

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cd, Cr, Fe
DALAM DEBU TSP DI SEKITAR TPA PIYUNGAN
YOGYAKARTA**

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



**NABILLA WIDHIYA ULHAQ
18513198**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cd, Cr, Fe DALAM DEBU TSP DI SEKITAR TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA

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



NABILLA WIDHIYA ULHAQ
18513198

Disetujui,

Pembimbing 1:

Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng.
NIK. 195130101

Tanggal:

Pembimbing 2:

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.
NIK. 165131305

Tanggal: 18 Oktober 2022

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Dr. Eng. Awaluddin Nurmianto, S.T., M.Eng.
NIK. 095130403

Tanggal: 25 Oktober 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cd, Cr, Fe
DALAM DEBU TSP DI SEKITAR TPA PIYUNGAN
YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 24 Oktober 2022

Disusun Oleh:

**NABILLA WIDHIYA ULHAQ
18513198**

Tim Penguji :

Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng.

()

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

( (18 Oktober 2022))

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

( (24 Oktober 2022))

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 merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 24 Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



Nabilla Widhiya Ulhaq

NIM: 18513198

PRAKATA

Assalamualaikum Wr.Wb

Puji syukur peneliti panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cr, Fe dalam Debu TSP di Sekitar TPA Piyungan Yogyakarta”. Penyusunan laporan tugas akhir ini dilaksanakan sebagai prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga mempermudah kelancaran proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orangtua tercinta, Bapak Muslihin Yadi dan Ibu Wiwin Widi Hastuti serta adik saya yang selalu memberikan dukungan, doa dan motivasi demi kelancaran penulisan tugas akhir ini.
3. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan UII Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng dan Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan.
4. Dosen Pembimbing Tugas Akhir Ibu Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng., Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T., serta Bapak Azham Umar A, S.K.M., M.P.H, yang telah membimbing dan meluangkan waktu dan tenaganya dalam proses penyusunan laporan tugas akhir.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada peneliti.

6. Pihak pengelola dan masyarakat TPA Piyungan yang telah memberikan tempat dan membantu peneliti dalam proses pengambilan data di lapangan.
7. Tim Bocah Piyungan yang selalu berjuang bersama baik suka maupun duka pada saat proses tugas akhir dari awal hingga akhir.
8. Teman-teman penulis Wildan, Dila, Tamy, Lisa, Nisrina, Erna, dan Dea yang telah membantu, mendengarkan keluh kesah, memberi semangat dan memberikan motivasi selama perkuliahan dan dalam penyelesaian tugas akhir.
9. Keluarga Besar Teknik Lingkungan Angkatan 2018 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
10. Seluruh keluarga, teman, dan pihak-pihak terkait yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Maka perlu kritik dan saran yang membangun dari teman-teman semua dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 24 Oktober 2022



Nabilla Widhiya Ulhaq



“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

ABSTRAK

NABILLA WIDHIYA ULHAQ. Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cr, Fe dalam Debu TSP di Sekitar TPA Piyungan Yogyakarta. Dibimbing oleh ADELIA ANJU ASMARA, S.T., M.Eng. dan FINA BINAZIR MAZIYA, S.T., M.T.

Peningkatan volume sampah di TPA Piyungan mengakibatkan pencemaran udara baik dari segi sampah yang menumpuk maupun volume kendaraan pengangkut yang menghasilkan polutan udara berupa TSP. Debu TSP yang mengandung logam berat dapat menyebabkan penyakit seperti batuk, iritasi hidung, dan iritasi tenggorokan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP), konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam TSP serta cara pengendalian debu TSP di sekitar TPA Piyungan. Proses pengukuran TSP mengacu pada SNI 7119-3-2017 dan pengujian logam berat menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi TSP pada titik 1 sebesar $22,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, titik 2 sebesar $24,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan titik 3 sebesar $30,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jika dibandingkan dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 masih dibawah baku mutu. Kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Fe dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) secara berturut-turut yaitu $1,9 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$; $1,5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$; $4,3 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$; $9,7 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil analisis pengendalian logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan dapat dilakukan dengan cara pengecekan mesin secara berkala, uji emisi kendaraan pengangkut sampah dan alat berat, penggunaan APD, penggunaan teknologi *fog cannon* serta melakukan sosialisasi.

Kata Kunci: Logam Berat, TSP, Pencemaran Udara, Pengendalian, TPA Piyungan.

ABSTRACT

NABILLA WIDHIYA ULHAQ. Analysis of Heavy Metal Pb, Cd, Cr and Fe
In TSP Around Piyungan Landfill, Yogyakarta. Supervised by ADELIA ANJU
ASMARA, S.T., M.Eng. and FINA BINAZIR MAZIYA, S.T., M.T.

The increase in the volume of waste in the Piyungan TPA results in air pollution both in terms of accumulated waste and the volume of transport vehicles that produce air pollutants in the form of TSP. TSP dust containing heavy metals can cause illnesses such as coughing, nasal irritation, and throat irritation. This study aims to analyze the concentration of Total Suspended Particulate (TSP), the concentration of heavy metals Pb, Cd, Cr, and Fe contained in the TSP and how to control TSP dust around the Piyungan landfill. The TSP measurement process refers to SNI 7119-3-2017 and heavy metal testing uses the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) method. The results showed that the TSP concentration at point 1 was $22.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, point 2 was $24.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and point 3 was $\mu\text{g}/\text{m}^3$. When compared with PP No. 22 of 2021, it is still below the quality standard. Heavy metal content of Pb, Cd, Cr and Fe in Total Suspended Particulate (TSP), respectively, $1,9 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$; $1,5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$; $4,3 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$; $9,7 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$. The results of the analysis of the control of heavy metals Pb, Cd, Cr, and Fe contained in the Total Suspended Particulate (TSP) around the Piyungan TPA can be done by checking the engine regularly, testing the emissions of garbage transporting vehicles and heavy equipment, using PPE, using fog technology. cannon and do socialization.

Keywords: Heavy Metals, TSP, Air Pollution, Control, Piyungan Landfill.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

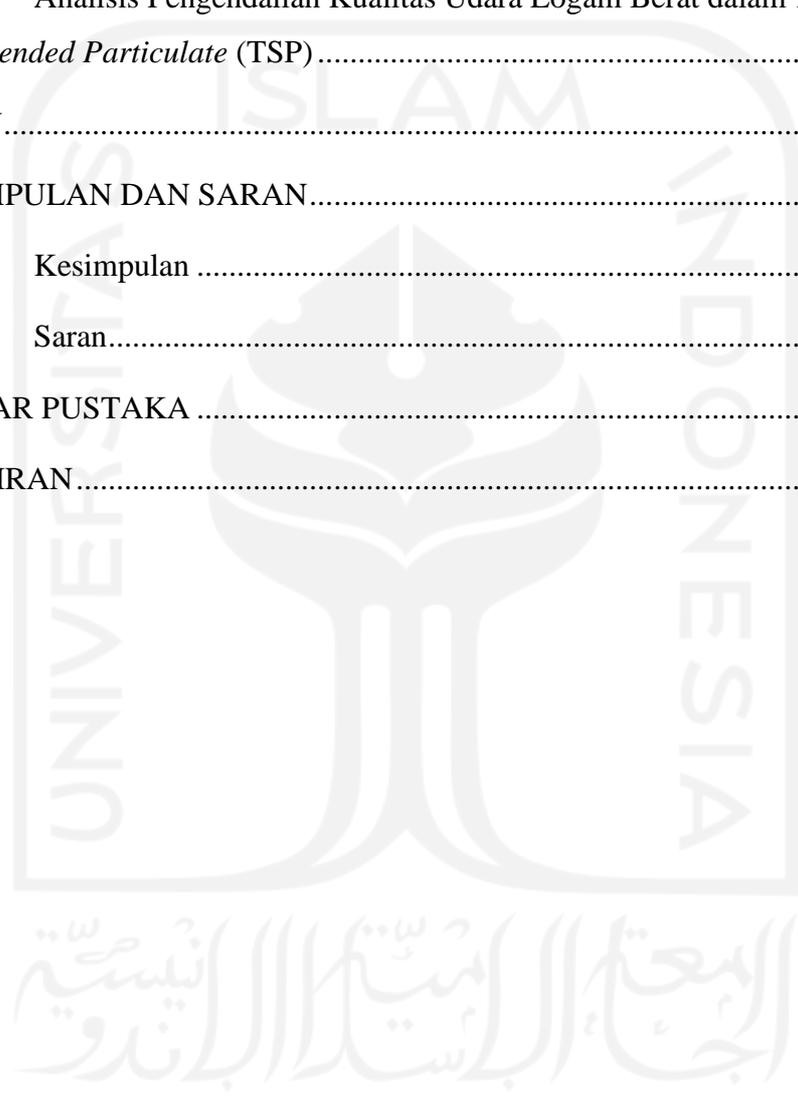
الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA).....	5
2.2 Total Suspended Particulate (TSP).....	6
2.3 Logam Berat Pb, Cd, Cr, dan Fe sebagai Zat Pencemaran Udara.....	6
2.4 Bahaya <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) bagi Kesehatan Manusia ...	8

2.5	Bahaya Logam Pb, Cd, Cr, dan Fe bagi Kesehatan Manusia	8
2.6	<i>High Volume Air Sampler (HVAS)</i>	9
2.7	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)</i>	9
2.8	Penelitian Terdahulu	10
BAB III		12
METODE PENELITIAN.....		12
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	12
3.2	Sampel dan Populasi Penelitian	13
3.3	Metode Penelitian.....	14
3.4	Prosedur Pengambilan Data	14
3.4.1	Prosedur Pengambilan Sampel <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i> . 15	
3.4.2	Uji Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang Terkandung dalam <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i>	16
3.4.3	Metode Kuesioner	17
3.5	Prosedur Analisis Data.....	17
BAB IV		21
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		21
4.1	Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian.....	21
4.2	Analisis Logam Berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i> di TPA Piyungan Yogyakarta.....	23
4.2.1	Kandungan <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i> di TPA Piyungan Yogyakarta	24
4.2.2	Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cr, dan Fe di Sekitar TPA Piyungan.....	28
4.3	Identifikasi Karakteristik Responden.....	36
4.3.1	Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin	36
4.3.2	Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Usia.....	37

4.3.3	Karakteristik Responden Berdasarkan Berat Badan	38
4.3.4	Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Tinggal.....	38
4.3.5	Karakteristik Responden Berdasarkan Riwayat Merokok	39
4.3.6	Karakteristik Responden Berdasarkan Keluhan Kesehatan.....	40
4.4	Analisis Pengendalian Kualitas Udara Logam Berat dalam <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP).....	42
BAB V.....		44
KESIMPULAN DAN SARAN.....		44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN.....		52





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR NOTASI

C	: Konsentrasi agen pada media udara	[mg/m ³]
C	: Konsentrasi logam di udara	[µg/m ³]
C _t	: Kadar logam dalam larutan contoh uji yang <i>dispike</i>	[µg/ml]
C _b	: Kadar logam dalam larutan blanko	[µg/ml]
C ₁	: Konsentrasi udara rata-rata dengan lama pencuplikan t ₁	[µg/m ³]
C ₂	: Konsentrasi udara rata-rata hasil pengukuran dengan lama t ₂	[µg/m ³]
e	: Koreksi ketelitian pengambilan sampel yang masih ditolerir	
N	: Jumlah total responden	[orang]
n	: Jumlah responden yang dibutuhkan	[orang]
p	: Faktor konversi, 0,159	
P _o	: Tekanan barometrik dimana Q _o ditentukan	[kPa]
P _s	: Tekanan barometrik standar, 101, 3 kPa (760 mmHg)	[kPa]
Q _o	: Laju alir volume uji, 1,1 – 1,7 m ³ /menit	[m ³ /menit]
Q _s	: Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar	[m ³ /menit]
Q _{s1}	: Laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama	[m ³ /menit]
Q _{s2}	: Laju alir akhir terkoreksi pada pengukuran kedua	[m ³ /menit]
S	: Luas contoh uji yang terpapar debu pada permukaan filter	[mm ²]
St	: Luas contoh uji yang digunakan	[mm ²]
T	: Durasi pengambilan contoh uji	[menit]
T _o	: Temperatur absolut	[K]
T _s	: Temperatur standar, 298 K	[K]
t ₁	: Lama pencuplikan contoh 1, 24 jam	[jam]
t ₂	: Lama pencuplikan contoh 2 dari hasil pengukuran contoh udara	[jam]
V	: Volume udara yang diambil	[m ³]

Vt : Volume larutan contoh uji

[ml]





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 4. 1 Kondisi Cuaca Saat Pengambilan Sampel di Sekitar TPA Piyungan ..	22
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) di sekitar TPA Piyungan.....	25
Tabel 4. 3 Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) di TPA Piyungan ..	29
Tabel 4. 4 Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) di TPA Piyungan	32
Tabel 4. 5 Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Kromium (Cr) di TPA Piyungan	34
Tabel 4. 6 Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Besi (Fe) di TPA Piyungan	35
Tabel 4. 7 Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin	36
Tabel 4. 8 Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Usia.....	37
Tabel 4. 9 Karakteristik Responden Berdasarkan Berat Badan	38
Tabel 4. 10 Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Tinggal	38
Tabel 4. 11 Karakteristik Responden Berdasarkan Riwayat Merokok	39
Tabel 4. 12 Karakteristik Responden Berdasarkan Keluhan Kesehatan.....	41



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kondisi TPA Piyungan	6
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian dan Titik Pengambilan Sampel.....	13
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengambilan Sampel <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP)	16
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penetapan Logam Berat Pb, Cd, Cr dan Fe dalam <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP).....	17
Gambar 4. 1 Kondisi Lingkungan saat Pengambilan Sampel di (a) Titik 1 (b) Titik 2 dan (c) Titik 3 di Sekitar TPA Piyungan.....	23
Gambar 4. 2 Sampel Kertas Filter.....	24
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan nilai konsentrasi <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) di sekitar TPA Piyungan.....	27
Gambar 4. 4 Hasil Destruksi Basah Sampel TPA Piyungan.....	28
Gambar 4. 5 Proses Analisis Hasil Destruksi Basah Sampel Kertas Filter TPA Piyungan.....	29



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam TSP dengan Metode Destruksi Basah.....	52
Lampiran 2. Kuesioner Penelitian.....	57
Lampiran 3. Surat Keterangan <i>Ethical Approval</i>	62
Lampiran 4. Contoh Perhitungan <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) di TPA Piyungan.....	63
Lampiran 5. Hasil Pemantauan Langsung <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) di TPA Piyungan.....	65
Lampiran 6. Perhitungan Jumlah Responden di TPA Piyungan.....	71
Lampiran 7. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd, Cr, dan Fe) dalam Sampel <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP).....	72
Lampiran 8. Dokumentasi.....	73
Lampiran 9. Baku Mutu <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) Udara Ambien di Indonesia.....	75
Lampiran 10. Hasil Uji Logam Berat (Pb, Cd, Cr, dan Fe) Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom-Nyala.....	76



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Piyungan berada di Kelurahan Sitimulyo, Piyungan, Bantul. TPA Piyungan memiliki luas total 12,5 Ha dan dapat menampung sampah sebanyak 2,4 juta m³. Sampah yang diangkut ke TPA Piyungan berasal dari Kabupaten Bantul, Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta. Seiring dengan berjalannya waktu lambat laun terjadi peningkatan volume sampah yang ada di TPA Piyungan. Kondisi tersebut tentu menimbulkan banyak keluhan bagi masyarakat terlebih lagi terkait pencemaran udara sekitar karena aroma tidak sedap yang ditimbulkan serta partikel debu *Total Suspended Particulate* (TSP) yang berasal dari truk-truk pengangkut sampah yang setiap harinya melintas di sekitar pemukiman warga maupun tumpukan sampah.

Meningkatnya volume sampah tentu berpengaruh juga terhadap peningkatan penggunaan truk-truk pengangkut sampah yang dapat menghasilkan emisi gas buang hasil dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung logam berat dalam TSP. *Total Suspended Particulate* (TSP) adalah partikel debu yang berukuran < 100 mikron. Partikel yang sangat halus ini dapat mengandung logam. Logam berat ini dapat menimbulkan berbagai macam efek bagi kesehatan manusia sehingga dikatakan sebagai logam beracun. Partikulat logam berat yang masuk ke saluran pernafasan dan menembus bagian dalam paru-paru dapat mempengaruhi kesehatan pernafasan manusia (Mukhtar, *et al.*, 2013). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis kandungan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam debu TSP di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta. Dalam penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data nilai konsentrasi TSP, nilai konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam TSP, serta pengendalian

kandungan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam debu TSP disekitar TPA Piyungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang ada ialah sebagai berikut :

1. Berapa konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara sekitar TPA Piyungan Yogyakarta?
2. Berapa konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta?
3. Bagaimana pengendalian dari logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta?

1.3 Tujuan

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan dengan tujuan berikut:

1. Menganalisis konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara sekitar TPA Piyungan Yogyakarta.
2. Menganalisis konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di TPA Piyungan Yogyakarta.
3. Memberikan rekomendasi pengendalian dari logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi terkait dengan kualitas udara serta konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dalam udara ambien di sekitar TPA Piyungan, D.I.Yogyakarta.

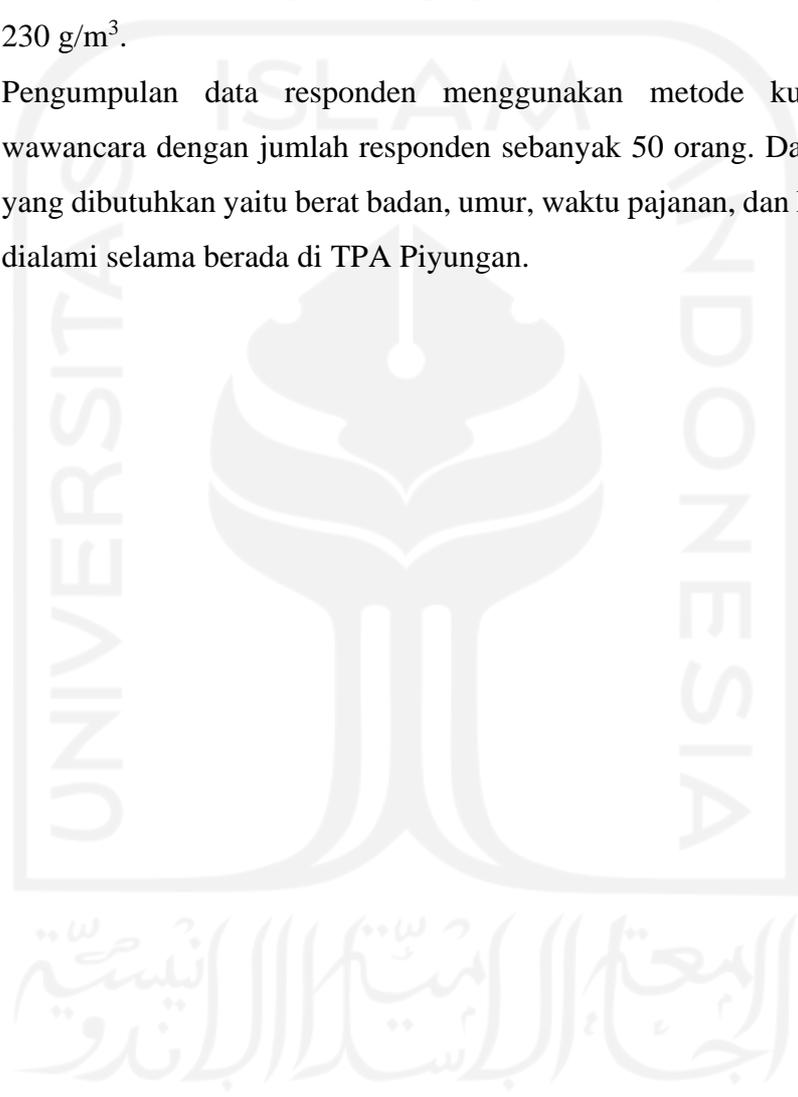
2. Memberikan informasi terkait konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung pada *Total Suspended Particulate* (TSP) dalam udara ambien di sekitar TPA Piyungan, D.I.Yogyakarta.
3. Memberikan informasi cara pengendalian dari logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) dalam udara ambien di sekitar TPA Piyungan, D.I.Yogyakarta.
4. Memberikan informasi kualitas udara, dampak, dan rekomendasi pengendalian kepada pihak penentu kebijakan untuk mempermudah pengelolaan dan penanganan terutama pada TPA Piyungan Yogyakarta.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut merupakan ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan :

1. Berdasarkan tata guna lahan dan jarak pemukiman warga, titik pengambilan *Total Suspended Particulate* (TSP) berada di pemukiman warga sekitar yang berjarak titik 1 <50 m, titik 2 <50-100 m, dan titik 3 >150 m dari TPA Piyungan.
2. Titik koordinat pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) di TPA Piyungan berada di -7.8714723, 110.4312088, -7.8698582, 110.4283342, dan -7.8677266, 110.4290225.
3. Waktu pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) dilaksanakan selama Bulan Februari 2022 sampai dengan Maret 2022. Masing-masing pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam sesuai dengan SNI 7119-3-2017 dengan jumlah sampel sebanyak 3 buah kertas filter.
4. Pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) menggunakan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS) dan dianalisis menggunakan metode gravimetri. Logam berat Pb, Cd, Cr dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) dianalisis dengan metode destruksi basah menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom-nyala (SSA-nyala).

5. Baku mutu untuk *Total Suspended Particulate* (TSP) diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dijelaskan bahwa Baku Mutu Udara Ambien parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan waktu pengukuran selama 24 jam nilainya adalah 230 g/m^3 .
6. Pengumpulan data responden menggunakan metode kuesioner dan wawancara dengan jumlah responden sebanyak 50 orang. Data responden yang dibutuhkan yaitu berat badan, umur, waktu pajanan, dan keluhan yang dialami selama berada di TPA Piyungan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Masalah sampah saat ini sudah menjadi masalah yang memerlukan perhatian khusus, karena sampah yang dibuang akan berdampak negatif bagi lingkungan. Sampah merupakan salah satu masalah nasional bahkan global, karena masih belum dapat diselesaikan hingga saat ini. Sampah merupakan masalah yang perlu diperhatikan, selain mengganggu dengan adanya bau yang tidak sedap sampah juga berbahaya bagi kesehatan dan dapat menyebabkan penyakit. Oleh karena itu, pengolahan dan pemusnahan sampah harus dilakukan semaksimal mungkin. Selain itu, diperlukan sistem pengelolaan sampah yang baik agar tidak mengganggu kesehatan masyarakat (Axmalia & Mulasari, 2020).

Salah satu program nasional di tiap wilayah memperkenalkan TPA sebagai rancangan pengelolaan sampah yang berkelanjutan. TPA disediakan oleh pemerintah sebagai wujud pelayanan kepada masyarakat. Sanitasi dan tempat pembuangan sampah yang aman bermanfaat bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan pada umumnya. Pengadaan TPA bertujuan untuk meminimalisir dampak dari tumpukan sampah (Priatna *et al.*, 2019).

Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman menggunakan TPA Piyungan sebagai tempat pembuangan akhir. TPA Piyungan yang beroperasi sejak tahun 1996 hingga saat ini masih menggunakan sistem *open dumping* (Asrifah *et al.*, 2021). Dari hasil wawancara yang dilakukan permasalahan sampah di TPA Piyungan secara umum adalah volume sampah yang meningkat secara terus menerus sehingga melampaui kapasitas. Hal tersebut tentu sangat berdampak kepada masyarakat di sekitar TPA Piyungan terutama masalah pencemaran udara yang dihasilkan seperti bau tidak sedap, debu dari TPA maupun dari kendaraan yang mengangkut sampah. Jika tidak ada pengelolaan yang baik maka akan

berdampak pula pada kesehatan masyarakat sekitar TPA Piyungan. Kondisi TPA Piyungan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kondisi TPA Piyungan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.2 Total Suspended Particulate (TSP)

Total Suspended Particulate (TSP) ialah salah satu parameter kualitas udara ambien. *Total Suspended Particulate* (TSP) merupakan partikel kecil di udara seperti debu, *fume*, serta asap dengan diameter kurang dari 100 μm . *Total Suspended Particulate* (TSP) dapat dihasilkan dari aktivitas konstruksi, pembakaran serat kendaraan bermotor. Partikel-partikel di udara 25% mencakup zat organik. Partikel organik bisa berbentuk mikroorganisme seperti virus, spora serta jamur yang melayang di udara (Santiasih *et al.*, 2012). Peningkatan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) diakibatkan oleh berbagai macam aktivitas seperti, transportasi, pertambangan, konversi lahan, dll.

2.3 Logam Berat Pb, Cd, Cr, dan Fe sebagai Zat Pencemaran Udara

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KEPMEN KLH) No. Kep.02/Menklh/1988, pencemaran udara merupakan

masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain di udara, dan/atau perubahan struktur udara akibat kegiatan manusia atau proses alam. Zat pencemar yang masuk ke udara akibat proses alam yaitu asap kebakaran hutan, asap gunung berapi, debu meteorit, dan pancaran garam dari laut sedangkan dari kegiatan manusia seperti transportasi, aktivitas industri, pembuangan sampah (Ratnani, 2008).

Sampah logam merupakan salah satu jenis sampah anorganik yang sering kita jumpai di TPA. Kebutuhan manusia akan logam juga secara tidak langsung memberikan kontribusi terhadap peningkatan jumlah limbah logam di TPA terutama limbah logam Pb karena pemanfaatannya pada proses industri dan seringkali langsung dibuang ke TPA. Selain itu timbal (Pb) juga dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna pada mesin kendaraan seperti truk-truk pengangkut sampah. Logam timbal di alam tidak dapat dipecah atau dihancurkan dan juga dikenal sebagai elemen jejak non-esensial tingkat tertinggi, sehingga sangat berbahaya jika sejumlah besar terakumulasi di dalam tubuh. Ada dua bentuk logam Pb yang mencemari udara yaitu dalam bentuk gas dan partikel (Gusnita, 2012).

Sumber Kadmium (Cd) dari di TPA Piyungan dapat berupa sampah plastik dan baterai. Kadmium merupakan logam yang sering digunakan pada kehidupan sehari-hari. Kadmium dipakai pada baterai, melamin ataupun pewarna, pelapis serta plating, stabilizer untuk plastik, kombinasi metal, serta fitur fotovoltaik (Fadhilah & Fitria, 2020). Cd merupakan senyawa yang paling banyak ditemukan diudara yang biasanya dibebaskan dari pembakaran sampah. (Darmono, 2008 dalam Nur, 2013).

Kromium (Cr) Sebagai salah satu unsur logam berat, kromium mempunyai nomor atom (NA) 24 dan berat atom (BA) 51,996. Logam kromium berwarna putih, kristal keras dan sangat tahan terhadap korosi, meleleh pada 1093°C, sehingga sering digunakan sebagai lapisan pelindung atau paduan logam (Chasanah & Mukaromah, 2019). Di dalam logam kromium ditemukan dalam wujud *chromite*. Logam kromium tidak bisa dioksidasi oleh udara lembab, tidak hanya itu ketika

proses pemanasan cairan, logam kromium teroksidasi dalam jumlah yang sangat kecil.

Besi (Fe) merupakan logam peralihan dengan nomor molekul 26. Bilangan oksidasi besi (Fe) adalah +3 dan +2. Besi (Fe) mempunyai berat molekul 55,845 g/mol, titik leleh 1,538°C, dan titik didih 2,861°C. Logam besi (Fe) terdapat di inti bumi dalam wujud hematit. Besi (Fe) jarang ditemukan sebagai unsur bebas. Disebabkan besi (Fe) diperoleh dalam wujud tidak murni, sehingga harus menjalani reaksi reduksi untuk memperoleh besi (Fe) murni. Besi (Fe) berperan dalam katalis reaksi oksidasi dalam sistem biologi dan berperan dalam transport gas (Syuhada, 2018). Penggunaan bahan bakar solar serta rem pada alat transportasi membebaskan logam berat Zn, Cu, Fe ke udara.

2.4 Bahaya *Total Suspended Particulate* (TSP) bagi Kesehatan Manusia

Paparan debu yang masuk ke dalam pernafasan manusia dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan berbagai macam gangguan saluran pernafasan. Faktor yang mempengaruhi debu yang dapat masuk ke saluran pernafasan adalah jenis debu, konsentrasi debu, ukuran partikel debu, dan durasi paparan. Debu yang terus-menerus terhirup dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan fibrosis (Suma'mur, 2014). Debu atau partikulat (*Total Suspended Particulate*) yang ada diudara jika masuk kedalam tubuh manusia hanya tertahan hingga saluran pernafasan bagian atas sehingga dapat menyebabkan iritasi hidung, iritasi tenggorokan.

2.5 Bahaya Logam Pb, Cd, Cr, dan Fe bagi Kesehatan Manusia

Semua logam berat dapat dikatakan sebagai logam toksik yang dapat berefek kepada makhluk hidup. Sebagai contoh logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr), dan besi (Fe). Logam berat adalah unsur-unsur alami yang memiliki berat atom tinggi dan kepadatan setidaknya 5 kali lebih besar dari air. Logam berat dilingkungan dapat bersumber dari aktivitas industri, rumah tangga, pertanian, dan medis. Toksisitas logam berat tergantung pada beberapa faktor yaitu dosis, rute

paparan, dan spesies kimia, usia, jenis kelamin, genetika, dan status gizi individu yang terpapar. Arsenik, kadmium, kromium, timbal, dan merkuri merupakan logam yang memiliki tingkat toksisitas yang tinggi. Unsur logam tersebut dikatakan sebagai raun sistemik yang dapat menyebabkan kerusakan organ ganda bahkan jika frekuensi terpaparnya tergolong rendah. Selain itu, logam-logam tersebut juga dikatakan sebagai karsinogenik menurut Badan Perlindungan Lingkungan AS, dan Badan Internasional untuk Penelitian Kanker (Tchounwou *et al.*, 2012). Partikulat logam berat yang masuk ke saluran pernafasan dan menembus bagian dalam paru-paru dapat mempengaruhi kesehatan manusia, antara lain ISPA, gejala anemia, gangguan pertumbuhan, kekebalan melemah, gejala autisme, kanker paru-paru bahkan lebih parahnya dapat menyebabkan kematian dini (Mukhtar, R, *et al.*, 2013).

2.6 High Volume Air Sampler (HVAS)

High Volume Air Sampler (HVAS) merupakan alat yang digunakan untuk pengambilan sampel udara ambien. Sesuai dengan tahapan pengambilan sampel yang tertera dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-3:2017 mengenai uji *Total Suspended Particulate* (TSP) metode gravimetri udara ambien. Prinsip kerja HVAS yaitu dengan menghisap udara ambien dengan menggunakan pompa vakum yang selanjutnya dilewatkan pada kertas filter ukuran 20,3 cm x 25,4 cm dan efisiensi penyaringan minimum 98,5 % setara dengan porositas 0,3 μm pada kecepatan aliran 1,1 m^3/menit sampai dengan 1,7 m^3/menit selama 24 jam (SNI 7119-3, 2017).

2.7 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Prinsip dari metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) adalah absorpsi cahaya oleh atom. Atom tersebut menyerap cahaya dengan panjang gelombang sesuai dengan sifat unsur yang akan diteliti. AAS banyak digunakan dalam analisis kimia seperti contoh analisa logam di lingkungan. Metode AAS tentu memiliki keunggulan dan kekurangan. Keunggulan dari metode AAS diantaranya

adalah memiliki ketelitian yang tinggi, biaya sampel yang murah, serta pengoprasian yang mudah. Sedangkan untuk kekurangan dari metode AAS yaitu unsur dan rentang analisis yang terbatas (Djunaidi, 2018).

2.8 Penelitian Terdahulu

Sebelum melakukan penelitian, penulis membaca beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yang mana digunakan untuk sumber acuan. Dari beberapa penelitian terdahulu yang telah penulis baca tidak ditemukan judul yang sama dengan penelitian yang sedang berjalan. Hasil penelitian terdahulu terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Topik Penelitian	Hasil Penelitian
1	Sri Murniasih, Kharistya Rozana, Devi Swasti Prabasiwi	Asesmen Logam berat Sampel Udara pada TSP di Sekitar PLTU Pacitan	Asesmen Kualitas udara di sekitar PLTU Pacitan menunjukkan bahwa konsentarsi logam berat yang terkandung dalam partikulat tersuspensi total (TSP) masi dibawah baku mutu yang ditetapkan Uni Eropa dan WHO. Logam berat berbahaya dihasilkan konsentrasi Zn>Cu>Sb>Cr>As>Cd. Sedangkan untuk logam metaloid dihasilkan konsentrasi rata-rata Al> Fe> Mg> Mn> V> Co.

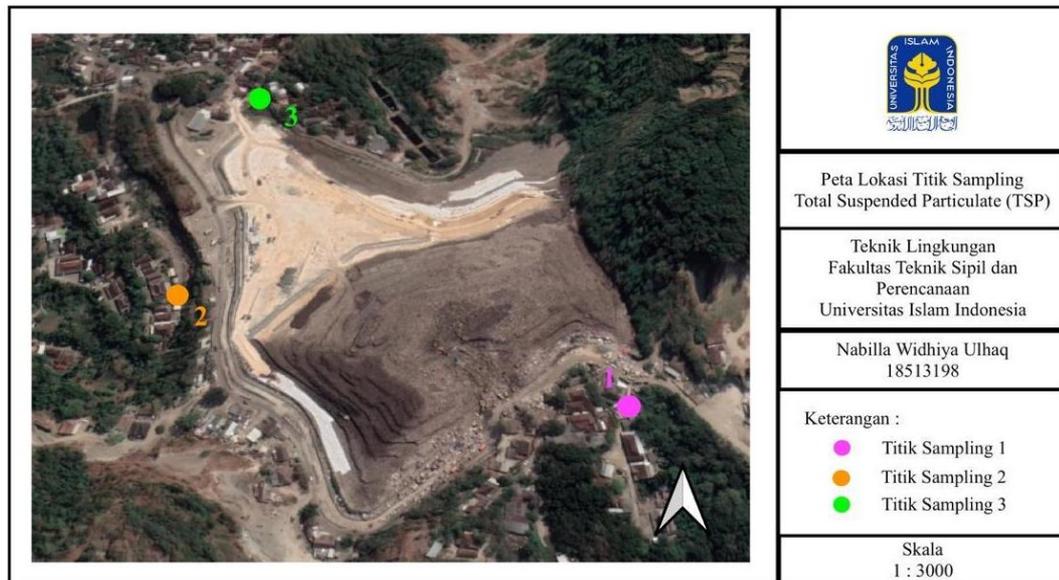
2	Diajeng Prima Rahmayanti, Qorry Nugrahayu, dan Suphia Rahmawati	Analisis Risiko Logam Berat Seng (Zn) dalam <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) Terhadap Kesehatan Manusia di Terminal Bus Giwangan dan Jombor, D.I.Yogyakarta	Dari hasil penelitian, nilai konsentrasi logam berat seng (Zn) yang terkandung dalam <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) di Terminal Jombor lebih tinggi dibanding dengan Terminal Giwangan. Sedangkan untuk tingkat risiko yang dihasilkan dari pajanan logam berat seng (Zn) di masing-masing terminal masih termasuk ke dalam kategori aman, karena nilai dari <i>risk quotient</i> (RQ) yang dihasilkan masih dibawah angka maksimum batas aman ($RQ \leq 1$).
---	-----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di TPA Piyungan Yogyakarta dan Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Penelitian dilaksanakan pada Bulan Februari hingga Bulan Maret tahun 2022. Pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) berada di tiga titik lokasi yaitu pemukiman warga yang berjarak titik 1 <50 m, titik 2 <50-100 m, dan titik 3 >150 m dari TPA Piyungan dengan titik koordinat titik 1 yaitu -7.8714723, 110.4312088, titik 2 yaitu -7.8698582, 110.4283342, dan titik 3 yaitu -7.8677266, 110.4290225. Titik pengambilan sampel mengacu pada SNI 19-7119.6:2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Ketentuan yang mendasari pengambilan titik sampel penelitian yaitu tata guna lahan dan jarak pemukiman ke TPA. Lokasi penelitian dan titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian dan Titik Pengambilan Sampel

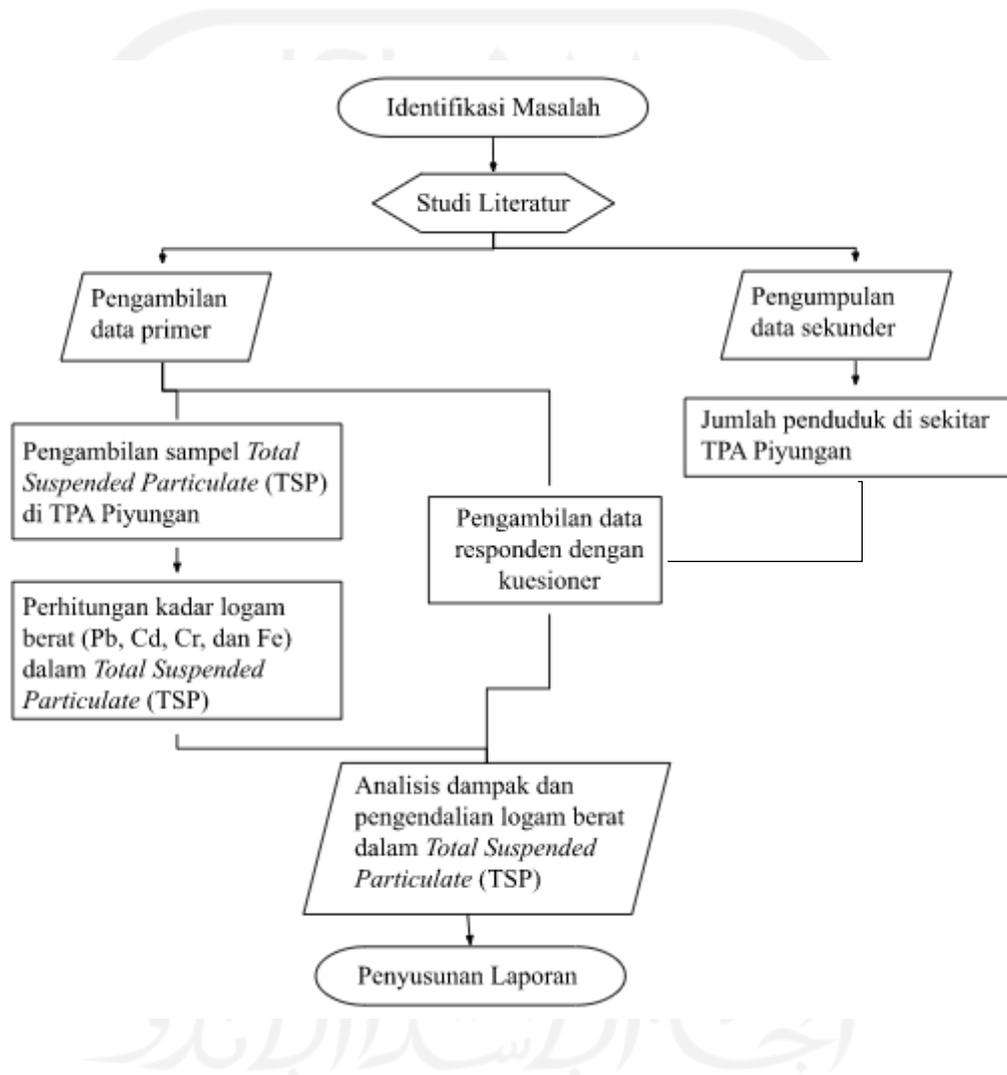
(Sumber : *Google Earth*, 2021)

3.2 Sampel dan Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini yaitu seluruh masyarakat yang bertempat tinggal di sekitar TPA Piyungan. Sampel lingkungan meliputi udara di sekitar TPA Piyungan. Untuk mengetahui jumlah responden, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan slovin dari total populasi masyarakat tingkat RT di sekitar TPA Piyungan yang dapat dilihat pada Lampiran 6. Jumlah responden yang dibutuhkan adalah 84 responden. Penentuan responden sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yaitu responden yang bersedia untuk diwawancara dan mengisi kuesioner sedangkan kriteria eksklusi yaitu responden yang kurang berkenan untuk diwawancara dan mengisi kuesioner. Hal tersebut mengakibatkan beberapa sampel responden tidak dapat diambil sehingga jumlah responden yang dibutuhkan sebanyak 50 responden.

3.3 Metode Penelitian

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian. Tahapan-tahapan tersebut diajikan dalam diagram alir. Diagram alir tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

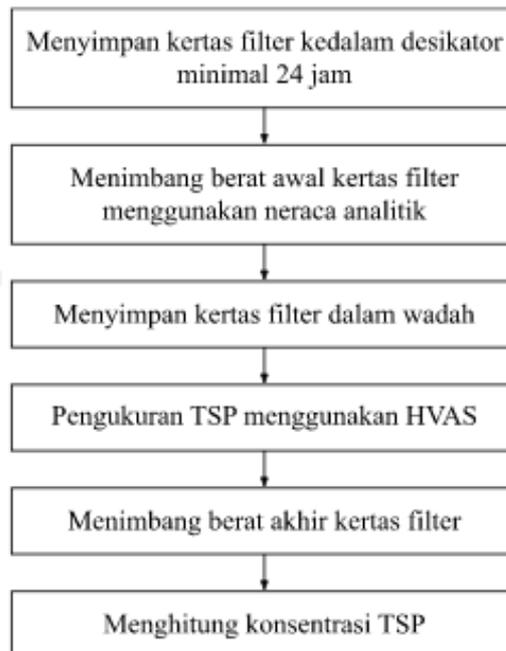
3.4 Prosedur Pengambilan Data

Dalam penelitian ini penulis menggunakan data primer yaitu *Total Suspended Particulate (TSP)* di TPA Piyungan, kadar logam berat (Pb, Cd, Cr, dan Fe) dalam *Total Suspended Particulate (TSP)*, serta data responden dengan

kuesioner yang tertera pada Lampiran 2. Data primer berbentuk kuesioner dimaksudkan untuk memperoleh informasi profil masyarakat seperti durasi pajanan, frekuensi pajanan, berat badan, usia serta kebiasaan merokok. Sedangkan untuk data sekunder yaitu jumlah penduduk di sekitar TPA Piyungan. Jenis pengambilan sampel dalam penelitian berdasarkan periode waktu termasuk ke dalam jenis *continuous sampling* yaitu pengambilan sampel dilakukan selama dua puluh empat jam.

3.4.1 Prosedur Pengambilan Sampel *Total Suspended Particulate* (TSP)

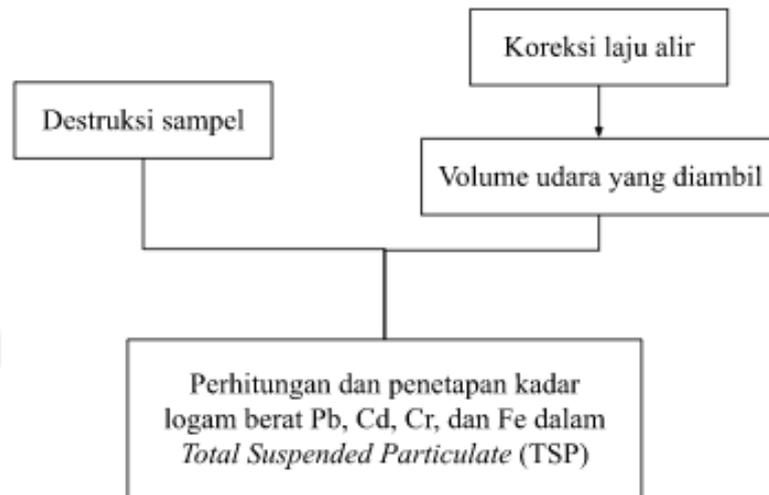
Prosedur pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) dilakukan langsung di lapangan. Pengambilan sampel terdapat pada 3 titik yang mana diukur berdasarkan jarak antara pemukiman warga terhadap TPA Piyungan. Penentuan titik pengambilan sampel juga mengacu pada SNI 19-7119.6:2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Lamanya pengambilan sampel pada setiap titik adalah 24 jam. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan SNI Nomor 7119-3:2017 mengenai uji *Total Suspended Particulate* (TSP) metode gravimetri udara ambien. Diagram alir pengambilan sampel TSP dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengambilan Sampel *Total Suspended Particulate* (TSP)

3.4.2 Uji Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang Terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP)

Uji Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cr dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) menggunakan metode destruksi basah dengan larutan asam. Masing-masing sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) pada setiap titik selanjutnya dianalisis kandungan logam berat seng Pb, Cd, Cr dan Fe menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom-nyala (SSA-nyala). Tahapan penetapan Logam Berat Pb, Cd, Cr dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Penetapan Logam Berat Pb, Cd, Cr dan Fe dalam *Total Suspended Particulate (TSP)*

3.4.3 Metode Kuesioner

Metode ini digunakan untuk mengetahui data diri responden yang mana akan digunakan untuk analisis risiko kesehatan. Responden berasal dari masyarakat yang bertempat tinggal di sekitar TPA Piyungan terutama masyarakat yang berada dalam cakupan jarak yang ditentukan untuk pengambilan sampel udara ambien. Dilakukan perhitungan dengan persamaan Slovin dari total populasi masyarakat tingkat RT di sekitar TPA Piyungan guna mengetahui jumlah total responden yang mana sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi sehingga dihasilkan jumlah responden sebanyak 50 responden. Adapun data-data yang akan dicari dengan menggunakan metode kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.5 Prosedur Analisis Data

Analisis data yang pertama dilakukan yaitu menetapkan berapa besar konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)*, selanjutnya menetapkan konsentrasi logam berat yang terkandung didalam *Total Suspended Particulate (TSP)*, dan yang terakhir adalah mengkonversi hasil konsentrasi logam berat

kedalam *intake* agar diketahui tingkat risiko kesehatan akibat pajanan logam berat tersebut. Adapun tahapan perhitungan masing-masing adalah sebagai berikut

1. Penetapan Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP)

Setelah didapatkan sampel udara yang diambil selama 24 jam, konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dihitung. Perhitungan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) menggunakan persamaan Konversi Canter dengan persamaan:

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^p$$

Dimana:

C1 = konsentrasi udara rata-rata dengan lama pencuplikan t1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C2 = konsentrasi udara rata-rata hasil pengukuran dengan lama pencuplikan contoh t2 (dalam hal ini, C2 = [C]) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

t1 = lama pencuplikan contoh 1 (24 jam)

t2 = lama pencuplikan contoh 2 dari hasil pengukuran contoh udara (jam)

p = faktor konversi dengan nilai 0,159

(Gindo & Hari, 2007)

2. Penetapan Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd, Cr, dan Fe) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP)

Ada beberapa tahapan untuk mengetahui konsentrasi logam berat (Pb, Cd, Cr, dan Fe) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) diantaranya yaitu:

a. Koreksi laju alir, menggunakan persamaan:

$$Q_s = Q_0 \left[\frac{T_s \times P_0}{T_0 \times P_s} \right]^{1/2}$$

Dimana:

Qs = laju alir volum dikoreksi pada kondisi standar (m^3/menit)

Q_0 = laju alir volum uji (m^3 /menit), dengan batas bawah sebesar 1,1 m^3 /menit dan batas atas sebesar 1,7 m^3 /menit

T_s = temperatur standar, 298 K

T_0 = temperatur absolut ($293 + t$ ukur) dimana Q_0 °C ditentukan

P_s = tekanan barometrik standard, 101,3 kPa (760 mmHg)

P_0 = tekanan barometrik dimana Q_0 ditentukan.

b. Volume udara yang diambil, menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q_{s1} \times Q_{s2}}{2} \times T$$

Dimana:

V = volume udara yang diambil (m^3)

Q_{s1} = laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama (m^3 /menit)

Q_{s2} = laju alir akhir terkoreksi pada pengukuran kedua (m^3 /menit)

T = durasi pengambilan contoh uji (menit)

(SNI 19-7119.3-2017).

c. Konsentrasi logam berat (Pb, Cd, Cr, dan Fe) dalam contoh uji, menggunakan persamaan:

$$C_{pb} = \frac{(C_t - C_b) \times V_t \times \frac{S}{S_t}}{V}$$

Dimana:

C_{Pb} = kadar logam berat timbal (Pb) di udara ($\mu g/m^3$)

C_t = kadar logam timbal (Pb) dalam larutan contoh uji yang di spike ($\mu g/mL$)

C_b = kadar logam timbal (Pb) dalam larutan blanko ($\mu g/mL$)

V_t = volume larutan contoh uji (mL)

S = luas contoh uji yang terpapar debu pada permukaan filter (mm^2)

St = luas contoh uji yang digunakan (mm^2)

V = volume udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25 °C, 760 mmHg (m^3)

(SNI 19-7119.4-2017).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah tempat pembuangan akhir sampah yang berlokasi di Kelurahan Sitimulyo, Piyungan, Bantul. TPA Piyungan dibangun pada tahun 1994-1995 dan mulai beroperasi sejak tahun 1996 dengan luas area total 12,5 Ha dan sel dampak 10 Ha. Area pelayanan TPA Piyungan meliputi wilayah kawasan Perkotaan Yogyakarta, Kota Yogyakarta sebanyak 13 Kecamatan, Kabupaten Sleman bagian selatan sebanyak 8 Kecamatan dan Bantul bagian utara sebanyak 5 kecamatan. Pembangunan TPA Piyungan dilakukan oleh Pemda DIY dan pengelolaan TPA dari Juli 1995 – Maret 2000 oleh Pemerintah Provinsi DIY.

Akses jalan masuk ke TPA Piyungan merupakan jalan Kabupaten Bantul dan ruas jalan Banyakan - TPA Piyungan. Jalan tersebut dilalui oleh kendaraan pribadi dan kendaraan berat yang keluar masuk TPA Piyungan untuk mengangkut sampah. Di daerah sekitar TPA Piyungan khususnya daerah yang sering dilalui oleh kendaraan berat tersebut terdapat bangunan-bangunan rumah warga, musholla, kantor administrasi, dan warung. Masyarakat yang tinggal di sekitar TPA Piyungan terutama yang dekat dengan akses jalan setiap harinya terdampak oleh debu-debu kendaraan pengangkut sampah maupun debu dari TPA Piyungan itu sendiri terutama pada musim kemarau dengan kondisi yang kering tentu debu yang dihasilkan lebih banyak. Namun, pengambilan sampel penelitian ini dilakukan pada musim penghujan yang mana dapat mempengaruhi konsentrasi debu yang dihasilkan.

Lokasi penelitian berada pada wilayah RT 02 Bawuran, RT 06 Bawuran 1, dan RT 03 Desa Ngablak. Titik pengambilan sampel di sekitar TPA Piyungan berada dekat dengan rumah warga dengan titik koordinat pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) di TPA Piyungan berada di -7.8714723,

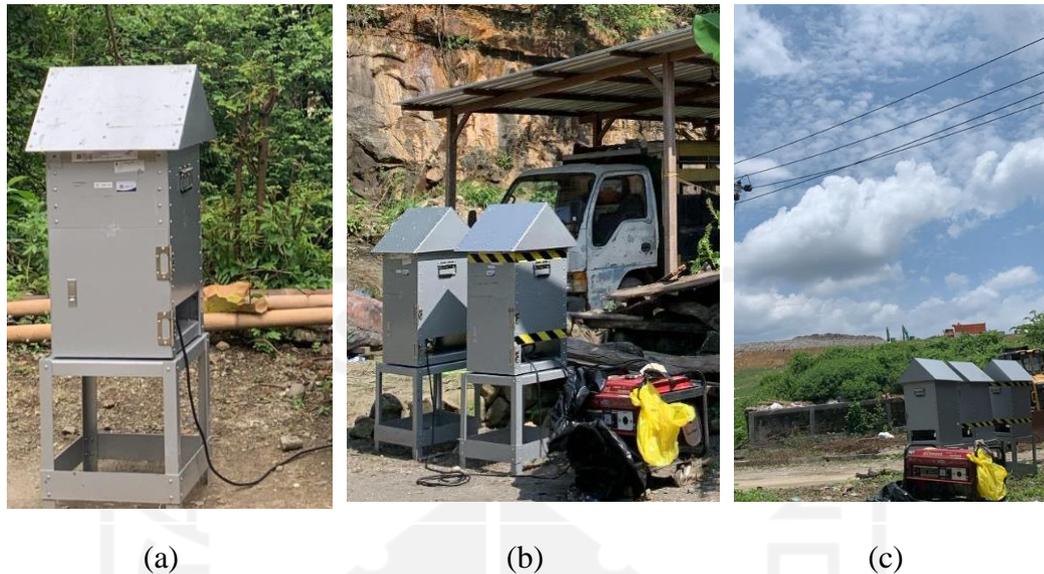
110.4312088, -7.8698582, 110.4283342, dan -7.8677266, 110.4290225. Rata-rata kondisi lingkungan berkisar antara 27-29 °C. Hal tersebut dikarenakan kondisi cuaca pada pagi hingga siang cerah berawan sedangkan pada sore hingga malam hari mendung dan hujan. Kondisi cuaca saat pengambilan sampel di sekitar TPA Piyungan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kondisi Cuaca Saat Pengambilan Sampel di Sekitar TPA Piyungan

Titik Sampling	Waktu Sampling (24 jam)	Suhu Udara Rata-Rata (°C)	Tekanan Udara Rata-Rata (mmHg)	Kelembaban Udara Rata-Rata (%)
Titik 1	Kamis 10/03/2022 - Jumat 11/03/2022 (17.55-16.00 WIB)	27.25	742.58	83.70
Titik 2	Selasa 08/03/2022 - Rabu 09/03/2022 (12.50-11.09 WIB)	28.14	746.18	83.75
Titik 3	Senin 07/03/2022 - Selasa 08/03/2022 (12.00-11.09 WIB)	28.47	745.90	79.06

Kondisi cuaca di atas menunjukkan bahwa kelembaban udara di 3 titik tinggi. Kelembaban tertinggi pada titik 2 yaitu 83,75% dikarenakan pada titik 2 terjadi hujan dan disekitar titik pengambilan sampel terdapat pohon peneduh sehingga suhu rata-rata rendah. Sedangkan kelembaban udara terendah terjadi pada titik 3 yaitu 79,06% dimana suhu udara 28,47°C lebih tinggi dibanding titik yang lain. Jika kelembaban tinggi maka suhu menjadi rendah (Rahayuningtyas & Kuala, 2016). Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil penelitian sebelumnya dengan kondisi dilapangan sama yaitu jika kelembaban udara tinggi yaitu 83,75% maka suhu udara rendah yaitu 28,14 °C.

Kondisi lingkungan saat pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Kondisi Lingkungan saat Pengambilan Sampel di (a) Titik 1 (b) Titik 2 dan (c) Titik 3 di Sekitar TPA Piyungan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.2 Analisis Logam Berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di TPA Piyungan Yogyakarta

Pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) dilakukan pada 3 titik yang berbeda yaitu berada di pemukiman warga sekitar yang berjarak titik 1 <50 m, titik 2 <50-100 m, dan titik 3 >150 m dari TPA Piyungan. Lama pengukuran pada setiap titik adalah 24 jam menggunakan kertas filter fiberglass dengan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS). Sebelumnya kertas filter dimasukkan kedalam desikator minimal 24 jam lalu dilakukan penimbangan. Pada saat pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) digunakan pula alat *thermo-hygro-barometer* dikarenakan saat perhitungan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dibutuhkan data seperti suhu udara rata-rata, tekanan udara rata-rata serta kelembaban udara rata-rata.

4.2.1 Kandungan Total Suspended Particulate (TSP) di TPA Piyungan Yogyakarta

Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) diketahui dari hasil perhitungan dengan penimbangan kertas filter dan data pendukung lain. Pengambilan sampel udara dimulai dari titik 3, dilanjutkan ke titik 2, dan yang terakhir adalah titik 1 yaitu pada hari Senin 7 Maret 2022 hingga Kamis 10 Maret 2022. Sampel udara tadi diambil menggunakan kertas filter *fiberglass* dengan alat HVAS. Kertas filter pada saat pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Sampel Kertas Filter

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Kertas filter yang akan digunakan sebelumnya ditimbang terlebih dahulu menggunakan neraca analitik, begitu pula dengan kertas filter yang telah digunakan. Hal tersebut dilakukan agar didapat berat total dari *Total Suspended Particulate* (TSP). Hasil dari konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan selanjutnya dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dijelaskan bahwa Baku Mutu Udara Ambien parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan waktu pengukuran selama 24 jam nilainya adalah 230 g/m^3 . Hasil perhitungan *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan

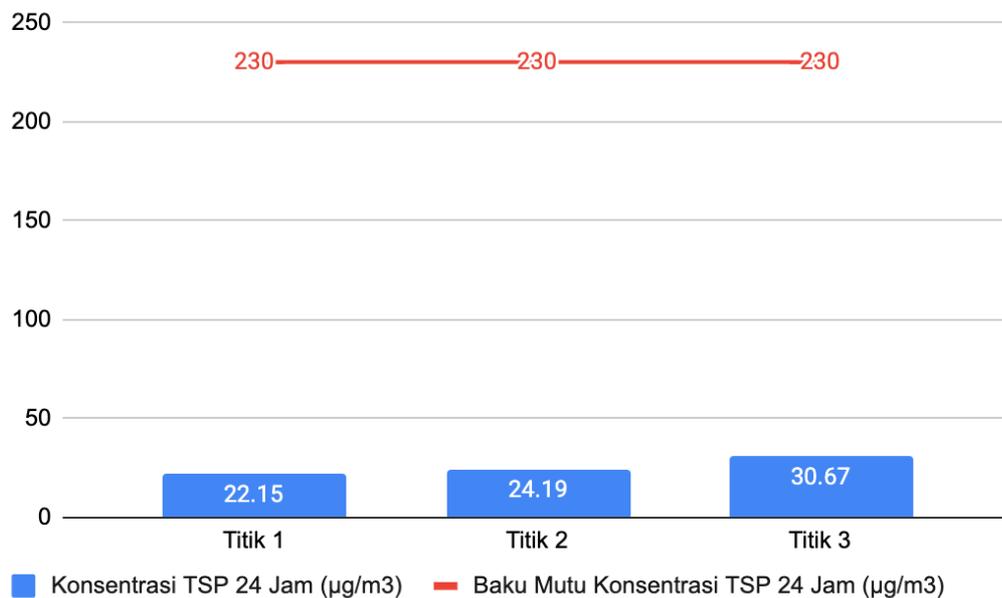
Kode Sampel	Titik Sampling	Waktu Sampling	Berat Total TSP (gr)	V Udara (m ³)	Laju Alir Rata-Rata (L/mnt)	Kons. TSP 24 jam (µg/m ³)	Baku Mutu Konsentrasi TSP 24 Jam (µg/m ³)
TSP DAY 3	1	Kamis 10/03/2022 - Jumat 11/03/2022 (17.55-16.00 WIB)	0.0377	1701.73	1.18	22.15	230
TSP DAY 2	2	Selasa 08/03/2022 - Rabu 09/03/2022 (12.50-11.09 WIB)	0.0412	1703.35	1.18	24.19	230
TSP DAY 1	3	Senin 07/03/2022 - Selasa 08/03/2022 (12.00-11.09 WIB)	0.0522	1702.08	1.18	30.67	230

Dari Tabel 4.2 diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan paling tinggi yaitu pada titik 3 sebesar 30,67 µg/m³. Nilai konsentrasi terendah yaitu pada titik 1 sebesar 22,15 µg/m³. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan kondisi cuaca. Kelembaban udara mempengaruhi partikel debu, jika kelembaban tinggi maka partikel debu akan berkaitan dengan air sehingga dapat menyebabkan konsentrasi debu akan berkurang (Ahmad *et al.*, 2014).

Hal tersebut sejalan dengan penelitian untuk titik 1 dengan konsentrasi rendah diakibatkan karena kelembaban udara yang tinggi. Volume kendaraan yang padat serta kurangnya pepohonan dapat mengakibatkan kurangnya penyerapan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara (Safaat, 2021). Hal tersebut sejalan dengan penelitian bahwa pada titik 1 volume kendaraan tidak terlalu padat dibanding lokasi yang lainnya dikarenakan lokasi tersebut adalah

jalan yang tidak bisa dilalui kendaraan besar. Sumber dari TSP secara alami berasal dari hembusan debu maupun tanah yang berukuran < 100 mikrometer yang terbang terbawa angin, selain itu sumber akibat aktivitas manusia yaitu gas buangan alat transportasi, persampahan akibat dekomposisi serta pembakaran (Kementrian Kesehatan, 2018).

Jika dilihat sumber TSP dari TPA Piyungan berasal dari asap kendaraan pengangkut sampah selain itu pada saat sampah diturunkan dari atas truk dan dipadatkan tentu debu sampah berterbangan. Selain dari TPA, sumber TSP dapat berasal dari industri disekitar TPA Piyungan seperti industri batu bata yang terletak kurang lebih 9 km dari TPA. Aktivitas industri seperti pembakaran pada proses pembuatan batu bata akan menghasilkan asap yang dapat mencemari udara sekitar. Suhu udara yang tinggi mengakibatkan konsentrasi partikulat akan meningkat karena kondisi lingkungan panas dan kering sehingga partikel debu mudah terbawa di udara (Cahyadi *et al.*, 2016). Hal tersebut sejalan dengan penelitian pada titik 3 konsentrasi TSP tinggi dikarenakan suhu udara lebih tinggi dari titik lain sehingga partikel debu lebih mudah terbawa di udara serta adanya faktor arah angin yang mengarah kearah barat laut dimana merupakan titik lokasi 3. Grafik perbandingan nilai konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik perbandingan nilai konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan

Hasil dari konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) tiap titik di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta setelah itu dibandingkan dengan baku mutu udara ambien yang ada di Indonesia. Baku mutu tersebut diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dimana tertera bahwa Baku Mutu Udara Ambien *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan waktu pengukuran selama 24 jam yaitu $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan didapatkan hasil yang tertera pada Tabel 4.2 dimana konsentrasi tertinggi berada di titik 3 dengan nilai $30,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jika dibandingkan dengan baku mutu masing-masing titik di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta tidak ada yang melebihi baku mutu konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) selama 24 jam sehingga masih dibawah baku mutu.

4.2.2 Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cr, dan Fe di Sekitar TPA Piyungan

Pengujian logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe di Sekitar TPA Piyungan dilakukan secara duplo untuk mengetahui konsentrasi yang terkandung dalam kertas filter pada masing-masing titik sampling. Pengujian logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) sesuai dengan SNI 19-7119-4:2005 Tentang Cara Uji Kadar Timbal (Pb) dengan Metode Destruksi Basah Menggunakan AAS nyala. Hasil destruksi basah setiap sampel dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Hasil Destruksi Basah Sampel TPA Piyungan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Hasil destruksi basah selanjutnya dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk mengetahui berapa konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe. Prinsip kerja dari AAS adalah atom-atom yang berada pada sampel akan menyerap cahaya yang dipancarkan pada gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom (Kusuma *et al.*, 2019).

Proses analisis hasil destruksi basah masing-masing sampel menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Proses Analisis Hasil Destruksi Basah Sampel Kertas Filter TPA Piyungan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.2.2.1 Konsentrasi Timbal (Pb)

Berdasarkan hasil destruksi basah kertas filter pada masing-masing titik sampel maka diperoleh konsentrasi logam berat timbal (Pb). Pengujian dilakukan secara duplo dan kemudian dihitung rata-rata. Contoh perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7. Rata-rata konsentrasi logam berat timbal dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) di TPA Piyungan

Kode	Konsentrasi Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Baku Mutu Pb PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Pengujian 1	Pengujian 2	Rata- Rata	

TSP D1 (Titik 3)	0.00144	0.00238	0.00191	2
TSP D2 (Titik 2)	0.00135	0.00293	0.00214	2
TSP D3 (Titik 1)	0.00149	0.00178	0.00164	2
Rata-Rata			0.00190	2

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi logam berat timbal (Pb) berkisar antara $0,00135 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 0,00293 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dengan rata-rata tertinggi pada titik 2. Tinggi rendahnya konsentrasi Pb dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tingkat emisi kendaraan, jumlah kendaraan serta kondisi cuaca (Gunawan, 2015). Kendaraan berbahan bakar bensin mengandung timbal organik (TEL = *tetra ethyl lead*) yang mana akan dilepaskan keudara (Wirsan Hasan, *et al.*, 2013). Bensin megandung zat aditif yaitu senyawa *tetraetil-Pb* atau *tertametil-Pb* atau perpaduan kedua senyawa tersebut. Senyawa tersebut sebagai bahan anti ketuk pada mesin kendaraan. Selain itu, juga ditambahkan senyawa 1,2 dibromo etana ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$) dan etilen klorida ($\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$), sehingga dalam proses pembakaran dalam mesin kendaran terbentuk hasil samping berupa senyawa timah (Pb) dengan bromide (Br) dan Klor (Cl). Senyawa PbBrCl dan PbBrCl.PbO merupakan senyawa yang paling banyak dibuang keudara bersama dengan asap kendaraan bermotor (Nurhikmah., *et all.* 2015). Menurut penelitian (Raj, 2014) dalam (Suryati, *et al.*, 2019) terdapat kandungan logam berat Pb dalam bensin premium yaitu $0,0117 \pm 0,0000 \text{ g/l}$ dan pertamax $0,0088 \pm 0,0000 \text{ g/L}$. Dibandingkan dengan titik yang lain, titik 2 banyak dilewati oleh kendaraan pengangkut sampah sedangkan pada titik 3 jarang dilewati oleh kendaraan pengangkut sampah. Sehingga kemungkinan sumber Pb di sekitar TPA Piyungan berasal dari asap kendaraan pengangkut sampah maupun kendaraan pribadi masyarakat yang melintas setiap harinya diruas jalan sekitar TPA. Menurut wawancara yang dilakukan terdapat kurang lebih 300 kendaraan pengangkut sampah yang melintas setiap harinya. Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Timbal (Pb) PP No. 22 Tahun 2021 senilai $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsentrasi logam berat Pb disekitar TPA Piyungan masih dibawah baku mutu namun tentu saja harus ada pengendalian.

4.2.2.2 Konsentrasi Kadmium (Cd)

Berdasarkan hasil destruksi basah kertas filter pada masing-masing titik sampel maka diperoleh konsentrasi logam berat kadmium (Cd). Pengujian dilakukan secara duplo dan kemudian dihitung rata-rata. Contoh perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7. Rata-rata konsentrasi logam berat Cd dapat dilihat pada Tabel 4.4.



Tabel 4. 4 Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) di TPA Piyungan

Kode	Konsentrasi Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Baku Mutu Cd OAQC/TCEQ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Pengujian 1	Pengujian 2	Rata-Rata	
TSP D1 (Titik 3)	0.00140	0.00165	0.00153	2
TSP D2 (Titik 2)	0.00131	0.00159	0.00145	2
TSP D3 (Titik 1)	0.00136	0.00145	0.00140	2
Rata-Rata			0.00146	2

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dalam rentang $0,00131 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 0,00165 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rata-rata tertinggi berada pada titik 3 yaitu $0,00153 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan yang terendah pada titik 1 yaitu $0,00140 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kadmium (Cd) berasal dari sampah-sampah industri maupun rumah tangga seperti plastik, baterai, elektroplating, dan cat (Ashar *et al.*, 2014). Proses logam berat ke udara dapat diakibatkan oleh pelapukan sampah yang ada di TPA. Sumber kadmium dapat berupa sumber natural dan antropogenik. Jika logam berat Cd sudah terakumulasi di tanah disebut dengan sumber natural. Sehingga apabila terdapat angin partikulat maupun debu dari tanah tersebut akan terbawa oleh angin dan ditangkap oleh HVAS. Sedangkan sumber antropogenik dapat berasal dari pembakaran sampah (Suryati, *et al.*, 2019).

Apabila dilihat dilokasi sekitar titik sampling maka dapat dikatakan bahwa sumber Cd berasal dari tumpukan sampah TPA. Titik 3 merupakan titik terjauh dari TPA Piyungan dan untuk titik 1 merupakan titik terdekat dari TPA Piyungan. Namun, dalam kenyataannya dampak dari sebaran Cd diudara tidak selalu pada titik terdekat dari sumber logam tersebut. Menurut Andriani (2020) tinggi rendahnya konsentrasi polutan disebabkan oleh arah dan kecepatan angin. Hal tersebut berkaitan dengan kondisi dilapangan yang mana arah angin pada saat penelitian cenderung mengarah ke barat laut atau lokasi pengambilan sampel titik 3. Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Kadmium (Cd) dalam TSP sesuai dengan *Ontario Ministry of the Environment Ambient Air Quality Criteria/Texas Commission on*

Environmental Quality (OAQC/TCEQ) senilai $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsentrasi logam berat Cd masih dibawah baku mutu.

4.2.2.3 Konsentrasi Kromium (Cr)

Berdasarkan hasil destruksi basah kertas filter pada masing-masing titik sampel maka diperoleh konsentrasi logam berat kromium (Cr). Pengujian dilakukan secara duplo dan kemudian dihitung rata-rata. Contoh perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7. Rata-rata konsentrasi logam berat Cr dapat dilihat pada Tabel 4.5.



Tabel 4. 5 Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Kromium (Cr) di TPA Piyungan

Kode	Konsentrasi Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Baku Mutu Cr OAQC/TCEQ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Pengujian 1	Pengujian 2	Rata-Rata	
TSP D1 (Titik 3)	0.000826	0.000404	0.00062	1.5
TSP D2 (Titik 2)	0.000596	0.000267	0.00043	1.5
TSP D3 (Titik 1)	0.000348	0.000118	0.00023	1.5
Rata-Rata			0.00043	1.5

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi logam berat kromium (Cr) terdapat dalam rentang $0,000118 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 0,000826 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rata-rata tertinggi berada pada titik 3 yaitu $0,000615 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan yang terendah pada titik 1 yaitu $0,000233 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada penelitian sebelumnya di TPA Gunung Tugel logam Cr berasal dari komponen sampah elektronik, sisa makanan, kotoran hewan dan pestisida (Laili, 2021). Sehingga dapat dikatakan bahwa logam Cr berasal dari tumpukan sampah yang ada di TPA yang mengalami dekomposisi dan membentuk satu kesatuan dengan tanah. Jika logam sudah terakumulasi ditanah maka debu atau partikulat dari tanah tersebut akan terbawa oleh angin. Titik 3 merupakan titik dengan konsentrasi Cr tertinggi padahal lokasi titik 3 dengan TPA Piyungan berjarak > 100 meter.

Menurut Andriani (2020) tinggi rendahnya konsentrasi polutan disebabkan oleh arah dan kecepatan angin. Hal ini sejalan dengan penelitian bahwa arah angin mengarah ke arah barat laut TPA Piyungan yang mana merupakan titik 3 lokasi pengambilan sampel menyebabkan partikulat Cr yang berikatan dengan debu dari sampah maupun kotoran hewan mengarah ke titik 3 dan menyebabkan tingginya konsentrasi Cr pada titik 3. Jika dibandingkan dengan baku mutu Cr dalam TSP sesuai dengan *Ontario Ministry of the Environment Ambient Air Quality Criteria/Texas Commission on Environmental Quality* (OAQC/TCEQ) senilai $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsentrasi logam berat Cr masih dibawah baku mutu.

4.2.2.4 Konsentrasi Besi (Fe)

Berdasarkan hasil destruksi basah kertas filter pada masing-masing titik sampel maka diperoleh konsentrasi logam berat besi (Fe). Pengujian dilakukan secara duplo dan kemudian dihitung rata-rata. Contoh perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7. Rata-rata konsentrasi logam berat Fe dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat Besi (Fe) di TPA Piyungan

Kode	Konsentrasi Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Rata-Rata
TSP D1	0.1104	0.1208	0.116
TSP D2	0.0982	0.1050	0.102
TSP D3	0.0698	0.0770	0.073
Rata-Rata			0.097

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi logam berat besi (Fe) berada pada rentang $0,0698 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – $0,1208 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rata-rata tertinggi berada pada titik 3 yaitu $0,1156 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan yang terendah pada titik 1 yaitu $0,0734 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Logam berat berupa Zn, Cu, dan Fe di udara dihasilkan dari bahan bakar solar dan rem yang digunakan pada kendaraan (Salsabil, 2020). Hal tersebut sejalan dengan kondisi pada titik 3 dimana kendaraan pengangkut sampah banyak berlalu lalang di sekitar lokasi yang mana kendaran melintas ke area *unloading* sedangkan pada titik 1 jarang ada kendaraan yang melintas dikarenakan jalan hanya bisa dilewati oleh kendaraan bermotor sedangkan mobil seperti truk tidak dapat melintas.

Selain itu sumber besi juga berasal dari limbah buangan rumah tangga yang mengandung besi dan korosi dari pipa yang terbuat dari besi (Supriyantini & Hadi, 2015). Jika dikaitkan dengan penelitian terdapat sampah B3 yang mengandung Fe dan terdapat kendaraan berat yang berbahan dasar besi yang berada disekitar TPA Piyungan. Besi tersebut jika mengalami kontak dengan udara dan mengalami oksidasi lama kelamaan terjadi proses korosi. Jika logam yang mengalami korosi

sudah terakumulasi ditanah maka debu atau partikulat dari tanah tersebut akan terbawa oleh angin

Hasil dari penelitian konsentrasi sampel logam dalam partikulat perkotaan Islamabad, Pakistan dihasilkan bahwa konsentrasi logam diudara Na>Ka>Zn>Fe>Pb>Mn>Cr>Co>Ni>Cd (Shah et al., 2006). Sedangkan hasil dari penelitian dihasilkan logam Fe>Pb>Cd>Cr diudara. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian dengan penelitian terdahulu sejalan yaitu logam berat Fe merupakan logam yang paling tinggi konsentrasinya dibandingkan dengan logam yang lainnya diudara.

4.3 Identifikasi Karakteristik Responden

Pemilihan responden dalam analisis resiko ini berdasarkan potensi langsung paparan terhadap masyarakat sekitar TPA Piyungan. Responden bertempat tinggal di sekitar TPA Piyungan dengan jangkauan sesuai dengan titik sampel diambil. Masing-masing responden mengisi kuesioner yang berisi data diri. Hal tersebut merupakan langkah awal untuk perhitungan risiko pajanan logam berat Pb, Cd, Cr dan Fe.

4.3.1 Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Karakteristik responden berdasarkan dengan jenis kelamin dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Titik 1	Titik 2	Titik 3	n	%
Laki-Laki	9	6	13	28	56
Perempuan	6	9	7	22	44
Jumlah	15	15	20	50	100

Berdasarkan Tabel 4.7 diatas dengan total jumlah responden adalah 50 responden dimana untuk yang berjenis kelamin laki laki yaitu berjumlah 28 orang atau 56% dari total responden sedangkan responden yang berjenis kelamin perempuan berjumlah 22 responden atau 44% dari total keseluruhan responden.

4.3.2 Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Usia

Berdasarkan pengisian kuesioner data diri responden, rentang usia responden adalah 15-70 tahun sehingga dibuat kelompok usia per 10 tahun. Karakteristik responden berdasarkan kelompok usia dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Usia

Usia	Titik 1	Titik 2	Titik 3	n	%
<20 tahun	1	1	1	3	6
21 - 30 tahun	4	4	4	12	24
31 - 40 tahun	1	5	6	12	24
41 - 50 tahun	5	1	4	10	20
51 - 60 tahun	2	1	2	5	10
>60 tahun	2	3	3	8	16
Jumlah	15	15	20	50	100

Dari Tabel 4.8 diketahui bahwa kelompok usia responden terbanyak adalah 21-30 tahun dan 31-40 tahun masing-masing berjumlah 12 responden atau 24% dari total seluruh responden. Sedangkan untuk kelompok usia responden paling sedikit adalah <20 tahun yaitu 3 responden atau 6% dari jumlah total responden. Responden dengan usia termuda adalah 15 tahun dan yang tertua adalah 70 tahun. Dikarenakan pengambilan data responden dilakukan di pagi hingga siang hari kebanyakan responden berusia 21-40 tahun. Dikarenakan pada jam tersebut adalah jam kerja dan sekolah.

4.3.3 Karakteristik Responden Berdasarkan Berat Badan

Karakteristik responden berdasarkan dengan berat badan responden dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4. 9 Karakteristik Responden Berdasarkan Berat Badan

Berat Badan	Titik 1	Titik 2	Titik 3	n	%
<40 kg	1	0	0	1	2
41 - 50 kg	5	3	6	14	28
51 - 60 kg	2	5	9	16	32
61 - 70 kg	5	5	3	13	26
71 - 80 kg	2	1	1	4	8
>80 kg	0	1	1	2	4
Jumlah	15	15	20	50	100

Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui bahwa kelompok berat badan dengan jumlah responden terbanyak adalah 51-60 kg yaitu 16 responden atau 32% dari total keseluruhan responden. Sedangkan untuk kelompok berat badan dengan jumlah responden paling rendah adalah < 40 kg dan > 80 kg yang mana masing-masing berjumlah 1 dan 2 responden atau 2% dan 4% dari total keseluruhan responden. Untuk kelompok berat badan 41-50 kg jumlah responden adalah 14 responden atau 28% dan untuk rentang berat badan 71-70 kg adalah 13 responden atau 26%. Terakhir kelompok berat badan 71-80 kg berjumlah 4 responden atau 8%.

4.3.4 Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Tinggal

Karakteristik responden berdasarkan dengan lama tinggal responden di sekitar TPA Piyungan dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4. 10 Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Tinggal

Lama Tinggal	Titik 1	Titik 2	Titik 3	n	%
--------------	---------	---------	---------	---	---

<5 tahun	2	0	0	2	4
5-10 tahun	1	1	0	2	4
11-15 tahun	2	4	0	6	12
16-20 tahun	0	0	3	3	6
21-25 tahun	1	3	2	6	12
>26 tahun	9	7	15	31	62
Jumlah	15	15	15	50	100

Berdasarkan Tabel 4.10 kelompok responden yang memiliki masa tinggal paling banyak yaitu > 26 tahun sebanyak 31 responden atau 62% dari total keseluruhan. Hal tersebut menandakan bahwa responden didominasi oleh masyarakat yang sudah menetap dikawasan TPA Piyungan sebelum TPA Piyungan berdiri. Untuk responden yang memiliki lama tinggal terendah yaitu < 5 tahun berjumlah 2 orang atau 4% dari total responden yang mana responden tersebut merupakan pendatang.

4.3.5 Karakteristik Responden Berdasarkan Riwayat Merokok

Karakteristik responden berdasarkan riwayat merokok dapat mempengaruhi risiko kesehatan masyarakat. Sehingga perlu diketahui apakah responden memiliki riwayat merokok atau tidak. Berikut merupakan karakteristik responden berdasarkan riwayat merokok.

Tabel 4. 11 Karakteristik Responden Berdasarkan Riwayat Merokok

Riwayat Merokok	Titik 1	Titik 2	Titik 3	n	%
Ya	4	6	7	17	34
Tidak	11	9	13	33	66
Jumlah	15	15	20	50	100

Dari Tabel 4.11 diatas dapat diketahui bahwa terdapat 17 responden atau 34% dari total responden memiliki riwayat merokok. Sedangkan 66% lainnya atau sebanyak 33 responden tidak memiliki riwayat merokok. Kebanyakan dari

responden merupakan perokok pasif. Perokok paif dapat memiliki resiko Kesehatan lebih besar dibandingkan dengan perokok aktif.. Namun akibat tersebut dapat dipengaruhi dengan durasi seseorang yang terpapar asap tersebut (Helmy, 2019).

4.3.6 Karakteristik Responden Berdasarkan Keluhan Kesehatan

Karakteristik responden berdsarkan keluhan Kesehatan menunjukkan beberapa keluhan kesehatan yang dialami masyarakat disekitar TPA Piyungan. Berikut merupakan keluhan kesehatan yang dialami masyarakat di sekitar TPA Piyungan selama ditinggal dikawasan tersebut.



Tabel 4. 12 Karakteristik Responden Berdasarkan Keluhan Kesehatan

Keluhan Kesehatan	n	%
Batuk	39	78
Dahak	3	6
Asma	3	6
Mual dan Muntah	8	16
Sakit kepala	40	80
Hipertensi	6	12
Iritasi tenggorokan	5	10
Iritasi hidung	1	2
Gangguan Pencernaan	4	8
Ruam Kulit	12	24
Nyeri dada	4	8
Demam	27	54
Merasa mudah lelah, pucat, dan lesu akibat anemia	3	6
Muntah	5	10

Berdasarkan Tabel 4.12 keluhan keluhan yang dialami merupakan dampak dari paparan TSP dan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe. Keluhan kesehatan tertinggi adalah sakit kepala sebanyak 40 responden atau 80% dari total responden. Keluhan kesehatan terbanyak kedua yang dirasakan oleh masyarakat adalah batuk sebanyak 39 responden atau 78% dari total responden. Sedangkan untuk keluhan kesehatan terendah yang dirasakan yaitu iritasi hidung sebanyak 1 responden atau 2%. Menurut Gusnita (2012), efek yang ditimbulkan oleh logam berat timbal adalah sakit kepala. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang mana data responden untuk keluhan kesehatan pada tabel 4.12 yang tertinggi adalah sakit kepala sebanyak 80%, selain itu sebanyak 6% responden mengalami anemia. Logam Cd dapat menyebabkan mual, demam, batuk, dan sesak nafas (Effendy *et al.*, 2012). Jika dihubungkan dengan keluhan Kesehatan responden pada tabel 4.12 keluhan tertinggi kedua adalah batuk sebanyak 78%, selain itu 54% responden mengalami

demam dalam 1 tahun terakhir. Logam berat Cr jika terhirup akan menyebabkan batuk, alergi, sakit kepala, sesak nafas (Effendy *et al.*, 2012). Selain itu hasil dari penelitian pada pekerja di industri elektroplating dengan pajanan Cr tinggi mengalami gangguan faal paru (Bhakti *et al.*, 2016). Menurut data responden sebanyak 80% responden mengalami sakit kepala dan 78% batuk. Namun, perlu adanya penelitian lebih lanjut apakah penyakit yang dialami oleh responden merupakan dampak dari paparan logam berat Pb, Cd dan Cr dari TPA Piyungan. Dikarenakan ada faktor lain yang dapat mempengaruhi kesehatan dari para responden seperti pola hidup yang kurang sehat.

4.4 Rekomendasi Pengendalian Kualitas Udara Logam Berat dalam *Total Suspended Particulate* (TSP)

Pengendalian debu *Total Suspended Particulate* (TSP) perlu dilakukan agar mengurangi dampak yang ditimbulkan. Pengendalian kualitas udara di sekitar TPA Piyungan dapat dilakukan dengan berbagai macam cara. Berikut merupakan pengendalian TSP yang dapat dilakukan di sekitar TPA Piyungan

a. Uji Emisi

Dari pemeriksaan emisi gas buang diperoleh data yang dapat digunakan untuk menganalisa dan mengoptimalkan kinerja mesin dengan tepat dan waktu lebih cepat. Jika kondisi mesin baik maka konsumsi bahan bakar dan biaya perawatan lebih rendah serta pembakaran dalam mesinpun mendekati sempurna sehingga emisi gas buang rendah (Syahrani, 2006). Dalam pengamatan di lapangan truk-truk pengangkut sampah belum dilakukan uji emisi serta kondisi kendaraan yang sudah tua. Hal tersebut dapat dilihat dari asap buangan yang berwarna hitam yang mana menandakan bahwa terjadi pembakaran yang tidak sempurna.

b. Dust Suppresion System

Dust Suppresion System yang dapat digunakan pada area TPA adalah *Fog Cannon*. Prinsip kerja dari *Fog Cannon* adalah penggunaan kipas angin besar berbentuk cannon untuk mendorong air yang dikeluarkan dari nozzle di sekeliling mulut kipas, untuk menangkap debu dengan area cakupan yang cukup luas. Namun

alat tersebut tentu memiliki kekurangan yaitu membutuhkan konsumsi air yang cukup tinggi.

c. Penggunaan APD

Penggunaan APD seperti masker dan kacamata merupakan cara paling sederhana. Penggunaan masker dapat mengurangi dampak paparan langsung debu pada saluran pernafasan sedangkan penggunaan kacamata dapat mengurangi dapan paparan debu yang dapat menyebabkan iritasi mata.

d. Melakukan sosialisasi terhadap masyarakat sekitar dan semua yang terlibat

Mendorong masyarakat dan pihak yang terlibat melalui sosialisasi untuk melakukan pemeriksaan, perawatan dan uji emisi kendaraannya secara berkala agar pembakaran mesin kendaraannya tidak menimbulkan emisi yang tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan pada titik 1 sebesar $22,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, titik 2 sebesar $24,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan titik 3 sebesar $30,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jika dibandingkan dengan baku Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dengan nilai baku mutu adalah $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maka, konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di sekitar TPA Piyungan masih dibawah baku mutu.
2. Berdasarkan hasil pengujian logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) diperoleh rata-rata kandungan logam Pb yaitu $1,9 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$, logam Cd yaitu $1,5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$, logam Cr yaitu $4,3 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan logam Fe yaitu $9,7 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$.
3. Pengendalian logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) dapat dilakukan dengan cara pengecekan mesin secara berkala, uji emisi kendaraan pengangkut sampah dan alat berat, penggunaan APD, menggunakan teknologi *fog cannon*, serta melakukan sosialisasi

5.2 Saran

1. Bagi Masyarakat di Sekitar TPA Piyungan

Pentingnya peningkatan kesadaran diri masyarakat di sekitar TPA Piyungan untuk menggunakan masker sebagai pelindung diri terutama saat beraktivitas diluar ruangan sebagai langkah meminimalisir masuknya

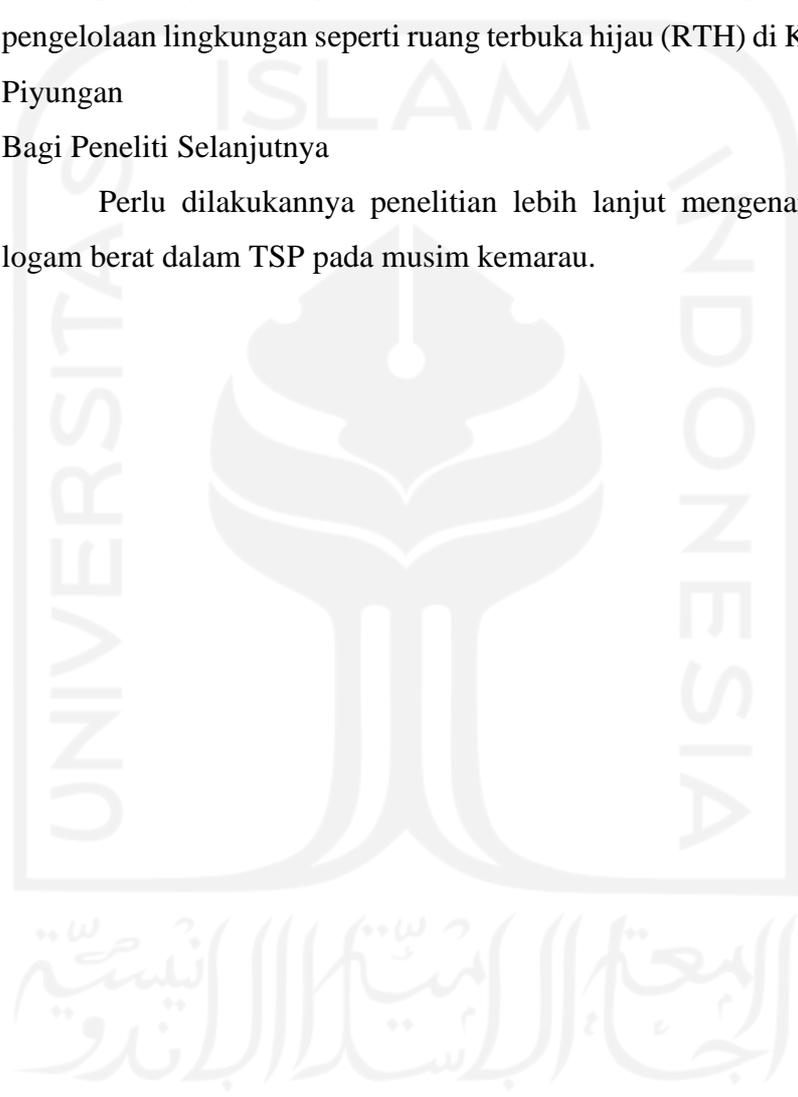
paparan debu TSP dan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe melalui saluran pernafasan.

2. Bagi Pihak Terkait

Perlu adanya sosialisasi akan bahaya pajanan debu dan logam berat terhadap masyarakat, pemantauan berkala terkait logam berat serta pengelolaan lingkungan seperti ruang terbuka hijau (RTH) di Kawasan TPA Piyungan

3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi logam berat dalam TSP pada musim kemarau.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. A., Khoiron, & Ellyke. (2014). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Dengan Risk Agent Total Suspended Particulate di Kawasan Industri Kota Probolinggo (Environmental Health Risk Assessment With Risk Agent Total Suspended Particulate In Industrial Area Probolinggo). *E-Jurnal Pustaka Keshatan*, 2(2), 346–352. <https://jurnal.unej.ac.id>
- 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.
- Asrifah, R. D., Widiarti, I. W., Widhiananto, P. A., Ni'ma, L., Rahman, D. I., Jwalita, A., & Romizah, H. (2021). Groundwater Vulnerability towards Pollution in Area Around the Piyungan Landfill, Bantul Regency, D. I. Yogyakarta. *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 1(1), 432–452. <https://doi.org/10.31098/cset.v1i1.416>
- Axmalia, A., & Mulasari, S. A. (2020). Dampak Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Terhadap Gangguan Kesehatan Masyarakat. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 6(2), 171–176. <https://doi.org/10.25311/keskom.vol6.iss2.536>
- Bhakti, A. N., Dewi, A., & Sujoso, P. (2016). *Pajanan Kromium (Cr) dan Gangguan Faal Paru Pekerja di Industri Elektroplating Villa Chrome Kabupaten Jember Exposure Chromium (Cr) and Lung Function Disorders of Workers in Villa Chrome Electroplating Industry Jember*. 143–144.
- Birawida, A. B. (2016). Penilaian dan Manajemen Risiko Timbal di Udara pada Anak Sekolah Dasar Pesisir Kota Makassar. *Jurnal MKMI*, 12(1), 54–62.

- Cahyadi, W., Achmad, B., Suhartono, E., & Razie, F. (2016). The Influence Of Meteorological Factors And Concentration Particulate (PM10) To Acute Respiratory Infections (ARI) (Case Study On The District Of South Banjarbaru, Banjarbaru Year 2014-2015). *EnviroScienteeae*, 12(3), 302–311.
- Chasanah, U., & Mukaromah, A. H. (2019). *Penurunan Kadar Ion Cr (VI) Dalam Air Menggunakan Membran dan Waktu Penyinaran UV*. 52–58.
- D. Rahmayanti. (2018). *Analisis Risiko Logam Berat Seng (Zn) dalam Total Suspended Particulate (TSP) Terhadap Kesehatan Manusia di Terminal Bus Giwangan dan Jombor, DI Yogyakarta*.
- Djunaidi, C. (2018). *Studi Interferensi AAS*.
- Effendy, F., Tresnaningsih, E., W, A., Wibowo, S., Sri, K., Dariana, D., Setia, B., Argana, G., Lfke, S., Dewi, F., & Effendi, S. (2012). Penyakit Akibat Kerja Karena Paparan Logam Berat. In *Seri Pedoman Tatalaksana Penyakit Akibat Kerja bagi Petugas Kesehatan*. <http://digilib.poltekkesdepkes-sby.ac.id/public/POLTEKKESBY-Books-557-Penyakitakibatkerjakarenapajananlogamberat.PDF#page=1&zoom=130,46,587>
- Fadhilah, I., & Fitria, L. (2020). Analisis Kadar Kadmium dan Beberapa Parameter Kunci pada Air Lindi di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPA) Bantar Gebang Tahun 2018 Abstrak. *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*, 1(1), 36–45.
- Fadlul Laili. 2021. "Analisa Air Lindi dan Potensi Penyebarannya ke Lingkungan Sekitar TPA Gunung Tugel Kabupaten Banyumas". Skripsi. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia

- Gindo, A., & Hari, B. (2007). Issn 1410-6086 pengukuran partikel udara ambien (tsp., *Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN*, 220–227.
- Gunawan, G. (2015). *Tingkat Pencemaran Udara Debu Dan Timbal Di Lingkungan Gerbang Tol (Air Pollution Levels of Dust and Lead At the Toll Gate)*. 3(41), 115–124.
- Hasan, W., Matondang, A. R., Syahrin, A., & Wahyuni, C. U. (2013). *Pengaruh jenis kelamin dan kebiasaan merokok terhadap kadar timbal darah*. Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional (National Public Health Journal), 164-168.
- Helmy, R. (2019). *Hubungan Paparan Debu dan Karakteristik Individu dengan Status Faal Paru Pedagang di Sekitar Kawasan Industri Gresik*. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 11(2), 132-140.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KEPMEN KLH) No. Kep.02/Menklh/1988 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan.
- Kusuma, A. T., Effendi, N., Abidin, Z., & Awaliah, S. S. (2019). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Raksa (Hg) Pada Cat Rambut Yang Beredar Di Kota Makassar Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Celebes Environmental Science*, 1(April), 6–12. <http://journal.ildikti9.id/CAE>
- Mukhtar, R., Wahyudi, H., Panjaitan, E. H., Lahtiani, S., Santoso, M., Lestiani, D. D., & Kurniawati, S. (2013). *Kandungan logam berat dalam udara ambien pada beberapa kota di Indonesia*. Ecolab, 7(2), 49-59.
- Murniasih, S., Rozana, K., & Prabasiwi, D. S. (2020). Asesmen logam berat sampel

partikulat udara pada TSP di sekitar PLTU Pacitan. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, 3(2), 74-82.

Nur, E., Seno, B. A., & Hidayanti, R. (2021). Risiko Gangguan Kesehatan Masyarakat Akibat Paparan PM10 di Kota Padang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 20(2), 97–103. <https://doi.org/10.14710/jkli.20.2.97-103>

Nurhikmah, A., HS, S., & Ramadani, K. (2015). Biosorpsi *Bougainvillea spectabilis* Wild) Terhadap Emisi Timbal (Pb) Pada Kendaraan Bermotor. *Al-Kimia*, 3(2), 42-51. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v3i2.1669>

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Priatna, L., Hariadi, W., & Purwendah, E. K. (2019). Pengelolaan sampah di tempat pembuangan akhir (tpa) Gunung Tugel, Desa Kedungrandu, Kecamatan Patrikaja, Kabupaten Banyumas. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call for Papers*, 6(November), 494–501

Rahayuningtyas, A., & Kuala, S. I. (2016). Pengaruh Suhu Dan Kelembaban Udara Pada Proses Pengeringan Singkong (Studi Kasus : Pengering Tipe Rak). *ETHOS (Jurnal Penelitian Dan Pengabdian)*, 99. <https://doi.org/10.29313/ethos.v0i0.1663>

Ratnani, R. D. (2008). Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel. *Momentum*, 4(2), 27–32. <https://media.neliti.com/media/publications/114195-ID-none.pdf>

Safaat, A. I. F. W. (2021). Identifikasi Mikroplastik Udara Dari Polutan Total Suspended Particulate (Tsp) Jalan Arteri Divided Di Kota Makassar.

Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin, November, 6.

Salsabil, D. S. (2020). "*Distribusi Konsentrasi Pb, Cu, Zn Pada Tanaman Mahoni (Swietenia Marcophylla) Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara Di Universitas Islam Indonesia*". Skripsi. Yogyakarta: Univeritas Islam Indonesia

Santiasih, I., Hermana, J., & Supriadi, D. B. (2012). Indoor Particulate Matters Dispersion Potency. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 2(12), 625–633.

Shah, M. H., Shaheen, N., Jaffar, M., Khalique, A., Tariq, S. R., & Manzoor, S. (2006). Spatial variations in selected metal contents and particle size distribution in an urban and rural atmosphere of Islamabad, Pakistan. *Journal of Environmental Management*, 78(2), 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.011>

Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 19-7119.6-2005 tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien

Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-3:2017 tentang uji Total Suspended Particulate (TSP) metode gravimetri udara ambien

Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-4:2017 tentang cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda distruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala

Suma'mur P. K. 2014. Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja(HIPERKES). Jakarta: Agung Seto

Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan logam berat besi (Fe) pada

air, sedimen, dan kerang hijau (*perna viridis*) di perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1).

Suryati, I, Akbar, M. N., Latifah, N. 2019. *Studi Kandungan Logam Berat (As, Cd, Cr, Pb Dan Hg) dalam Particulate Matter 10 Mikron (PM10) di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan*. *Jurnal Dampak*, 16(2), 77-85.

Syahrani, A. (2006). *Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi*. *SMARTek*, 4(4).

Syuhada, M. N. (2018). "*Penentuan Kadar Ion Logam Besi (Fe), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Timbal (Pb), dan Zink (Zn) pada Air dan Sedimen (Padatan Total) yang Berada di Sungai Pasca Erupsi Gunung Sinabung di Desa Perbaji Kabupaten Karo, Sumatera Utara dengan Metode Inductively Coupled Plasma (ICP)*". Skripsi. Medan: Universitas Sumatra Utara

Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Molecular, clinical and environmental toxicology Volume 3: Environmental Toxicology. In *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology* (Vol. 101). <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam TSP dengan Metode Destruksi Basah

A. Prinsip Kerja

Partikel di udara ambien ditangkap dengan menggunakan alat HVAS dengan filter. Logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe yang terkandung di dalam partikel debu dalam kertas filter di destruksi dengan menggunakan pelarut asal, kemudian diukur dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) nyala.

B. Alat

- | | |
|----------------------------------------------------|--------|
| 1. HVAS dengan inlet selektif TSP | 1 buah |
| 2. Neraca Analitik | 1 buah |
| 3. <i>Termo-Hygro-Barometer</i> | 1 buah |
| 4. Anemometer | 1 buah |
| 5. Desikator | 1 buah |
| 6. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) nyala | 1 buah |
| 7. Pemanas listrik dilengkapi dengan pengatur suhu | 1 buah |
| 8. Labu ukur 50 ml | 1 buah |
| 9. Gelas Piala 1000 ml | 1 buah |
| 10. Erlenmeyer 250 ml | 3 buah |
| 11. Pipet ukur 10 ml | 1 buah |
| 12. Botol sampel 20 ml | 3 buah |
| 13. Corong gelas | 1 buah |

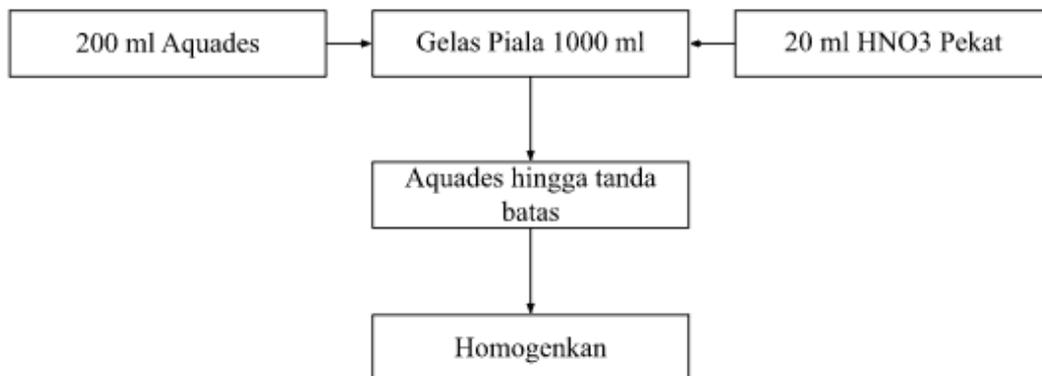
C. Bahan

- | | |
|---------------------------------------------------------|--------|
| 1. Kertas Filter | 3 buah |
| 2. Kertas saring berpori 80 µg diameter 125 atau 110 mm | |
| 3. Asam nitrat pekat (HNO ₃ 67%) | |

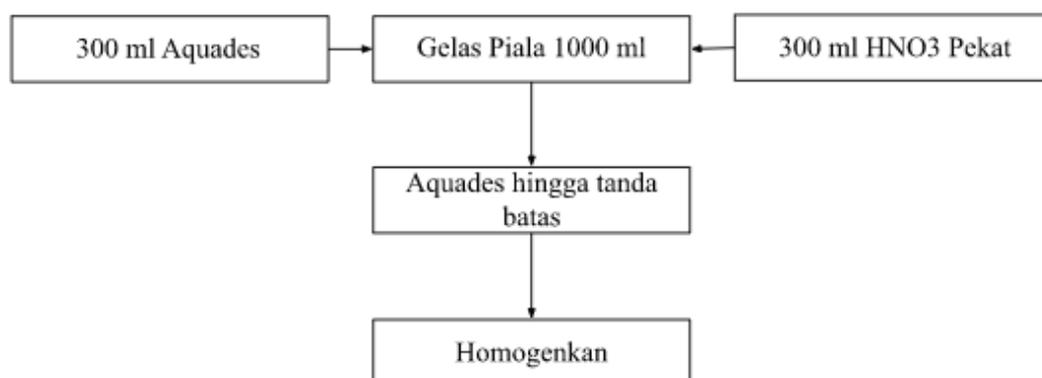
4. Asam klorida pekat (HCl 37%)
5. Larutan asam nitrat (HNO₃)
6. Larutan asam nitrat (HNO₃)
7. Larutan asam klorida (HCl)
8. Aquades
9. *Hydrogen peroxide* (H₂O₂) pekat
10. Larutan induk timbal 1000 µg/mL

D. Langkah Kerja

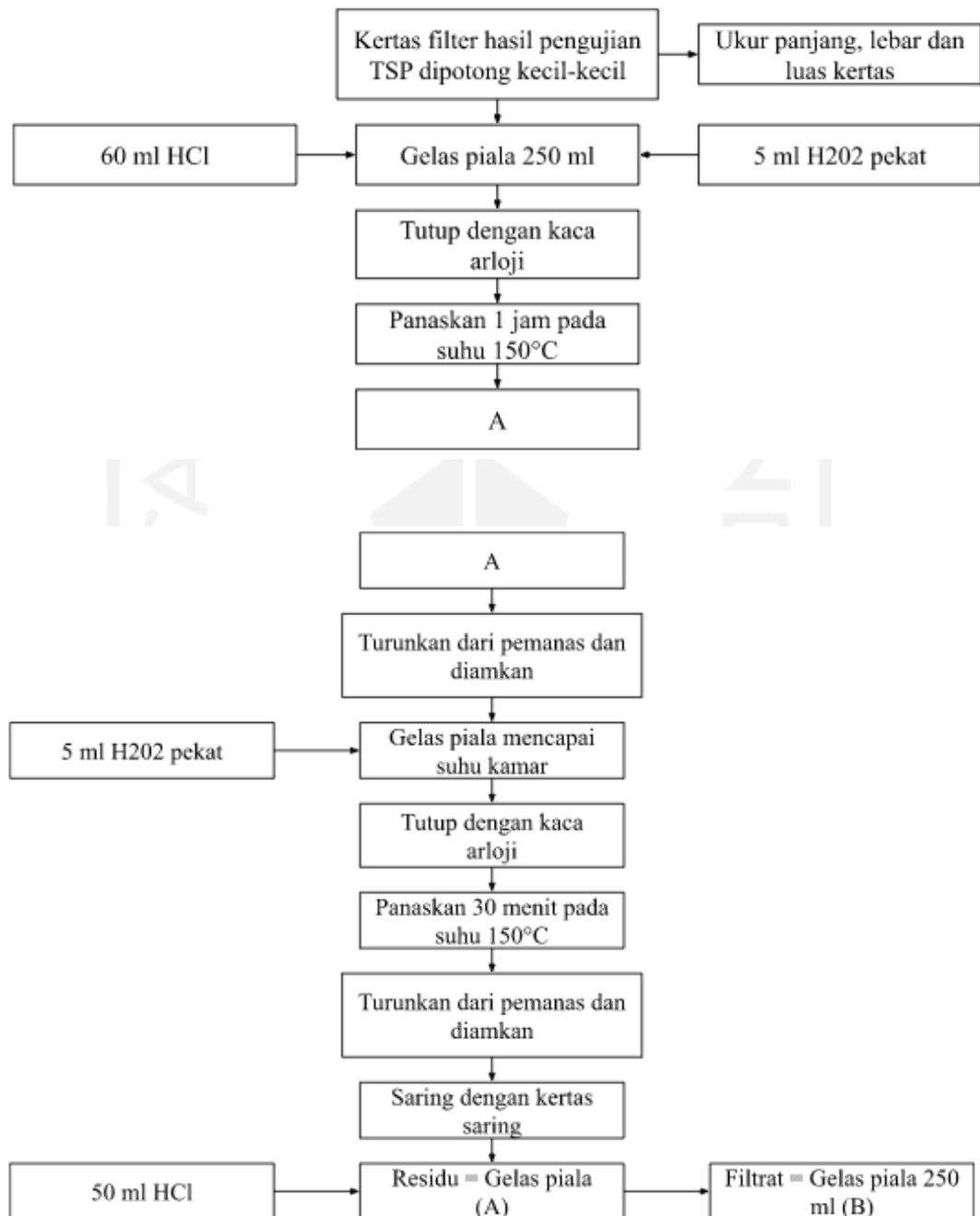
1) Pembuatan Larutan Asam Nitrat (HNO₃)

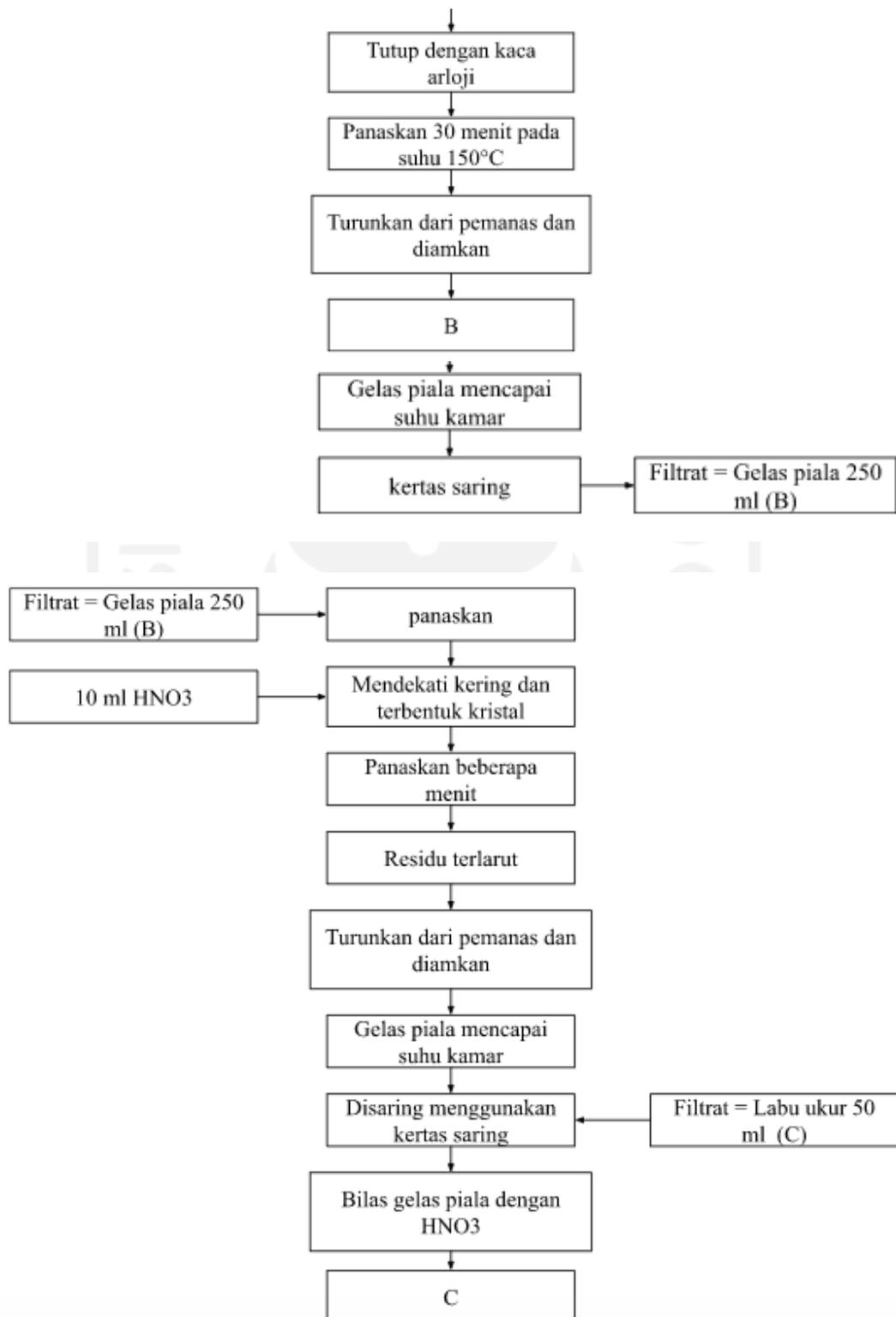


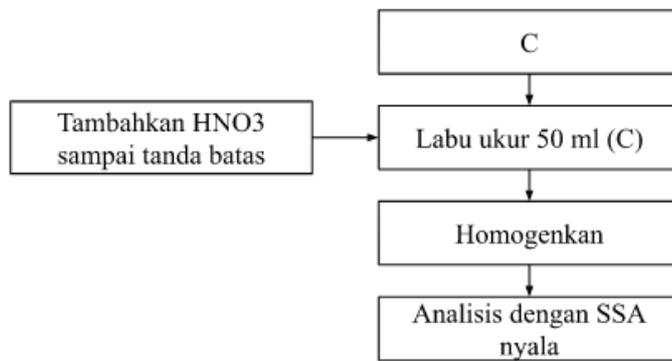
2) Pembuatan Larutan Asam Klorida (HCl)



3) Pengujian Contoh Uji







Lampiran 2. Kuesioner Penelitian

KUESIONER PENELITIAN

Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cr, Fe dalam Debu TSP di Sekitar TPA Piyungan Yogyakarta

Bapak/Ibu/Sdr Yth,

Dalam rangka keperluan penelitian Tugas Akhir, saya memohon kesediaan Bapak/Ibu/Sdr untuk mengisi kuesioner ini. Kuesioner ini berkaitan dengan pajanan logam berat terhadap masyarakat sekitar TPA Piyungan, Bantul. Dengan mengisi kuesioner ini, Bapak/Ibu/Sdr telah menyetujui data pribadi digunakan sebagai bahan penelitian. Hasil kuesioner ini tidak akan dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas partisipasinya, saya ucapkan terima kasih.

Hari/Tanggal :

Nomor :

A. Identitas Responden

Isilah sesuai dengan keadaan yang sebenarnya:

1.	Nama	:	
2.	Umur	:	tahun
3.	Jenis Kelamin	:	L / P
4.	Pekerjaan	:	
5.	Alamat Tinggal	:	
6.	Lama Tinggal	:	tahun
7.	Berat Badan	:	kg
8.	Riwayat Merokok	:	Ya / Tidak
			Bila "Ya" sudah berapa lama? _____ tahun dan Berapa batang perhari ? _____ batang.

9.	Sumber Kebutuhan Air Minum:
	<input type="checkbox"/> Sumur <input type="checkbox"/> PDAM/PAM <input type="checkbox"/> Air isi ulang
10	Sumber Kebutuhan Air untuk Memasak :
	<input type="checkbox"/> Sumur <input type="checkbox"/> PDAM/PAM <input type="checkbox"/> Air isi ulang
11	Sumber Kebutuhan Air untuk MCK :
	<input type="checkbox"/> Sumur <input type="checkbox"/> PDAM/PAM <input type="checkbox"/> Air isi ulang

B. Keluhan Kesehatan

1.	Selama tinggal di kawasan TPA Piyungan, Bantul, apakah Bapak/Ibu/Sdr merasa terganggu dengan debu yang ada di sekitar rumah/kendaraan lewat/lainnya?
2.	Selama tinggal di kawasan TPA Piyungan, Bantul, apakah Bapak/Ibu/Sdr mempunyai riwayat sakit? Jika ya, sebutkan.
3.	Selama tinggal di kawasan TPA Piyungan, Bantul, apakah Bapak/Ibu/Sdr mempunyai riwayat sakit asma?
4.	Selama tinggal di kawasan TPA Piyungan, Bantul, apakah Bapak/Ibu/Sdr pernah sakit pernafasan/paru-paru?
5.	Dalam 1 tahun terakhir apakah Bapak/Ibu/Sdr pernah mengalami sakit? Jika

	ya, sebutkan.
6.	Selama tinggal di kawasan TPA Piyungan, Bantul, apakah Bapak/Ibu/Sdr merasakan beberapa gejala kesehatan seperti di bawah ini?
	<p>Dampak Paparan TSP</p> <p><input type="checkbox"/> Batuk</p> <p><input type="checkbox"/> Dahak</p> <p><input type="checkbox"/> Bunyi Mengi</p> <p><input type="checkbox"/> Iritasi Hidung</p> <p><input type="checkbox"/> Iritasi Tenggorokan</p>
	<p>Dampak Paparan Logam Pb</p> <p><input type="checkbox"/> Merasa mudah lelah, pucat, dan lesu akibat anemia</p> <p><input type="checkbox"/> Sakit kepala</p> <p><input type="checkbox"/> Muntah</p> <p><input type="checkbox"/> Kejang</p>
	<p>Dampak Paparan Logam Cd</p> <p><input type="checkbox"/> Batuk</p> <p><input type="checkbox"/> Iritasi hidung</p> <p><input type="checkbox"/> Iritasi Tenggorokan</p> <p><input type="checkbox"/> Sakit Kepala</p> <p><input type="checkbox"/> Demam</p> <p><input type="checkbox"/> Hipertensi</p> <p><input type="checkbox"/> Nyeri Dada</p>
	<p>Dampak Paparan Logam Cr</p> <p><input type="checkbox"/> Ruam Kulit</p>

	<input type="checkbox"/> Gangguan Perut <input type="checkbox"/> Gangguan Pernafasan
	<p>Dampak Paparan Logam Fe</p> <input type="checkbox"/> Mual dan Muntah <input type="checkbox"/> Pusing <input type="checkbox"/> Hipertensi <input type="checkbox"/> Batuk <input type="checkbox"/> Sakit Kepala <input type="checkbox"/> Iritasi Tenggorokan <input type="checkbox"/> Iritasi Hidung <input type="checkbox"/> Nyeri Dada <input type="checkbox"/> Hipertensi <input type="checkbox"/> Ruam Kulit <input type="checkbox"/> Gangguan Pernafasan <input type="checkbox"/> Gangguan Pencernaan
7.	Apakah Bapak/Ibu/Sdr pernah didiagnosa oleh dokter/rumah sakit, bahwa Bapak/Ibu/Sdr mengalami sakit sebagai berikut?
	<p>Dampak Paparan TSP</p> <input type="checkbox"/> Asma <input type="checkbox"/> ISPA <input type="checkbox"/> Kanker Paru-Paru <input type="checkbox"/> Penyakit Jantung
	<p>Dampak Paparan Logam Pb</p> <input type="checkbox"/> Penurunan kemampuan tubuh menyerap kalsium <input type="checkbox"/> Penurunan fungsi otak

	<input type="checkbox"/> Kerusakan enzim-enzim esensial
	<p>Dampak Paparan Logam Cd</p> <input type="checkbox"/> Kerusakan Ginjal dan Hati <input type="checkbox"/> Pneumonitis <input type="checkbox"/> Pembengkakan Paru-Paru
	<p>Dampak Paparan Logam Cr</p> <input type="checkbox"/> Penurunan Kekebalan Tubuh <input type="checkbox"/> Kerusakan Ginjal dan Hati <input type="checkbox"/> Kanker Paru-Paru <input type="checkbox"/> Permasalahan Keturunan
	<p>Dampak Paparan Logam Fe</p> <input type="checkbox"/> Liver <input type="checkbox"/> Kerusakan Usus <input type="checkbox"/> Penuaan Dini <input type="checkbox"/> Gangguan Penyerapan Vitamin dan Mineral <input type="checkbox"/> Hemokromatis <input type="checkbox"/> Kanker <input type="checkbox"/> Penurunan Fungsi Paru-Paru <input type="checkbox"/> Keluhan Pada Ginjal

Lampiran 3. Surat Keterangan *Ethical Approval*



FAKULTAS
KEDOKTERAN

Gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 2096, 2097
F. (0274) 898459 ext.2007
E. f@uii.ac.id
W. R.k.uui.ac.id

Nomor : 8/Ka.Kom.Et/70/KE/IV/2022

KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK ETHICAL APPROVAL

Komite Etik Penelitian Kedokteran dan Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia dalam upaya melindungi hak asasi dan kesejahteraan subyek penelitian kedokteran dan kesehatan, telah mengkaji dengan teliti protokol berjudul :

The Ethics Committee of the Faculty of Medicine, Islamic University of Indonesia, with regards of the protection of human rights and welfare in medical and health research, has carefully reviewed the research protocol entitled :

"Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cr, Fe dalam Debu TSP terhadap Risiko Kesehatan Masyarakat di Sekitar TPST Piyungan Yogyakarta"

Peneliti Utama : Nabilla Widhiya Ulhaq
Principal Investigator

Nama Institusi : Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII
Name of the Institution

dan telah menyetujui protokol tersebut diatas.
and approved the above-mentioned protocol.

Yogyakarta, 21 April 2022
Ketua
Chairman
dr. Rahma Yuantari, M.Sc, Sp.PK

***Ethical Approval** berlaku satu tahun dari tanggal persetujuan

****Peneliti berkewajiban**

1. Menjaga kerahasiaan identitas subyek penelitian
2. Memberitahukan status penelitian apabila :
 - a. Setelah masa berlakunya keterangan lolos kaji etik, penelitian masih belum selesai, dalam hal ini *ethical clearance* harus diperpanjang
 - b. Penelitian berhenti di tengah jalan
3. Melaporkan kejadian serius yang tidak diinginkan (*serious adverse events*)
4. Peneliti tidak boleh melakukan tindakan apapun pada subyek sebelum penelitian lolos kaji etik dan *informed consent*

Lampiran 4. Contoh Perhitungan *Total Suspended Particulate* (TSP) di TPA Piyungan

- a) Perhitungan berat *Total Suspended Particulate* menggunakan persamaan 1

$$\text{Berat TSP} = \text{Berat filter akhir} - \text{berat filter awal} \quad \text{Pers.1}$$

Contoh perhitungan dengan kode sampel DAY 1

$$\begin{aligned} \text{Berat TSP} &= \text{Berat filter akhir} - \text{berat filter awal} \\ &= 4.2155 \text{ gram} - 4.1633 \text{ gram} \\ &= 0.0522 \text{ gram} \end{aligned}$$

- b) Perhitungan koreksi laju alir pada kondisi standar

$$Q_s = Q_o \times \frac{[T_s \times P_o]^{\frac{1}{2}}}{[T_o \times P_s]} \quad \text{Pers.2}$$

Contoh perhitungan koreksi laju alir dengan kode sampel DAY 1 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} Q_s &= 1,20 \times \frac{[298 \times 740,6]^{\frac{1}{2}}}{[299,7 \times 760]} \\ &= 1,18 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

- c) Perhitungan volume yang diambil menggunakan persamaan 3

$$\text{Volume udara yang diambil} = \text{rata-rata laju alir} \times \text{waktu} \quad \text{Pers.3}$$

Contoh perhitungan volume udara yang diambil dengan kode sampel DAY 1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume udara yang diambil} &= \text{rata-rata laju alir} \times \text{waktu} \\ &= 1,18 \text{ m}^3/\text{menit} \times 1140 \\ &= 1701,73 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- d) Perhitungan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) menggunakan hasil perhitungan berat *Total Suspended Particulate* (TSP) dan volume udara yang diambil. Sehingga perhitungan volume yang diambil menggunakan persamaan 4

$$\text{Konsentarsi TSP} = \frac{\text{Berat TSP}}{\text{Volume Udara}} \times 10^6 \quad \text{Pers. 4}$$

Contoh perhitungan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan kode sampel DAY 1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi TSP} &= \frac{0,0522}{1702,08} \times 10^6 \\ &= 30,62 \mu\text{g/m}^3 \end{aligned}$$

- e) Perhitungan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) menggunakan konversi *Canter* dengan lama pengambilan 24 jam. Persamaan Konversi *Canter* dapat dilihat pada persamaan 5.

$$C_1 = C_2 \times \frac{t_2^p}{t_1}$$

Pers. 5

Contoh perhitungan Konversi *Canter* adalah sebagai berikut.

$$C_1 = C_2 \times \frac{t_2^p}{t_1}$$

$$C_1 = 30,62 \times \frac{24}{24}$$

$$C_1 = 30,62 \mu\text{g/m}^3$$

Lampiran 5. Hasil Pemantauan Langsung *Total Suspended Particulate (TSP)* di TPA Piyungan

Form 1

Kode sampel : DAY 1

Hari/Tanggal : Senin 07/03/2022

Titik Pengambilan Sampel	Waktu Pengambilan Sampel	Laju Alir Rata-Rata (m ³ /mnt)	Suhu Rata-Rata (°C)	Suhu Rata-Rata (°K)	Tekanan Udara Rata-Rata (mmHg)	Kelembaban Udara Rata-Rata (%)	Kecepatan Udara (m/s)	Laju alir terkoreksi (m ³ /menit) (Qs)
Titik 3	12.00	1.2	32.3	305.3	746.4	65.4	2.3	1.17
	13.00	1.2	31.5	304.5	745.3	67.5	3	1.18
	14.00	1.2	33.2	306.2	745.1	63	2.7	1.17
	15.03	1.2	30	303	744.8	70.6	4	1.18
	16.00	1.2	28.4	301.4	745.3	78.7	2.8	1.18
	17.01	1.2	27.3	300.3	745.6	86.1	0.2	1.18
	18.02	1.2	26	299	746	90.9	0.2	1.19
	19.00	1.2	26.4	299.4	746.7	90.2	0.2	1.19
	20.30	1.2	26.7	299.7	747.2	89	0	1.19
	21.04	1.2	27.4	300.4	746.7	85.1	0	1.18
	22.21	1.2	26.4	299.4	746.9	84.3	0	1.19
	23.00	1.2	26.6	299.6	746.4	89.4	0.1	1.19
	0.00	1.2	26.1	299.1	746	85.9	0	1.19

	1.50	1.2	26.1	299.1	745.2	85.8	0	1.19
	2.00	1.2	26.2	299.2	745.1	86.7	0	1.19
	3.00	1.2	26.1	299.1	744.8	82.1	0	1.19
	4.30	1.2	25.3	298.3	745.4	85.6	0	1.19
	5.20	1.2	25.5	298.5	745.7	86.5	0	1.19
	6.08	1.2	25.2	298.2	746	89.1	0	1.19
	7.10	1.2	28.2	301.2	746.5	81.8	0	1.18
	8.00	1.2	34.6	307.6	746.3	60.1	0.2	1.17
	9.09	1.2	33.3	306.3	745.7	62.9	1.8	1.17
	10.00	1.2	32.1	305.1	746.8	65.8	1.2	1.18
	11.09	1.2	32.4	305.4	745.8	65	0.1	1.17
X rata-rata		1.20	28.47	301.47	745.90	79.06	0.78	1.18

Form 2

Kode sampel : DAY 2

Hari/Tanggal : Selasa 08/03/2022

Titik Pengambilan Sampel	Waktu Pengambilan Sampel	Laju Alir Rata-Rata (m³/mnt)	Suhu Rata-Rata (°C)	Suhu Rata-Rata (°K)	Tekanan Udara Rata-Rata (mmHg)	Kelembaban Udara Rata-Rata (%)	Kecepatan Udara (m/s)	Laju alir terkoreksi (m³/menit) (Qs)
Titik 2	12.50	1.2	36.3	309.3	745.4	57.9	2.4	1.17
	13.40	1.2	35.2	308.2	744.3	57.8	2	1.17
	14.30	1.2	31	304	744.5	62.3	2.1	1.18
	15.55	1.2	29.8	302.8	745.3	75.8	2.4	1.18
	16.45	1.2	29.5	302.5	745	76.7	2.5	1.18
	17.38	1.2	27.7	300.7	746	86	1.8	1.18
	18.31	1.2	27.1	300.1	746.4	89.2	0.4	1.19
	19.26	1.2	27.1	300.1	746.6	90.1	0.2	1.19
	20.19	1.2	26.3	299.3	747	91.9	0	1.19
	21.20	1.2	26.1	299.1	747	92.8	0	1.19
	22.11	1.2	26	299	747.3	92.8	0	1.19
	23.41	1.2	25.9	298.9	746.6	93.2	0	1.19
	0.16	1.2	26	299	746	93.3	0	1.19
	1.00	1.2	26	299	745.5	93.4	0	1.19

	2.12	1.2	25.7	298.7	745.7	93.3	0	1.19
	3.01	1.2	25.6	298.6	746	92	0	1.19
	4.00	1.2	25.6	298.6	746.1	91.3	0	1.19
	5.24	1.2	25.1	298.1	746.5	90.6	0	1.19
	6.06	1.2	25.1	298.1	746.3	91.6	0	1.19
	7.00	1.2	25	298	746.8	92.8	0	1.19
	8.12	1.2	26.4	299.4	747.5	91.1	0.1	1.19
	9.00	1.2	27.3	300.3	747.3	87.1	0.1	1.19
	10.57	1.2	35.4	308.4	746.7	58.1	0.1	1.17
	11.09	1.2	34.2	307.2	746.6	68.9	0.1	1.17
X rata-rata		1.20	28.14	301.14	746.18	83.75	0.59	1.18

Form 3

Kode sampel : DAY 3

Hari/Tanggal : Kamis 10/03/2022

Titik Pengambilan Sampel	Waktu Pengambilan Sampel	Laju Alir Rata-Rata (m³/mnt)	Suhu Rata-Rata (°C)	Suhu Rata-Rata (°K)	Tekanan Udara Rata-Rata (mmHg)	Kelembaban Udara Rata-Rata (%)	Kecepatan Udara (m/s)	Laju alir terkoreksi (m³/menit) (Qs)
Titik 1	17.55	1.2	27.8	300.8	742.9	83.6	0.5	1.18
	18.55	1.2	27	300	743.7	90.9	0	1.18
	19.27	1.2	26.5	299.5	743.9	91.4	0	1.18
	20.12	1.2	25.4	298.4	744.2	90.8	0	1.19
	21.10	1.2	25.3	298.3	744.5	91.4	0	1.19
	22.21	1.2	25.5	298.5	744.4	91.6	0	1.19
	23.03	1.2	24.9	297.9	743.6	92.1	0	1.19
	0.24	1.2	25.4	298.4	743	91.1	0	1.19
	1.21	1.2	24.5	297.5	742.8	91.6	0	1.19
	2.22	1.2	24.3	297.3	742.4	92.7	0	1.19
	3.01	1.2	24.2	297.2	742.3	92	0	1.19
	4.00	1.2	24	297	742.1	92.4	0	1.19
	5.27	1.2	23.6	296.6	742.1	92.8	0	1.19
	6.07	1.2	23.8	296.8	742.1	92.4	0	1.19

	7.01	1.2	25.1	298.1	742.7	90.8	0	1.19
	8.54	1.2	28.6	301.6	743.3	76.6	0	1.18
	9.35	1.2	30.7	303.7	743.3	72.8	0.3	1.18
	10.03	1.2	31.1	304.1	743	69.4	3.2	1.17
	11.05	1.2	32.2	305.2	742.4	67.9	2.6	1.17
	12.00	1.2	31.8	304.8	741.7	65	2.5	1.17
	13.00	1.2	34.1	307.1	740.9	58.2	0.5	1.17
	14.35	1.2	31.1	304.1	740.1	72.1	0.7	1.17
	15.01	1.2	30.5	303.5	740	71.8	0.1	1.17
	16.00	1.2	26.7	299.7	740.6	87.5	4	1.18
X rata-rata		1.20	27.25	300.25	742.58	83.70	0.60	1.18

Lampiran 6. Perhitungan Jumlah Responden di TPA Piyungan

Perhitungan jumlah responden yang diteliti dilakukan dengan menggunakan Persamaan Slovine. Persamaan Slovine dapat dilihat pada Persamaan 6 (**Pers 6**).

$$n = \frac{N}{1+N(e^2)} \quad \text{Pers. 6}$$

dimana :

n = jumlah responden yang dibutuhkan

N = jumlah total responden

e = koreksi kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel yang masih bisa ditolerir (0,1)

$$n = \frac{506}{1+506(0,1^2)} = 84 \text{ responden}$$

Lampiran 7. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd, Cr, dan Fe) dalam Sampel *Total Suspended Particulate* (TSP)

Perhitungan Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) dalam Sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) menggunakan persamaan 7.

$$C_{Pb} = \frac{(C_t - C_b) \times V_t \times \frac{S}{S_t}}{V} \quad \text{Pers. 7}$$

Contoh perhitungan konsentrasi logam berat timbal (Pb) untuk sampel TSP D1.

$$\begin{aligned} C_{Pb} &= \frac{(0,322 - 0,199) \times 20 \times 1}{1701,7} \\ &= 0,00144 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

Lampiran 8. Dokumentasi



الجامعة الإسلامية
الاستدائدية



Lampiran 9. Baku Mutu *Total Suspended Particulate* (TSP) Udara Ambien di Indonesia



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN VII
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 22 TAHUN 2021
TENTANG
PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN
PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

BAKU MUTU UDARA AMBIEN

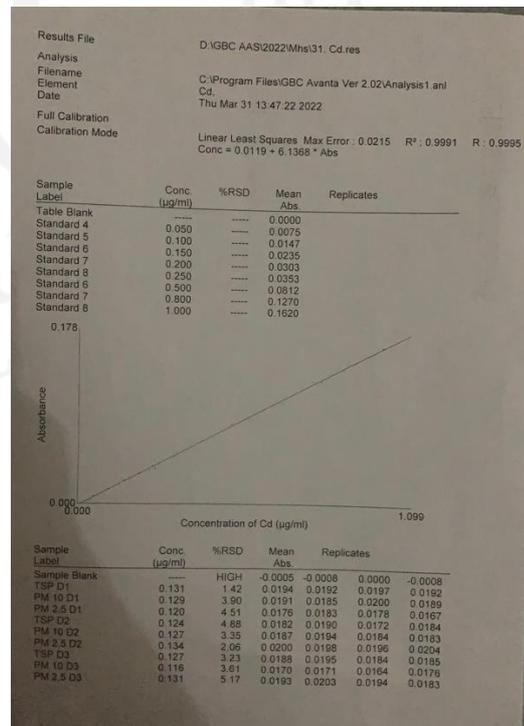
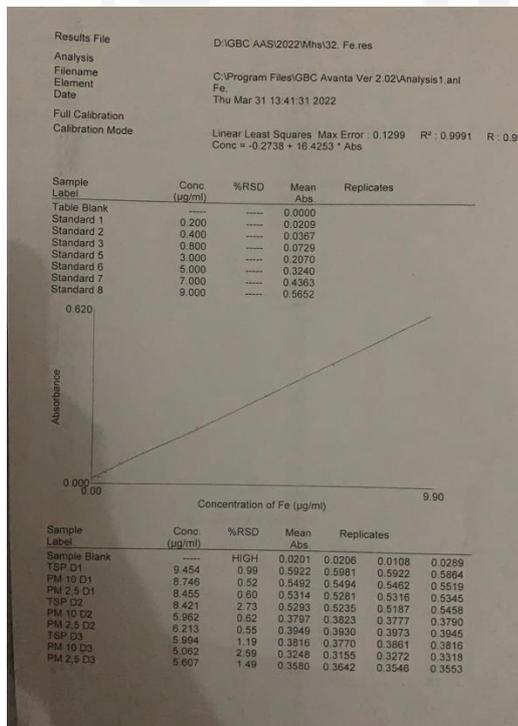
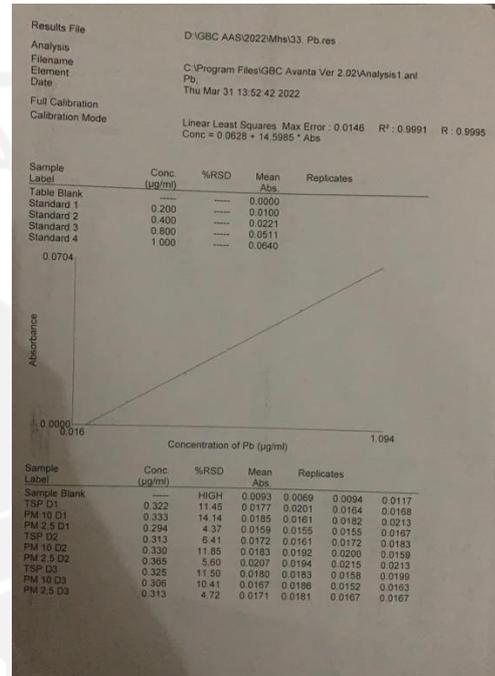
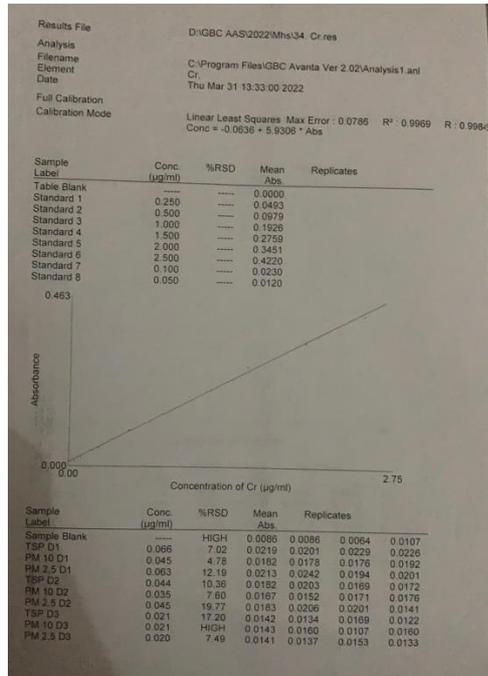
NO	PARAMETER	WAKTU PENGUKURAN	BAKU MUTU	SISTEM PENGUKURAN
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	150 µg/m ³	aktif kontinu
		24 jam	75 µg/m ³	aktif manual
		1 tahun	45 µg/m ³	aktif kontinu
2.	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	10000 µg/m ³	aktif kontinu
		8 jam	4000 µg/m ³	aktif kontinu
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	200 µg/m ³	aktif kontinu
		24 jam	65 µg/m ³	aktif manual
		1 tahun	50 µg/m ³	aktif kontinu
4.	Oksidan fotokimia (O _x) sebagai Ozon (O ₃)	1 jam	150 µg/m ³	aktif kontinu
		8 jam	100 µg/m ³	aktif manual [#]
		1 tahun	35 µg/m ³	aktif kontinu ^{##}
5.	Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	3 jam	160 µg/m ³	aktif kontinu ^{###}
6.	Partikulat debu < 100 µm (TSP)	24 jam	230 µg/m ³	aktif manual
	Partikulat debu < 10 µm (PM ₁₀)	24 jam	75 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	40 µg/m ³	aktif manual
	Partikulat debu < 2,5 µm (PM _{2,5})	24 jam	55 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	15 µg/m ³	aktif manual
7.	Timbal (Pb)	24 jam	2 µg/m ³	aktif kontinu

Keterangan . . .

SK No 097090 A

Lampiran 10. Hasil Uji Logam Berat (Pb, Cd, Cr, dan Fe) Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom-Nyala

Pengujian 1



Pengujian 2

