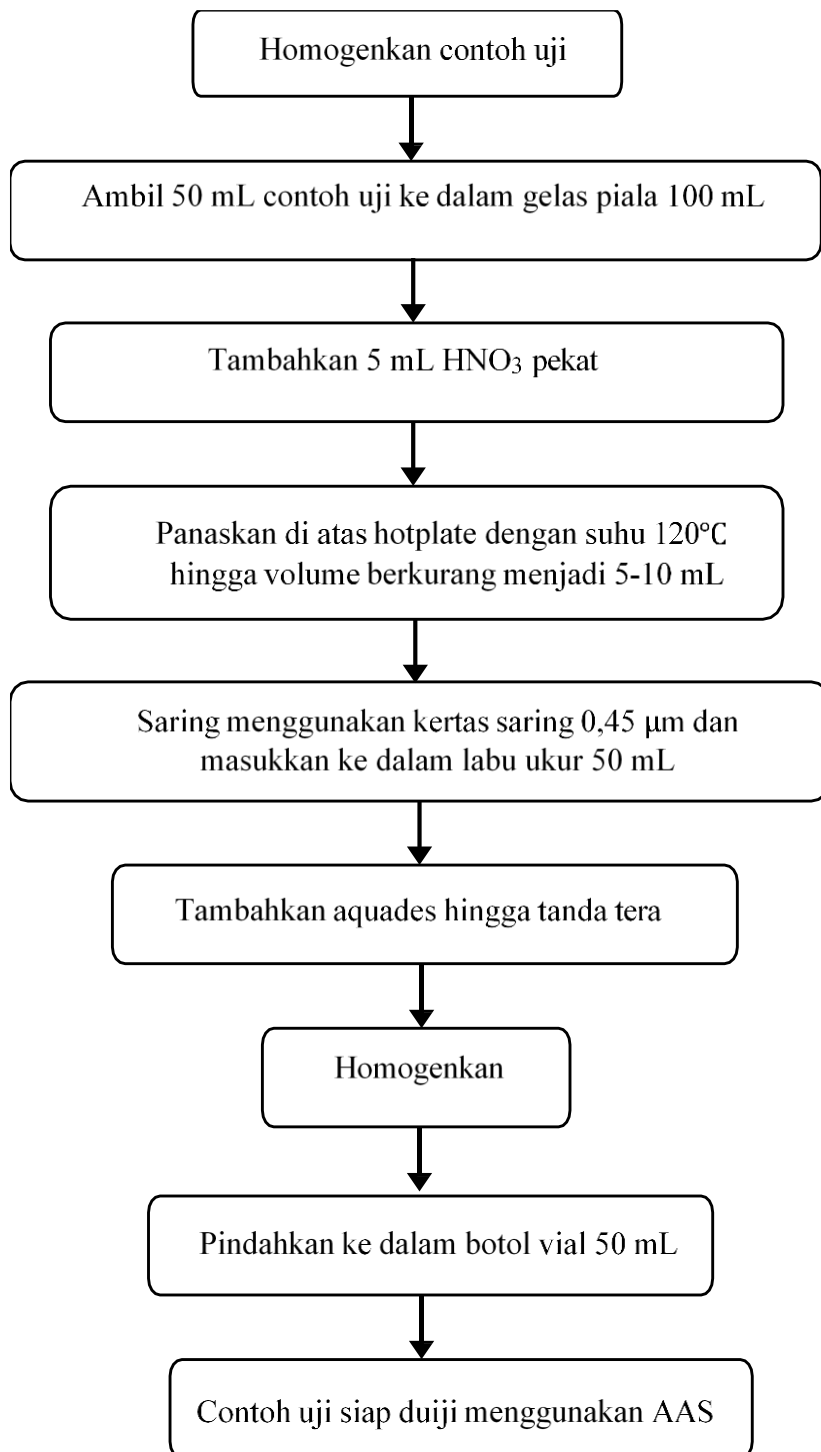
3.5 Metode Pengambilan dan Pengujian Sampel

3.5.1 Metode Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel langsung digunakan untuk metode pengambilan sampel air sumur; merupakan teknik pengambilan sampel secara sporadis yang hanya menunjukkan karakteristik air pada saat tertentu saja. (Effendi, 2003). Proses pengambilan sampel mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan sampel air sumur dan SNI 6989.58:2008 tentang metode pengambilan sampel air tanah untuk prosedur pengambilan sampel sumur.

3.5.2 Pengujian Sampel Air

Timbal (Pb) dan kadmium (Cd), dua parameter kandungan logam berat, dievaluasi di laboratorium, bersama dengan kaca dan parameter kimia, yang diuji in situ, untuk sampel air. Penelitian dilakukan mengacu pada SNI 6989.8:2009 tentang Cara Pengujian Timbal (Pb) Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Pengapian dan SNI 6989.16:2009 tentang Cara Pengujian Kadmium (Cd) Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk menentukan nilai konsentrasi logam berat Pb dan Cd pada sampel air di sekitar TPA Piyungan. Prosedur persiapan contoh uji dapat dilihat pada Gambar 3.3.



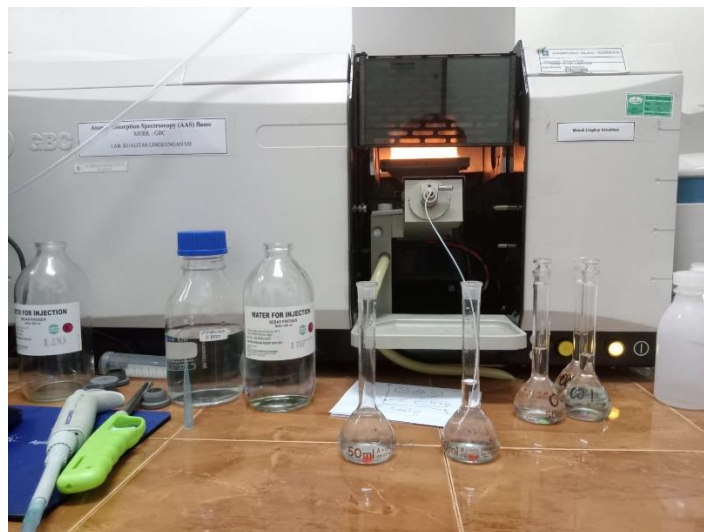
Gambar 3. 3 Prosedur Persiapan Contoh Uji

Proses destruksi contoh uji di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Destruksi Contoh Uji

Proses saat melakukan pengujian menggunakan Instrumen AAS di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Pengujian Contoh Uji menggunakan AAS

3.6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah dengan melihat sifat air dari sumur penduduk dan permukaan air atau aliran sungai di sekitar TPA Piyungan dengan

Peraturan Pimpinan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008. Aturan ini menetapkan bahwa konsentrasi Pb dan Cd yang diperbolehkan masing-masing adalah 0,03 mg/L dan 0,01 mg/L, untuk membatasi kualitas air berdasarkan peruntukannya dan untuk mencegah pencemaran air sebelum dibuang ke badan air. Menurut PP RI Nomor 82 Tahun 2001 baku mutu air minum (Kelas I) yang air sumurnya juga termasuk baku mutu air minum atau air bersih adalah sama dengan kadar logam berat Pb dan Cd yang tertera di atas. ArcGIS digunakan untuk membuat peta distribusi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Formula untuk mengetahui nilai adsorbansi sebagai berikut :

$$Y = bX + a$$

Dimana :

- Y : Nilai adsorbansi
- 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 nilai 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 PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Data Hasil Analisis

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, dan melayani pembuangan sampah dari Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul sejak 1996. TPA ini memiliki lahan seluas 12 hektar yang digunakan untuk pembuangan sampah, fasilitas kantor, dan pendukung lainnya. Pengolahan sampah di TPA Piyungan menggunakan sistem *sanitary landfill*, yaitu dengan meratakan dan memadatkan sampah, yang kemudian ditutupi dengan lapisan tanah setelah jam operasional berakhir. Namun, dalam praktiknya, tidak semua sampah langsung ditimbun dengan tanah setelah operasi selesai. Timbunan sampah yang terus bertambah memaksa TPA Piyungan untuk membangun fasilitas pengolahan air limbah (IPAL) baru guna mengatasi masalah air lindi yang dihasilkan.

Pengelolaan lindi di TPA Piyungan melibatkan delapan tangki pengolahan. Proses ini dimulai dengan air lindi yang masuk ke kolam pengambilan, di mana pH air dinetralkan. Berikut tahapan pengelolaannya:

- Tangki 1: Pengendapan dilakukan menggunakan amonium hidroksida (NH_4OH) dan PAC (Polyaluminium Chloride).
- Tangki 2: Sedimentasi lebih luas terjadi di tahap ini.
- Tangki 3: Sedimentasi serupa dengan tangki 1, menggunakan NH_4OH dan PAC.
- Tangki 4: Berisi oksidator dan aerator untuk meningkatkan kadar oksigen.
- Tangki 5: Air disaring menggunakan pasir silika dan karbon aktif.
- Tangki 6: Klorin ditambahkan untuk disinfeksi.
- Tangki 7: Digunakan untuk penyaringan lebih lanjut.
- Tangki 8: Tangki pengolahan akhir yang berfungsi sebagai tangki kendali (outlet) sebelum air lindi dialirkan keluar.

Proses ini bertujuan untuk mengurangi kontaminasi dan menjaga kualitas lingkungan sekitar TPA.



Gambar 4. 1 Kolam Pengelolaan Lindi TPA Piyungan

4.2 Parameter Fisika dan Kimia

Pengukuran suhu dan pH saat mengukur kadar logam berat penting karena keduanya mempengaruhi kelarutan dan mobilitas logam dalam larutan.

- **Suhu:** Suhu berperan dalam menentukan reaksi kimia yang terjadi dalam larutan. Pada suhu yang lebih tinggi, kelarutan logam berat bisa meningkat, sehingga kadar logam dalam air lebih tinggi. Selain itu, suhu juga mempengaruhi kinetika reaksi kimia yang digunakan dalam metode analisis seperti spektroskopi atau presipitasi.
- **pH:** pH adalah faktor kunci yang mengontrol kelarutan logam berat. Pada pH rendah (asam), banyak logam berat menjadi lebih larut, sedangkan pada pH yang lebih tinggi (basa), banyak logam berat mengendap dan tidak larut. Hal ini penting saat mengambil sampel karena pH yang salah dapat menyebabkan logam berat terlepas atau mengendap, mengubah hasil pengukuran.

Menjaga suhu dan pH yang stabil selama pengukuran memastikan bahwa kondisi di mana logam berat diukur adalah representatif dari keadaan alami dan menghasilkan data yang akurat.

Kondisi lingkungan perairan berdasarkan pengukuran secara *in-situ* mendapatkan hasil yang bervariasi dari titik satu ke titik lainnya. Pengukuran suhu dilakukan karena perubahan suhu air limbah dapat berdampak pada lingkungan, seperti mengurangi kadar oksigen terlarut, sedangkan untuk pengukuran pH bertujuan untuk menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air, air limbah yang terlalu asam atau basa dapat membahayakan ekosistem dan merusak infrastruktur pipa. 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	8,7
2	Outlet	32	8,2
3	Titik 1	27	7,3
4	Titik 2	33	7,5
5	Titik 3	35	6,8
6	Titik 4	33	7
7	Titik 5	34	7,1

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan pada hari pertama pengambilan sampel, diketahui bahwa suhu pada inlet adalah 36°C dan nilai pH 8,7. Suhu pada outlet adalah 31°C dan nilai pH 8,2. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 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 1 hingga Titik 5 menunjukkan suhu pada kisaran 27–35°C dan pH pada kisaran 6,8–7,5. 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 ± 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 kedua dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Kedua

Pengambilan Sampel Kedua			
No	Titik Sampling	Suhu (°C)	pH
1	Inlet	37	8,6
2	Outlet	34	8,1
3	Titik 1	29	7
4	Titik 2	31	6,9
5	Titik 3	30	7,1
6	Titik 4	31	6,9
7	Titik 5	29	7

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan pada hari kedua pengambilan sampel, diketahui bahwa suhu pada *inlet* adalah 37°C dan nilai pH 8,6. Suhu pada *outlet* adalah 34°C dan nilai pH 8,1. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 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 1 hingga Titik 5 menunjukkan suhu pada kisaran 29–31°C dan pH pada kisaran 6,9–7,1. 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 ± 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 ketiga dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kondisi Fisika dan Kimia Pengambilan Sampel Ketiga

Pengambilan Sampel Ketiga			
No	Titik Sampling	Suhu (°C)	pH
1	Inlet	36	8,4
2	Outlet	35	8,2
3	Titik 1	31	7,2
4	Titik 2	33	6,8
5	Titik 3	31	7
6	Titik 4	32	7,1
7	Titik 5	32	6,9

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan pada hari ketiga pengambilan sampel, diketahui bahwa suhu pada *inlet* adalah 36°C dan nilai pH 8,4. Suhu pada *outlet* adalah 35°C dan nilai pH 8,2. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 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 1 hingga Titik 5 menunjukkan suhu pada kisaran 31–33°C dan pH pada kisaran 6,8–7,2. 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 ± 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 sumur. 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.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, sifat fisik lindi adalah berwarna hitam pekat dan berubah menjadi agak coklat bila tercampur dengan air sumur. Lindi mempunyai bau yang menyengat, apalagi jika terbentuk dalam jangka waktu yang lama. Bau lindi yang tidak sedap disebabkan oleh kandungan hidrogen sulfida. Suhu air yang tinggi dan pH yang rendah atau asam dapat meningkatkan kelarutan logam berat dan menjadikannya lebih toksik. Temperatur yang tinggi melarutkan senyawa logam berat dalam air, sedangkan temperatur air yang rendah mendorong pengendapan logam berat dalam sedimen. Kelarutan senyawa logam berat cenderung stabil dalam air dengan tingkat keasaman (pH) normal pada kisaran 7 sampai 8. Semakin rendah kelarutan senyawa logam berat maka semakin tinggi nilai pH badan air.

4.3 Analisis Kandungan Logam Berat

Pencemaran air oleh logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) memang merupakan salah satu masalah lingkungan paling serius, terutama di daerah dekat tempat pembuangan sampah seperti TPA Piyungan. Selain itu, pencemaran ini dapat terjadi melalui keluarnya limbah yang mengandung logam berat, seperti limbah rumah tangga, industri, dan pertanian, serta pengaruh angin.

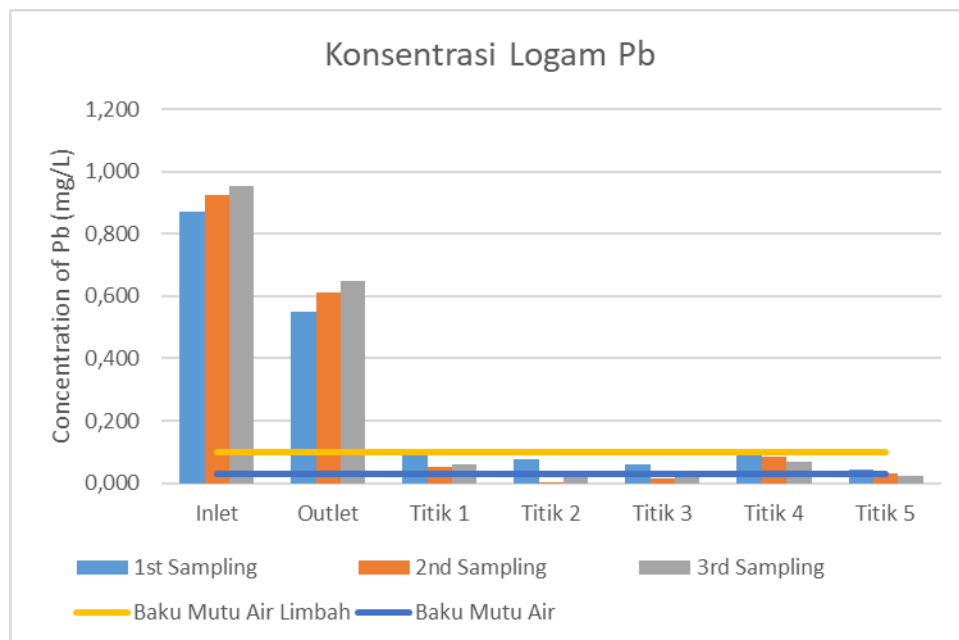
Analisis kandungan logam berat pada sampel uji dilakukan dengan menggunakan spektrometri serapan atom nyala (AAS) pada panjang gelombang tertentu. Uji coba dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Perubahan kualitas air lindi, terutama yang disebabkan oleh peningkatan volume, kandungan logam berat, dan perubahan sifat kimia, dapat secara signifikan mempengaruhi konsentrasi logam berat di dalam air sumur. Hal ini yang menyebabkan perbedaan antara hari pertama, kedua, dan ketiga pengujian logam berat pada air sumur sebagai berikut;

4.3.1 Logam Berat Timbal (Pb)

Untuk melakukan pengujian, digunakan larutan timbal standar (Pb) dengan konsentrasi 0,05 untuk membuat kurva kalibrasi. 0,1; Deret standar kemudian dianalisis menggunakan spektrometri serapan atom (AAS) pada panjang gelombang 217 nm. Kurva kalibrasi standar untuk timbal (Pb) adalah hubungan linier antara konsentrasi timbal (Pb) dalam larutan standar dan serapan yang dihasilkan oleh respons spektrometer serapan atom.

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 sumur 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 Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 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.

Air sumur yang terkontaminasi logam timbal (Pb) dengan konsentrasi cukup tinggi dapat menimbulkan resiko bahaya bagi kehidupan manusia. Timbal (Pb) umumnya ditemukan dalam air yang terkontaminasi dari pipa timbal, baterai, cat, bensin, dan bahan konstruksi. TPA Piyungan sangat dekat dengan pemukiman penduduk, sehingga air sumur disekitarnya dimanfaatkan oleh warga sekitar dalam kehidupan sehari-hari. Timbal (Pb) merupakan logam yang bersifat toksik bagi manusia karena bersifat bioakumulatif dan dapat terakumulasi dalam tubuh manusia. Oleh karena itu, konsentrasi timbal (Pb) dalam tubuh manusia cenderung lebih tinggi dibandingkan kandungan timbal pada permukaan air yang dijadikan sumber air oleh warga di sekitar TPA Piyungan.

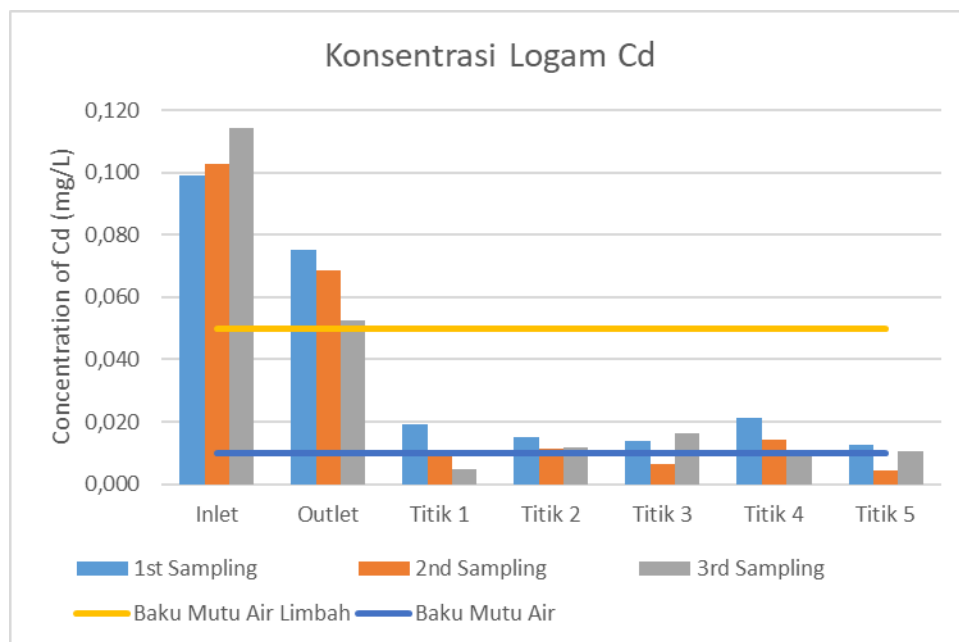
Logam timbal (Pb) dapat diremediasi dengan metode fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan sebagai hiperakumulator. Fitoremediasi adalah teknologi remediasi lingkungan yang menggunakan tanaman untuk memurnikan, mengurangi, atau mengurangi polutan dalam tanah, air, dan udara. Jarak pagar dan bayam (*Amaranthus spinosus* L) merupakan tanaman hiperakumulator Indonesia yang memiliki potensi yang sangat baik untuk fitoremediasi pencemaran timbal (Pb).

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 sumur 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 0,125 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 Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 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.

Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dapat berasal dari sampah plastik, baterai, dan sampah tekstil. Hal ini dapat menghambat perambatan cahaya, menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air, mengubah pH menjadi asam, dan menyebabkan gangguan lainnya. Kandungan logam kadmium (Cd) dapat dikurangi dengan fitoremediasi dengan tanaman akar wangi. Tanaman akar wangi (*Vetiver zizanioides*) mampu menyerap logam kadmium (Cd) dari dalam tanah, sehingga logam kadmium (Cd) tersebut menguap ke udara sebelum akhirnya terlepas dari daun suasana. diserap oleh tanaman. Selain itu, pemanfaatan tanaman air seperti tanaman Kayambang dapat menurunkan kadar logam berat kadmium (Cd) hingga 92,04% dalam waktu 3 hari.

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

Meremediasi air tanah yang tercemar logam berat merupakan tantangan lingkungan yang penting, karena pencemaran logam berat dapat membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem. Berikut adalah beberapa metode umum yang digunakan untuk meremediasi air tanah yang tercemar logam berat:

1. Penggunaan Teknologi Pompa dan Olah (Pump and Treat)

Ini adalah metode yang paling umum digunakan. Air tanah yang tercemar dipompa ke permukaan, kemudian diolah untuk menghilangkan logam berat, lalu air yang telah diolah dikembalikan ke dalam tanah atau dibuang dengan aman.

- Keuntungan: Efektif untuk mengolah air dalam jumlah besar.
- Kekurangan: Proses yang mahal dan membutuhkan waktu lama.
- Proses pengolahan: Beberapa teknologi yang digunakan dalam proses pengolahan air adalah filtrasi, presipitasi kimia, pertukaran ion, atau osmosis balik (reverse osmosis).

2. Bioremediasi

Metode ini menggunakan mikroorganisme (bakteri atau jamur) yang dapat mengubah logam berat menjadi bentuk yang kurang berbahaya atau mempercepat degradasi zat pencemar.

- Keuntungan: Ramah lingkungan, relatif murah.
- Kekurangan: Tidak semua logam berat bisa diurai dengan metode ini dan memerlukan kondisi lingkungan yang spesifik agar mikroorganisme dapat bertahan dan berkembang.

3. Nanoteknologi

Penggunaan partikel nano, seperti nanopartikel besi (zerovalent iron nanoparticles), untuk mengikat dan mengendapkan logam berat dari air tanah. Teknologi ini sedang berkembang dan menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam menangani kontaminasi logam berat.

- Keuntungan: Efektif dalam menangani berbagai jenis logam berat.
- Kekurangan: Biaya teknologi yang tinggi dan masih dalam tahap penelitian lebih lanjut.

4. Pertukaran Ion (Ion Exchange)

Metode ini menggunakan resin pertukaran ion yang dapat menggantikan ion logam berat dalam air dengan ion yang tidak berbahaya, seperti natrium atau kalsium.

- Keuntungan: Sangat efektif dalam menghilangkan logam berat dari air.
- Kekurangan: Membutuhkan biaya pemeliharaan yang tinggi, karena resin harus sering diganti atau diregenerasi.

5. Adsorpsi

Adsorpsi melibatkan penggunaan bahan penyerap (adsorben) seperti karbon aktif, zeolit, atau bahan alam lainnya yang memiliki kemampuan tinggi untuk menyerap logam berat dari air.

- Keuntungan: Efektif untuk konsentrasi logam berat yang rendah.
- Kekurangan: Kapasitas adsorpsi terbatas, dan adsorben harus sering diganti.

6. Presipitasi Kimia (Chemical Precipitation)

Dalam metode ini, bahan kimia ditambahkan ke air yang tercemar untuk membentuk endapan logam berat, yang kemudian dapat dihilangkan dengan proses filtrasi.

- Keuntungan: Mudah diterapkan dan efektif untuk menghilangkan berbagai logam berat.
- Kekurangan: Memerlukan penanganan limbah yang dihasilkan dari proses pengendapan.

7. Electrocoagulation

Ini adalah metode di mana medan listrik digunakan untuk mengkoagulasi dan mengendapkan logam berat dari air.

- Keuntungan: Dapat menangani berbagai jenis logam berat secara efektif.
- Kekurangan: Membutuhkan peralatan khusus dan biaya energi yang tinggi.

8. Permeable Reactive Barriers (PRB)

Ini adalah metode di mana penghalang reaktif ditempatkan di bawah tanah untuk menyaring air tanah yang mengalir melaluinya. Penghalang ini mengandung bahan yang mampu mengendapkan atau menyerap logam berat dari air tanah.

- Keuntungan: Metode pasif, sehingga biaya operasionalnya lebih rendah.
- Kekurangan: Tidak dapat diaplikasikan pada semua jenis lokasi.

Langkah Tambahan:

- Pemantauan Berkala: Setelah remedi, pemantauan kualitas air tanah secara berkala perlu dilakukan untuk memastikan tidak ada kontaminasi lebih lanjut.
- Sumber Pencemar: Penting untuk mengidentifikasi dan mengelola sumber pencemar untuk mencegah pencemaran lebih lanjut.

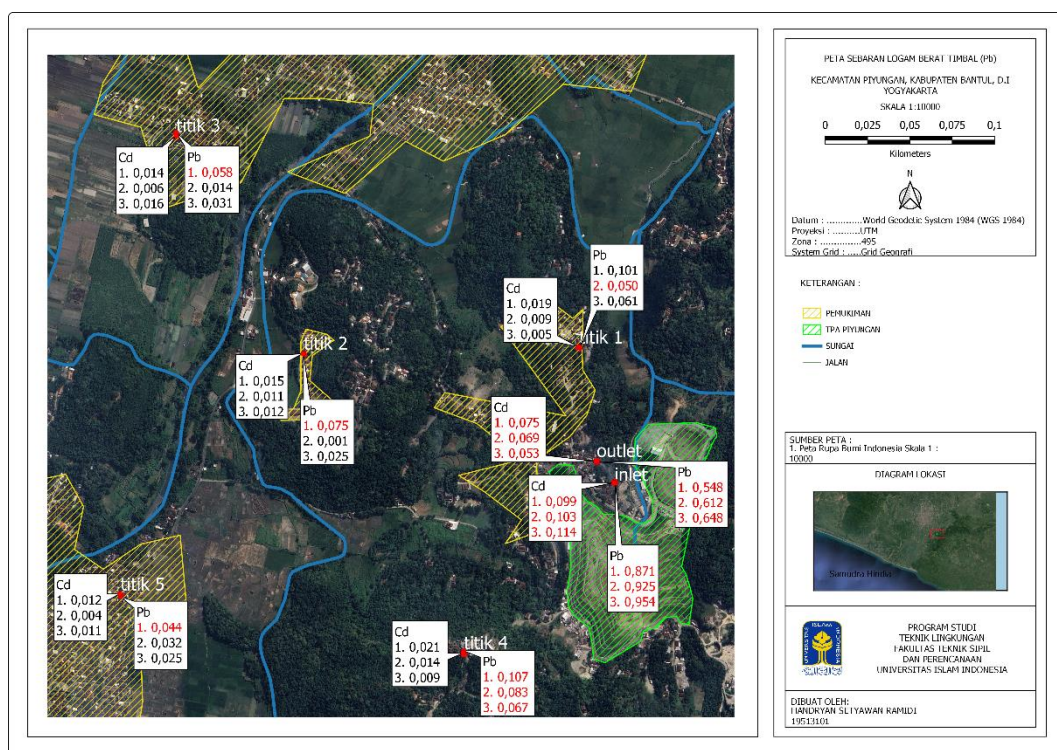
Setiap metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan, dan seringkali kombinasi beberapa metode diperlukan untuk mencapai hasil yang efektif dalam meremediasi air tanah dari pencemaran logam berat.

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



Gambar 4. 4 Peta Persebaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)

Berdasarkan peta persebaran logam berat diatas, untuk kandungan Timbal (Pb) pada area sekitar TPA Piyungan dapat dilihat bahwa titik yang terdekat dengan sumber pencemar yaitu Titik 1 dan Titik 4 memiliki kualitas air yang tidak memenuhi baku mutu, sedangkan untuk Titik 2, 3 dan 5 memiliki kualitas air yang memenuhi baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Berdasarkan peta persebaran logam berat diatas, untuk kandungan Kadmium (Cd) pada area sekitar TPA Piyungan dapat dilihat bahwa titik yang terdekat dengan sumber pencemar yaitu Titik 1 sampai dengan Titik 3 memiliki kualitas air yang memenuhi baku mutu yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Dapat disimpulkan bahwa kandungan Timbal (Pb) dari kelima sumur yang diuji telah melebihi batas baku mutu kualitas air yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sedangkan untuk kandungan Kadmium (Cd) masih tergolong aman untuk dikonsumsi. Maka dari itu warga harus lebih berhati-hati dalam mengkonsumsi air sumur yang ada disekitar, terutama warga di sekitar sumur 1.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada penelitian ini didapatkan hasil kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air sumur di sekitar lokasi TPA Piyungan. Konsentrasi logam berat timbal (Pb) berada pada kisaran 0,0235–0,9538 mg/L. Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) berada pada kisaran 0,0045–0,1241 mg/L.
2. Pada peta persebaran logam berat timbal (Pb), jarak paling dekat dengan sumber pencemar yaitu Titik 1 dan Titik 4 memiliki kualitas air yang tidak memenuhi baku mutu, sedangkan untuk Titik 2, 3 dan 5 masih dapat dikategorikan aman untuk dikonsumsi

5.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan :

1. Perlu diadakannya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perkembangan kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air sumur 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

- Agustina, T. (2014). Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan. *Teknobuga*, 1(1), 53–65.
- Asdak, C. (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima. Yogyakarta: *Gadjah Mada University Press Yogyakarta*.
- Ashar, Y. K., Naria, E., & Dharma, S. (2014). Analisis Kandungan Kadmium (Cd) dalam Udang Windu (*Penaeus monodon*) yang Berada di Tambak Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Kelurahan Terjun Kota Medan tahun 2014. *Lingkungan Dan Keselamatan Kerja*, 3(3), 1–10.
- Azwar, Asrul. (1990). Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan . Jakarta: *Mutiara Sumber Widya*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI.6989.58-2008. Metode Pengambilan Contoh Air Sumur.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI.6989.59-2008. Metode Pengambilan Contoh Air Tanah.
- Budiyanto, M. (2002). Mikrobiologi Terapan. Universitas Muhammadiyah, Malang. 183 hal.
- Chandra. (2007). *Pengaruh Kesehatan Lingkungan*. <http://inspeksisanitasi.blogspot.com/sumur-sehat.html>.
- Darnas, Y., Anas, A. A., & Hasibuan, M. A. A. (2020). Pengendalian air lindi pada proses penutupan TPA Gampong Jawa terhadap kualitas air sumur. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(3), 1165–1176.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2013). Persyaratan Teknis Penyediaan

Pengoperasian, Penutupan atau Rehabilitasi TPA. Retrieved from <http://birohukum.pu.go.id/uploads/DPU/2013/Lamp3-PermenPU03-2013.pdf>.

Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan. Yogyakarta: Kanisus.

Gabriel, J. F. (2001). Fisika Lingkungan. Cetakan Pertama. Penerbit Hipokrates. Jakarta. Hal, 33.

Gray, J. (2008). *Get Started With Quantum GIS. Linux Journal*.

Kusnoputranto, H. (2000). Kesehatan Lingkungan. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Jakarta.

Marsono. (2009). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kualitas Bakteriologis Air Sumur Gali di Pemukiman, Studi di Desa Karangnom, Kecamatan Klaten Utara, Kabupaten Klaten. Tesis.

Nomor, P. P. R. I. (22). Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

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.

Pinem, J.A., Ginting, M.S., dan Peratenta, M. (2014). Pengolahan Air Lindi TPA Muara Fajar dengan Ultrafiltrasi. *Jurnal Teknobiologi*, 5(1):43-46.

Pujiati, R.A., Moelyaningrum, dan Khoiron. (2006). Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Kabupaten Jember Sebagai Bahan Kompos Dan Briket.

Puspawati, C & Haryono, P. (2018). Penyehatan Tanah. Jakarta : Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan Edisi Tahun 2018.

Puspitasari, T. (2016). Pemetaan Kualitas Air Bersih di Sekitar TPA Piyungan,

- Bantul, Yogyakarta (*Doctoral dissertation*, UII Yogyakarta).
- Rosihan, A., & Husaini, H. (2017). Logam Berat Sekitar Manusia. Banjarmasin : *Lambung Mangkurat University Press*.
- Sherly, R. (2013). Mengenal Pencemaran Ragam Logam. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- 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.
- Siswoyo, E., & Habibi, G. F. (2018). Sebaran logam berat cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada air sungai dan sumur di daerah sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) Wukirsari Gunung Kidul, Yogyakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(1), 1-6.
- Sri, P.G., Joko, P.S., dan Agus, S., 2008, Pengelolaan Leachate Tercemar Pb Sebagai Upaya pencegahan pencemaran 67 Lingkungan TPA, *Jurnal Teknik Lingkungan*, Volume. 9, Nomor. 1, Hal92- 97 ISSN1441-318X.
- Subekti, S. (2005). Pengelolaan Air Bersih Rumah Sakit Sebagai Upaya Minimisasi Limbah Cair Studi Kasus (Rumah Sakit Umum Daerah Ungaran) (*Doctoral dissertation*, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).
- Sumantri. (2013). Kesehatan Lingkungan. *Kencana Prenada Media Group*. Jakarta.
- Supanca, W.W. (2003). Dasar-dasar Pemantauan, Pengawasan dan Teknik Penilaian Pencemaran Limbah Padat. Denpasar.
- 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.

Warsinah, W., Suheryanto, S., & Windusari, Y. (2015). Kajian Cemarkan Logam Berat Timbal (Pb) pada Kompartemen di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan Palembang. *Jurnal Penelitian Sains*, 17(2).

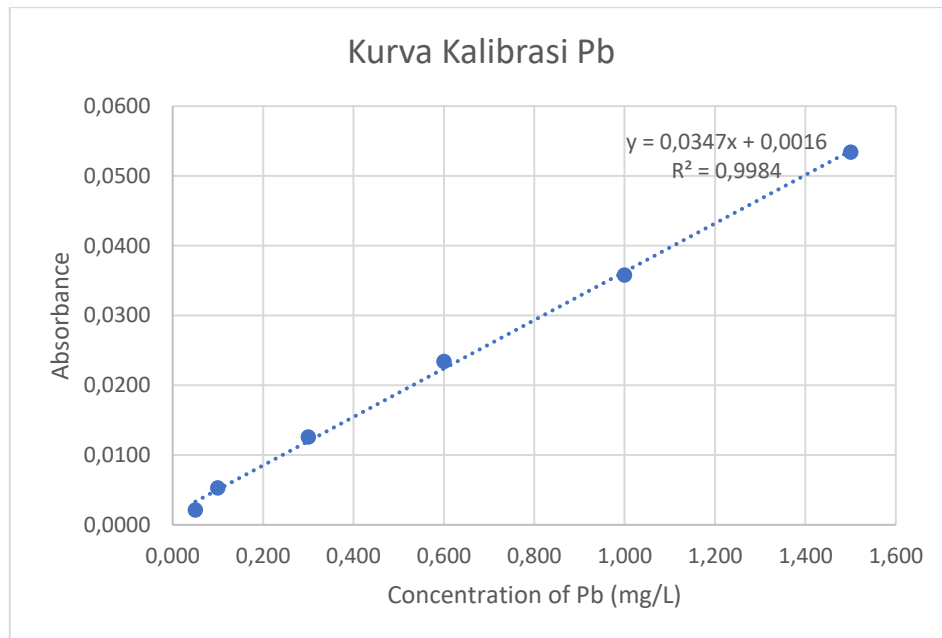
Widowati, W., Sastiono, A., dan Rumampuk, R.J. (2008). Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. OPAC Perpustakaan Nasional RI.

Widyasari, N., Moelyaningrum, A. D., & Pujiati, R. S. (2013). Analisis Potensi Pencemaran Timbal (Pb) Pada Tanah, Air Lindi, dan Air Tanah (Sumur Monitoring) di TPA Pakusari Kabupaten Jember. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa 2013*, 1–8.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva Kalibrasi Logam Berat Timbal (Pb)

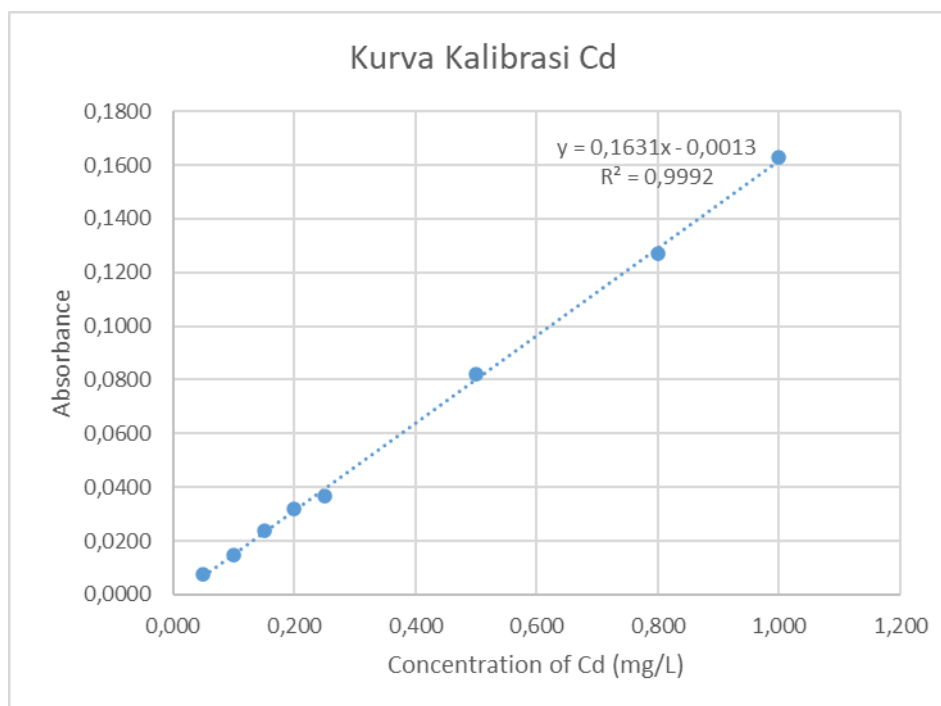


Gambar 1 Kurva Kalibrasi Logam Berat Timbal (Pb)

$$y = bX + a$$

$$y = 0,0347x + 0,0016$$

Lampiran 2. Kurva Kalibrasi Logam Berat Kadmium (Cd)



Gambar 2 Kurva Kalibrasi Logam Berat Kadmium (Cd)

$$y = bX + a$$

$$y = 0,2431x + 0,0001$$

Lampiran 3. Data Adsorbansi Sampel Logam Berat Kadmium (Cd)

Tabel 1 Data Adsorbansi Sampel Logam Berat Kadmium (Cd)

Sampel Label	Mean Abs.	Mean Abs.	Mean Abs.
	1 st Sampling	2 nd Sampling	3 rd Sampling
Inlet	0,0148	0,0235	0,0243
Outlet	0,0109	0,0201	0,0135
Titik 1	0,0018	0,0142	0,0051
Titik 2	0,0011	0,0144	0,0063
Titik 3	0,0009	0,0139	0,0071
Titik 4	0,0021	0,0147	0,0059

Titik 5	0,0007	0,0137	0,0061
---------	--------	--------	--------

Lampiran 4. Data Adsorbansi Sampel Logam Berat Timbal (Pb)

Tabel 2 Data Adsorbansi Sampel Logam Berat Timbal (Pb)

Sampel Label	Mean Abs.	Mean Abs.	Mean Abs.
	1 st Sampling	2 nd Sampling	3 rd Sampling
Inlet	0,0318	0,0325	0,0334
Outlet	0,0206	0,0222	0,0233
Titik 1	0,0051	0,0037	0,0039
Titik 2	0,0042	0,0021	0,0027
Titik 3	0,0036	0,0025	0,0029
Titik 4	0,0053	0,0048	0,0041
Titik 5	0,0031	0,0031	0,0027

Lampiran 5. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Pengambilan Pertama Sampel *Inlet*

$$y = bX + a$$

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 6. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)

Tabel 3 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)

Titik Sampling	Conc.				
	mg/L				
	1st Sampling	2nd Sampling	3rd Sampling	Baku Mutu Air Limbah	Baku Mutu Air
Inlet	0,871	0,925	0,954	0,1	0,03
Outlet	0,548	0,612	0,648	0,1	0,03
Titik 1	0,101	0,050	0,061	0,1	0,03
Titik 2	0,075	0,001	0,025	0,1	0,03
Titik 3	0,058	0,014	0,031	0,1	0,03
Titik 4	0,107	0,083	0,067	0,1	0,03
Titik 5	0,044	0,032	0,025	0,1	0,03

Lampiran 7. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd)

Tabel 4 Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd)

Titik Sampling	Conc.				
	mg/L				
	1st Sampling	2nd Sampling	3rd Sampling	Baku Mutu Air Limbah	Baku Mutu Air
Inlet	0,099	0,103	0,114	0,05	0,01
Outlet	0,075	0,069	0,053	0,05	0,01
Titik 1	0,019	0,009	0,005	0,05	0,01
Titik 2	0,015	0,011	0,012	0,05	0,01
Titik 3	0,014	0,006	0,016	0,05	0,01
Titik 4	0,021	0,014	0,009	0,05	0,01
Titik 5	0,012	0,004	0,011	0,05	0,01

Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian





RIWAYAT HIDUP

Handryan Setyawan Ramidi biasa dipanggil Iyan lahir di Tual, 28 Mei 2002. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak alm Heru Setyawan dan Ibu Nanik Indrawati. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 4 Kota Tual (2007-2013) kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Kota Tual (2013-2016), SMAN 1 Kei Kecil (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 2024.