

TUGAS AKHIR

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT (Pb, Cd, Cr, Fe) DALAM DEBU PM₁₀ TERHADAP RISIKO KESEHATAN MASYARAKAT DI SEKITAR TPST PIYUNGAN, BANTUL, YOGYAKARTA

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



NURUL PRASTIWI

18513099

**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
PM₁₀ TERHADAP RISIKO KESEHATAN MASYARAKAT DI SEKITAR
TPST PIYUNGAN, BANTUL, YOGYAKARTA**

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



Disusun Oleh:

**NURUL PRASTIWI
18513099**

Disetujui:

Pembimbing 1:

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

NIK. 195130101

Tanggal: 01072022

Pembimbing 2:

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

NIK. 165131305

Tanggal: 7 Juli 2022

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.

NIK. 095130403

Tanggal: 28 September 2022

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT (Pb, Cd, Cr, Fe) DALAM
PM₁₀ TERHADAP RISIKO KESEHATAN MASYARAKAT DI SEKITAR
TPST PIYUNGAN, BANTUL, YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa


Tanggal : 13 September 2022

Disusun Oleh:

NURUL PRASTIWI
18513099

Tim Penguji :

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

(
27/09/2022)

Fina Binazir Maziva, S.T., M.T.

(
26 September 2022)

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

(
)

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, 01 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Nurul Prastiwi

NIM: 18513099

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 Kadar Logam Berat Dalam Debu PM₁₀ Terhadap Kesehatan Masyarakat Di Sekitar TPST Piyungan, Bantul, 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.

Peneliti ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang membantu kelancaran dalam penyusunan laporan ini baik dukungan moril maupun materiil. Sehingga pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga mempermudah kelancaran proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua peneliti serta adik peneliti yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan doa demi kelancaran penulisan tugas akhir ini.
3. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. dan Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan.
4. Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Ibu Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng. dan Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. serta Bapak Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H. yang telah membimbing serta berkenan memberikan waktu dan masukan selama proses penyusunan laporan tugas akhir.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang sudah membagikan ilmu yang bermanfaat bagi peneliti.
6. Pihak pengelola dan masyarakat sekitar TPST Piyungan yang telah membantu peneliti dalam proses pengambilan data di lapangan.

lain telah berjuang bersama-sama, membantu, dan saling memberikan semangat selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.

8. Kepada Tri Wahyuningtyas, Anindya Hesty, dan Devy Fatima Rusli selaku teman seperjuangan yang menemani masa perkuliahan peneliti dan bersama-sama saling memberi motivasi untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
9. Kepada Dhiyaa Putri, Citra Mediant, Aldio Kuswara, Riska Dwi Muharni, Finny Putri Ideza, dan Rita Dwi Saputri selaku sahabat peneliti yang senantiasa menemani *healing* kemanapun dan bersama-sama saling memberi motivasi untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Seorang lelaki bernama Geraldo Murtado yang selalu siap sedia mendengarkan segala keluh kesah peneliti serta selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
11. Seluruh keluarga, teman, dan pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Peneliti berharap semoga amal baik dari seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan tugas ini mendapat balasan berupa pahala dari Allah SWT. Penulis menyadari dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 01 Agustus 2022



Nurul Prastiwi

ABSTRAK

NURUL PRASTIWI. Analisis Logam Berat (Pb, Cd, Cr, Fe) Dalam Debu PM₁₀ Terhadap Risiko Kesehatan Masyarakat Sekitar TPST Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Dibimbing oleh Ibu Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng., Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T., dan Bapak Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H.

Salah satu dampak keberadaan TPST bagi lingkungan adalah pencemaran udara. Di atmosfer, terdapat partikulat PM₁₀ dengan diameter <10 µm didalamnya terkandung logam berat sebagai salah satu zat pencemar udara. Dampak yang dihasilkan akibat pajanan logam berat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi PM₁₀ di udara, menganalisis kandungan logam berat, dan menganalisis tingkat risiko dan dampak pajanan logam berat dalam PM₁₀ pada masyarakat sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Metode Pengambilan sampel PM₁₀ berdasarkan SNI 7119.15 : 2016 menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dan uji kandungan logam berat yang terkandung di dalamnya mengacu pada SNI 7119-4:2017 Tentang Cara Uji Kadar Timbal (Pb) dengan Metode Destruksi Basah Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Nyala. Selain itu, logam Cd mengacu pada SNI 6989.16 : 2009, logam Cr mengacu pada SNI 6989.17 : 2009, dan logam Fe mengacu pada SNI 6989.4 : 2009. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi PM₁₀ di udara masih dibawah standar baku mutu yaitu sebesar 17,42 µg/m³, 33,71 µg/m³, dan 30,52 µg/m³. Konsentrasi logam berat Pb, Cd, dan Cr juga masih memenuhi standar baku mutu yaitu logam Pb sebesar 2×10^{-6} µg/m³; µg/m³, logam Cd sebesar $1,5 \times 10^{-6}$ µg/m³, dan Logam Cr $3,6 \times 10^{-7}$ µg/m³. Hasil analisis tingkat risiko pajanan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM₁₀ terhadap masyarakat sekitar TPST Piyungan, Bantul menunjukkan tingkat risiko non kanker masih aman atau tidak bersifat karsinogenik.

Kata Kunci : TPST, PM₁₀, Pb, Cd, Cr, Fe, Analisis risiko.

ABSTRACT

NURUL PRASTIWI. *Analysis of Heavy Metals (Pb, Cd, Cr, Fe) in PM₁₀ to the health of the community around Piyungan Landfill, Bantul, Yogyakarta. Supervised by ADELIA ANJU ASMARA, S.T., M.Eng. and FINA BINAZIR MAZIYA, S.T., M.T.*

One of the impacts of the landfill on the environment is air pollution. In the atmosphere, PM₁₀ particulates with a diameter of <10 m contain heavy metals as one of the air pollutants. The impacts of heavy metal exposure are very dangerous for human health. This study aims to analyze the concentration of PM₁₀ in the air, analyze the content of heavy metals, and analyze the level of risk and impact of heavy metal exposure in PM₁₀ on the community around the Piyungan landfill, Bantul, Yogyakarta. PM₁₀ sampling method based on SNI 7119.15 : 2016 using a High Volume Air Sampler (HVAS) and the test for the heavy metal content contained in it refers to SNI 7119-4:2017 About Test Method for Lead (Pb) with Wet Destruction Method Using Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA) On. In addition, Cd metal refers to SNI 6989.16 : 2009, Cr metal refers to SNI 6989.17 : 2009, and Fe metal refers to SNI 6989.4 : 2009. The results showed that the concentration of PM₁₀ in the air still below on the quality standards 17.42 µg/m³, 33.71 µg/m³, and 30.52 µg/m³. The concentration of heavy metals Pb, Cd, and Cr also still below on the quality standards, Pb metal at 2 x 10⁻⁶ g/m³, Cd metal at 1,5 x 10⁻⁶ g/m³, and Cr metal at 3,6 x 10⁻⁷ g/m³. The results of the analysis of the risk level of exposure to heavy metals Pb, Cd, Cr, and Fe in PM₁₀ to the community around the Piyungan TPST, Bantul showed that the level of non-cancer risk was still safe or not carcinogenic.

Keywords: Piyungan Landfill, PM₁₀, Pb, Cd, Cr, Fe , Risk analysis.

DAFTAR ISI

Daftar Isi	
Halaman Pengesahan	
Halaman Pernyataan	
PRAKATA	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Sampah dan TPST Piyungan Yogyakarta	5
2.2 Debu PM ₁₀	7
2.3 Logam Berat dan Dampak terpapar logam berat terhadap Kesehatan Manusia	6
2.4 Pencemaran Udara	8
2.5 Analisis Risiko	8
2.6 <i>High Volume Air Sampler (HVAS)</i>	10
2.7 <i>Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)</i>	11

2.8 Penelitian Terdahulu	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	14
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	14
3.3 Metode Pengumpulan Data	16
3.4 Prosedur Analisis Data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Kondisi Lokasi Sampling.....	23
4.2 Analisis Konsentrasi Debu PM ₁₀ di Udara dan Logam Berat	25
4.2.1 Konsentrasi Debu PM ₁₀ di Udara.....	25
4.2.2 Konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM ₁₀	29
4.3 Karakteristik Responden	31
4.4 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	33
4.4.1 Analisis Paparan (<i>Exposure Assessment</i>)	33
4.4.2 Karakteristik Risiko	37
4.4.3 Hubungan Paparan dengan Keluhan Subjektif Kesehatan Masyarakat.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	ix
LAMPIRAN.....	xiv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Literatur Terdahulu	12
Tabel 3.1 Titik Koordinasi Lokasi	15
Tabel 4.1 Kondisi Cuaca Rata-rata Saat Pengambilan Sampling	25
Tabel 4.2. Berat Partikulat PM ₁₀ di Udara Ambien	26
Tabel 4.3 Konsentrasi PM ₁₀ di Udara Ambien	27
Tabel 4.4 Konsentrasi Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), dan Besi (Fe)	29
Tabel 4.5 Karakteristik Responden	30
Tabel 4.6 Perhitungan Intake Lifetime	34
Tabel 4.7 Analisis risiko non kanker.....	35
Tabel 4.8 Keluhan Kesehatan	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kondisi TPST Piyungan	5
Gambar 2.2 Alat HVAS	11
Gambar 2.3 Alat AAS	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	14
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian.....	15
Gambar 3.3 Tahapan Pengambilan Data Konsentrasi PM ₁₀	17
Gambar 3.4 Tahapan Preparasi Uji Logam Berat	18
Gambar 3.5 Tahapan Penetapan Konsentrasi Logam Pb,Cd,Cr dan Fe.....	18
Gambar 4.1 Pengambilan sampel udara.....	25



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat dan Bahan Penelitian	xiv
Lampiran 2 Tahapan Analisis Logam Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM ₁₀ dengan Metode Destruksi Basah	xv
Lampiran 3 Lembar Kuesioner Penelitian	xiv
Lampiran 4 Data Sampling di 3 titik sampling	xxi
Lampiran 5 Data perhitungan tabel excel PM ₁₀	xxv
Lampiran 6 Lembar Pembacaan AAS secara duplo	xxvi
Lampiran 7 Data Perhitungan tabel excel logam berat	xxxiv
Lampiran 8 Data Perhitungan Tingkat Resiko Non-Karsinogenik	xl
Lampiran 9 Surat Keterangan Ethical Approval.....	xli
Lampiran 10 Dokumentasi Penelitian di Lab.....	xlii
Lampiran 11 Data Kendaraan Pengangkut Sampah TPST Piyungan Maret 2022	xlv

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan jumlah penduduk di Daerah Istimewa Yogyakarta mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yang kemudian diikuti oleh perkembangan wilayah yang cukup pesat, hal ini bisa dilihat dari perkembangan pembangunan yang cukup pesat ke arah barat dan pesisir. Meningkatnya jumlah penduduk di Wilayah Kartamantul diikuti oleh aktivitas dan gaya hidup penduduk yang semakin moderen dan praktis, hal ini menyebabkan adanya peningkatan hasil produksi sampah perharinya. Tingginya jumlah penduduk berkorelasi positif dengan jumlah sampah yang diproduksi (Nelistya, 2016).

Menurut Zulya *et.al* (2020), dikutip dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional tahun 2020 bahwa berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia tahun 2020, TPST Piyungan seluas 10 hektar ini mampu menampung timbunan sampah sebanyak 2.400.000 ton selama setahun. Sementara, jumlah timbunan sampah yang dihasilkan pada tahun 2020 yang masuk ke TPST Piyungan mencapai 2.385.945 ton. Jumlah timbunan sampah tersebut hampir melebihi kapasitas yang tersedia di TPST Piyungan dengan sumber sampah terbanyak dihasilkan oleh sampah rumah tangga yaitu sebesar 76,74%.

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) ini terletak di Dusun Ngablak dan Watugender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, dan biasa disebut TPA Piyungan atau sekarang berubah menjadi Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan. Salah satu dampak keberadaan TPST bagi lingkungan adalah pencemaran udara (Hidayatullah, 2020). Menurut Sachnaz & Rasman (2019), Pada umumnya, sebagian besar pemrosesan akhir sampah di TPST dilaksanakan secara *open dumping*, yang berkontribusi pada pencemaran udara akibat gas, debu dan partikulat, serta bau. Pencemaran udara umumnya berwujud partikel berupa debu dan partikulat, aerosol, serta berwujud gas seperti CO, NO_x, SO_x, H₂S, dan hidrokarbon (Gunawan, 2015). Di atmosfer, terdapat partikulat PM₁₀ dengan diameter <10 µm didalamnya terkandung logam berat sebagai salah satu zat pencemar udara.

Udara yang kita hirup juga terdapat partikulat PM₁₀, apabila partikulat PM₁₀ masuk ke tubuh manusia dalam jumlah besar berpotensi menyebabkan masalah kesehatan yang serius. Menurut US.EPA (2010), sejumlah penelitian ilmiah menghubungkan paparan polusi partikel

dengan berbagai masalah kesehatan, termasuk iritasi mata, hidung dan tenggorokan, batuk, dada sesak dan sesak napas, fungsi paru-paru berkurang, denyut jantung tidak teratur, serangan asma, serangan jantung, dan kematian dini pada orang dengan penyakit jantung atau penyakit paru-paru.

Salah satu jenis polutan yang lain adalah logam berat . Beberapa Logam berat yang akan diteliti pada penelitian ini adalah Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr) dan Besi (Fe). Dampak yang dihasilkan akibat pajanan logam berat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Logam berat ini dapat menyebabkan beberapa gangguan Kesehatan pada manusia seperti gangguan organ tubuh bagian dalam, sistem pencernaan, sistem pernapasan. Pada penelitian ini akan di uji kandungan logam berat pada PM_{10} .

. Menurut observasi lapangan yang dilakukan, pemukiman dibangun dekat dengan tumpukan sampah yang ada. Letak pemukiman dibangun di tepi jalan utama kendaraan atau alat berat berlalu lalang. Debu juga bisa berasal dari kendaraan, alat berat bahkan truk yang mengangkut sampah setiap harinya. Menurut Fitriyah (2016) dalam Hidayatullah (2020), dari hasil wawancara yang dilakukan terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar TPST terkait keluhan kesehatan, sebagian besar dari masyarakat mengalami infeksi saluran pernafasan atas (ISPA). Keluhan lain yang dialami seperti batuk, pilek, faringitis, serta gejala lain seperti mual, demam, pusing, sakit tenggorokan, dan mata berair.

Melihat semakin banyaknya tumpukan sampah setiap harinya di TPST Piyungan serta besarnya dampak paparan debu dan PM_{10} terhadap kesehatan masyarakat maka penting untuk mengetahui besarnya risiko yang ditimbulkan dari pajanan logam timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe) dalam debu PM_{10} terhadap kesehatan masyarakat di sekitar lokasi TPST Piyungan, Bantul. Hal ini perlu dilakukan agar dapat ditentukan langkah terbaik untuk mencegah risiko kesehatan yang ditimbulkan dari pajanan logam berat di udara sekitar TPST khususnya kawasan TPST Piyungan, Bantul.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah berikut ini :

1. Berapa besar konsentrasi PM_{10} di udara sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul?
2. Berapa besar konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM_{10} di udara sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul?

3. Berapa besar tingkat risiko pajanan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM₁₀ di udara terhadap kesehatan masyarakat di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul?

1.3 Tujuan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan dengan tujuan berikut :

1. Menganalisis konsentrasi PM₁₀ di udara sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul.
2. Menganalisis kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe) dalam PM₁₀ di udara sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul.
3. Menganalisis tingkat risiko dan dampak pajanan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe) dalam PM₁₀ pada masyarakat di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari dilakukannya penelitian ini, diantaranya :

1. Menambah wawasan konsentrasi PM₁₀ pada kualitas udara sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul.
2. Menambah wawasan konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe) dalam PM₁₀ di udara sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul.
3. Menambah wawasan risiko pajanan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe) dalam PM₁₀ terhadap kesehatan masyarakat di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut merupakan ruang lingkup dalam penelitian ini:

1. Titik lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan jarak pemukiman terhadap lokasi TPST Piyungan yaitu jarak <50 m, 50-100 m, dan >100 m serta mempertimbangkan syarat pemilihan lokasi berdasarkan SNI 19-7119.6 : 2005 Tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Titik koordinat

lokasi pengambilan sampel PM₁₀ berada di -7.8714723, 110.4312088; -7.8698582, 110.4283342; dan -7.8677266, 110.4290225.

2. Pengambilan sampel PM₁₀ berdasarkan SNI 7119.15 : 2016 Tentang Cara Uji PM₁₀ menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam.
3. Analisis kandungan logam Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM₁₀ mengacu pada SNI 7119-4:2017 Tentang Cara Uji Kadar Timbal (Pb) dengan Metode Destruksi Basah Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Nyala. Selain itu, logam Cd mengacu pada SNI 6989.16 : 2009, logam Cr mengacu pada SNI 6989.17 : 2009, dan logam Fe mengacu pada SNI 6989.4 : 2009.
4. Acuan baku mutu yang digunakan pada penelitian ini antara lain:
 - Konsentrasi PM₁₀ dan logam Pb mengacu pada Lampiran VII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
 - Konsentrasi logam Cd dan Cr mengacu pada Ontario Ministry of the Environment Ambient Air Quality Criteria/Texas Commission on Environment Quality (OAQC/TCEQ) karena belum ada peraturan atau standar terkait konsentrasi logam Cd dan Cr dalam udara ambien di Indonesia maupun kawasan Asia.
 - Konsentrasi logam Fe belum ditemukan standar baku mutu di udara ambien.
5. Analisis risiko logam berat Pb, Cd, Cr dan Fe mengacu pada Pedoman Analisis Risiko Lingkungan Kementerian Kesehatan Tahun 2012.
6. Acuan nilai RfC logam berat Pb, Cd, dan Cr mengacu pada Unites States Environmental Protection Agency (US-EPA).
7. Pengumpulan data responden dilakukan dengan metode kuesioner. Jumlah responden pada penelitian ini sebanyak 50 responden. Data yang diperlukan meliputi berat badan, durasi pajanan, frekuensi pajanan, waktu rata-rata kerja per hari, serta keluhan yang dialami.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Sampah dan TPST Piyungan Yogyakarta

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) ini terletak di Dusun Ngablak dan Watugender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Dibangun pada tahun 1994 hingga 1996 dan beroperasi pada tahun 1996, dan berdiri pada lahan seluas 12,5 Ha. Menurut Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral di DIY dari daya tampung TPS yang berada di DIY pada tahun 2004 menduduki nilai 364,88 ton sampah dan di tahun 2018 mencapai 500.00 ton sampah. Sedangkan untuk volume sampah yang di tangani pada tahun 2004 menduduki nilai 405,34 ton/hari dan pada tahun 2018 menduduki angka 549,74 ton/hari (Zuchriyastono dan Purnomo, 2017).

Menurut Sunartono (2018) dalam Zuchriyastono dan Purnomo (2017), kurangnya sosialisasi dan pengedukasian atas pengelolaan sampah pada masyarakat sekitar TPST Piyungan juga merupakan salah satu aspek yang menyebabkan volume sampah yang semakin meningkat. Berikut ini merupakan dokumentasi kondisi TPST Piyungan yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kondisi TPST Piyungan

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) adalah fasilitas fisik berupa tempat yang

digunakan untuk mengolah sampah kota dengan aman. Kehadiran TPST seringkali menimbulkan dilema. Kegiatan TPST menyebabkan efek ketidaknyamanan seperti kebisingan, debu, dan bau. Sampah yang tak terhitung jumlahnya dapat menyebabkan ledakan gas karena tidak memadai pengolahan. Selain itu, limbah sampah juga memiliki potensi menimbulkan konflik sosial dengan masyarakat sekitar karena penguasaan lahan oleh sekelompok orang yang hidup dari memulung. Dampak sampah sangat besar. Sampah yang terus bertambah dan tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan masalah bagi pemerintah, masyarakat, kesehatan dan lingkungan (Munandar dan Mulasari, 2019).

2.2 Debu PM₁₀

Menurut Eka (2009) dalam Naradipta (2018), PM₁₀ merupakan partikel udara dalam wujud padat yang berdiameter kurang dari 10µm. Partikel tersebut akan berada di udara untuk waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang-layang dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Eka, 2009). PM₁₀ merupakan aerosol dan sebagai salah satu dari partikel pencemar. PM₁₀ bersifat *respirable* yang memicu terjadinya gangguan pernapasan yaitu Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) (Pujiastuti, Soemirat and Dirgawati, 2013).

Kandungan komponen kimia atau unsur pada PM_{2,5} dan PM₁₀ dengan menggunakan PIXE, adalah: Pb, Al, Na, Fe, K, Cl, Mg, Si, S, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Cu, Ni, Zn, As, Se, Br, Ba, P, dan Hg (Rita *et al*, 2013). Menurut Soemarwoto (2004) dalam Naradipta (2018), Salah satu parameter pencemar udara adalah debu (*suspended particulate matter*). Saat ini pembahasan tentang partikulat sebagai pencemar udara menjadi perhatian di berbagai negara, mengingat terdapat bukti kuat mengenai korelasi antara polusi udara dan dampaknya pada kesehatan manusia terutama yang disebabkan oleh partikulat.

2.3 Logam Berat dan Dampak terpapar logam berat terhadap Kesehatan Manusia

Beberapa Logam berat yang akan diteliti pada penelitian ini adalah Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr) dan Besi (Fe).

1) Kadmium (Cd)

Logam yang ditemukan dalam kerak bumi. Sebanyak 5% kadmium diserap melalui saluran pencernaan, dapat terakumulasi dalam hati dan ginjal. Kerusakan yang terjadi disebabkan oleh kadmium adalah destruksi eritrosit, proteinuria,

rhinitis, emphysema dan bronkhitis kronis. Gejala keracunan kronis adalah terjadinya ekskresi β -mikro-globulin dalam urin akibat kerusakan fungsi ginjal. Keracunan Kadmium juga dapat menyebabkan gangguan paru dan reproduksi. Serangan yang paling hebat akibat keracunan Cd adalah kerapuhan tulang (Palar, 2004).

2) Timbal (Pb)

Menurut Subositi (2020), Timbal (Pb) secara alami ditemukan pada tanah, namun juga ditemukan pada sumber-sumber lain yaitu debu, udara, air, makanan, tanah dan bahan bakar. Timbal dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan dan makanan, timbal diserap melalui membran jaringan lunak, selanjutnya didistribusikan ke bagian-bagian dimana kalsium memegang peranan penting seperti gigi dan tulang. Sekitar 99% timbal yang masuk ke dalam tubuh orang dewasa dapat diekskresikan setelah beberapa minggu, sedangkan untuk anak-anak hanya 32% yang dapat diekskresikan. Paparan timbal dalam jumlah banyak menyebabkan kerusakan jaringan, termasuk kerusakan jaringan mukosal. Pada bayi dan anak-anak dapat menyebabkan kerusakan otak; penghambatan pertumbuhan anak-anak, kerusakan ginjal, gangguan pendengaran, mual, sakit kepala, kehilangan nafsu makan dan gangguan pada kecerdasan dan tingkah laku. Pada orang dewasa, timbal dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah dan gangguan pencernaan, kerusakan ginjal, kerusakan syaraf, sulit tidur, sakit otak dan sendi, perubahan "mood" dan gangguan reproduksi.

3) Kromium (Cr)

Krom adalah logam berbentuk kristal dan berwarna putih bening yang dilambangkan dengan "Cr", mempunyai nomor atom 24 dan mempunyai berat atom 51,996. Kontaminasi logam krom dapat terjadi melalui makanan dan minuman yang tertumpuk di ginjal akan mengakibatkan keracunan akut yang akan ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati dan dalam waktu yang cukup panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker paru-paru. Tingkat keracunan krom pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan krom dalam urine. Oleh karena itu, krom merupakan logam yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia (Khairani *et al.*, 2007). Mempunyai daya racun yang tinggi, sifat yang dibawa oleh racun ini juga mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Mara *et al.*, 2013).

4) Besi (Fe)

Secara alami elemen yang melimpah di alam, Fe bersifat resisten korosif, padat dan memiliki titik lebur yang rendah. Apabila terakumulasi di dalam tubuh Fe dapat menyebabkan beberapa gangguan kesehatan, misalnya pada manusia menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, mengganggu pernafasan dan menyebabkan kanker dalam jangka panjang Besi (Fe) secara alami elemen yang melimpah di alam, Fe bersifat resisten korosif, padat dan memiliki titik lebur yang rendah. Apabila terakumulasi di dalam tubuh Fe dapat menyebabkan beberapa gangguan kesehatan, misalnya pada manusia menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, mengganggu pernafasan dan menyebabkan kanker dalam jangka Panjang (Nurhaini dan Affandi, 2017).

2.4 Pencemaran Udara

Menurut Soenarmo (1996) dalam Astuti dan Kusumawardani (2018), pencemaran udara adalah masuknya zat pencemar ke dalam udara atau atmosfer, baik secara alami (debu, vulkanik, debu meteorit, pancaran garam dari laut) maupun akibat dari aktivitas manusia (gas beracun, partikel, panas dan radiasi nuklir sebagai hasil sampingan pemupukan tanaman, pembasmian hama, pengecatan, pembakaran rumah tangga, transportasi dan bermacam-macam kegiatan industri) yang melayang dalam udara dan bergerak sesuai dengan gerakan dan tingkah laku udara dalam jumlah yang melebihi ambang batas yang masih diperkenankan untuk kesehatan makhluk hidup maupun estetika. Polusi udara akibat aktivitas manusia (antropogenik), secara kuantitatif sering lebih besar. Adapun sumber-sumber polusinya terdiri dari aktivitas transportasi, industri, dari persampahan, baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga (Soedomo, 2001 dalam Astuti dan Kusumawardani, 2018)

2.5 Analisis Risiko

Menurut Kemenkes (2012), analisis risiko adalah suatu proses dengan tujuan melakukan pengendalian terhadap situasi atau kondisi dimana sistem, organisme, atau sub/populasi mungkin terpapar suatu bahaya. Terdapat 4 (empat) langkah dalam tahapan analisis risiko diantaranya :

- 1) Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya merupakan tahapan awal untuk mengetahui agen risiko secara spesifik yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan apabila tubuh terpajan.

2) Analisis Dosis Respon

Tahapan ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi jalur paparan agen risiko jika masuk ke tubuh manusia, memahami efek kesehatan atau perubahan gejala yang timbul akibat terakumulasinya konsentrasi agen risiko yang masuk ke tubuh, mengetahui nilai konsentrasi referensi (RfC) agen risiko yang dianalisis.

3) Analisis Paparan

Analisis paparan adalah tahapan menghitung intake dari agen risiko yang dianalisis. Data yang diperlukan dapat berupa hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan dan asumsi berdasarkan pertimbangan yang logis ataupun dengan menggunakan nilai default yang ada. Rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Perhitungan Intake Non Karsinogenik Jalur Pemajanan Inhalasi (I_{NK})

$$I = \frac{C \times R \times Te \times Fe \times Dt}{Wb \times tavg}$$

dimana :

I = Intake/asupan (mg/kg.hari)

C = Konsentrasi agen pada media udara (mg/m^3)

R = Laju inhalasi atau volume udara yang masuk per jam (m^3 /jam)

Te = Lamanya paparan setiap harinya (jam/hari)

Fe = Jumlah hari terjadinya paparan setiap tahunnya (hari/tahun)

Dt = Jumlah tahun terjadinya paparan (*realtime exposure*) (tahun)

Wb = Berat badan manusia yang terpajan (kg)

tavg = Periode waktu rata-rata (30 tahun x 365 hari/tahun untuk efek non-karsinogen)

Perhitungan Intake Karsinogenik Jalur Pemajanan Inhalasi (I_K)

$$I = \frac{C \times R \times Fe \times Dt}{Wb \times tavg}$$

dimana :

I = Intake/asupan (mg/kg.hari)

- C = Konsentrasi agen pada media udara (mg/m^3)
R = Laju inhalasi atau volume udara yang masuk per jam (m^3 /jam)
Fe = Jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya (hari/tahun)
Dt = Jumlah tahun terjadinya pajanan (*realtime exposure*) (tahun)
Wb = Berat badan manusia yang terpajan (kg)
tavg = Periode waktu rata-rata (30 tahun x 365 hari/tahun untuk efek non- karsinogen)

4) Karakterisasi Risiko

Karakterisasi risiko dimaksudkan untuk menentukan tingkat risiko dari agen untuk menimbulkan gangguan kesehatan dengan karakteristik seperti berat badan, laju intake, waktu, durasi paparan. Rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Perhitungan Tingkat Risiko Non Karsinogenik (HQ)

$$HQ = \frac{I}{RfC}$$

dimana :

HQ = Tingkat risiko efek non karsinogenik

I = *Intake*/asupan

RfC = Nilai referensi agen risiko pada pemajanan inhalasi

Perhitungan Tingkat Risiko Karsinogenik (ECR)

$$ECR = I \times SF$$

dimana :

ECR = Tingkat risiko efek karsinogenik

I = *Intake*/asupan

SF = Nilai referensi agen risiko dengan efek karsinogenik

2.6 High Volume Air Sampler (HVAS)

Berdasarkan SNI Nomor 7119.15 : 2016 Tentang Cara Uji Partikel dengan Ukuran kurang dari (\leq) $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS). Prinsip kerja alat ini menggunakan metode Gravimetri. Instrumen di dalam *High Volume Air Sampler* (HVAS) pada saat pengambilan PM_{10} berupa kertas filter dengan porositas $<0,3 \mu\text{m}$ pada kecepatan aliran $1,1 \text{ m}^3/\text{menit}$ sampai dengan $1,7 \text{ m}^3/\text{menit}$.



Gambar 2.2 Alat HVAS

Sumber : Dokumen Pribadi, 2022.

2.7 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Analisa logam berat dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometrik Serapan Atom (AAS) yang didasarkan pada hukum Lambert-Beer, yaitu banyaknya sinar yang diserap berbanding lurus dengan kadar zat. Oleh karena yang mengabsorpsi sinar adalah atom, maka ion atau senyawa logam berat harus diubah menjadi bentuk atom. Larutan standar sampel dimasukkan dalam tabung reaksi yang tersedia pada alat AAS, dilakukan pengaturan pada computer alat AAS penggunaanya, dihidupkan api dan lampu katoda AAS, posisi lampu juga diatur untuk memperoleh serapan maksimum. Kemudian diaspirasi larutan standar kedalam nyala udara asitelin, penunjukan hasil bacaan pengukuran harus nol. Secara berturut-turut larutan baku dianalisis menggunakan AAS, hasil pengukuran serapan atom akan dicatat kemudian dihitung untuk mendapatkan konsentrasi logam pada larutan contoh (Warni *et al*, 2017).



Gambar 2.3 Alat AAS

Sumber: Dokumen Pribadi, 2022

2.8 Penelitian Terdahulu

Salah satu acuan penulis dalam melaksanakan penelitian adalah dengan membaca referensi penelitian sebelumnya. Dari beberapa referensi tersebut, tidak ditemukan judul yang sama dengan penelitian yang direncanakan. Hasil referensi penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.1 Studi Literatur Terdahulu

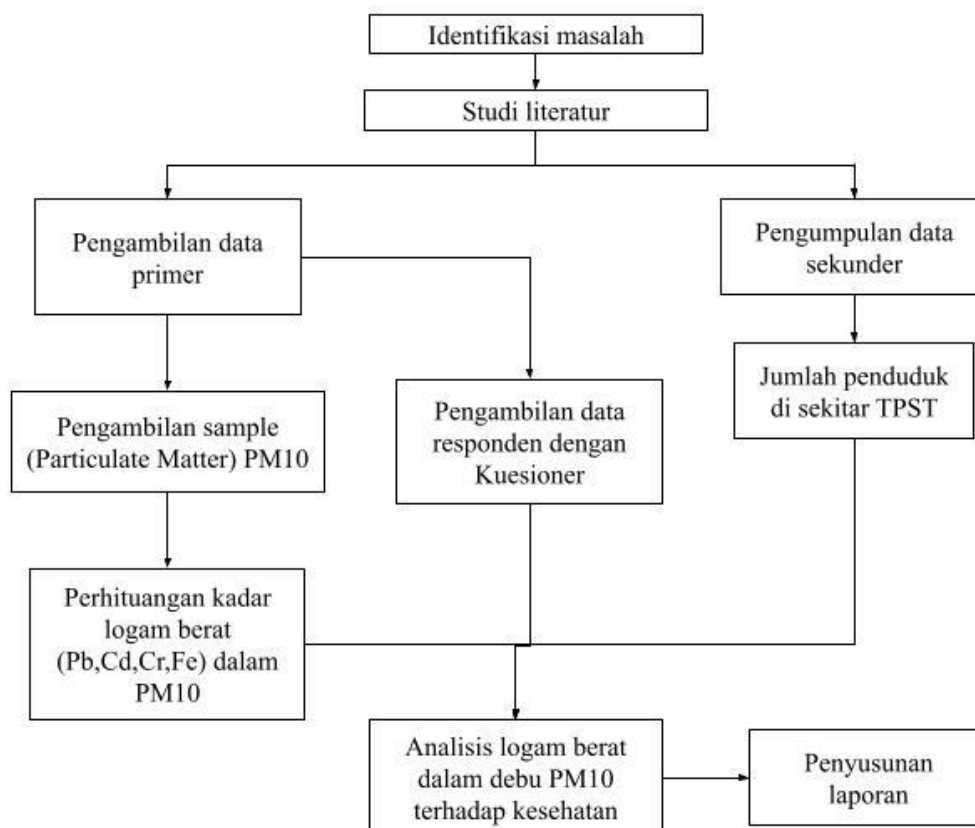
No	Nama Peneliti	Topik Penelitian	Hasil Penelitian
1	Raharjo <i>et.al</i> (2018)	Analisis Risiko Kesehatan dan Kadar Timbal Dalam Darah: (Studi Pada Masyarakat yang Mengonsumsi Tiram Bakau (<i>Crassostrea gigas</i>) di Sungai Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang.	Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai HQ sebesar 0,053, itu artinya dapat dikatakan bahwa pada saat ini (real time) populasi masyarakat masih aman dan tidak berisiko untuk mengonsumsi tiram bakau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masyarakat yang mengonsumsi Tiram bakau (<i>Crassostrea gigas</i>) masih dalam kategori aman dan belum berisiko terhadap kesehatan dengan nilai HQ < 1 baik untuk pajanan <i>realtime</i> atau <i>lifetime</i> . Hasil pengukuran pada darah responden menunjukkan hasil bahwa tidak ada hubungan signifikan antara nilai HQ dengan kadar timbal dalam darah. Hal ini disebabkan karena pajanan timbal hanya berasal dari pajanan melalui ingesti dan berdasarkan konsumsi tiram bakau dan tidak memperhitungkan pajanan dari

			sumber yang lain baik inhalasi maupun dermal.
2	Hidayatullah <i>et.al</i> (2021)	Health Risk Analysis of Hydrogen Sulfide (H ₂ S) and Ammonia (NH ₃) Exposure at Piyungan Landfill	Tingkat risiko akibat paparan hidrogen sulfida adalah diperoleh sebesar 1,49549 (RQ>1) atau dikatakan berisiko. Namun tingkat risiko akibat paparan amoniak diperoleh 0,02501 (RQ≤1) atau dikatakan tidak ada risiko gangguan saluran pernapasan bagi masyarakat di lingkungan TPA Piyungan. Masalah kesehatan masyarakat antara lain sakit kepala, batuk, sesak napas, influenza, dan tenggorokan.
3	Munir <i>et.al</i> (2018)	Hubungan Cuaca Dan Konsentrasi PM ₁₀ (Studi Kasus Di Kota Banjarbaru)	<p>Hubungan antara unsur cuaca harian dengan konsentrasi PM₁₀:</p> <p>a) Saat kondisi tanpa kabut asap; TP dan V% signifikan berkorelasi positif, RHP dan CH signifikan berkorelasi negatif, sisanya yaitu P, FFR, dan FFX tidak signifikan pengaruhnya.</p> <p>b) Saat kondisi kabut asap; TP, V%, P, FFR, dan FFX signifikan berkorelasi positif, RH, dan CH signifikan berkorelasi negatif.</p> <p>Kondisi unsur cuaca 10 menit dan konsentrasi PM₁₀ di udara ambien saat kondisi normal adalah RH tinggi, T tinggi, dan konsentrasi PM₁₀ dibawah ambang baku mutu saat kondisi normal sedangkan saat terjadi kabut asap RH rendah, T rendah, dan konsentrasi PM₁₀ diatas ambang baku mutu. Konsentrasi PM₁₀ saat kabut asap mencapai status berbahaya/diatas ambang baku mutu menjelang awal musim kemarau sampai menjelang akhir musim</p>

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1

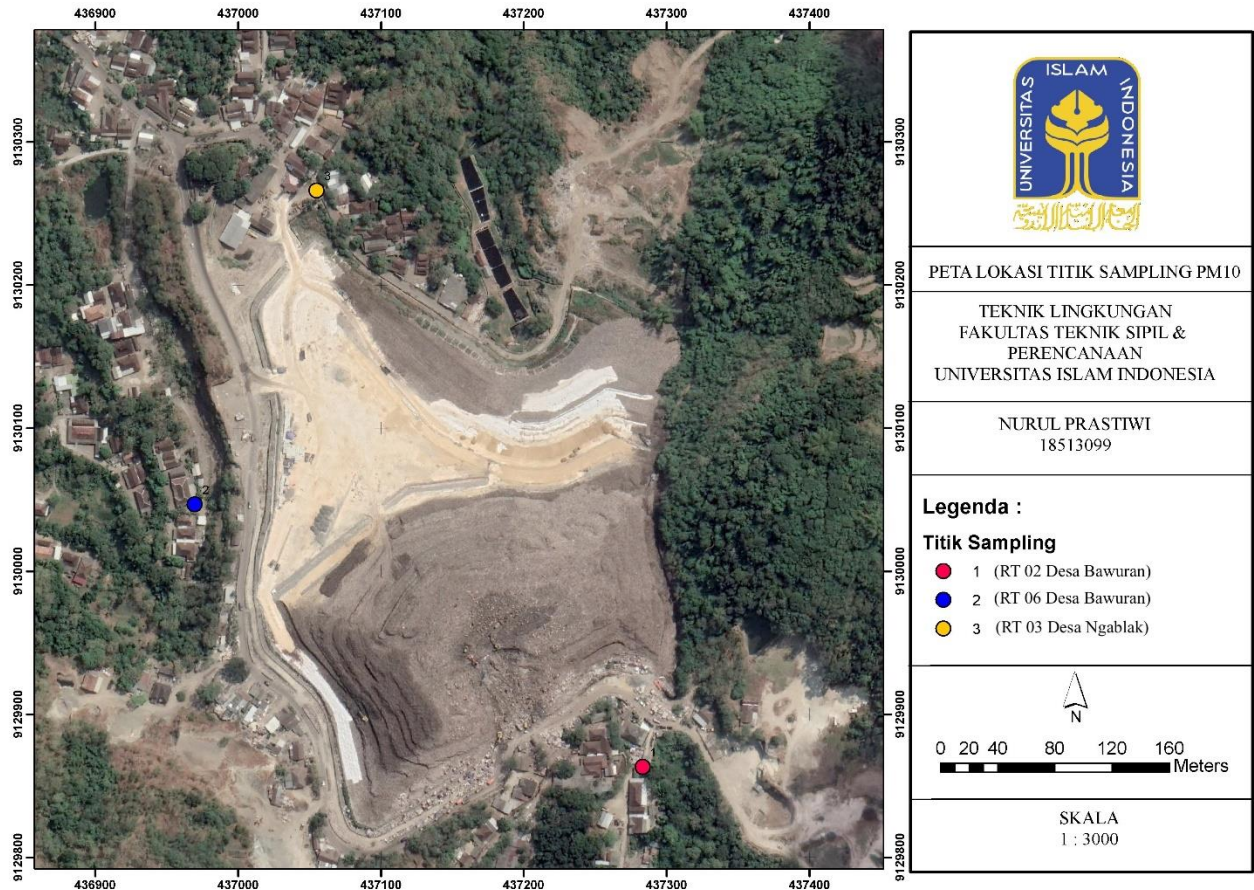


Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di area sekitar lokasi Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul dan Laboratorium Analisis Risiko Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Penentuan titik lokasi sampling ditentukan berdasarkan pertimbangan radius pemukiman masyarakat terhadap lokasi TPST dan Tata guna lahan di sekitar area pemukiman. Titik lokasi dibagi menjadi 3 titik, dimana masing-masing titik mewakili cakupan kawasan pemukiman disekitar TPST yaitu titik sampling radius <50 m, radius 50-100 m, dan radius >100 m dari TPST. Selain itu, penentuan titik sampling juga mempertimbangkan syarat pemilihan lokasi berdasarkan SNI 19-7119.6-2005 Tentang

Penentuan Lokasi Pengambilan Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada gambar 2. Pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam untuk setiap titik sampling. Penelitian dilaksanakan mulai dari Bulan Desember 2021 sampai April 2022.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

Sumber : Google Earth

Luas lahan TPST Piyungan 12,5 Ha dan dapat menampung sampah rata – rata sebanyak 560 – 580 ton/hari. Berdasarkan gambar di atas titik koordinat yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Titik Koordinat Lokasi

Titik	Garis Lintang	Garis Bujur
1	-7.8714723	110.4312088
2	-7.8698582	110.4283342
3	-7.8677266	110.4290255

3.3 Metode Pengumpulan Data

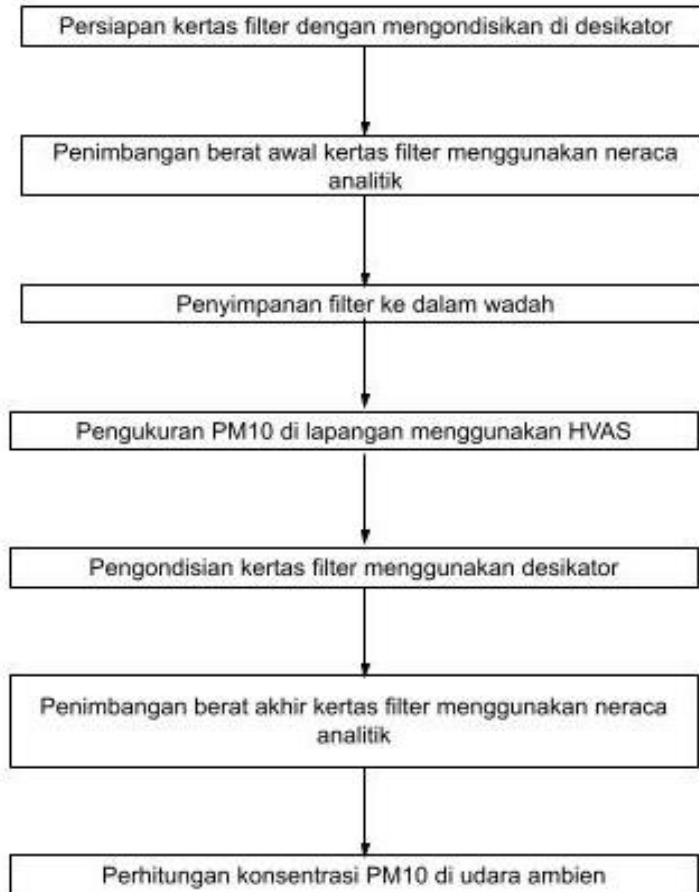
Data yang akan dikumpulkan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 (dua) yaitu data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan secara langsung berdasarkan dari hasil observasi dan pengisian kuesioner oleh responden.

a. Debu PM₁₀

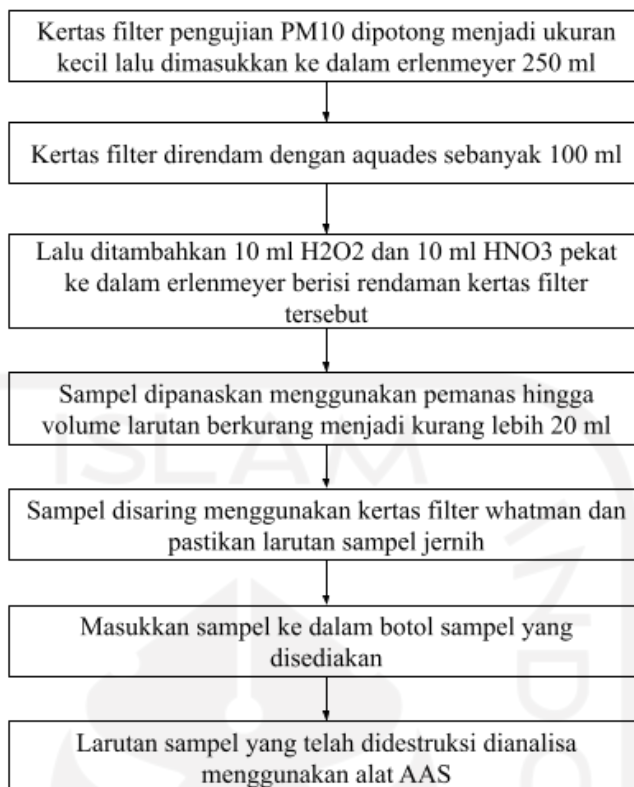
Pengambilan sampel PM₁₀ dilakukan di 3 (tiga) titik pada lokasi Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul yang ditentukan berdasarkan radius letak pemukiman terhadap TPST dan mempertimbangkan syarat pemilihan lokasi berdasarkan SNI 19-7119.6-2005 Tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam di setiap titik sampling. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan tahapan pengambilan sampel dalam SNI Nomor 7119.15 : 2016 Tentang Cara Uji Partikel dengan Ukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM₁₀) Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri. Pengambilan sampel PM₁₀ menggunakan instrumen *High Volume Air Sampler* (HVAS) dan kertas filter dengan porositas $<0,3 \mu\text{m}$ pada kecepatan aliran $1,1 \text{ m}^3/\text{menit}$ sampai dengan $1,7 \text{ m}^3/\text{menit}$. Kertas filter yang terpapar PM₁₀ selanjutnya dianalisa jumlah partikel yang terakumulasi dengan metode gravimetri. Berikut ini merupakan diagram alir tahapan pengambilan data konsentrasi :



Gambar 3.3 Tahapan Pengambilan Data Konsentrasi PM₁₀

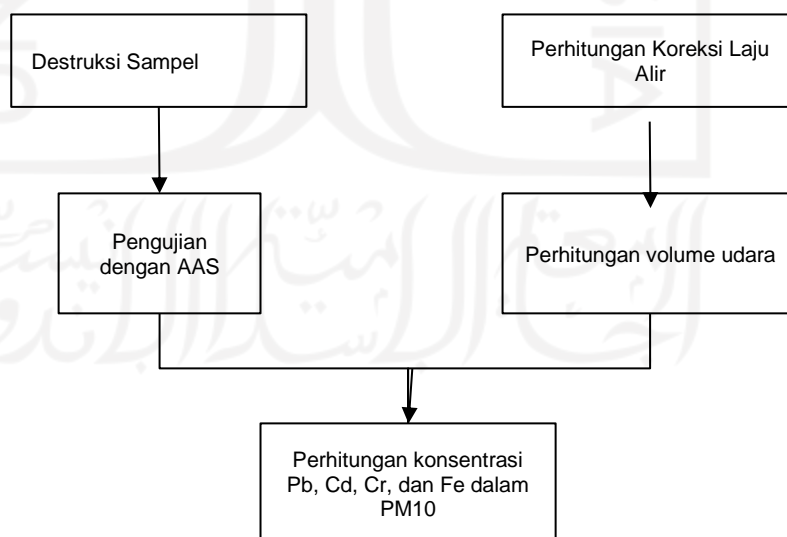
b. Logam berat Pb, Cd, Cr dan Fe

Dilakukan uji kandungan logam berat yang terkandung di dalamnya dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS) dan metode destruksi basah. Tahapan preparasi sampel untuk pengujian logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 :



Gambar 3.4 Tahapan Preparasi Sampel Uji Logam

Tahapan penetapan konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM_{2,5} adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5 Tahapan Penetapan Konsentrasi Logam Pb, Cd, Cr, dan Fe

c. Kuesioner

Menurut Arikunto (2010), kuesioner merupakan sejumlah pertanyaan tertulis yang digunakan peneliti untuk mendapatkan informasi dari responden mengenai suatu hal berdasarkan persepsi informan tersebut. Kuesioner pada penelitian ini digunakan untuk Kuesioner pajanan lamanya seseorang terpapar debu, dampaknya terhadap kesehatan dan penyakit yang diakibatkan dari paparan yang akan dibuat berupa cek-list sesuai dengan Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan. Lembar kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 3.

Penentuan jumlah responden dihitung berdasarkan *Snowball Sampling*, *snowball sampling* ialah salah satu tata cara dalam pengambilan sample dari sesuatu populasi dengan secara berantai (multi tingkat). Dimana *snowball sampling* ini merupakan metode non *probability sampling* (*sample* dengan probabilitas yang tidak sama). Dimana tata cara pengambilan *sample* semacam ini spesial digunakan buat data-data yang bertabiat komunitas dari subjektif responden/ *sample*, ataupun dengan kata lain objek *sample* yang kita mau sangat sangat jarang serta bertabiat mengelompok pada sesuatu Himpunan (Lenaini, 2021).

Subjek penelitian juga mempunyai kriteria inklusi dan eksklusi, kriteria inklusi yaitu masyarakat yang menetap dikawasan TPST Piyungan, bersedia menjadi subjek penelitian, dan tidak mengalami gangguan komunikasi. Kriteria eksklusi yaitu masyarakat yang tidak menetap di kawasan TPST Piyungan, tidak bersedia menjadi subjek penelitian, dan mengalami gangguan komunikasi. Sehingga diambil angka pendekatan sebanyak 50 responden. Dimana didapatkan responden pada masing-masing yaitu untuk titik 1 sebanyak 15 responden, untuk titik 2 sebanyak 15 responden, dan untuk titik 3 sebanyak 20 responden.

3.4 Prosedur Analisis Data

a. Penetapan Konsentrasi Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM_{10}

Sampel PM_{10} dari hasil pengukuran dianalisis dengan mengacu Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 19.7119-4:2005 mengenai cara uji kadar timbal (Pb) dengan metode destruksi basah menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala. Berikut merupakan tahapan preparasi sampel untuk pengujian logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe pada penelitian ini:

- 1) Kertas filter dari pengujian PM₁₀ dipotong menjadi ukuran kecil lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- 2) Kertas filter direndam dengan aquades sebanyak 100 ml.
- 3) Lalu ditambahkan 10 ml H₂O₂ dan 10 ml HNO₃ pekat ke dalam erlenmeyer berisi rendaman kertas filter tersebut.
- 4) Sampel dipanaskan menggunakan pemanas hingga volume larutan berkurang menjadi kurang lebih 20 ml.
- 5) Sampel disaring menggunakan kertas filter whatman dan pastikan larutan sampel jernih.
- 6) Masukkan sampel ke dalam botol sampel yang disediakan.
- 7) Larutan sampel yang telah didestruksi dianalisa menggunakan alat AAS

b. Perhitungan Konsentrasi Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), dan Besi (Fe) dalam PM₁₀

Analisis kandungan logam Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM₁₀ mengacu pada SNI 7119-4:2017 Tentang Cara Uji Kadar Timbal (Pb) dengan Metode Destruksi Basah Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Nyala. Selain itu, logam Cd mengacu pada SNI 6989.16 : 2009, logam Cr mengacu pada SNI 6989.17 : 2009, dan logam Fe mengacu pada SNI 6989.4 : 2009.

Untuk mendapatkan konsentrasi yang setara dengan waktu pencuplikan 24 jam, konsentrasi PM₁₀ maupun konsentrasi logam yang diperoleh dikonversikan ke persamaan model konversi Canter (Suhariyono, 2004) dengan tahapan berikut :

- Koreksi laju alir

$$Q_s = Q_o \left[\frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right]^{1/2}$$

Q_s = laju alir volum dikoreksi pada kondisi standar(m³/menit)

Q_o = laju alir volum uji(m³/menit), dengan batas bawah sebesar 1,1m³/menit dan batas atas sebesar 1,7 m³/menit

T_s = temperatur standar, 298 K

T_o = temperatur absolut (293 + t ukur) dimana Q_o c ditentukan

P_s = tekanan baromatik standar, 101,3 kPa (760 mmHg)

P_o = tekanan baromatik dimana Q_o ditentukan

- Volume udara yang diambil

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

V = volume udara yang diambil (m^3)

Qs1 = laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama (m^3 /menit)

Qs2 = laju alir akhir terkoreksi pada pengukuran kedua (m^3 /menit)

T = durasi pengambilan contoh uji (menit)

- Konversi Canter, untuk membandingkan konsentrasi PM_{10} dengan baku mutu, menggunakan persamaan :

$$C1 = C2 \left(\frac{t2}{t1} \right)^p$$

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

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

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

- Konsentrasi logam Pb dan Cr, dengan persamaan :

$$CZn = \frac{(Ct - Cb) \times Vt \times \frac{S}{St}}{V}$$

CZn = kadar logam di udara ($\mu g/m^3$)

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

Cb = kadar logam dalam larutan blanko ($\mu g/mL$)

Vt = 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 $25^\circ C$,
760 mmHg (m^3)

c. Analisis Risiko Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), dan Besi (Fe) Terhadap Kesehatan Pekerja

Analisis risiko dilakukan dengan mengikuti Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, meliputi:

- 1) *Hazard Identification* (Identifikasi Bahaya)
- 2) *Dose-response Assessment* (Analisis Dosis-Respon)
- 3) *Exposure Assessment* (Analisis Pemajanan)

Pada penelitian ini, intake logam Pb dan (Cr) melalui inhalasi. Sehingga, perhitungan intake dihitung menggunakan persamaan :

$$I = \frac{C \times R \times Te \times Fe \times Dt}{Wb \times tavg}$$

- I = Intake/asupan(mg/kg.hari)
C = Konsentrasi agen pada media udara(mg/m³)
R = Laju inhalasi atau volume udara yang masuk perjam(m³/jam)
Te = Lamanya pajanan satiap harinya(jam/hari)
Fe = Jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya(hari/tahun)
Dt = Jumlah tahun terjadinya pajanan (realtime exposure)(tahun)
Wb = Berat badan manusia yang terpajan(kg)
tavg = Periode waktu rata-rata(30 tahunx365hari/tahun untuk efek non-karsinogen)

4) *Risk Characterization* (Karaterisasi Risiko)

Dalam penelitian ini, tingkat risiko dihitung berdasarkan efek non kasinogenik menggunakan persamaan:

$$HQ = \frac{I}{RfC}$$

dimana :

- I = Intake(mg/kg.hari)
HQ = Hazard Quotien
RfC = Reference Concentration (mg/kg.hari)

Jadi, data yang digunakan dalam penentuan tingkat risiko diantaranya berat badan, jenis kelamin, umur, pekerjaan, lamanya tinggal di kawasan TPST, berat badan, riwayat merokok, sumber kebutuhan air minum, sumber kebutuhan air masak, sumber kebutuhan air MCK, memiliki riwayat merokok atau tidak, serta keluhan kesehatan yang dialami responden. Nantinya data kuisisioner pada penelitian ini digunakan untuk kuisisioner pajanan lamanya seseorang terpapar debu, dampaknya terhadap kesehatan dan penyakit akibat dari paparan yang dibuat berupa *cek-list* sesuai dengan Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lokasi Sampling

Pada penelitian ini terdapat 3 (tiga) lokasi sampling, Lokasi pertama berjarak kurang dari 50 meter dari lokasi TPST. Lokasi ini berada di wilayah RT 02 Desa Bawuran. Akses jalan ke pemukiman di area ini sangat kotor, berlumpur dan bergelombang air dikarenakan akses jalan menuju permukiman ini juga merupakan akses jalan menuju area *unloading* sampah yang menyebabkan daerah ini sangat tercium bau busuk dari sampah. Namun titik sampling pada area ini berada di pemukiman yang bersebelahan dengan tebing tinggi yang masih banyak pepohonannya.

Lokasi kedua berjarak 50 sampai 100 meter dari lokasi TPST. Lokasi ini berada di wilayah RT 06 Desa Bawuran 1. Area ini sangat padat penduduknya dari semua lokasi sampling mengakibatkan banyak aktifitas kendaraan warga yang berlalu-lalang. Selanjutnya lokasi ketiga, lokasi ini berjarak lebih dari 100 meter dari lokasi TPST. Lokasi ini berada di wilayah RT 03 Desa Ngablak. Permukiman di area ini bersebelahan dengan kantor proyek, lokasi ini selalu dilewati banyak kendaraan proyek. Di lokasi ini juga dekat dengan tumpukan banyak sampah yang dibuang warga seperti sampah plastik ataupun sisa makanan.

Data lingkungan yang diambil pada saat melaksanakan sampling pada 3 titik yaitu : waktu pengambilan sampel (menit), Laju Alir Rata-rata (L/Menit), Suhu Rata-rata(K), Tekanan Udara rata-rata (mmHg), Kelembapan udara rata-rata (%), dan Kecepatan udara (m/s). Dimana masing-masing titik diambil dalam kurun waktu selama 24 jam atau 1440 menit, dicatat mewakili 1 jam sekali dan menghasilkan 24 data. Data lebih rinci dapat dilihat pada lampiran 4. Sedangkan data rata-ratanya terdapat pada tabel 4.1.

Pengambilan data lingkungan ini dilakukan karena berpengaruh pada kondisi kualitas udara ambien yang nantinya juga akan mempengaruhi data hasil pengukuran. Menurut Irfan (2020), kondisi meteorologi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi pengukuran kualitas udara. Kondisi meteorologi sangat mempengaruhi besarnya nilai konsentrasi partikulat di lokasi pengukuran.

Tabel 4.1 Kondisi Cuaca Rata-Rata Saat Pengambilan Sampel

Nama Lokasi	Hari/ Tanggal	Kondisi	Suhu Rata-rata (C)	Suhu Rata-rata (K)	Tekanan Udara Rata-rata (mmHg)	Kelembapan Udara Rata-rata (%)	Kecepatan Udara (m/s)
Titik 1	Kamis, 10 Maret 2022 - Jumat, 11 Maret 2022	Cerah berawan; mendung; hujan pukul 18.00- 23.00 WIB	27,3	320,3	742,6	83,3	0,6
Titik 2	Selasa, 08 Maret 2022 - Rabu, 09 Maret 2022	Cerah berawan; hujan pukul 13.30- 15.00 WIB	28,1	321,1	746,2	83,8	0,6
Titik 3	Senin, 07 Maret 2022 - Selasa 08 Maret 2022	Cerah berawan; hujan pukul 16.00- 19.30 WIB	28,5	321,5	745,8	79,1	0,8

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan rata-rata data untuk setiap titik. Rata-rata suhu tertinggi terdapat di titik 3 yaitu 28,5°C, rata-rata tekanan udara tertinggi terdapat di titik 2 yaitu 746,2mmHg, rata-rata kelembapan udara tertinggi terdapat pada titik 2 yaitu 83,8% dan rata-rata kecepatan udara tertinggi di titik 3 yaitu 0,8 m/s.

Menurut penelitian Luthfiarta *et al.* (2020), Hasil analisis regresi linear menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu udara berbanding lurus terhadap curah hujan. Semakin tinggi tekanan udara yang ada berdampak pada pengaruh curah hujan yang juga makin tinggi, semakin tinggi kelembapan udara yang ada di BMKG Stasiun Ahmad Yani Semarang, maka tidak berarti semakin tinggi pula pengaruh curah hujan. Dan semakin tinggi kecepatan angin yang ada di BMKG Stasiun Ahmad Yani Semarang, maka akan semakin tinggi pula pengaruh curah hujan. Berikut ini gambar saat pengambilan data di lapangan :



Gambar 4.1 Pengambilan Data di Lapangan

Sumber : Dokumen Pribadi,2022.

4.2 Analisis Konsentrasi Debu PM₁₀ di Udara dan Logam Berat

4.2.1 Konsentrasi Debu PM₁₀ di Udara

Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan tahapan pengambilan sampel dalam SNI Nomor 7119.15:2016 Tentang Cara Uji Partikel dengan Ukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM₁₀) Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri. Pengambilan sampel PM₁₀ menggunakan instrumen *High Volume Air Sampler* (HVAS) dan kertas filter dengan porositas $<0,3 \mu\text{m}$ pada kecepatan aliran 1,1 m³/menit sampai dengan 1,7 m³/menit. Persiapan Alat dan Bahan sampling diawali dengan penimbangan kertas filter dengan mencapai angka stabil sebelum didalam Alat HVAS.

Kertas filter hasil pengambilan sampel dianalisis di Laboratorium Kualitas Udara Program Studi Teknik Lingkungan UII. Berat kertas filter awal sebelum dilakukan pengambilan sampel berkisar 4,15 hingga 4,17 gram. Setelah dilakukan pengambilan sampel, kertas filter ditimbang kembali untuk mengetahui berat partikulat yang terperangkap di kertas filter. Berat partikulat yang terperangkap pada kertas filter ditampilkan pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Berat Partikulat PM₁₀ pada Kertas Filter

No	Berat Kertas Filter awal (g)	Berat Kertas Filter Sesudah sampling (g)	Berat PM ₁₀ (g)
Titik 1	4,1726	4,2013	0,0287
Titik 2	4,1632	4,2188	0,0556
Titik 3	4,1551	4,2054	0,0503

Tabel 4.2 memperlihatkan data berat total kertas filter yang sudah diperoleh dengan cara mengurangkan berat kertas filter awal dengan berat sesudah sampling sehingga berdasarkan hasil perhitungan diperoleh data berat partikulat PM₁₀ seperti yang disajikan pada tabel di atas. Dapat dilihat bahwa berat partikulat PM₁₀ tertinggi didapat pada titik 2 sebesar 0,0556 gram. Sedangkan lokasi dengan partikulat PM₁₀ terendah didapat pada lokasi 1 sebesar 0,0287 gram.

Untuk membandingkan konsentrasi PM₁₀ dengan baku mutu, maka dilakukan konversi menggunakan konversi Canter. Perhitungan konsentrasi PM₁₀ terlampir pada Lampiran 5. Hasil analisis konsentrasi PM₁₀ ditampilkan pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Konsentrasi PM₁₀ di Udara Ambien

Titik Lokasi	Berat PM₁₀ di Kertas Filter (g)	Konsentrasi PM₁₀ di Udara (µg/m³)	Baku Mutu PM₁₀ di Udara Ambien Berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 untuk pengukuran 24 jam (µg/m³)	Keterangan
1	0,0287	17,42	75	Masih dibawah standar baku mutu
2	0,0556	33,71	75	Masih dibawah standar baku mutu
3	0,0503	30,52	75	Masih dibawah standar baku mutu

Berdasarkan hasil analisis konsentrasi PM₁₀ pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa konsentrasi PM₁₀ tertinggi diperoleh pada lokasi 2 yaitu 33,71 µg/m³, sedangkan lokasi dengan konsentrasi PM₁₀ terendah diperoleh pada lokasi 1 yaitu sebesar 17,42 µg/m³. Pada lokasi 1 (satu) diperoleh konsentrasi partikulat terendah diduga karena beberapa faktor antara lain, pengambilan sampel di titik tersebut mengalami durasi hujan yang sangat lama, mempengaruhi tingkat kelembapan udaranya. Kondisi cuaca rata-rata pada titik ini bisa dilihat pada tabel 4.1. Begitu juga menurut Hernandez et al (2017) dalam Sari *et.al* (2019), Suhu dan kelembaban mempunyai korelasi negatif terhadap PM_{2,5} dan PM₁₀, hal ini disebabkan penurunan suhu di malam hari menurunkan difusi partikel sehingga meningkatkan konsentrasi PM_{2,5} dan PM₁₀, kondensasi sebagai akibat kelembaban yang tinggi juga meningkatkan konsentrasi PM_{2,5} dan PM₁₀ di malam hari.

Menurut Susanto dan Erni (2005) dalam Munir *et.al* (2018), Curah hujan juga dapat mempengaruhi polutan terutama PM₁₀ yang melayang di udara. PM₁₀, dapat terlarut oleh air hujan dan menghasilkan hujan asam. Maka ketika hujan, atmosfer terlihat lebih jelas. Curah hujan akan mempengaruhi konsentrasi PM₁₀ di udara

(Turyanti, 2011).

Pada lokasi 2 (dua) diperoleh konsentrasi partikulat tertinggi dikarenakan beberapa faktor antara lain, pada saat pengambilan sampel titik tersebut mengalami durasi hujan tidak lama, arah angin berhembus kencang di titik lokasi ini. Menurut Turyanti (2011), Dijelaskan bahwa partikulat dapat terbawa ke tempat lain oleh adanya angin. Menurut Ulha Fadika *et.al* (2014), Perairan Selatan Jawa merupakan perairan yang dipengaruhi oleh sistem angin muson. Sistem angin Muson berpengaruh terhadap fluktuasi karakteristik perairan seperti angin, arus, serta sebaran suhu. Pergerakan angin kencang juga dapat mempengaruhi pencampuran massa air di lapisan atas dan meningkatkan distribusi temperature (suhu). Menurut hukum Buys Ballot, “Udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi (maksimum) ke daerah bertekanan rendah (minimum), di belahan bumi utara berbelok ke kanan sedangkan di belahan bumi selatan berbelok ke kiri”. Jika tidak ada gaya lain yang mempengaruhi, maka angin akan bergerak secara langsung dari udara bertekanan tinggi ke udara bertekanan rendah (Wijayanti *et.al* ,2015). Kondisi ini sesuai dengan data pengamatan yang diambil pada lokasi 2 (dua), didapatkan tekanan udara tertinggi diantara semua titik, sedangkan lokasi 1 (satu) didapatkan tekanan udara terendah. Kondisi cuaca rata-rata pada titik ini bisa dilihat pada tabel 4.1.

Hal ini sesuai dengan penelitian Maraziotis *et.al* (2008), bahwa terdapat korelasi negatif antara konsentrasi partikulat dengan kecepatan angin. Menurut Barmpadimos *et.al* (2011) dalam Turyanti (2011), yang menunjukkan bahwa variabel yang paling penting yang mempengaruhi konsentrasi PM_{10} salah satunya adalah *wind gust* (hembusan angin yang cukup kencang). PM_{10} merupakan salah satu bahan pencemar udara yang diemisikan langsung ke udara dari sumber cemaran, seperti kendaraan bermotor (Sinolungan, 2019).

Faktor lain diduga karena adanya aktivitas kendaraan yang berlalu lalang. Berdasarkan data jumlah kendaraan yang keluar masuk TPST Piyungan periode Maret 2022 pada lampiran 11, terdapat rata-rata 281 kendaraan yang keluar masuk kawasan ini setiap harinya. Hal ini sejalan dengan penelitian Nur, E *et.al* (2021) , Jumlah kendaraan dan jarak dari sumber pencemar menjadi penyebab tingginya kadar debu pada titik lokasi sampling IV dibandingkan titik sampling lainnya. Kondisi ini memungkinkan terjadi karena sumber PM_{10} dapat berasal dari aktivitas transportasi atau emisi kendaraan. Sedangkan konsentrasi PM_{10} di lokasi 3 (tiga) tidak jauh berbeda dengan lokasi 2 (dua) dikarenakan kondisi lingkungan pada saat pengambilan sampel

hampir sama.

Partikulat juga dapat dihasilkan dari sumber alami seperti debu tanah atau area beraspal dan tidak beraspal. TPST Piyungan adalah sejenis bukit, dan area pembuangan terbuka terletak di tengah TPST Piyungan dan dikelilingi oleh daerah dataran tinggi. Menurut Data Kabupaten Bantul, jenis tanah di Kecamatan Piyungan terdiri dari tanah latosol. Karakteristik tanah latosol yang berasal dari pelapukan sedimen dan batuan metamorf atau tanah yang telah mengalami pelapukan berat memudahkan tanah untuk tumpang tindih dan menghasilkan debu. Selain itu, tanahnya cenderung tidak subur karena mengandung zat besi dan aluminium yang tinggi (Haryanti *et.al*, 2015).

4.2.2 Konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM₁₀

Pada penelitian ini parameter logam berat yang diuji adalah timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe). Hasil uji logam berat dalam PM₁₀ ini akan dijadikan sebagai salah satu faktor dalam perhitungan analisis risiko pajanan terhadap kesehatan masyarakat setempat.

Pengujian konsentrasi timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe) dilakukan dengan panjang gelombang (λ) 283,3 nm dan dilakukan secara duplo. Hasil pembacaan AAS dapat dilihat pada Lampiran 6, sedangkan perhitungan logam berat secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 7. Berdasarkan hasil pembacaan AAS, rata-rata konsentrasi logam Timba (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe) dalam PM₁₀ dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Konsentrasi Timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan besi (Fe)

Logam	Konsentrasi di titik 1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi di titik 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi di titik 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Konsentrasi Rata-rata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Keterangan
Pb	$1,4 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-6}$	$2,3 \times 10^{-6}$	2×10^{-6}	2	Berdasarkan PP No.22 tahun 2021
Cd	$1,3 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-6}$	2	Berdasarkan OAQC/TCEQ
Cr	$3,2 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-6}$	4×10^{-6}	$3,7 \times 10^{-7}$	1,5	Berdasarkan OAQC/TCEQ
Fe	$1,12 \times 10^{-4}$	$7,6 \times 10^{-5}$	$6,5 \times 10^{-5}$	8×10^{-5}	-	-

Logam berat lepas ke udara karena proses berupa pelapukan, pemutusan rantai polimer, korosi, dan lain sebagainya. Terdapat tiga fraksi logam berat dalam proses ekstraksinya.

Pertama, proses ekstraksi yang melibatkan pelarutan atau peluruhan logam menjadi bentuk karbonat dan Fe sulfida yang kemudian teradsorpsi dan mengalami pengompleksan menjadi fase padat lainnya. Kedua, proses ekstraksi yang melibatkan Fe dalam bentuk oksida atau hidroksida dan Zn sulfida. Ketiga, proses ekstraksi yang melibatkan senyawa organik dan sulfida. Logam berat Cd di udara dihasilkan oleh barang-barang yang memiliki kandungan kadmium. Kadmium akan cenderung berubah dari bentuk lemah menjadi lebih kuat dengan bantuan sulfida dan senyawa organik (Flyhammar, 1997).

Sumber-sumber logam berat dapat berasal dari hasil pelapukan batuan mineral dan antropogenik. Mineral dalam batuan merupakan mineral utama (mineral primer) dalam tanah sebagai akibat melapuknya batuan dan membetuk tanah. Proses pelapukan ini menghasilkan kadar logam berat yang tentunya berbeda dan tergantung dari bahan induknya, juga didukung oleh proses vulkanik yang sangat berperan dalam menghasilkan jenis batuan dan mineral (Taberima, 2004). Logam berat akan melekat pada partikulat di udara ambien. Permukaan partikel yang sangat halus cenderung lebih mudah dilekati oleh logam berat dibandingkan partikel dengan permukaan kasar (Popoola *et.al*, 2018).

Menurut penelitian Najamuddin *et.al* (2016), Sumber potensial logam berat partikulat dari lahan atas (upstream) berasal dari hasil pelapukan batuan atau erosi tanah dan limpasan permukaan dari berbagai aktivitas di daratan di sepanjang jalur yang dilalui aliran Sungai Jeneberang seperti aktivitas pertanian, pemukiman, dan transportasi darat kemudian masuk ke dalam perairan melalui aliran sungai. Sumber logam berat partikulat yang berasal dari pantai diduga berasal dari debu dari aktivitas bongkar muat barang di pelabuhan dan aktivitas domestik di sekitar pantai Losari. Faktor meteorologi mempengaruhi konsentrasi logam berat di udara seperti kecepatan angin. Kecepatan angin akan mempengaruhi arah dari difusi polutan udara seperti Pb. Oleh karena itu, angin adalah salah satu faktor yang mempengaruhi konsentrasi polutan udara di udara ambien (Susanto *et.al*, 2005 dalam Roza *et.al*, 2015)

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa konsentrasi tertinggi Pb dalam PM₁₀ pada udara sekitar TPST Piyungan terletak di titik 3 yaitu $2,3 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$, faktor yang diduga menghasilkan konsentrasi Pb tinggi di titik 3 (dua) adalah emisi dari asap kendaraan. Gas timbal terutama berasal dari pembakaran bahan aditif bensin dari kendaraan bermotor yang terdiri dari tetraetil Pb dan tetrametil Pb. Logam Pb dalam bentuk aerosol anorganik dapat masuk ke dalam tubuh melalui udara yang dihirup atau makanan seperti sayuran dan buah-buahan. Logam Pb tersebut dalam jangka waktu panjang dapat terakumulasi dalam tubuh karena proses eliminasinya yang lambat (Gusnita, 2012).

Konsentrasi Cd rata-rata tertinggi berada di titik 3 (tiga) yaitu $1,6 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$, faktor

yang diduga menghasilkan konsentrasi Cd tinggi di titik 3 (tiga) yaitu dekat dengan tumpukan sampah. Secara sederhana dapat diketahui bahwa kandungan logam kadmium (Cd) akan dapat dijumpai di daerah-daerah penimbunan sampah dan aliran air hujan, selain dalam air buangan (Nur *et.al*, 2013). Konsentrasi Cr rata-rata tertinggi berada di titik 3 yaitu $4 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Faktor yang diduga menghasilkan konsentrasi Cr tinggi di titik 3 (tiga) yaitu dekat dengan lokasi proyek sehingga selalu dilewati kendaraan proyek. Sumber antropogenik Cr berasal dari industri, sementara sumber dominan di lokasi sampling adalah lalu lintas kendaraan (Suryati *et.al.*, 2020).

Sedangkan konsentrasi Fe rata-rata tertinggi berada di titik 1 yaitu $1,12 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$, faktor yang diduga menghasilkan konsentrasi Fe tertinggi yaitu dekat dengan lokasi unloading sampah menyebabkan lingkungan sekitar berbau busuk. Besi merupakan logam berat yang dibutuhkan dimana zat ini dibutuhkan dalam proses untuk menghasilkan oksidasi enzim cytochrome dan pigmen pernapasan (haemoglobin). Logam ini akan menjadi racun apabila keadaannya terdapat dalam konsentrasi di atas normal (Hasbi, 2007 dalam Ika *et al*, 2012).

Dari hasil pembacaan konsentrasi Timbal (Pb), kadmium (Cd), dan kromium (Cr) tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi Pb, Cd, dan Cr di kawasan TPST Piyungan masih dibawah baku mutu di udara ambien. Sedangkan untuk konsentrasi Besi (Fe) tidak bisa dibandingkan dengan baku mutu udara ambien karena Fe bukan termasuk parameter dari pencemaran udara ambien berdasarkan baku mutu nasional.

4.3 Karakteristik Responden

Karakteristik responden yang dinilai pada penelitian ini adalah masyarakat yang tinggal di sekitar area TPST Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Karakteristik Responden

Karakteristik Responden	n	%
Jenis Kelamin		
Perempuan	28	56%
Laki-Laki	22	44%
Jumlah	50	100%
Umur		
10 - 20 tahun	3	6%
21 - 30 tahun	12	24%

31 - 40 tahun	12	24%
41 - 50 tahun	10	20%
51 - 60 tahun	5	10%
>60 tahun	8	16%
Jumlah	50	100%
Berat Badan		
<40 kg	2	4%
41 - 50 kg	12	24%
51 - 60 kg	17	34%
61 - 70 kg	12	24%
71 - 80 kg	5	10%
>80 kg	2	4%
Jumlah	50	100%
Lama Tinggal		
<10 tahun	2	4%
10 - 20 tahun	11	22%
21 - 30 tahun	11	22%
31 - 40 tahun	8	16%
41 - 50 tahun	7	14%
51 - 60 tahun	3	6%
>60 tahun	8	16%
Jumlah	50	100%
Memiliki Riwayat Merokok		
Ya	17	34%
Tidak	33	66%
Jumlah	50	100%

Berdasarkan tabel diatas jumlah responden pada penelitian ini sebanyak 50 Masyarakat dengan jumlah responden laki – laki sebanyak 22 orang (44%) dan perempuan sebanyak 28 orang (66%) dimana dalam hal ini sebaran responden tidak berbeda jauh antara laki-laki dan perempuan. Untuk usia responden yang mendominasi pada rentang umur 21 sampai 50 tahun. Berat badan responden yang mendominasi pada rentang 41 hingga 70 kg.

Selanjutnya untuk lama tinggal responden yang mendominasi pada rentang 10

hingga 40 tahun. Sedangkan untuk yang memiliki Riwayat merokok semuanya di dominasi oleh laki-laki. Dari 17 responden yang memiliki riwayat merokok, 1 diantaranya sudah berhenti merokok. Rata-rata lama waktu responden merokok adalah 24 tahun dan rata-rata konsumsi rokok perhari adalah 15 batang rokok. Merokok dapat mempengaruhi kesehatan serta membahayakan. Merokok dapat menyebabkan berbagai penyakit khususnya penyakit pernapasan. Menurut penelitian Rahman *et.al* (2021), Adapun potensi terjadinya keluhan saluran pernapasan akan bertambah besar kepada populasi yang berisiko terutama pada orang yang memiliki penyakit paru-paru, asma, dan lainnya. Walaupun konsentrasi konsentrasi pencemar di udara ambien salah satunya SO₂ kecil.

4.4 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

4.4.1 Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Analisis paparan (*Exposure Assessment*) adalah penilaian paparan untuk menentukan rute paparan agen risiko untuk menentukan konsentrasi agen risiko yang masuk ke dalam tubuh. Dalam penelitian ini yang dihitung adalah *intake lifetime*. Perhitungannya dapat dilihat pada formula sub bab 2.5.

4.4.1.1 *Intake Lifetime*

Intake lifetime adalah perhitungan eksposur seumur hidup. Waktu paparan standar yang digunakan dalam paparan seumur hidup adalah 30 tahun, yang merupakan nilai waktu standar selama efek non-karsinogenik terwujud pada manusia. Di bawah ini, durasi paparan *lifetime* yang dikategorikan dalam kelompok anak-anak dan dewasa. Contoh perhitungan *intake lifetime* logam berat Pb untuk anak-anak dengan Durasi pajang realtime (Dt) selama 24 tahun dan memiliki Berat Badan (BB) 55 kg adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{0,00000000138 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 24 \frac{jam}{hari} \times 350 \frac{hari}{tahun} \times 24 tahun}{55 kg \times 365 \frac{hari}{tahun}}$$

$$= 0,00000000048 mg/kg.hari$$

Contoh perhitungan *intake lifetime* logam berat Cd untuk dewasa dengan Durasi pajang realtime (Dt) selama 30 tahun dan memiliki Berat Badan (BB) 55 kg adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{0,00000000132 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 24 \frac{jam}{hari} \times 365 \frac{hari}{tahun} \times 30 tahun}{55 kg \times 365 \frac{hari}{tahun}}$$

$$= 0,000000000458 mg/kg.hari$$

Berdasarkan tabel 4.6 dibawah ini, durasi pajanan dan berat badan mempengaruhi nilai *intake*. Semakin tinggi nilai berat badan maka nilai *intake* semakin kecil, sedangkan semakin lama durasi pajanan maka semakin besar nilai *intake*. Nilai intake menginterpretasikan berapa besar paparan logam berat yang masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi, dimana paparan logam berat diketahui sangat berbahaya bagi kesehatan. Hal ini sejalan dengan penelitian Muhammad *et.al* (2018), Pajanan timbal dengan konsentrasi yang rendah dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan kasus keracunan kronik ataupun keracunan akut jika timbal masuk ke dalam tubuh melalui makanan dalam waktu yang relatif singkat dengan konsentrasi yang relatif tinggi . Terdapat hubungan yang signifikan antara durasi pajanan konsumsi ikan dengan tingkat risiko (p value=0,000) dan ada hubungan yang signifikan antara durasi pajanan konsumsi kerang dengan tingkat risiko pada masyarakat sekitar Teluk Kendari (p value=0,000). Lamanya durasi pajanan akan berpengaruh pada terhadap besarnya tingkat risiko. Perlu diperhatikan salah satu faktor yang mempengaruhi toksisitas timbal adalah kelangsungan pemaparan. Berat ringannya efek timbal tergantung pada proses cemaran timbal yaitu pemaparan secara terus menerus atau terputus-putus. Pemaparan terus menerus akan memberikan efek yang lebih berat dibandingkan dengan pemaparan secara terputus-putus. Berat badan merupakan faktor penting dalam analisis risiko kesehatan dan dapat mempengaruhi besarnya jumlah asupan (*intake*) dan dosis internal yang diterima oleh individu. Semakin berat badan seseorang maka semakin kecil kemungkinan untuk mengalami risiko gangguan akibat pajanan risk agent.

Logam Pb di alam tidak dapat didegradasi atau dihancurkan dan disebut juga sebagai *non essential trace element* yang paling tinggi kadarnya, sehingga ia sangat berbahaya jika terakumulasi pada tubuh dalam jumlah yang banyak. Efek yang ditimbulkan tidak main-main. Salah satunya yaitu kemunduran IQ dan kerusakan otak yang ditimbulkan dari emisi timbal ini. Pada orang dewasa umumnya ciri -ciri keracunan timbal adalah pusing, kehilangan selera, sakit kepala, anemia, sukar tidur, lemah, dan keguguran kandungan. Selain itu timbal berbahaya karena dapat mengakibatkan perubahan bentuk dan ukuran sel darah merah yang mengakibatkan tekanan darah tinggi (Gusnita, 2012).

Didalam tubuh, kadmium diangkut ke hati oleh darah. Selanjutnya akan membentuk

ikatan dengan protein dan diangkut ke ginjal. dan terakumulasi di ginjal, jika terkontaminasi akan mengganggu fungsi ginjal dan kerusakan ginjal dampak lainnya adalah diare, sakit perut dan muntah- muntah, keretakan tulang, kegagalan reproduktif bahkan ketidaksuburan/kemandulan, Kerusakan sistem syaraf pusat, kerusakan sistem imunitas, gangguan psikologis, kerusakan DNA atau kanker (Agustina, 2014). Bahaya bagi kesehatan dari logam Fe jika kadar Fe > 1 mg/l dapat merusak dinding usus, iritasi, mual, dan pusing pada manusia. Kemudian untuk bahaya logam berat Cr bagi manusia dapat menyebabkan ginjal, ulcus, kulit, kanker (Slamet, 2011). Tabel perhitungan *intake* dapat dilihat dibawah ini :



Tabel 4.6 Perhitungan *Intake Lifetime*

Rumusan	Satuan	Kategori								
		Titik 1			Titik 2			Titik 3		
		Anak	Dewasa		Anak	Dewasa		Anak	Dewasa	
Konsentrasi Pb	mg/m3	0,0000000138			0,00000002239			0,000000023		
Konsentrasi Cd		0,0000000132			0,00000001470			0,000000016		
Konsentrasi Cr		0,0000000032			0,00000000365			0,000000004		
Konsentrasi Fe		0,00000006505			0,000000075581			0,0000001116		
Laju Kontak (R)	m3/jam	0,5	0,83	0,83	0,5	0,83	0,83	0,5	0,83	0,83
Waktu Paparan (Te)	jam/hari	24								
Frekuensi Paparan (Fe)	hari/tahun	350								
Durasi Paparan Lifetime (Dt)	tahun	6	24	30	6	24	30	6	24	30
Berat Badan (Wb)	kg	15	55	55	15	55	55	15	55	55
Periode waktu rata-rata (365 hari/tahun*lama tinggal (tahun)) (Tavg)	hari	2190	8760	10950	2190	8760	10950	2190	8760	10950
Intake Lifetime Pb	mg/kg/hari	0,00000001060	0,00000000480	0,00000000480	0,00000001718	0,00000000778	0,00000000778	0,00000001767	0,00000000800	0,00000000800
Intake Lifetime Cd		0,00000001011	0,00000000458	0,00000000458	0,00000001128	0,00000000510	0,00000000510	0,00000001223	0,00000000554	0,00000000554
Intake Lifetime Cr		0,00000000244	0,00000000110	0,00000000110	0,00000000280	0,00000000127	0,00000000127	0,00000000310	0,00000000140	0,00000000140
Intake Lifetime Fe		0,00000049898	0,00000022590	0,00000022590	0,00000057980	0,00000026249	0,00000026249	0,00000085601	0,00000038754	0,00000038754
Intake Lifetime Pb	mg/kg/hari	0,00000001540	0,00000000480	0,00000000480	0,00000002496	0,00000000778	0,00000000778	0,00000002567	0,00000000800	0,00000000800
Intake Lifetime Cd		0,00000001469	0,00000000458	0,00000000458	0,00000001638	0,00000000510	0,00000000510	0,00000001777	0,00000000554	0,00000000554
Intake Lifetime Cr		0,00000000354	0,00000000110	0,00000000110	0,00000000407	0,00000000127	0,00000000127	0,00000000451	0,00000000140	0,00000000140
Intake Lifetime Fe		0,00000072489	0,00000022590	0,00000022590	0,00000084229	0,00000026249	0,00000026249	0,00000124354	0,00000038754	0,00000038754

4.4.2 Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko ditentukan dengan membandingkan intake terhadap dosis referensi yang diperbolehkan. Semakin besar intake maka semakin besar risiko. Pada penelitian ini, risiko non kanker yang dihitung meliputi risiko non kanker *lifetime*.

4.4.2.1 analisis nilai risiko non kanker untuk pajanan *Intake Lifetime*

Berdasarkan hasil analisis perhitungan risiko non kanker *intake lifetime* di atas bahwa nilai RQ Fe tidak dihitung karena belum ditemukan nilai referensi agen risiko pada pajanan inhalasi (Rfc) pada logam Fe. Berikut tabel hasil analisis nilai risiko non kanker untuk pajanan dan *Intake lifetime* pada masing-masing titik :

Tabel 4.7 Analisis risiko non kanker

Logam Berat	HQ					
	Titik 1		Titik 2		Titik 3	
	Anak	Dewasa	Anak	Dewasa	Anak	Dewasa
Pb	$7,7 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-5}$	4×10^{-5}
Cd	$1,6 \times 10^{-6}$	$5,1 \times 10^{-6}$	$1,8 \times 10^{-6}$	$5,7 \times 10^{-7}$	2×10^{-6}	$6,2 \times 10^{-7}$
Cr	$3,5 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-6}$	$4,5 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-6}$

Berdasarkan Pedoman Analisis Risiko Lingkungan, Nilai HQ > 1 (satu) menandakan bahwa nilai HQ non kanker dapat menimbulkan efek kesehatan non kanker sehingga pajanan logam berat tersebut memiliki risiko terhadap kesehatan. Begitu juga sebaliknya jika nilai HQ < 1 maka tingkat risiko dikatakan aman. Dari tabel 4.7 diatas dapat dilihat bahwa HQ non kanker *intake lifetime* pada semua logam bernilai HQ < 1, berarti nilai HQ aman dan tidak berisiko. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Raharjo *et.al* (2018), menunjukkan bahwa masyarakat yang mengonsumsi Tiram bakau (*Crassostrea gigas*) masih dalam kategori aman dan belum berisiko terhadap kesehatan dengan nilai HQ < 1 baik untuk pajanan *realtime* atau *lifetime*.

4.4.3 Hubungan Paparan dengan Keluhan Subjektif Kesehatan Masyarakat

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat risiko dan dampak paparan logam Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM₁₀ pada masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan TPST Piyungan, Bantul. Berikut merupakan data keluhan kesehatan masyarakat berdasarkan observasi yang telah dilakukan:

Tabel 4.8 Keluhan Kesehatan

No.	Variabel	Ya		Tidak		Total	
		n	%	n	%	n	%
Keluhan kesehatan yang dialami							
1	Mengalami keluhan kesehatan	45	90%	5	10%	50	100%
2	Pernah mengalami permasalahan kesehatan seperti batuk, dahak, dan iritasi tenggorokan.	39	78%	11	22%	50	100%
3	Pernah mengalami keluhan kesehatan seperti batuk dalam waktu yang lama dan batuk berdarah	0	0%	50	100%	50	100%
4	Pernah mengalami keluhan kesehatan pada sistem pernafasan seperti sesak nafas, berat bernafas, mengi, nyeri dada, gangguan pernafasan	11	22%	39	78%	50	100%
5	Pernah mengalami keluhan pada sistem pencernaan seperti mual, muntah, dan gangguan pencernaan.	13	26%	37	74%	50	100%
6	Pernah mengalami permasalahan penglihatan seperti iritasi mata dan gangguan penglihatan.	34	68%	16	32%	50	100%
7	Pernah mengalami keluhan kesehatan pada sistem peredaran darah seperti hipertensi.	6	12%	44	88%	50	100%
8	Pernah mengalami keluhan sakit kepala.	41	82%	9	18%	50	100%
9	Pernah mengalami demam.	27	54%	23	46%	50	100%
10	Pernah mengalami ruam kulit.	12	24%	38	76%	50	100%
11	Mengalami keluhan kesehatan seperti mudah lelah, mudah pecat, lesu, dan tidak kuat berjalan lama.	4	8%	46	92%	50	100%
12	Memiliki riwayat penyakit asma	3	6%	47	94%	50	100%
13	Memiliki riwayat penyakit ISPA	0	0%	50	100%	50	100%
14	Memiliki riwayat penyakit paru-paru menahun dan kanker paru-paru	0	0%	50	100%	50	100%
15	Memiliki riwayat penyakit Bronkitis	0	0%	50	100%	50	100%
16	Sifat penyakit hilang kambuh	45	90%	5	10%	50	100%

Berdasarkan data hasil observasi keluhan subjektif kesehatan masyarakat diketahui bahwa sebanyak 45 dari 50 responden mengalami keluhan kesehatan dan 5 dari 50 responden tidak mengalami keluhan Kesehatan selama tinggal di sekitar kawasan TPST Piyungan, Bantul. Data di atas memperlihatkan bahwa keluhan sakit kepala, batuk, iritasi mata, demam, mual, dan ruam kulit paling mendominan. Sedangkan 3 orang responden memiliki riwayat penyakit asma. Berdasarkan hasil wawancara yang sudah dilakukan, keluhan ini diakibatkan oleh 2 (dua) faktor yaitu internal dan eksternal. Faktor internal bisa disebabkan oleh imun tubuh yang menurun dan bisa juga akibat tekanan hidup seperti ekonomi yang sulit. Sedangkan faktor eksternalnya yaitu di lingkungan tersebut penyakit demam, batuk, influenza dan pusing yang sedang mewabah merata ke seluruh masyarakat yang tinggal di sana.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai “Analisis Risiko Paparan Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), dan Besi (Fe) Terhadap Kesehatan Masyarakat TPST Piyungan, Bantul” dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi PM₁₀ di udara ambien sekitar kawasan TPST Piyungan, Bantul memperoleh hasil berturut-turut 17,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk titik lokasi 1; 33,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk titik lokasi 2; dan 30,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk titik lokasi 3. Dari ketiga lokasi tersebut, besar konsentrasi PM₁₀ yang didapat masih dibawah baku mutu PM₁₀ di udara ambien berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
2. Berdasarkan hasil pengujian konsentrasi logam berat yang terkandung dalam PM₁₀ menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), diperoleh konsentrasi logam rata-rata dari ketiga lokasi pengambilan sampel. Konsentrasi rata-rata logam Pb, Cd, Cr, dan Fe secara berturut-turut adalah sebesar $2 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$; $1,5 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$; $3,6 \times 10^{-7} \mu\text{g}/\text{m}^3$; dan $8 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$.
3. Hasil analisis tingkat risiko paparan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM₁₀ terhadap masyarakat sekitar TPST Piyungan, Bantul menunjukkan tingkat risiko non kanker tidak memiliki tingkat resiko berbahaya (karsinogenik).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, peneliti memiliki beberapa saran untuk dapat diaplikasikan khususnya di kawasan TPST Piyungan, Bantul. Adapun saran yang peneliti berikan adalah sebagai berikut:

1. Bagi Masyarakat Sekitar TPST Piyungan

Diharapkan agar masyarakat setempat lebih memperhatikan kesehatan diri masing-masing. Terutama bagi masyarakat yang juga bekerja di TPST Piyungan agar dapat menggunakan masker untuk meminimalisir pajanan PM_{10} dan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Fe melalui inhalasi. Masyarakat juga dihimbau untuk dapat meningkatkan penerapan pola hidup sehat dan bersih. Selain itu, masyarakat disarankan agar dapat berpartisipasi dalam program pengecekan kondisi kesehatan yang sudah diadakan oleh puskesmas atau pemerintah secara berkala.

2. Bagi Pemerintah

Pemerintah daerah setempat dapat melakukan perluasan lahan hijau pada kawasan TPST Piyungan agar penyerapan polutan di udara semakin meningkat sehingga diharapkan risiko pajanan berkurang atau setidaknya tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Kemudian, pemerintah dapat melakukan pemantauan dan penyuluhan kepada masyarakat terkait risiko kesehatan yang ditimbulkan akibat kegiatan TPST Piyungan utamanya bahaya pajanan debu dan partikulat. Hal ini diharapkan agar dapat potensi dampak yang kemungkinan terjadi menjadi berkurang karena meningkatnya wawasan masyarakat terkait risiko tersebut. Selain itu, program pengecekan kesehatan masyarakat yang sudah dilaksanakan secara berkala dapat ditingkatkan frekuensinya.

3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Perlu adanya penelitian lebih signifikan terkait penyakit-penyakit yang dapat ditimbulkan akibat bahaya terkena pajanan debu dan logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. 2014. *Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan*. Teknobuga. 1(1). pp. 53–65.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Astuti, W. dan Kusumawardani, Y. 2018. *Analisis Pencemaran Udara Dengan Box Model (Daya Tampung Beban Pencemar Udara) Studi Kasus Di Kota Tangerang*. Neo Teknika. 3(1). pp. 21–28.
- Burhanudin, B. M. (015. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kelainan. *Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah Kesehatan*, 43-52.
- Cholianawati, N. 2019. *Partikulat Halus (PM_{2,5}) dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Manusia*. Berita Dirgantara. 20(1). pp. 15–20.
- Flyhammar, P. 1997. Heavy Metals in Municipal Solid Waste Deposits (Issue 1019).
- Glinka, T. 2008. *Metode Penelitian Sosial*. Yogyakarta. Penerbit Gawe Buku
- Gunawan, G. 2015. *Tingkat Pencemaran Udara Debu Dan Timbal Di Lingkungan Gerbang Tol*. Jurnal Kesehatan Lingkungan : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. 3(41). pp. 5–13.
- Gusnita, D. 2012. *Pencemaran logam berat timbal (pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal*. Berita Dirgantara. 13(3). pp. 95–101.
- Hidayatullah, F. S. 2020. *Literature Review: Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Pencemaran Udara di Lingkungan Tempat Pembuangan Akhir (TPA)*. Jurnal Kesehatan. 13(2). 119–130.
- Ida Bagus Suryatika. 2019. *Pengaruh Variabel Iklim Terhadap Curah Hujan Studi Kasus di Bali*.
- Saptiningsih E dan Haryanti S. 2015. *Kandungan Selulosa dan Lignin Berbagai Sumber Bahan Organik Setelah Dekomposisi di Tanah Latosol*. Semarang : Bul. Anat. dan Fisio. 13(2). 34–42.
- Ika et al. 2012. *Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara*. Jurnal

- Akademika Kimia. 1(4). pp. 181–186.
- Irfan, M. 2020. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Logam dalam PM_{2,5} Pada Masyarakat di Perumahan Blok D Ulu Gadut Kota Padang*. Teknik Lingkungan Universitas Andalas. 2(17). pp. 1–10.
- Kemenkes . 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Jakarta: Direktorat Jenderal PP dan PL.
- Khairani, N. *et al.* 2007. *Limbah Tekstil Dengan Metode Analisis*. Berkala Fisika. 10(1). p. 35.
- Lenaini, I. 2021. *Teknik pengambilan sampel purposive dan snowball sampling*. Jurnal Kajian, penelitian & Pengambilan Pendidikan Sejarah. 6(1).pp. 33–39.
- Lestari, R. A., Handika, R. A. dan Purwaningrum, S. I. 2019. *Analisis Risiko Karsinogenik Paparan PM₁₀ Terhadap Pedagang di Kelurahan Pasar Jambi*. Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Unand. 16(2). pp. 59–65.
- Luthfiarta, A. *et al.* 2020. *Analisa Prakiraan Cuaca dengan Parameter Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara, dan Kecepatan Angin Menggunakan Regresi Linear Berganda*. JOINS (Journal of Information System). 5(1). pp. 10–17.
- Muhammad, S. dan Sarto, S. 2018). *Analisis risiko kesehatan akibat paparan timbal (Pb) dalam biota laut pada masyarakat sekitar Teluk Kendari*. Berita Kedokteran Masyarakat : BKM *Journal of Community Medicine and Public Health*. 34(10). pp. 385–393.
- Mara, F., Alfian Zul, D. dan Harry, A. 2013. Penentuan Kadar Unsur Besi, Kromium, dan Aluminium dalam Air Baku dan Pada Pengolahan Air Bersih di Tanjung Gading Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sainia Kimia*. 1(2). pp. 2–5.
- Mulasari, A., Husodo, A. H. dan Muhajir, N. 2016. Situation Analysis of Waste Problem in Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia KEMAS*. 11(2). pp. 98–106.
- Munandar, J. dan Mulasari, S. A. 2019. Environmental Sanitation and Hygiene on Waste Collector in TPA Piyungan Bantul Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 15(2). pp. 171–178.

- Munir, M. *et al.* 2018. *Hubungan Cuaca Dan Konsentrasi Pm10 (Studi Kasus Di Kota Banjarbaru.* *EnviroScienteeae.* 14(1). p. 46.
- Najamuddin, . *et al.* 2016 *Distribution and Behavior of Dissolved and Particulate Pb and Zn in Jeneberang Estuary, Makassar.* *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis.* 8(1). pp. 11–28.
- Nur, E., Seno, B. A. dan Hidayanti, R. 2021. *Risiko Gangguan Kesehatan Masyarakat Akibat Paparan PM10 di Kota Padang.* *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia.* 20(2). pp. 97–103.
- Nur, F. 2013. *Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd).* *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi.* 1(1).pp. 74–83
- Nurhaini, R. dan Affandi, A. 2017. *Analisa Logam Besi (Fe) Di Sungai Pasar Daerah Belangwetan Klaten dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom.* *Jurnal Ilmiah Manuntung.* 2(1). p. 39.
- Notoatmodjo, S. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan.* Jakarta: Rineka Cipta.
- Nelistya, K. R. (2016). *Lubang Resapan Biopori.* Jakarta: Penebar Swadaya.
- Naradipta, D. R. 2018. *Studi Pengaruh Jarak , Luasan Kanopi Dan Green Volume Terhadap Reduksi Pm 10.*
- Popoola, L. T., Adebajo, S. A., & Adeoye, B. K. 2018. *Assessment of Atmospheric Particulate Matter and Heavy Metals: A Critical Review.* *International Journal of Environmental Science and Technology.* 15(5). 935–948.
- Prayudi, T. 2005. *Dampak Industri Peleburan Logam Fe Terhadap Pencemaran Debu di Udara.* *Jurnal Teknik Lingkungan,* 6(2), 385–390.
- Pujiastuti, P., Soemirat, J. dan Dirgawati, M. 2013. *Karakteristik Anorganik PM10 Di Udara Ambien Terhadap Mortalitas Dan Morbiditas Pada Kawasan Industri di Kota Bandung.* *Reka Lingkungan.* 1(1), pp. 1–11.
- Putra, *et al.* 2012. *Hubungan Usia, Lama Kerja, dan Kebiasaan Merokok dengan Fungsi Paru pada Juru Parkir di Jalan Pandanaran Semarang.* *Jurnal Kedokteran Muhammadiyah.* 1(3). pp. 8–9.

- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Pamungkas, G. S. dan Mei, E. T. W. 2019. Penentuan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah di Wilayah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul (Kartamantul). *Jurnal Bumi Indonesia*.
- Raharjo, P., Raharjo, M. and Setiani, O. 2018. *Analisis Risiko Kesehatan dan Kadar Timbal Dalam Darah: (Studi Pada Masyarakat yang Mengonsumsi Tiram Bakau (Crassostrea gigas) di Sungai Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 17(1). p. 9.
- Rahman, A. A., Dwi, A. dan Rusman, P. 2021. *Gambaran Kualitas Udara Ambien Dan Keluhan Gangguan Pernapasan Pada Masyarakat Kota Pare Pare*. 4(3). p. 352
- Rita, M. et al. 2013. *Kandungan Logam Berat Dalam Udara Ambien Pada Beberapa Kota Di Indonesia Heavy Metal Concentrations of Air Ambient in Several*. pp. 49–59
- Rita et al. 2021. *Pencemaran Logam Berat Pada Tanah*. 6(2). pp. 11–22.
- Roza, V., Ilza, M. dan Anita, S. 2015. *Korelasi Konsentrasi Particulate Matter (PM₁₀) di Udara dan Kandungan Timbal (Pb) dalam Rambut Petugas SPBU di Kota Pekanbaru*. *Dinamika Lingkungan Indonesia*. 2(1). p. 52.
- Sari, I., Fatkhurrahman dan Andriani .2019. *Pola Sebaran Polutan PM 2.5 dan PM 10 Harian*. 82. pp. 95–100.
- Sembiring, E. T. J. (2020). *Risiko Kesehatan Paparan Pm_{2,5} Di Udara Ambien Pada Pedagang Kaki Lima Di Bawah Flyover Pasar Pagi Asemka Jakarta*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(1), 101–120.
- Sinolungan, J. S. V. 2019. *Bermotor Pada Volume Dan Kapasitas Paru*. *Biomedik*. 1(2). pp. 65–80
- Sachnaz dan Rasman, C. 2019. *Studi Kualitas Udara Ambien Sulfur Dioksida (SO₂) di TPA Tamangapa Kota Makassar*. *Jurnal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*. 19(1). pp. 83–88.
- Slamet, Juli Soemirat. 2011. *Kesehatan Lingkungan*. Penerbit Gadjah Mada

University Press. Yogyakarta.

- Subositi, D. 2020. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) dalam Tempuyung (*Sonchus arvensis L .*). (Cd). pp. 783–786.
- Suhariyono *et al.* *Danger Level Analysis Of PM10 and PM2,5 Dust Particles To Health Of Resident Around Cement Factory, Citeurup - Bogor* (Analisis Tingkat Bahaya Partikel Debu PM10 Dan 2,5 Terhadap Masyarakat. August.
- Suryati, I. *et al.* 2020. *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). pp. 77–85.
- Taberima,Sartji. 2004. *Peranan mikroorganisme dalam mengurangi efek toksik pada tanah terkontaminasi logam berat.* PPs 702. pp. 1–21.
- Triyadi, D., Nurjazuli, N., dan Dangiran, H. L. 2016. *Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Benzene Melalui Inhalasi Pada Petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Sekitar Kawasan Universitas Diponegoro Semarang.* Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip). 4(4). pp. 907–916.
- Turyanti, A. 2011. *Menggunakan Regresi Linier Berganda (Studi kasus: Daerah Dago Pakar dan Cisaranten, Bandung).*J.Agromet.25(1).pp. 29–36.
- Ulha Fadika, Aziz Rifai, B. R. 2014. *Arah Dan Kecepatan Angin Musiman Serta Kaitannya Dengan Sebaran Suhu Permukaan Laut Di Selata Pangandaran Jawa Barat.* 3(3). pp. 429–437
- US.EPA. (2010). *Perkiraan Deposisi Partikel Udara (PM₁₀ / PM_{2,5} DAN TSP) Pada Saluran Pernapasan Penduduk Cilegon .*
- Warni, D., Karina, S. dan Nurfadillah . 2017. *Analysis of Heavy Metal Pb, Mn, Cu and Cd on Sediment at Jetty Port Meulaboh, Aceh Barat.* Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah. 2(2). pp. 246–253.
- Wijayanti, D., Rahmawati, E. and Sucahyo, I. 2015. *Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino Uno.* Jurnal Inovasi Fisika Indonesia, 4, pp. 150–156.
- Zuchriyastono, M. A. dan Purnomo, E. P. 2017. *Analisis Lingkungan Lahan Tempat Pembuangan Sampah Terpadu Terhadap Kesehatan Masyarakat*

Sekitar Studi Kasus : Tempat Pembuangan Sampah Terpadu Piyungan (TPST). *Jurnal Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan Hidup*. 2(2). pp. 55–64.

Zulya *et al.* 2020. *Website 3T (Trash To Treasure) : Website Sistem Pengelolaan Sampah Berbasis Digital Guna Mengatasi Permasalahan Sampah di Daerah Piyungan Yogyakarta.*



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat

1.	HVAS dengan inlet selektif PM _{2,5}	1 buah
2.	Neraca Analitik	1 buah
3.	Termo Hygro Barometer	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 ukur 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

B. 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 (HNO ₃)	
6.	Larutan asam nitrat (HNO ₃)	
7.	Larutan asam klorida (HCl)	
8.	Aquades	
9.	Hydrogen peroxide (H ₂ O ₂) pekat	
10.	Larutan induk timbal 1000 µg/mL	

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tahapan Analisis Logam Pb, Cd, Cr, dan Fe dalam PM_{2,5} dengan Metode Destruksi Basah

A. Prinsip Kerja

Partikel di udara ambien ditangkap dengan menggunakan alat HVAS dengan media penyaring atau filter. Logam Berat Pb, Cd, Cr, Fe yang terkandung di dalam partikel tersebut diekstraksi dengan menggunakan pelarut asal, kemudian diukur dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) nyala.

B. Alat

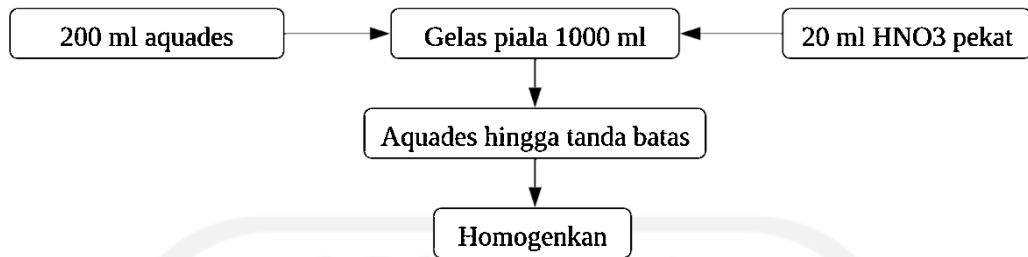
1.	Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) nyala	1 buah
2.	Pemanas listrik dilengkapi dengan pengatur suhu	1 buah
3.	Labu ukur 50 ml	1 buah
4.	Gelas ukur 1000 ml	1 buah
5.	Erlenmeyer 250 ml	3 buah
6.	Pipet ukur 10 ml	1 buah
7.	Botol sampel 20 ml	3 buah
8.	Corong gelas	1 buah

C. Bahan

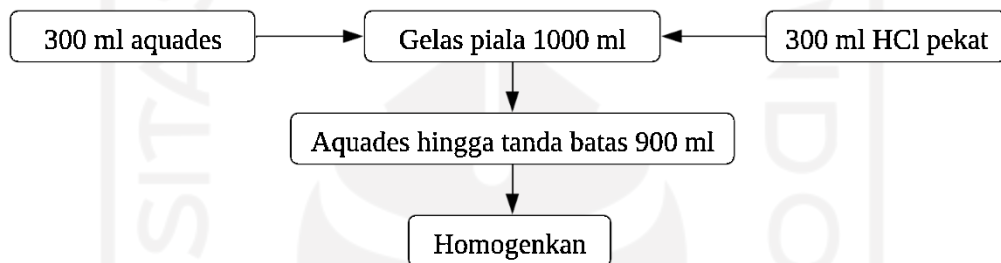
1. Kertas saring berpori 80 μg diameter 125 atau 110 mm
2. Asam nitrat pekat (HNO_3 67%)
3. Asam klorida pekat (HCl 37%)
4. Larutan asam nitrat (HNO_3)
5. Larutan asam nitrat (HNO_3)
6. Larutan asam klorida (HCl)
7. Aquades
8. Hydrogen peroxide (H_2O_2) pekat
9. Larutan induk timbal 1000 $\mu\text{g/mL}$

D. Langkah Kerja

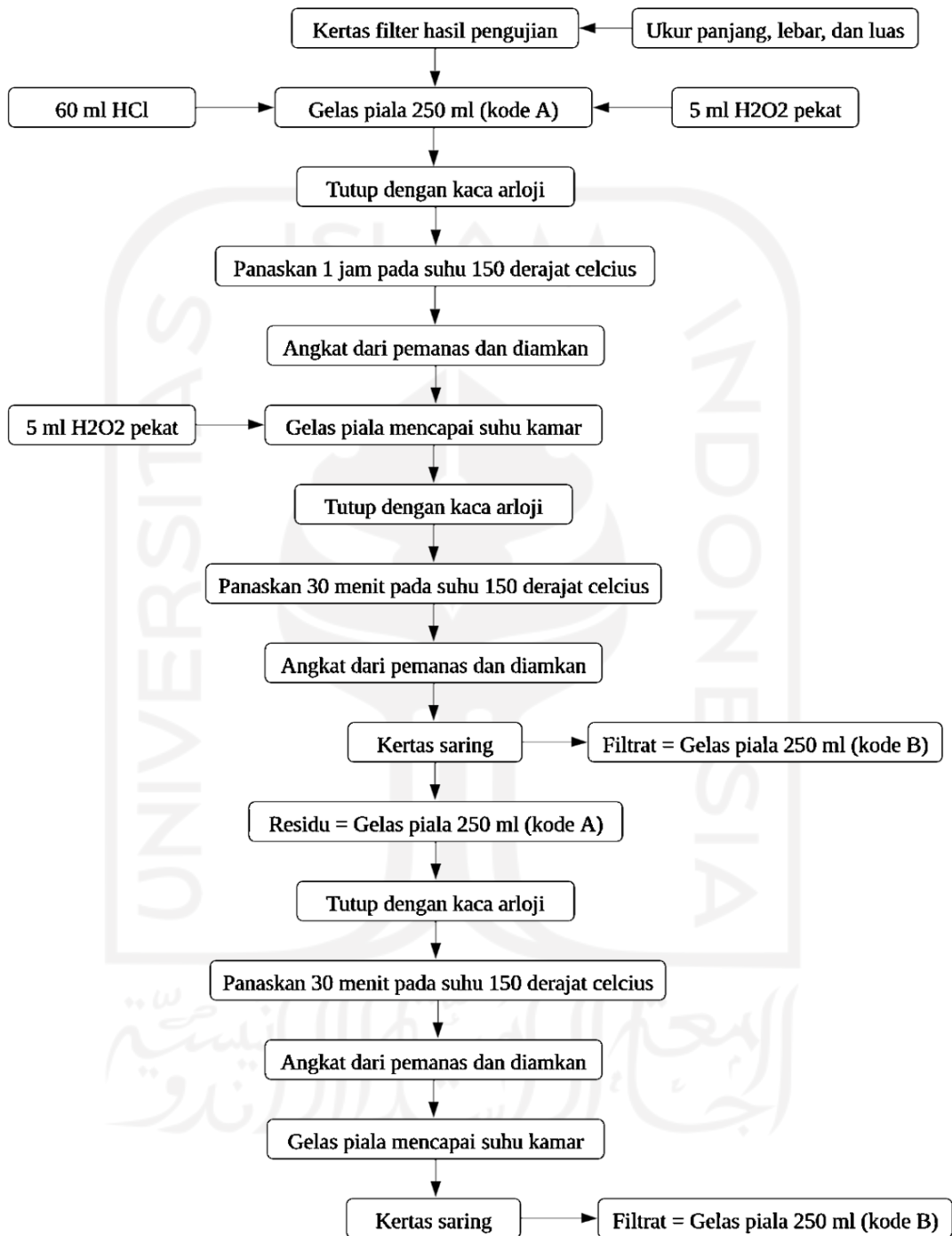
1) Pembuatan Larutan Asam Nitrat (HNO_3)

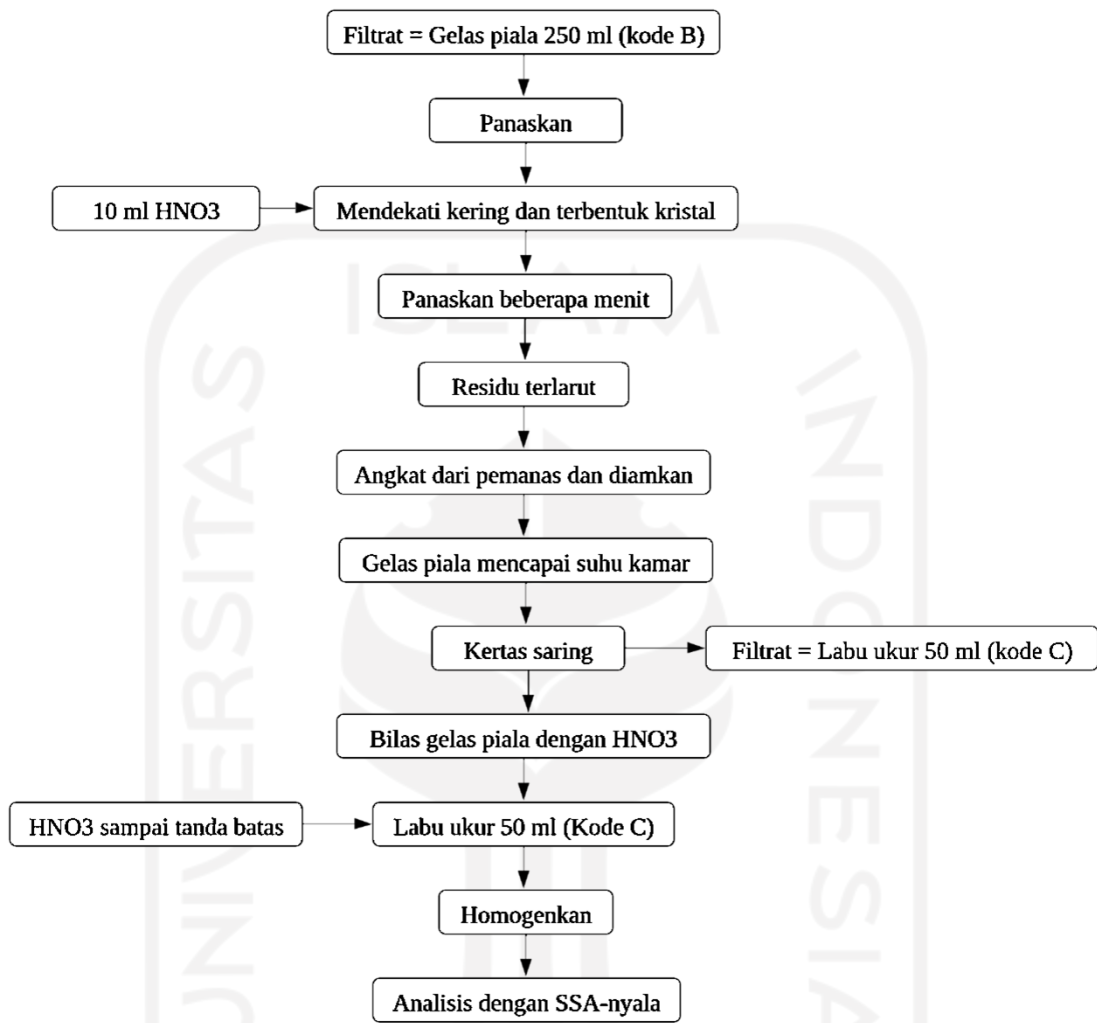


2) Pembuatan Larutan Asam Klorida (HCl)



3) Pengujian Contoh Uji





LAMPIRAN

Lampiran 2 Lembar Kuesioner Penelitian

ANALISIS RISIKO PAJANAN TIMBAL (Pb), KADMIUM (Cd), KROMIUM (Cr), DAN BESI (Fe) DALAM PM₁₀ TERHADAP MASYARAKAT SEKITAR TPST PIYUNGAN, BANTUL

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 TPST 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
9. Sumber Kebutuhan Air Minum :
 - Sumur
 - Lainnya, sebutkan

B. Keluhan Kesehatan

Petunjuk Pengisian : Berikan tanda centang (✓) pada kolom yang disediakan.

Selama tinggal di kawasan TPST Piyungan, Bantul, apakah Bapak/Ibu/Sdr merasakan keluhan kesehatan yang dirasakan pada tabel di bawah ini?

1. Gejala yang dialami:
 - Sakit Kepala
 - Sesak Nafas
 - Batuk
 - Demam
 - Hipertensi
 - Nyeri Dada
 - Ruam Kulit
 - Muntah
 - Pusing
 - Iritasi Hidung
 - Iritasi Tenggorokan
 - Gangguan Perut
 - Gangguan Pernafasan
 - Hipertensi
2. Permasalahan kesehatan yang dialami:
 - ISPA
 - Kardiovaskuler
 - Kanker Paru-Paru
 - Penyakit Paru-Paru Obstruktif Kronis
 - Penurunan Kemampuan Tubuh Menyerap Kalsium
 - Penurunan Fungsi Otak
 - Kerusakan Enzim-Enzim Esensial
 - Kerusakan Ginjal dan Hati
 - Pneumonitis
 - Pembengkakan Paru-Paru
 - Penurunan Kekebalan Tubuh
 - Permasalahan Keturunan
 - Liver
 - Kerusakan Usus
 - Penuaan Dini
 - Gangguan Penyerapan Vitamin dan Mineral
 - Hemokromatis
 - Kanker
 - Penurunan Fungsi Paru-Paru

LAMPIRAN

Lampiran 4 Data Sampling di 3 titik sampling

A. Data sampling titik 1

No	Waktu Pengambilan Sampel	Laju Alir Rata-Rata (L/menit)	Suhu Rata-rata (C)	Tekanan Udara Rata-rata (mmHg)	Kelembapan Udara Rata-rata (%)	Kecepatan Udara (m/s)	Suhu Rata-rata (K)
1	17.55	1.2	27.8	742.9	83.6	0.5	320.8
2	18.55	1.2	27	743.7	90.9	0	320
3	19.27	1.2	26.5	743.9	91.4	0	319.5
4	20.12	1.2	25.4	744.2	90.8	0	318.4
5	21.10	1.2	25.3	744.5	91.4	0	318.3
6	22.21	1.2	25.5	744.4	91.6	0	318.5
7	23.03	1.2	24.9	743.6	92.1	0	317.9
8	24.24	1.2	25.4	743	91.1	0	318.4
9	1.21	1.2	24.5	742.8	91.6	0	317.5
10	2.22	1.2	24.3	742.4	92.7	0	317.3
11	3.01	1.2	24.4	742.3	92	0	317.4
12	4.00	1.2	24	742.1	92.4	0	317
13	5.27	1.2	23.6	742.1	92.8	0	316.6
14	6.07	1.2	23.8	742.1	92.4	0	316.8
15	7.01	1.2	25.1	742.7	90.8	0	318.1
16	8.54	1.2	28.6	743.3	76.6	0	321.6
17	9.35	1.2	30.7	743.3	72.8	0.3	323.7
18	10.03	1.2	31.1	743	69.4	3.2	324.1

19	11.05	1.2	32.2	742.4	67.9	2.6	325.2
20	12.00	1.2	31.8	741.7	65	2.5	324.8
21	13.00	1.2	34.1	740.9	58.2	0.5	327.1
22	14.35	1.2	31.1	740.1	72.1	0.7	324.1
23	15.01	1.2	30.5	740	71.8	0.1	323.5
24	16.00	1.2	26.7	740.6	87.5	4	319.7
	x	1.2	27.3	742.6	83.3	0.6	320.3

B. Data sampling titik 2

No	Waktu Pengambilan Sampel	Laju Alir Rata-Rata (L/menit)	Suhu Rata-rata (C)	Tekanan Udara Rata-rata (mmHg)	Kelembapan Udara Rata-rata (%)	Kecepatan Udara (m/s)	Suhu Rata-rata (K)
1	12.50	1.2	36.3	745.4	57.9	2.4	329.3
2	13.40	1.2	35.2	744.3	57.8	2	328.2
3	14.30	1.2	31	744.5	62.3	2.1	324
4	15.55	1.2	29.8	745.3	75.8	2.4	322.8
5	16.45	1.2	29.5	745	76.7	2.5	322.5
6	17.38	1.2	27.7	746	86	1.8	320.7
7	18.31	1.2	27.1	746.4	89.2	0.4	320.1
8	19.26	1.2	27.1	746.6	90.1	0.2	320.1
9	20.19	1.2	26.3	747	91.9	0	319.3
10	21.20	1.2	26.1	747	92.8	0	319.1
11	22.11	1.2	26	747.3	92.8	0	319
12	23.41	1.2	25.9	746.6	93.2	0	318.9
13	24.16	1.2	26	746	93.3	0	319
14	1.00	1.2	26	745.5	93.4	0	319

15	2.12	1.2	25.7	745.7	93.3	0	318.7
16	3.01	1.2	25.6	746	92	0	318.6
17	4.00	1.2	25.6	746.1	91.3	0	318.6
18	5.24	1.2	25.1	746.5	90.6	0	318.1
19	6.06	1.2	25.1	746.3	91.6	0	318.1
20	7.00	1.2	25	746.8	92.8	0	318
21	8.12	1.2	26.4	747.5	91.1	0.1	319.4
22	9.00	1.2	27.3	747.3	87.1	0.1	320.3
23	10.57	1.2	35.4	746.7	58.1	0.1	328.4
24	11.09	1.2	34.2	746.6	68.9	0.1	327.2
	x	1.2	28.1	746.2	83.8	0.6	321.1

C. Data sampling titik 3

No	Waktu Pengambilan Sampel	Laju Alir Rata-Rata (L/menit)	Suhu Rata-rata (C)	Tekanan Udara Rata-rata (mmHg)	Kelembapan Udara Rata-rata (%)	Kecepatan Udara (m/s)	Suhu Rata-rata (K)
1	12.00	1.2	32.3	746.4	65.4	2.3	325.3
2	13.00	1.2	31.5	745.3	67.5	3	324.5
3	14.00	1.2	33.2	745.1	63	2.7	326.2
4	15.03	1.2	30	744.8	70.6	4	323
5	16.00	1.2	28.4	745.3	78.7	2.8	321.4
6	17.01	1.2	27.3	745.6	86.1	0.2	320.3
7	18.02	1.2	26	746	90.9	0.2	319
8	19.00	1.2	26.4	746.7	90.2	0.2	319.4
9	20.30	1.2	26.7	744.2	89	0	319.7
10	21.04	1.2	27.4	746.7	85.1	0	320.4
11	22.21	1.2	26.4	746.9	84.3	0	319.4

12	23.00	1.2	26.6	746.4	89.4	0.1	319.6
13	24.00	1.2	26.1	746	85.9	0	319.1
14	1.50	1.2	26.2	745.2	85.8	0	319.2
15	2.00	1.2	26.1	745.1	86.7	0	319.1
16	3.27	1.2	26	744.8	82.1	0	319
17	4.30	1.2	25.3	745.4	85.6	0	318.3
18	5.20	1.2	25.5	745.7	86.5	0	318.5
19	6.08	1.2	25.2	746	89.1	0	318.2
20	7.10	1.2	28.2	746.5	81.8	0	321.2
21	8.00	1.2	34.6	746.4	60.1	0.2	327.6
22	9.09	1.2	33.3	745.7	62.9	1.8	326.3
23	10.00	1.2	32.1	746.8	65.8	1.2	325.1
24	11.00	1.2	32.4	745.8	65	0.1	325.4
	x	1.2	28.5	745.8	79.1	0.8	321.5

UNIVERSITY OF ISLAMIC ESIA
 الجامعة الإسلامية
 البعث الإسلامية

LAMPIRAN

Lampiran 5 Data perhitungan tabel excel PM₁₀

1) Tabel data rata-rata

Nama Lokasi	Waktu Pengambilan Sampel (menit)	Laju Alir Rata-Rata (L/menit)	Suhu Rata-rata (C)	Suhu Rata-rata (K)	Tekanan Udara Rata-rata (mmHg)	Kelembapan Udara Rata-rata (%)	Kecepatan Udara (m/s)
Titik 1	1440	1.2	27.3	320.3	742.6	83.3	0.6
Titik 2	1440	1.2	28.1	321.1	746.2	83.8	0.6
Titik 3	1440	1.2	28.5	321.5	745.8	79.1	0.8

2) Tabel mencari Qs

Nama Lokasi	Qs (m ³ /menit)	Q0 (m ³ /menit)	Ts (K)	T0 Rata-rata (K)	Ps (mmHg)	P0 Rata-rata (mmHg)
Titik 1	1.14420	1.2	298	320.3	760	742.6
Titik 2	1.14540	1.2	298	321.1	760	746.2
Titik 3	1.14451	1.2	298	321.5	760	745.8

3) Table mencari volume udara

Nama Lokasi	V Udara (m ³)	Qs (m ³ /menit)	t (menit)
Titik 1	1647.64873	1.14420	1440
Titik 2	1649.37542	1.14540	1440
Titik 3	1648.09954	1.14451	1440

4) Tabel mencari berat PM₁₀ pada kertas filter

No	Berat Total Kertas PM10	W1	W0	W2	W0	w Partikulat (ug)
Titik 1	0.0287	61.6446	57.472	51.5711	47.3698	28700
Titik 2	0.0556	51.5316	47.3684	51.5883	47.3695	55600
Titik 3	0.0503	51.5295	47.3744	51.575	47.3696	50300

5) Tabel mencari konsentrasi PM10 di udara

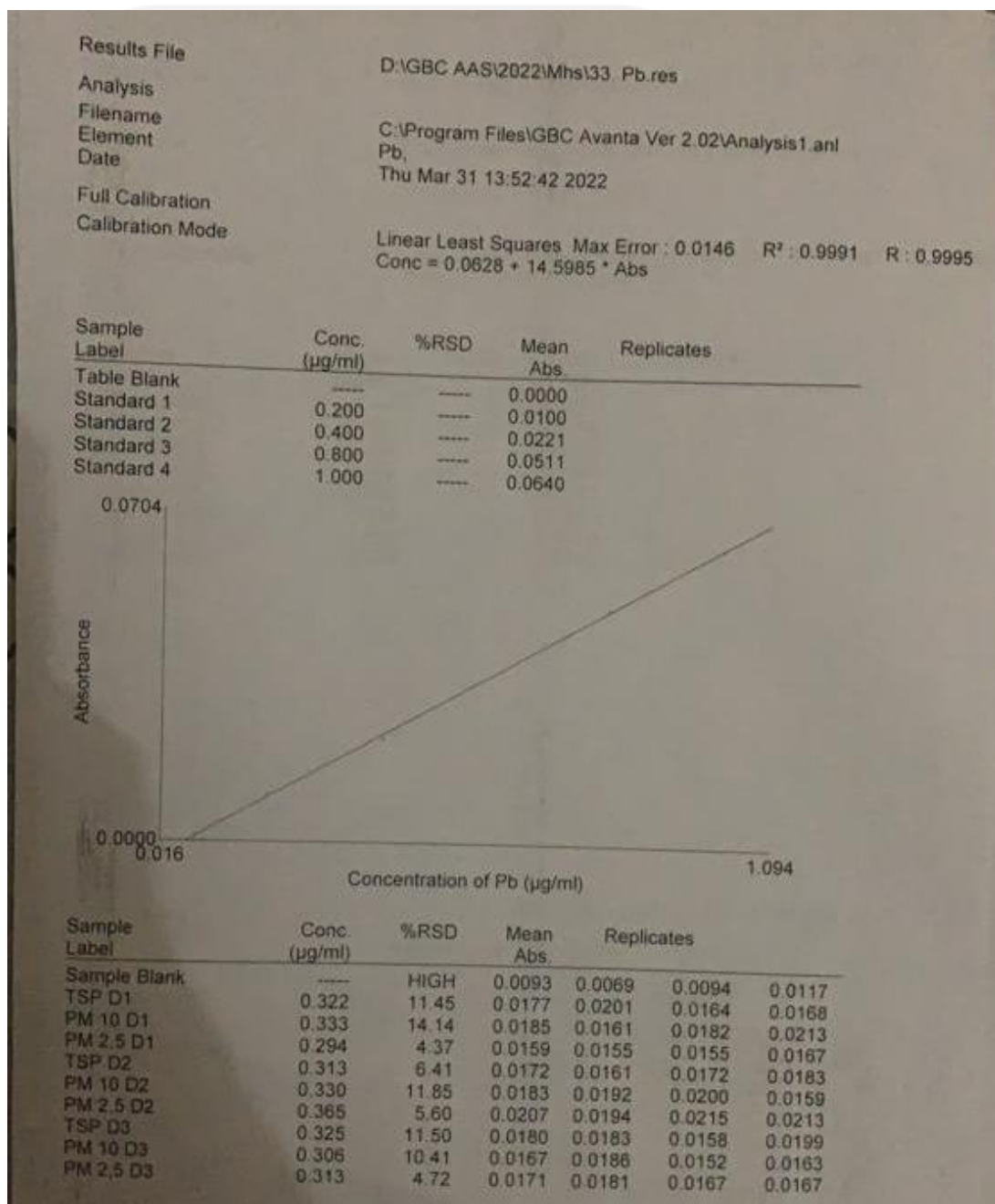
Nama Lokasi	C1 (µg/m ³)	C2 (µg/m ³)	t1 (jam)	t2(jam)
Titik 1	17.41876133	17.42	24	24
Titik 2	33.70972998	33.71	24	24
Titik 3	30.5200013	30.52	24	24

LAMPIRAN

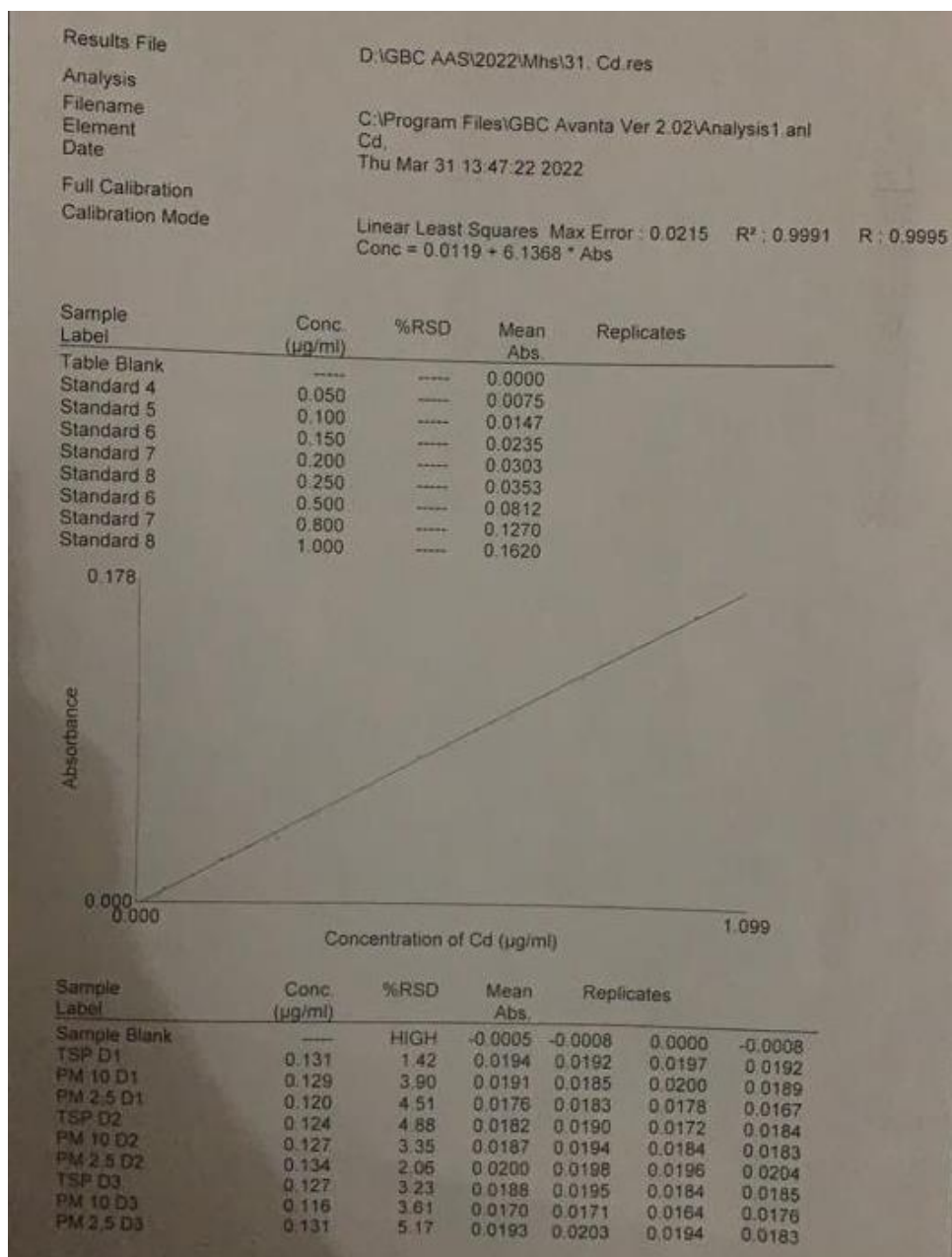
Lampiran 6 Lembar Pembacaan AAS secara duplo

1) Pembacaan AAS tanggal 31 Maret 2020

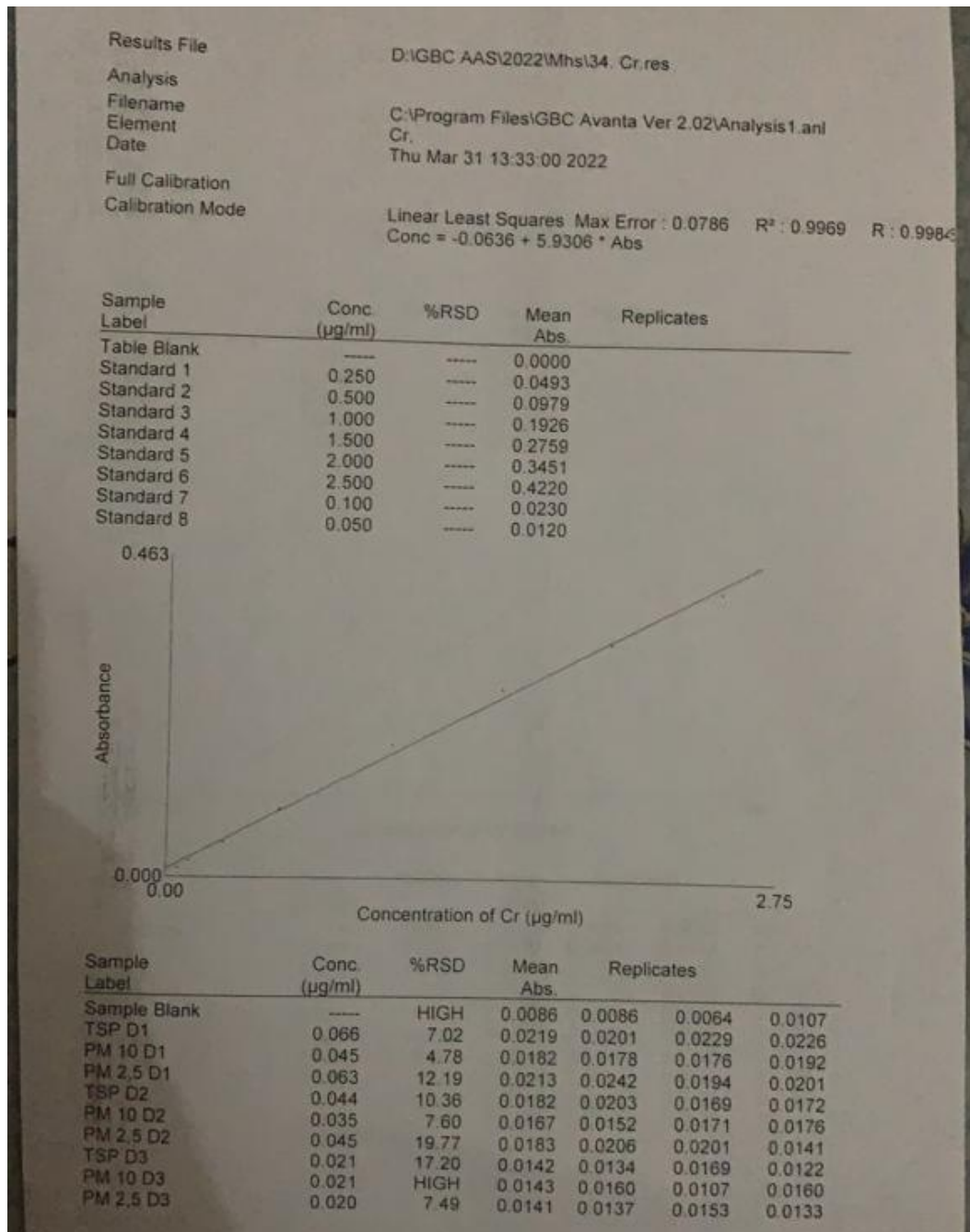
a. Logam Pb



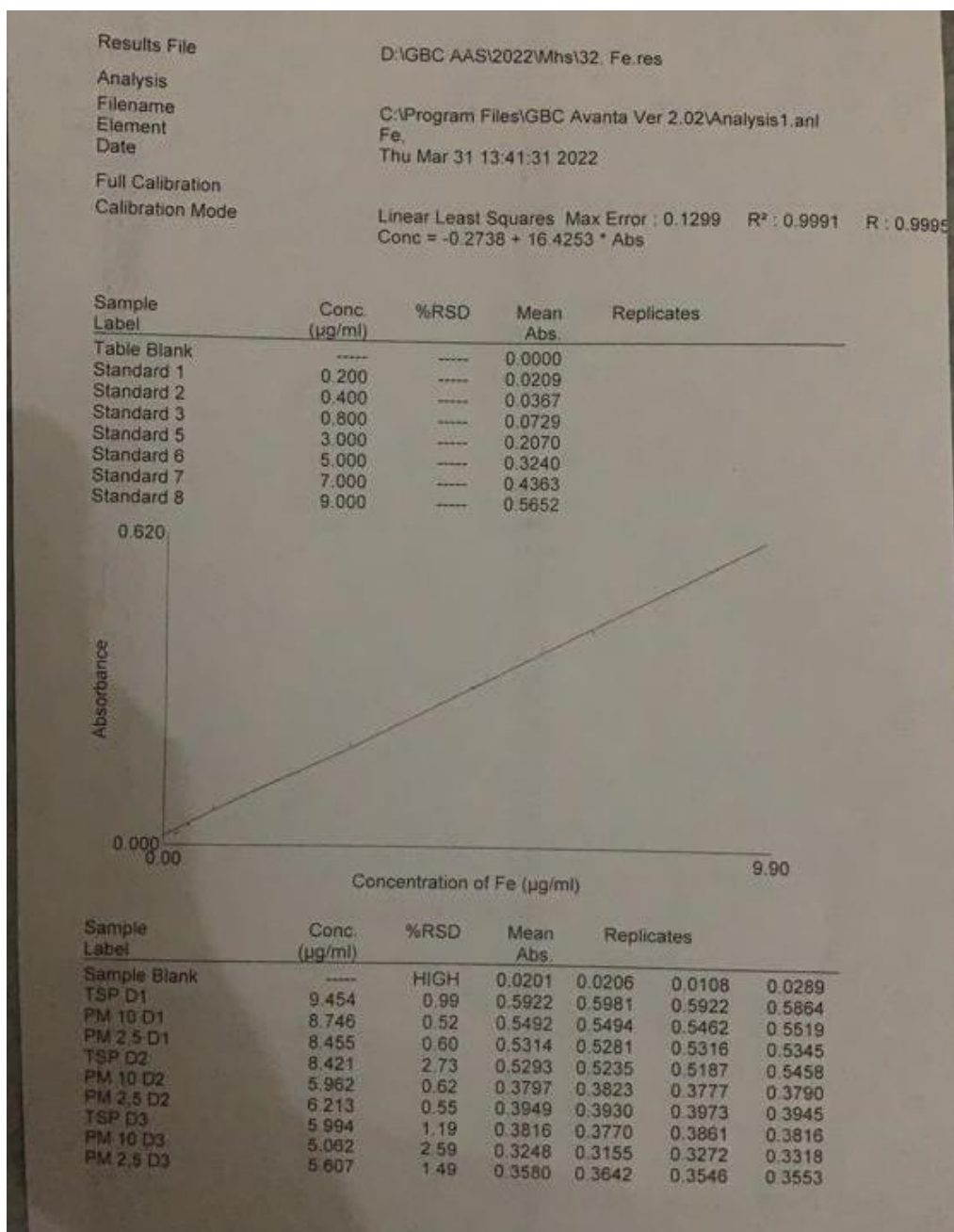
b. Logam Cd



c. Logam Cr

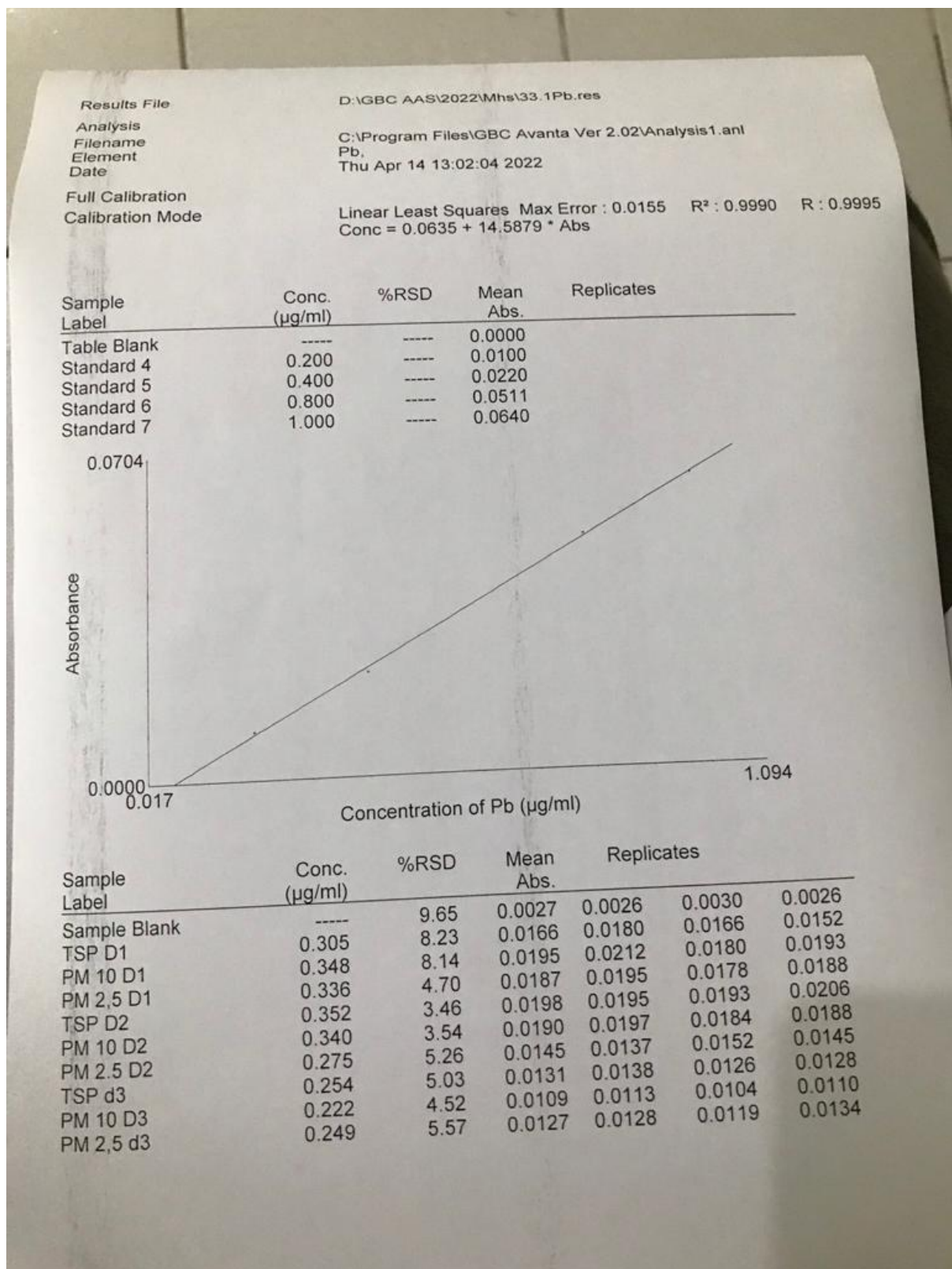


d. Logam Fe

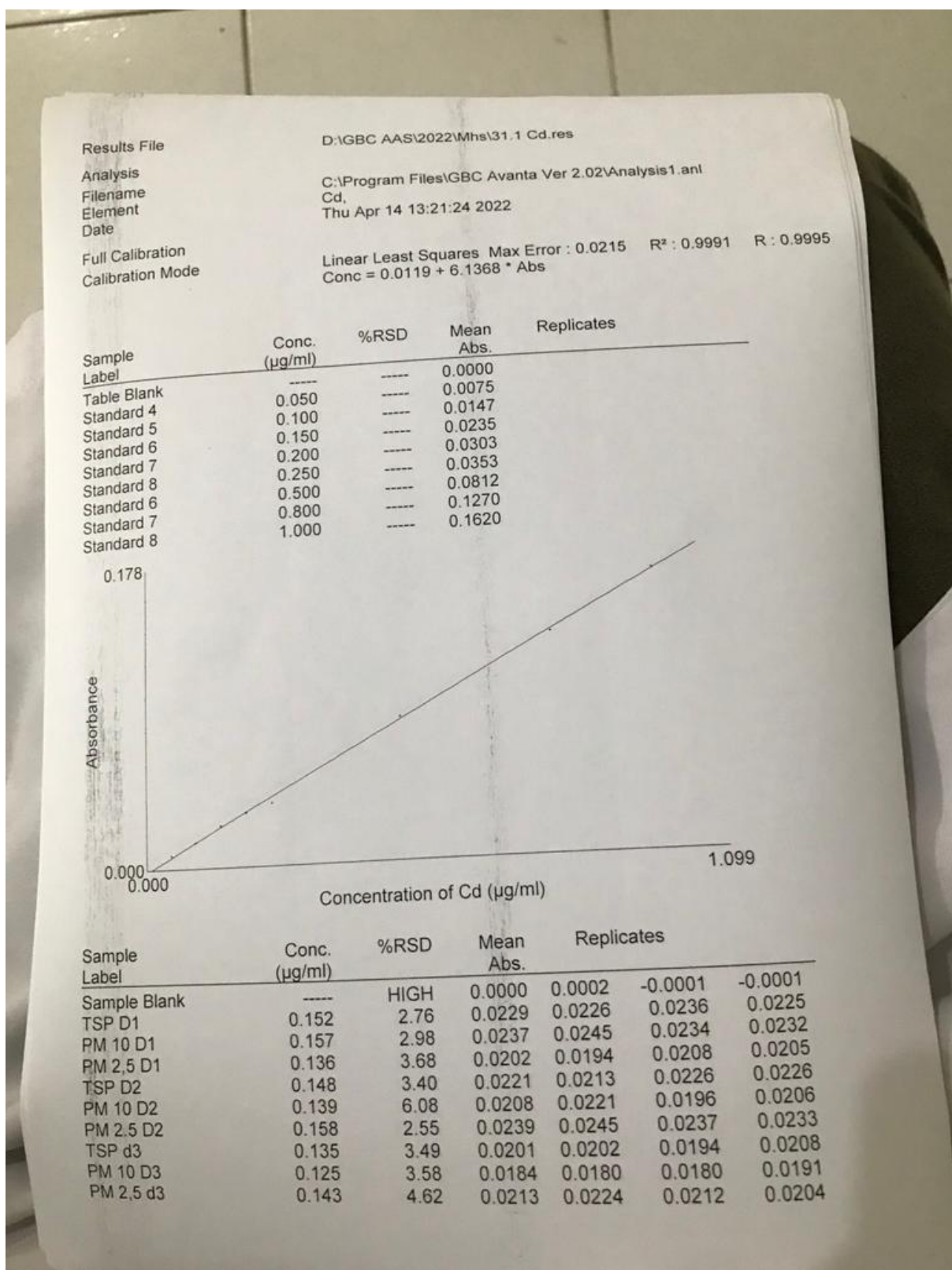


2) Pembacaan AAS tanggal 14 April 2022

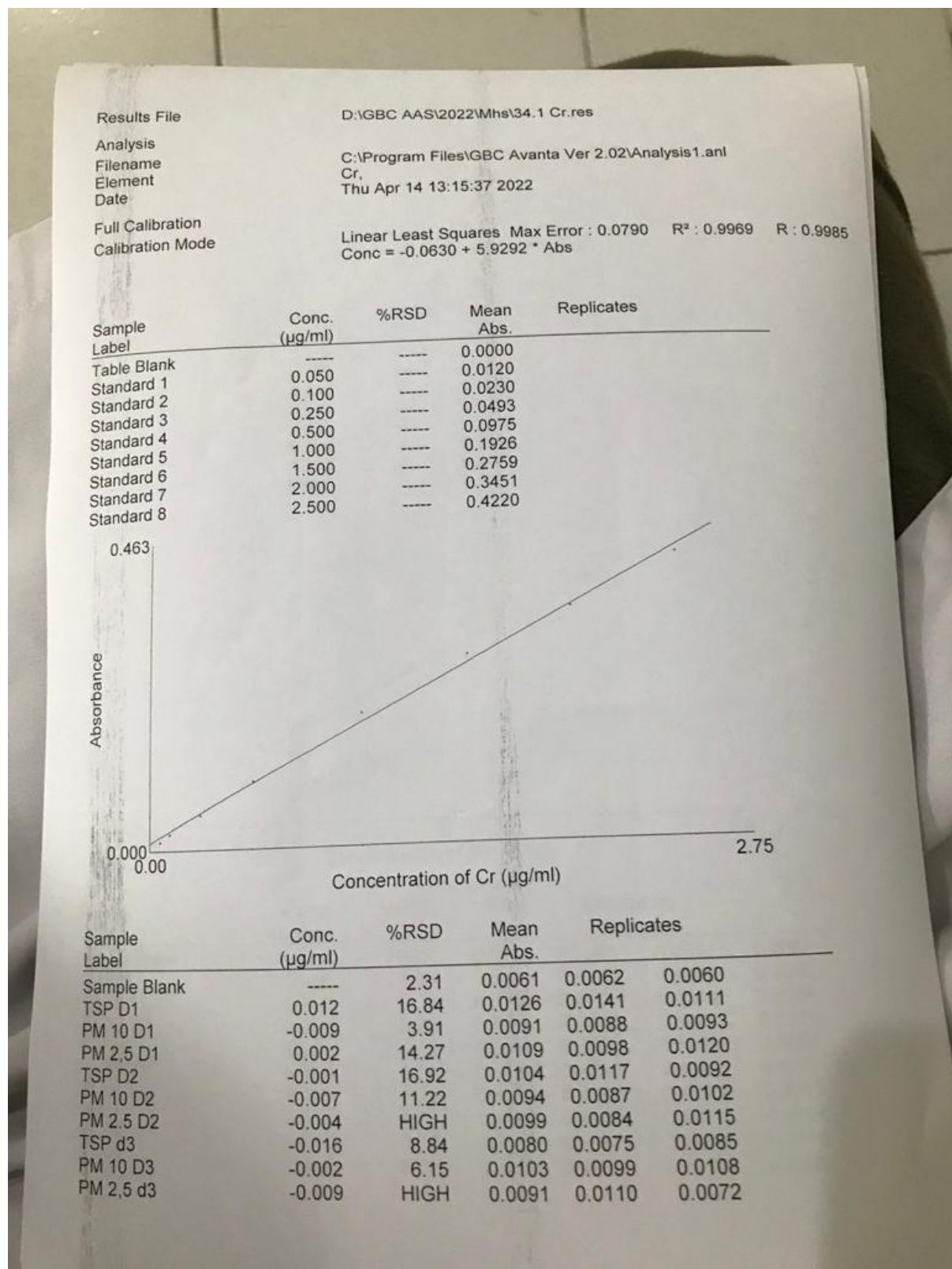
a. Logam Pb



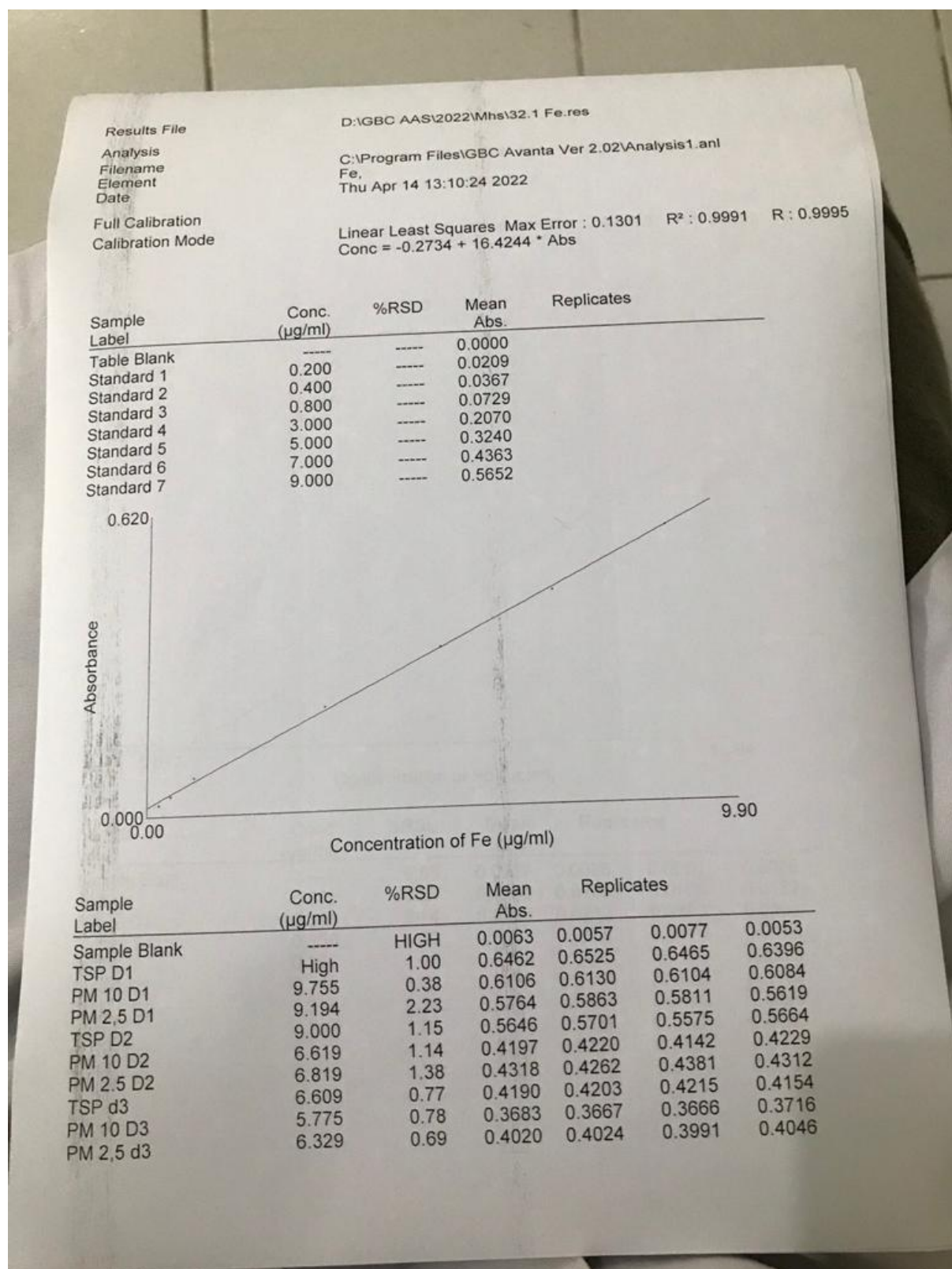
b. Logam Cd



c. Logam Cr



d. Logam Fe



LAMPIRAN

Lampiran 7 Data Perhitungan tabel excel logam berat

1) Logam Pb

A. Kurva Kalibrasi Standar

Kode	C std (ppm)	Abs	Syarat	Kesimpulan
Standard 1	0,200	0,0100		
Standard 2	0,400	0,0221		
Standard 3	0,800	0,0511		
Standard 4	1,000	0,0640		
rerata abs		0,0368		
Koef. Korelasi, R		0,9995	$R \geq 0,995$	Diterima
Slope		0,0685		
Intersep		-0,0043		
STEYX		0,0009		
DEVSQ		0,4000		
LoD (μg)		0,0411		
LoQ (μg)		0,1369		
Intersep/Slope		-0,0628		
MDL Estimasi		0,0548	Intersep/Slope \leq MDL Estimasi	Diterima

B. Hasil Pengujian

1) Pengujian 1

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
PM 10 D1	0,0185	1	0,3328
PM 10 D2	0,0183	1	0,3299
PM 10 D3	0,0167	1	0,3066
Blanko	0,0093	1	0,1985

2) Pengujian 2

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
PM 10 D1	0,0195	1	0,3474
PM 10 D2	0,019	1	0,3401
PM 10 D3	0,0109	1	0,2219
Blanko	0,0027	1	0,1022

C. Konsentrasi di Udara

1) Pengujian 1

Kode	Ct (ug/L)	Cb (ug/L)	Vt (ml)	S/St (mm ² /mm ²)	V (m ³)	C Pb (ug/m ³)
PM 10 D1	0,00033	0,000199	20	1	1647,6	0,0000016
PM 10 D2	0,00033	0,000199	20	1	1649,4	0,0000016
PM 10 D3	0,00031	0,000199	20	1	1648,1	0,0000013

2) Pengujian 2

Kode	Ct (ug/L)	Cb (ug/L)	Vt (ml)	S/St (mm ² /mm ²)	V (m ³)	C Pb (ug/m ³)
PM 10 D1	0,00035	0,0001022	20	1	1647,6	0,0000030
PM 10 D2	0,00034	0,0001022	20	1	1649,4	0,0000029
PM 10 D3	0,00022	0,0001022	20	1	1648,1	0,0000015

2) Logam Cd

A. Kurva Kalibrasi

Kode	C std (ppm)	Abs	Syarat	Kesimpulan
Standard 1	0,050	0,0075		
Standard 2	0,100	0,0147		
Standard 3	0,150	0,0235		
Standard 4	0,200	0,0303		
Standard 5	0,250	0,0353		
Standard 6	0,500	0,0812		
Standard 7	0,800	0,1270		
Standard 8	1,000	0,1620		
rerata abs		0,0602		
Koef. Korelasi, R		0,9995	R≥0,995	Diterima
Slope		0,1629		
Intersep		-0,0019		
STEYX		0,0019		
DEVSQ		0,8647		
LoD (µg)		0,0344		
LoQ (µg)		0,1146		
Intersep/Slope		-0,0118		
MDL Estimasi		0,0458	Intersep/Slope ≤ MDL Estimasi	Diterima

B. Hasil Pengujian

1) Pengujian 1

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
PM 10 D1	0,0191	1	0,1291
PM 10 D2	0,0187	1	0,1266
PM 10 D3	0,017	1	0,1162
Blanko	0,0000	1	0,0118

2) Pengujian 2

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
PM 10 D1	0,0237	1	0,1573
PM 10 D2	0,0208	1	0,1395
PM 10 D3	0,0184	1	0,1248
Blanko	0,0000	1	0,0118

C. Konsentrasi di Udara

1) Pengujian 1

Kode	Ct (ug/L)	Cb (ug/L)	Vt (ml)	S/St (mm ² /mm ²)	V (m ³)	C Cd (ug/m ³)
PM 10 D1	0,000129	0,0000118	20	1	1647,6	0,00000142
PM 10 D2	0,000127	0,0000118	20	1	1649,4	0,00000139
PM 10 D3	0,000116	0,0000118	20	1	1648,1	0,00000127

2) Pengujian 2

Kode	Ct (ug/L)	Cb (ug/L)	Vt (ml)	S/St (mm ² /mm ²)	V (m ³)	C Cd (ug/m ³)
PM 10 D1	0,00016	0,0000118	20	1	1647,6	0,00000177
PM 10 D2	0,00014	0,0000118	20	1	1649,4	0,00000155
PM 10 D3	0,00012	0,0000118	20	1	1648,1	0,00000137

3) Logam Cr

A. Kurva Kalibrasi

Kode	C std (ppm)	Abs	Syarat	Kesimpulan
Standard 1	0,010	0,0060		
Standard 2	0,050	0,0120		
Standard 3	0,100	0,0230		
Standard 4	0,250	0,0493		
Standard 5	0,500	0,0979		
Standard 6	1,000	0,1926		
rerata abs		0,0635		
Koef. Korelasi, R		0,9999	R \geq 0,995	Diterima
Slope		0,1891		
Intersep		0,0033		

STEYX	0,0009		
DEVSQ	0,7171		
LoD (µg)	0,0149		
LoQ (µg)	0,0495		
Intersep/Slope	0,0173		
MDL Estimasi	0,0198	Intersep/Slope ≤ MDL Estimasi	Diterima

B. Hasil Pengujian

1) Pengujian 1

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
PM 10 D1	0,0182	1	0,0790
PM 10 D2	0,0167	1	0,0710
PM 10 D3	0,0143	1	0,0584
Blanko	0,0086	1	0,0282

2) Pengujian 2

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
PM 10 D1	0,0091	1	0,0309
PM 10 D2	0,0094	1	0,0324
PM 10 D3	0,0103	1	0,0372
Blanko	0,0061	1	0,0150

C. Konsentrasi di Udara

1) Pengujian 1

Kode	Ct (ug/L)	Cb (ug/L)	Vt (ml)	S/St (mm2/mm2)	V (m3)	C Cr (ug/m3)
PM 10 D1	0,000079	0,000028	20	1	1647,6	0,00000062
PM 10 D2	0,000071	0,000028	20	1	1649,4	0,00000052
PM 10 D3	0,000058	0,000028	20	1	1648,1	0,00000037

2) Pengujian 2

Kode	Ct (ug/L)	Cb (ug/L)	Vt (ml)	S/St (mm2/mm2)	V (m3)	C Cr (ug/m3)
PM 10 D1	0,0000309	0,000015	20	1	1647,6	0,00000019
PM 10 D2	0,0000324	0,000015	20	1	1649,4	0,00000021
PM 10 D3	0,0000372	0,000015	20	1	1648,1	0,00000027

4) Logam Fe

A. Kurva Kalibrasi

Kode	C std (ppm)	Abs	Syarat	Kesimpulan
Standard 1	0,200	0,0209		
Standard 2	0,400	0,0367		
Standard 3	0,800	0,0729		
Standard 4	3,000	0,2070		
Standard 5	5,000	0,3240		
Standard 6	7,000	0,4363		
Standard 7	9,000	0,5652		
rerata abs		0,2376		
Koef. Korelasi, R		0,9995	$R \geq 0,995$	Diterima
Slope		0,0609		
Intersep		0,0166		
STEYX		0,0071		
DEVSQ		72,6743		
LoD (μg)		0,3479		
LoQ (μg)		1,1595		
Intersep/Slope		0,2734		
MDL Estimasi		0,4638	Intersep/Slope \leq MDL Estimasi	Diterima

B. Hasil Pengujian

1) Pengujian 1

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
PM 10 D1	0,5492	1	8,7469
PM 10 D2	0,3797	1	5,9630
PM 10 D3	0,3248	1	5,0613
Blanko	0,0201	1	0,0567

2) Pengujian 2

Kode	Abs	Fp	C (mg/L)
PM 10 D1	0,6106	1	9,7554
PM 10 D2	0,4197	1	6,6199
PM 10 D3	0,3683	1	5,7757
Blanko	0,0203	1	0,0600

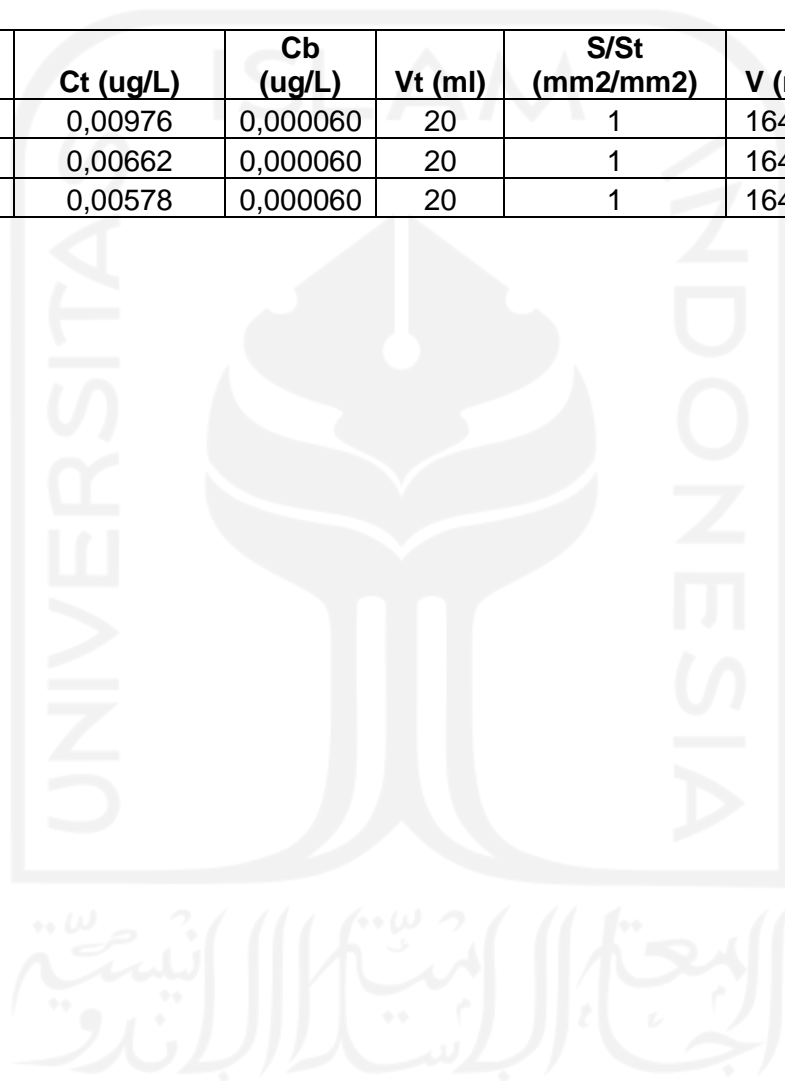
C. Konsentrasi di Udara

1) Pengujian 1

Kode	Ct (ug/L)	Cb (ug/L)	Vt (ml)	S/St (mm2/mm2)	V (m3)	C Cd (ug/m3)
PM 10 D1	0,00875	0,000057	20	1	1647,6	0,000105
PM 10 D2	0,00596	0,000057	20	1	1649,4	0,000072
PM 10 D3	0,00506	0,000057	20	1	1648,1	0,000061

2) Pengujian 2

Kode	Ct (ug/L)	Cb (ug/L)	Vt (ml)	S/St (mm2/mm2)	V (m3)	C Cd (ug/m3)
PM 10 D1	0,00976	0,000060	20	1	1647,6	0,000118
PM 10 D2	0,00662	0,000060	20	1	1649,4	0,000080
PM 10 D3	0,00578	0,000060	20	1	1648,1	0,000069



LAMPIRAN

Lampiran 8 Data Perhitungan Tingkat Resiko Non-Kanker

Logam Berat	RfC (mg/m3)	I						RQ					
		Titik 1		Titik 2		Titik 3		Titik 1		Titik 2		Titik 3	
		Anak	Dewasa	Anak	Dewasa	Anak	Dewasa	Anak	Dewasa	Anak	Dewasa	Anak	Dewasa
Pb	0,0002	0,0000000015	0,0000000005	0,0000000025	0,0000000008	0,0000000026	0,0000000008	0,0000076996	0,0000023995	0,0000124776	0,0000038885	0,0000128362	0,0000040003
Cd	0,0009	0,0000000015	0,0000000005	0,0000000016	0,0000000005	0,0000000018	0,0000000006	0,0000016324	0,0000005087	0,0000018201	0,0000005672	0,0000019742	0,0000006152
Cr	0,0001	0,0000000004	0,0000000001	0,0000000004	0,0000000001	0,0000000005	0,0000000001	0,0000035397	0,0000011031	0,0000040729	0,0000012693	0,0000045063	0,0000014043

LAMPIRAN

Lampiran 9 Surat Keterangan *Ethical Approval*



FAKULTAS
KEDOKTERAN

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

Nomor : 15/Ka.Kom.Et/70/KE/VI/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 Pm 10 terhadap Risiko Kesehatan Masyarakat di Sekitar TPST Piyungan, Bantul, Yogyakarta"

Peneliti Utama : Nurul Prastiwi
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, 14 Juni 2022
Ketua
Chairman
dr. Rahma Yuantari, M.Sc, Sp.PK

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

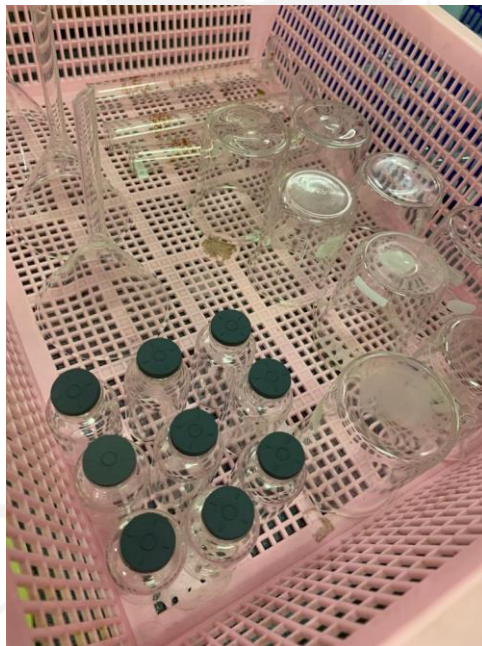
****Peneliti berkewajiban**

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 tangan 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

Lampiran 10 Dokumentasi Penelitian di Lab







LAMPIRAN

Lampiran 11 Data Kendaraan Pengangkut Sampah TPST Piyungan Maret 2022

Tabel Jumlah Kendaraan Pengangkut Sampah TPST Piyungan Periode Maret 2022

Tanggal	Jumlah Kendaraan							Total
	Roda Tiga	Truk	Dump Truck	Pick up	Truk Engkel	Amrol	Compactor	
1 Maret 2022	10	4	170	61	25	28	8	306
2 Maret 2022	10	4	170	61	25	28	8	306
3 Maret 2022	13	6	130	58	27	14	6	254
4 Maret 2022	11	1	153	45	18	22	8	258
5 Maret 2022	11	4	164	61	24	21	6	291
6 Maret 2022	0	0	65	0	3	5	8	81
7 Maret 2022	15	2	168	70	22	30	7	314
8 Maret 2022	10	3	177	52	21	22	9	294
9 Maret 2022	6	3	173	67	19	22	7	297
10 Maret 2022	15	1	170	47	26	22	9	290
11 Maret 2022	10	2	150	53	22	18	8	263
12 Maret 2022	12	2	116	62	22	11	7	232
13 Maret 2022	0	0	76	0	2	4	7	89
14 Maret 2022	12	4	168	66	25	27	8	310
15 Maret 2022	8	1	159	58	26	18	7	277
16 Maret 2022	7	4	166	66	22	22	9	296
17 Maret 2022	10	2	166	51	24	19	9	281
21 Maret 2022	11	6	273	103	35	31	23	482
22 Maret 2022	12	0	220	72	32	29	12	377
23 Maret 2022	14	5	197	61	21	28	9	335
24 Maret 2022	8	4	169	60	34	28	9	312
25 Maret 2022	8	4	147	51	16	14	8	248
26 Maret 2022	12	6	179	55	28	20	8	308
27 Maret 2022	6	1	95	24	8	5	7	146
28 Maret 2022	9	4	158	64	19	31	9	294
29 Maret 2022	13	1	182	64	25	20	10	315
30 Maret 2022	11	6	162	55	26	24	10	294
31 Maret 2022	11	3	174	73	28	27	7	323
Total	275	83	4497	1560	625	590	243	7873
Rata-rata	10	3	161	56	22	21	9	281