TUGAS AKHIR

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM SENG (Zn) DAN KROMIUM (Cr) PADA MIKROPLASTIK DI AIR LINDI TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA

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

ALMIRA NUR AMALIA

20513054

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM SENG (Zn) DAN KROMIUM (Cr) PADA MIKROPLASTIK DI AIR LINDI TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA

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

ALMIRA NUR AMALIA

20513054

Disetujui,

Dosen Pembimbing

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.
NIK. 155130112
Tanggal: 22 Agustus 2024

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 22 Agustus 2024

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM SENG (Zn) DAN KROMIUM (Cr) PADA MIKROPLASTIK DI AIR LINDI TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis
Tanggal : 22 Agustus 2024

ALMIRA NUR AMALIA
20513054

Tim Penguji:

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. ( ) 22/8 '24

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. ( ) 22/8 24

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. ( ) 22/08/24

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam penulisan karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Sleman, 1 Juli 2024

Yang membuat pernyataan,



Almira Nur Amalia

NIM: 20513054

PRAKATA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan mengucapkan Syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis telah diberi kemampuan untuk menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir dengan judul "**Analisis Kandungan Logam Seng (Zn) dan Kromium (Cr) pada Mikroplastik di Air Lindi TPA Piyungan Yogyakarta**", dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Strata-1 Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, D. I. Yogyakarta.

Perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT. yang selalu ada dalam setiap langkahku, atas karunia hidayah akal serta pikiran dan atas segala kemudahannya.
2. Bapak **Ir. Alfiandri** dan Ibu **Yossian Yacob, S.Sos.** sebagai ayah dan bunda penulis yang senantiasa memberikan segalanya untuk penulis.
3. **Fadhil Muhammad Ramadhan, Dzaky Muhammad Dzulhijj dan Dzikri Muhammad Jumadil**, sebagai abang-abang dan adik penulis yang memberikan dukungan berupa semangat dan waktu sejenak agar penulis dapat menikmati liburan di sela-sela penyusunan Tugas Akhir.
4. Pembimbing Tugas Akhir, **Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.** yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, saran dan bimbingan agar Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
5. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Ibu **Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res. Eng)., P h.D.**
6. Koordinator Tugas Akhir, Bapak **Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. dan** Mas **Heriyanto A.Md.** selaku staf Program Studi yang senantiasa membantu dalam administrasi dan segala informasi.
7. Pembimbing Laboratorium ISO 17025 Mas **Ridwan Andri Yogana, A.Md.Si.**, dan pembimbing Laboratorium Bioteknologi Lingkungan Mbak **Rina Isnikarita, S.Si.** yang memberikan pengarahan selama

proses sampling hingga aktivitas selama mengelola sampel di laboratorium.

8. Ketiga sahabat baik penulis, **Jihan Dhiya Mawaddah, Nurzelika Putri Resiwanda dan Lovita Nindyani** yang telah meluangkan banyak waktu untuk mengunjungi dan menyemangati dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Teman terbaik penulis, **Alvin Meidio Pratama** yang sudah menemani dari awal masa mahasiswa baru dan banyak membantu secara langsung selama berjalannya Tugas Akhir.
10. Teman - teman kelompok tugas akhir, **Esty Khoirina Indah Ma'rufi** dan **Muhammad Rafli Firdaus** yang membantu selama Tugas Akhir berjalan.
11. Rekan-rekan Teknik Lingkungan angkatan 2020 yang tidak dapat penulis sebutkan satu-satu yang sedang sama-sama berjuang memperoleh gelar sarjana.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Penulis sepenuhnya menyadari keterbatasan kemampuan dan dengan demikian, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Sleman, 1 Juli 2024

Almira Nur Amalia

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

ALMIRA NUR AMALIA. “Analisis Kandungan Logam Seng (Zn) dan Kromium (Cr) pada Mikroplastik di Air Lindi TPA Piyungan Yogyakarta”. Dibimbing oleh oleh Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Air lindi mengandung jenis bahan - bahan organik dan logam berat. Mikroplastik adalah partikel berukuran kurang dari 5 mm dan memiliki kemampuan dalam menyerap kontaminan pencemar lainnya. Logam berat (Zn dan Cr) yang terdapat di dalam air lindi berasal dari sampah yang telah dibuang ke TPA Piyungan Yogyakarta. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis ingin melakukan penelitian tentang korelasi antara mikroplastik dengan logam berat menggunakan Mikroskop Trinokuler, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*, dan Spektrometri Serapan Atom di air lindi TPA Piyungan Yogyakarta. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui keberadaan mikroplastik serta logam berat esensial dan non esensial di lindi. Hasil analisa larutan lindi di TPA Piyungan Yogyakarta dengan menggunakan mikroskop berdasarkan morfologi mikroplastik ditemukan paling banyak berupa foam berwarna abu-abu sebanyak 7.348 partikel dan kelimpahan mikroplastik terbanyak sebesar 178,08 partikel/L. Pada analisa Fourier Transform Infrared Spectroscopy di identifikasi jenis polimer yaitu Nylon (*all Polyamides*), PMMA, PP, PC, dan PTFE. Pada analisa air lindi dengan menggunakan Spektrometri Serapan Atom yang paling tinggi logam berat Zink (Zn) sebanyak 6,287 mg/L dan diikuti dengan logam berat Kromium (Cr) sebanyak 0,259 mg/L. Pada analisa mikroplastik dengan menggunakan Spektrometri Serapan Atom, di identifikasi logam Zn sebesar 6,899 mg/gr, sedangkan logam Cr tidak terdeteksi.
Kata Kunci: *Air lindi, TPA, mikroplastik, logam berat, Mikroskop Trinokuler, FTIR, SSA*

ABSTRACT

ALMIRA NUR AMALIA. "Analysis of Zink (Zn) and Chromium (Cr) Metal Content in Microplastics in Leachate of Piyungan Landfill Yogyakarta". Supervised by Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Leachate contains organic materials and heavy metals. Microplastics are particles less than 5 mm in size and have the ability to absorb other contaminants. Heavy metals (Zn and Cr) contained in leachate come from waste that has been disposed of in the Piyungan Yogyakarta landfill. Based on the description above, the author wants to conduct research on the correlation between microplastics and heavy metals using Trinocular Microscopy, Fourier Transform Infrared Spectroscopy, and Atomic Absorption Spectrometry in leachate from Piyungan landfill Yogyakarta. The purpose of this study was to determine the presence of microplastics and essential and non-essential heavy metals in leachate. The results of the analysis of the leachate solution at the Piyungan Yogyakarta landfill using a microscope based on the morphology of microplastics found the most in the form of gray foam as many as 7,348 particles and the highest microplastic abundance of 178.08 particles/L. In the Fourier Transform Infrared Spectroscopy analysis, the types of polymers identified are Nylon (all Polyamides), PMMA, PP, PC, and PTFE. In the analysis of leachate using Atomic Absorption Spectrometry, the highest heavy metal Zink (Zn) was 6.287 mg/L and followed by heavy metal Chromium (Cr) of 0.259 mg/L. In the analysis of microplastics using Atomic Absorption Spectrometry, Zn metal was identified at 6.899 mg/gr, while Cr metal was not detected (ND).

Keywords: *Leachate, landfill, microplastics, heavy metals, Trinocular Microscope, FT IR, AAS*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
PERNYATAAN ii
PRAKATA iii
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Ruang Lingkup 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Air Lindi 5
2.1.1 Pengertian Air Lindi 5
2.1.2 Karakteristik Air Lindi 5
2.1.3 Dampak Air Lindi Terhadap Kesehatan dan Lingkungan 8
2.2 Mikroplastik 8
2.2.1 Pengertian Mikroplastik 8
2.2.2 Karakteristik Mikroplastik 9

2.2.3 Dampak Mikroplastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan 10
2.3 Logam Berat 11
2.3.1 Logam Berat Seng (Zn) 11
2.3.2 Logam Berat Kromium (Cr) 12
2.3.3 Reaksi Logam Terhadap Mikroplastik 13
BAB III METODE PENELITIAN 15
3.1 Waktu dan Lokasi 15
3.1.1 Waktu 15
3.1.2 Lokasi 15
3.2 Alat dan Bahan 16
3.2.1 Alat 16
3.2.2 Bahan 16
3.3 Alur Prosedur Penelitian 16
3.3.1 Ide Studi dan Gagasan 18
3.3.2 Persiapan Penelitian 18
3.3.3 Pengumpulan Data 18
3.3.4 Pelaksanaan Penelitian 18
3.3.5 Analisis Sampel 20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 21
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian 21
4.1.1 Kondisi IPL TPA Piyungan 21
4.2 Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik 26
4.2.1 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah 27
4.2.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dan Warna 30

4.3 Analisis Mikroplastik dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) 40
4.4 Analisis Logam Berat pada Air Lindi dengan Spektrometri Serapan Atom (SSA)..... 47
4.4.1 Logam Berat Zink (Zn) dan Kromium (Cr) 48
4.5 Analisis Logam Berat pada Mikroplastik dengan Spektrometri Serapan Atom (SSA)..... 50
4.5.1 Logam Zink (Zn)..... 50
4.5.2 Logam Kromium (Cr) 51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 52
5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran..... 52
DAFTAR PUSTAKA 54
LAMPIRAN..... 64
RIWAYAT HIDUP..... 77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Air Lindi TPA Piyungan 6
Tabel 2. 2 Karakteristik Lindi Tua & Muda 7
Tabel 2. 3 Klasifikasi dan Sifat Logam Berat Zink 11

Tabel 4. 1 Kondisi IPL TPA Piyungan 23
Tabel 4. 2 Karakteristik Fisik Sampel Air Lindi..... 24
Tabel 4. 3 Data Sampel Parameter Uji Mikroplastik dan Uji Logam Berat 25
Tabel 4. 4 Berat Mikroplastik Pada Sampel..... 27
Tabel 4. 5 Identifikasi Kharakteristik Peak FTIR pada Mikroplastik..... 41
Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil dengan Literatur..... 48
Tabel 4. 7 Baku Mutu Air untuk Kegiatan TPA Sampah 49
Tabel 4. 8 Analisis Logam Zn pada Mikrplastik dengan SSA..... 50
Tabel 4. 9 Analisis Logam Cr pada Mikrplastik dengan SSA 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian 3

Gambar 2. 1 Bentuk Mikroplastik di Perairan 10

Gambar 3. 1 Lokasi IPL TPA Piyungan 15
Gambar 3. 2 Tahap Alur Penelitian..... 17

Gambar 4. 1 Inlet IPL Lama 21
Gambar 4. 2 Bak Outlet IPL Lama 22
Gambar 4. 3 Inlet IPL Transisi..... 22
Gambar 4. 4 Bak Outlet IPL Transisi..... 22
Gambar 4. 5 Layout IPL Lama dan IPL Transisi..... 24
Gambar 4. 6 Grafik Jumlah Mikroplastik 28
Gambar 4. 7 Grafik Kelimpahan Mikroplastik (partikel/L)..... 29
Gambar 4. 8 Persentase Identifikasi Morfologi Mikroplastik..... 30
Gambar 4. 9 Morfologi mikroplastik yang diperoleh. Keterangan: (a) Fiber, (b) film, (c) pelet,(d) fragmen, dan (e) foam 34
Gambar 4. 10 Warna Mikroplastik yang Ditemukan. Keterangan (a)orange, (b)biru cerah, (c)kuning , (d) merah ,(e)hijau ,(f)ungu ,(g)coklat, dan (h)biru gelap. 35
Gambar 4. 11 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Inlet 1 36
Gambar 4. 12 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Outlet 1 36
Gambar 4. 13 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Inlet 2 37
Gambar 4. 14 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Outlet 2 37
Gambar 4. 15 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Seluruh Sampel..... 38
Gambar 4. 16 Grafik Gelombang Inlet 1 & Outlet 1 40
Gambar 4. 17 Grafik Gelombang Inlet 2 & Outlet 2 41
Gambar 4. 18 Struktur Kimia Nylon 66 dan Nylon 6 44

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sisa penggunaan barang atau material yang tidak lagi terpakai disebut dengan sampah, akan melalui proses pengumpulan, pemilahan, dan daur ulang. Pemrosesan sampah yang telah mencapai tahap akhir pengelolaan sampah dikumpulkan pada Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) (Senoaji & Lesmana, 2021). TPST Piyungan merupakan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dengan basis sanitary-landfill, menjadi lokasi penampungan sampah dari tiga wilayah yaitu Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul (Gonti Putra E. A. 2016). Besarnya volume tumpukan sampah mengalami proses alami menghasilkan aliran air, dipengaruhi juga dengan tingginya curah hujan pada wilayah lokasi TPST Piyungan. Limpasan cairan rembesan mengenai timbunan sampah lainnya dan tercampur, sehingga di dalamnya mengandung polutan dengan sifat kebutuhan oksigen yang sangat tinggi, cairan ini disebut dengan air lindi (Senoaji & Lesmana, 2021).

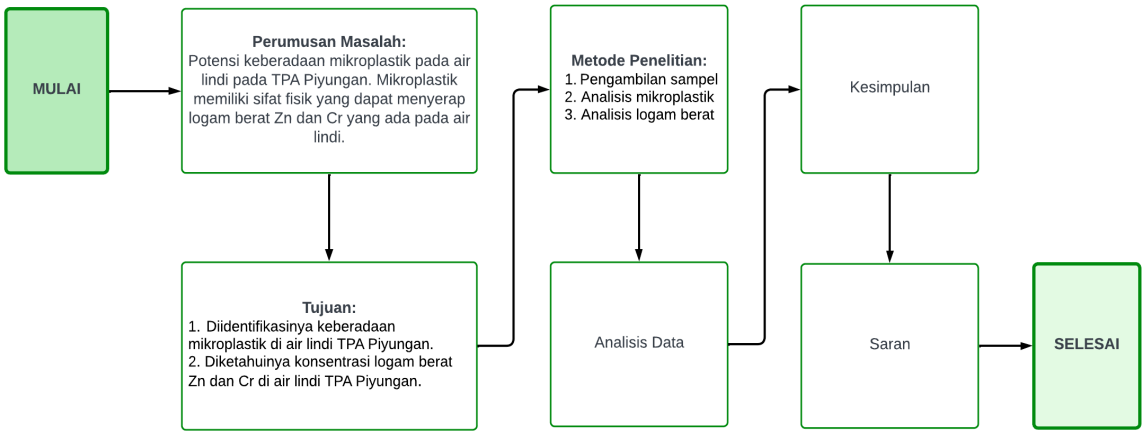
Kandungan air lindi TPST pada umumnya merupakan materi terlarut atau tersuspensi hasil dari dekomposisi materi sampah yang di dalamnya terdapat bahan organik dan anorganik, mikroorganisme serta beberapa logam berat (Haz, 2018). Selain itu terdapat juga potensi cemaran jenis non-biodegradable, yaitu mikroplastik. Pembentukan mikroplastik terjadi ketika limbah bermaterial plastik berukuran besar, bahan tekstil (Galgani, et al, 2021), butiran mikro pada produk perawatan seperti scrub wajah dan sabun mandi, ban kendaraan bermotor (Ja'rlskog I., et al. 2020), pelet resin, kosmetik, mainan dan limbah kegiatan rumah tangga lainnya pada mengalami pelapukan dan terpecah menjadi ukuran yang lebih kecil (Sarkar, et al, 2023). Mikroplastik merupakan bahan organik bagian dari polimer sintesis pada plastik yang terdegradasi melalui proses fisik, kimia maupun biologis pada rentang waktu tertentu dengan dimensi utama ≤5 mm (Utami & Liani, 2021).

Potensi paparan bahan anorganik berupa logam berat pada air lindi TPST, sebagian besar berasal dari limbah elektronik dan zat kimia. Logam berat memiliki

massa jenis atau densitas yang tinggi, biasanya bersifat toksik meski dalam konsentrasi rendah. Pada logam jenis kromium (Cr) masuk pada kategori logam berat tidak esensial yang keberadaannya di dalam tubuh masih belum ditemukan manfaatnya, bahkan bersifat toksik. Pada logam jenis Zink (Zn) disebut dengan seng masuk dalam kategori logam essensial yang artinya logam jenis ini dibutuhkan namun dalam kadar yang rendah, namun akan berbahaya apabila kadar yang ditemukan tinggi (Oz, et al, 2019).

Seiring dengan perkembangan penelitian, ditemukan kemampuan potensial mikroplastik sebagai pembawa yang mampu menyerap logam berat apabila berada di lingkungan yang sama. Pada pemanfaatannya, logam ditambahkan pada jenis polimer tertentu sebagai senyawa aditif berfungsi untuk meningkatkan kharakteristik dan fungsinya (Supeni & Syamsuddin, 2003). Sehingga logam berat seperti seng (Zn) dan kromium (Cr) pada kandungan air lindi dapat teradsorpsi oleh mikroplastik kemudian memungkinkan berpindah pada organisme akuatik baik di laut maupun air tawar (Digka et al., 2018).

Saat ini, belum ada informasi mengenai penelitian yang menganalisis kontaminasi mikroplastik terhadap senyawa logam Kromium (Cr) dan Seng (Zn) pada air lindi TPA Piyungan Yogyakarta. Oleh karena itu, pada penelitian dengan judul Identifikasi Mikroplastik yang Terkontaminasi Logam Kromium (Cr) dan Seng (Zn) pada Air Lindi TPA Piyungan Yogyakarta dilandasi urgensi atas pencemaran yang terjadi sehingga dibutuhkan metode analisis identifikasi jenis dan karakteristik mikroplastik pada air lindi yang terkontaminasi senyawa logam berat untuk mengetahui konsentrasi pencemaran logam berat dan pengaruh terhadap lingkungan dan kesehatan. Dalam pelaksanaan penelitian terdapat skema proses kerangka berfikir pada **Gambar 1.1.**



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat mikroplastik di air lindi TPA Piyungan?
2. Bagaimana konsentrasi logam berat Zn dan Cr di mikroplastik air lindi TPA Piyungan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui keberadaan mikroplastik di air lindi TPA Piyungan.
2. Mengetahui konsentrasi logam berat Zn dan Cr di mikroplastik air lindi TPA Piyungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Penelitian Bagi Pemerintah
    a) Menjadi acuan Dinas Lingkungan Hidup untuk mengidentifikasi cemaran logam berat pada mikroplastik
    b) Terwujudnya upaya pencegahan mikroplastik terkontaminasi cemaran logam berat
    c) Menjadi pertimbangan adanya perencanaan infrastruktur pendukung

2. Manfaat Penelitian Bagi Masyarakat
    a) Masyarakat dapat menyadari potensi dan dampak pencemaran logam berat pada mikroplastik
    b) Masyarakat dapat melakukan upaya untuk meminimalisir cemaran logam pada mikroplastik
3. Manfaat Penelitian Bagi Peneliti Lain
    a) Memberikan informasi mengenai cemaran logam berat jenis Zn dan Cr pada mikroplastik
    b) Diharapkan agar penelitian ini menjadi opsi referensi bagi peneliti lain

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut:

1. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) TPA Piyungan Bantul, Yogyakarta.
2. Lokasi pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
3. Waktu penelitian berlangsung pada bulan Januari hingga bulan Juni 2024
4. Parameter uji yang dilakukan pada penelitian ini yaitu, mikroplastik, senyawa logam berat Zn dan Cr.
5. Metoda yang digunakan, yaitu *Wet Peroxide Oxidation* (WPO), *density separation*, *centrifuge*, penyaringan dengan *vacuum filter*, dan destruksi dengan HNO3.
6. Pengujian sampel menggunakan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)
7. Analisis sampel logam berat dengan alat Spektrometri Serapan Atom (SSA).

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Lindi

2.1.1 Pengertian Air Lindi

Lindi merupakan bentuk cairan dari hasil dekomposisi biologis sampah yang mengalami pembusukan kemudian mengalami pelarutan akibat bercampur dengan air eksternal yang masuk ke dalam timbunan sampah (Tchobanoglous, 1993). Menurut Dena yang dikutip dari (Damanhuri, 1992), air lindi adalah cairan yang muncul dari tumpukan sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi. Cairan bertambah seiring masuknya air eksternal mengisi rongga-rongga pada sampah dan ketika kapasitas tekanan air dari sampah tidak dapat dibendung, maka cairan tersebut mengalami rembes dan mengekstraksi bahan organik dan anorganik yang telah melalui proses fisika, kimia, dan biologi pada sampah (Tchobanoglous, 1993).

Pada keadaan normal, air lindi ditemukan pada dasar landfill. Air lindi bergerak pada lapisan bawah dan bergerak secara lateral, hal tersebut ditentukan juga dari karakteristik material di sekitarnya. Rembesan air lindi bergerak secara vertikal. Hubungan pergerakan air lindi berhubungan dengan dua hal, yaitu kecepatan rembesan air lindi dari dasar landfill ke air tanah pada permukaan akuifer dan kecepatan air tanah dari permukaan akuifer yang bergerak ke bedrock aquifer (Tchobanoglous, 1983). Aliran lindi mengarah pada pori-pori dan memiliki aliran air dominan pada sampah padat perkotaan dan luas porinya < 45% (nilai maksimal pada keadaan stabil) dari luasan potongan melintang kolom.

2.1.2 Karakteristik Air Lindi

Disebutkan oleh Hutomo (2011), air lindi memiliki karakteristik bervariasi tergantung dari proses yang terjadi di dalam landfill. Terdapat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses, antara lain: jenis sampah, lokasi landfill, hidrogeologi dan sistem pengoperasian. Dengan demikian akan ada pengaruh produk yang dihasilkan dari hasil proses dekomposisi seperti kualitas dan kuantitas air lindi serta

gas (CO_2, CH_4, H_2S). Pengolahan lindi di TPA Piyungan memiliki karakteristik berdasarkan jenis parameternya pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Karakteristik Air Lindi TPA Piyungan

Parameter	**Satuan**	**Kadar maksimal yang diperbolehkan**
Fisika		
Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	2000
Temperatur	˚C	30
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200
Kimia		
Air Raksa	mg/l	0,002
Arsen	mg/l	0,1
Barium	mg/l	2
Kadmium	mg/l	0,05
Kromium (val 6)	mg/l	0,1
Tembaga	mg/l	2
Sianida	mg/l	0,05
Flourida	mg/l	2
Timbal	mg/l	0,1
Nikel	mg/l	0,2
Nitrat	mg/l	20
Nitrit	mg/l	1
Ammonia	mg/l	1
Mangan	mg/l	2
Sulfida	mg/l	0,05
Klorin Bebas	mg/l	1
Seng	mg/l	5
Krom Total	mg/l	0,5
BOD5	mg/l	50
COD	mg/l	100

Parameter	Satuan	Kadar maksimal yang diperbolehkan
Phenol	mg/l	0,5
Chobal	mg/l	0,4

Sumber : Simon 2007.

Menurut Diana proses pembentukan air lindi menjadi bervariasi karena dipengaruhi oleh karakteristik sampah (organik-anorganik), penguraiannya (terlarut -tidak terlarut), kondisi yang mempengaruhi tumpukan sampah (suhu, pH, kelembaban, umur), karakteristik sumber air yang dipengaruhi iklim dan hidrogeologi (kuantitas dan kualitas air), komposisi tanah penutup, keberadaan nutrien dan mikroba, dan keberadaan inhibitor. Disebutkan oleh McBean, et al, 1995 dalam Hutomo (2011) waktu mempengaruhi kualitas konsentrasi lindi dan terbagi atas dua karakteristik lindi, yaitu:

a. Lindi Muda

Lindi mengandung bahan-bahan organik yang baru terdegradasi pada tahun pertama. Hal tersebut mempengaruhi pH lindi cenderung bersifat asam. Hal ini karena pengaruh kadar asam lemak volatil yang tinggi. Pada umumnya mengandung pH rentang 6 -7 bahkan pada landfill yang kering nilai pH bisa lebih rendah lagi. Lindi muda muncul akibat bahan organik yang kompleks, seperti selulosa dan organik terlarut, asam organik.

b. Lindi Tua

Ketika timbulan sampah berumur 4 sampai 5 tahun, nilai pH meningkat hingga rentang 7 – 8. Peningkatan dipengaruhi penurunan degradasi organik dan adanya fase produksi gas pada Tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Karakteristik Lindi Tua & Muda

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	
	Lindi muda (<5 tahun)	Lindi tua (>5 Tahun)
COD	20.000 - 40.000	500 - 3000
BOD	10.000 - 20.000	50 - 100
TOC	9.000 - 15.000	100 - 1000

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	
	Lindi muda (<5 tahun)	Lindi tua (>5 Tahun)
Asam lemak volatil	9.000 - 25.000	50 - 100

Sumber: McBean, et al (1995)

2.1.3 Dampak Air Lindi Terhadap Kesehatan dan Lingkungan

Keberadaan air lindi pada permukaan tanah dapat menimbulkan polusi pada air tanah dan air permukaan, dikemukakan oleh Su Maria, et al. (2016) yaitu:

a. Air permukaan yang tercemar oleh air lindi sulit untuk diuraikan secara alami. Hal tersebut karena kandungan zat organiknya tinggi, ketika proses penguraian secara biologis akan menyerap kadar oksigen dalam air yang banyak sehingga berdampak pada ketersediaan oksigen terlarut ekosistem dalam air, yang mengakibatkan potensi kematian pada kehidupan dalam air yang bergantung oleh oksigen terlarut.
b. Air tanah yang tercemar oleh air lindi dengan kadar konsentrasi yang tinggi, akan mengalami penumpukkan air lindi karena ketersediaan oksigen terlarut pada air tanah terbatas sehingga tidak terdekomposisi secara alami. Penumpukkan ini kemudian akan mencemari seluruh kadar air bersih pada air tanah. Hal ini disebut berkaitan dengan pencemaran air sumur. Air sumur yang terkontaminasi lindi disebut air yang tidak layak untuk digunakan karena dampaknya pada fisiologi tubuh (Thomas & Santoso, 2019).

2.2 Mikroplastik

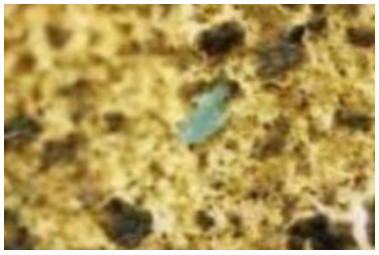
2.2.1 Pengertian Mikroplastik

Pemahaman mikroplastik menurut Boerger, et al, (2010) adalah partikel pecahan dari plastik yang berukuran < 5 mm. Pecahan ini disebabkan aktivitas sinar UV yang beraksi pada plastik, pengaruh gelombang dapat menyebabkan abrasi, sehingga plastik akan terakumulasi pada sedimen serta air laut (Hidalgo-Ruz et, al .2012). Mikroplastik terbagi atas 2 jenis, yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Berdasarkan penjelasan Azizah, et al (2020) mikroplastik primer adalah visual partikel yang sengaja diproduksi untuk kebutuhan manusia, sedangkan mikroplastik sekunder adalah bentuk yang muncul akibat hasil fragmentasi atau

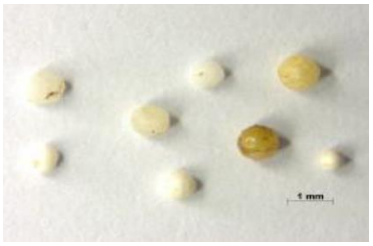
perubahan menjadi ukuran lebih kecil secara fisik tetapi molekulnya tetap sama berupa polimer. Mikroplastik tahan dari biodegradasi dan dapat bertahan di lingkungan selama ratusan tahun dengan kondisi yang berpotensi merusak ekologi dan biologis. Menurut Faujiah & Wahyuni (2022) kemampuannya dapat menyerap zat kimia beracun, seperti PBTs (*persistent, bioaccumulative and toxic substances*) dan POPs (*Persistent organic pollutant*).

2.2.2 Karakteristik Mikroplastik

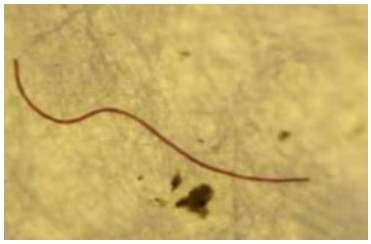
Mikroplastik memiliki macam bentuk yang umum diidentifikasi di perairan, yaitu fragmen, pelet, serat atau fiber, film, lembaran dan foam. Fragmen berbentuk partikel keras yang bentuknya tidak beraturan dari pecahan plastik yang lebih besar. Menurut Faujiah & Wahyuni, (2022) jenis fragmen berasal dari botol minuman, toples, galon isi ulang, bahan mika dan pipa paralon. Pada bentuk serat berasal dari aktivitas pesisir, yaitu fragmentasi monofilamen pakaian, tali dan peralatan tangkap nelayan jaring dan pancing. Bentuk film merupakan pecahan plastik dengan densitas rendah yang rentan terpecah. Jenis ini berasal dari fragmentasi kantong plastik sekali pakai baik penggunaan sehari-hari maupun pada kemasan makanan. Pada bentuk pelet ditemukan bersumber dari sisa bahan baku industri, bahan toiletries, sabun dan butiran halus pada sabun pembersih wajah. Pada bentuk foam berasal dari kemasan pengepakkan dan tas plastik pada Gambar 2. 1.



a) Fragmen



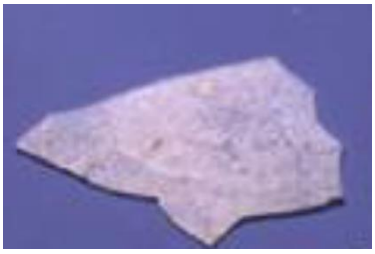
b) Pelet



c) Serat



d) Film



e) Lembaran



f) Foam

Gambar 2. 1 Bentuk Mikroplastik di Perairan

Jenis polimer mikroplastik yang umum ditemukan di lingkungan dalam (Faujiah & Wahyuni, 2022) yaitu, *Polystyrene* (PS), *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), *Polyethylene-terefthalat* (PET), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Polyamide* atau nylon (PA), *Acrylonitril Butadiene stryrene* (ABS), *Polymethyl methacrylate* (PMMA), dan *Polycarbonate* (PC). Disebutkan oleh Lusher et al (2017) berdasarkan sumbernya, jenis *Polystyrene* biasa digunakan sebagai bahan pembuatan furniture atau pelapis kayu dan wadah *box* penyimpanan; *Polypropylene* sebagai bahan aplikasi pembuatan tali, tutup botol, roda gigi, alat pemancing, dan pengikat; *Polyethylene* diaplikasikan dalam bahan baku pembuatan kantong plastik, kontainer penyimpanan; *Polyethylene-terefthalat* sebagai bahan pembuatan botol, pengikat, dan tekstil; *Polyvinyl Chloride* digunakan dalam pembuatan selaput, pipa, dan kontainer; *Polyamide* diaplikasikan dalam pembuatan tali jaring ikan.

2.2.3 Dampak Mikroplastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan

Mikroplastik memiliki ukuran yang kecil, memungkinkan tertelan oleh biota laut dan berdampak buruk apabila terakumulasi di dalam tubuh manusia atau biota lainnya melalui rantai makanan (M. Eriksen et al, 2014). Menurut investigasi yang dilakukan Lusher, et al (2017), menyimpulkan bahwa pada ikan invertebrata

mikroplastik ukuran kecil dari 500 µm mungkin melewati dinding usus dan menurut Deng Y., et al. (2017) dengan ukuran kecil dari 20 µm dapat terakumulasi pada organ hati, ginjal dan usus mencit. Keberadaan mikroplastik yang terakumulasi di dalam tubuh memberikan dampak buruk, seperti peradangan pada organ, cedera internal dan/atau eksternal, transformasi kandungan kimia plastik ke dalam tubuh, gangguan mikroba usus yang berdampak pada penyumbatan saluran usus dapat menyebabkan sensasi kenyang semu, stress fisiologis, perubahan pola makan, penghambat pertumbuhan dan penurunan kesuburan (S. Wright & F. Kelly, 2017). Pada beberapa organisme laut seperti ikan, kerang, mamalia laut telah terkontaminasi secara tidak langsung pada pola rantai makanannya. Disebutkan oleh Azizah, et al (2020), berdasarkan sampel ikan dan kerang yang diteliti, ditemukan 60% berbentuk fragmen, 37% berbentuk foam, 2% dalam bentuk film, dan 1% dalam bentuk monofilamen.

2.3 Logam Berat

2.3.1 Logam Berat Seng (Zn)

Seng atau zink adalah sebuah unsur kimia dengan lambang kimia Zn, bernomor atom 30, dan massa atom relatif 65,39. Seng merupakan unsur pertama golongan 12 pada tabel periodik. Memiliki beberapa aspek kimiawi yang mirip dengan magnesium, seperti keadaan oksidasi keduanya pada +2. Unsur Seng menjadi unsur dengan jumlah berlimpah ke-24 di kerak bumi dan memiliki lima isotop stabil. Logam Zn berasal dari limbah domestik rumah tangga seperti korosi pipa air dan produk konsumer (formula detergen), serta sisa pupuk kimia yang terbawa aliran air (Tarigan, et al, 2003) klasifikasi dan sifat seng pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Klasifikasi dan Sifat Logam Berat Zink

KLASIFIKASI	SIFAT SENG
Penampilan	Abu-abu muda kebiruan
Fase	Padat
Massa Jenis	7,14 g/cm3

KLASIFIKASI	SIFAT SENG
Titik Lebur	692,68 K
Titik Didih	1.180 K
Kalor Peleburan	7,32 kJ/mol
Kalor Penguapan	123,6 kJ/mol
Kapasitas Kalor	25,390 kJ/(mol)
Elektronegativitas	1,65
Energi Ionisasi	1) 906,4 kJ/mol 2) 1.733,3 kJ/mol 3) 3.833 kJ/mol
Jari-jari atom	135 pm

Menurut Kalangie (2018) zink atau seng adalah logam berat esensial yang dibutuhkan organisme agar dapat tumbuh dan berkembang, yaitu dapat membentuk haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik. Seng dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam jangka waktu yang lama. Kadar logam Seng yang melebihi ambang batas aman untuk dikonsumsi di dalam tubuh suatu organisme dapat berdampak pada kesehatan yaitu, gangguan pertumbuhan, mempengaruhi pematangan seksual, rentan terkena infeksi, diare akut yang berpotensi pada kematian khususnya terjadi pada anak-anak (Michael & Krebs, 2007).

2.3.2 Logam Berat Kromium (Cr)

Kromium atau Krom memiliki nama kimia Cr adalah salah satu logam berat yang ada dalam beragam kondisi oksidasi. Terdapat dua jenis spesi krom yang memiliki pengaruh biologis yaitu, Krom (III) dan Krom (VI). Antara spesi tersebut, berdasarkan lingkungan dan toksikologi, terdapat perbedaan signifikan anatara keduanya. Logam krom tidak memiliki sifat bioakumulasi dan tidak terdapat peningkatan konsentrasinya dalam rantai makanan berdasarkan *Final Report Project European Commission* (2002).

Pada Krom (III) adalah zat nutrisi esensial yang dibutuhkan manusia dalam konsentrasi 50 – 200 μg/hari untuk kebutuhan metabolisme insulin dalam mengatur kadar glukosa di darah. Secara alami pula, hewan membutuhkan Krom (III). Belum diketahui kadar kebutuhan tanaman terhadap Krom (III), namun hampir seluruh tumbuhan mengandung Krom (III). Sedangkan keberadaan Krom (VI) di dalam metabolisme makhluk hidup memberikan dampak berupa, kanker paru-paru batas apabila terhirup saluran pernapasan, kerusakan fungsi hati, sistem saraf dan ginjal pada mamalia jika melebihi ambang. Paparan Krom (III) dan Krom (VI) menimbulkan reaksi alergi seperti asma dan dermatitis pada seorang yang memiliki tingkat sensitivitas tinggi menurut pendapat *World Health Organization Report Chromium* (1988).

Disebutkan oleh World Health Organization Report Chromium (1988) bahwa hampir semua Krom (VI) muncul di lingkungan hasil dari aktivitas manusia. Hal tersebut berasal dari oksidasi industri dari deposit Krom ditambang dan kemungkinan dari proses pembakaran bahan bakar fosil, kayu, kertas, dan lainnya. Dalam kondisi oksidasi tersebut, Krom relatif stabil di udara dan di air murni, namun tereduksi menjadi Krom (III), ketika bersentuhan dengan biota, tanah dan air. Terhadap siklus pada keberadaan dan oksidasinya. Kromium banyak terdapat dalam limbah pabrik industri elektroplating, tekstil, cat, tinta, produksi ferrokrom, pelapisan listrik, produksi pigmen dan penyamakan kulit (Tabrez et al., 2013).

2.3.3 Reaksi Logam Terhadap Mikroplastik

Pemanfaatan logam pada kegiatan industri adalah sebagai bahan tambahan pada produk polimer. Kombinasi antara logam dan polimer dapat digunakan untuk pewarna, penghambat api, bahan pengisi dan penstabil suatu jenis polimer. Menurut Hansen et al (2013) pada penambahan logam Zn, aditif dimanfaatkan untuk stabilisator panas, penghambat api, bahan anti slip, dan pigmen anorganik. Jenis polimer yang dapat bereaksi dengan Zn antara lain, PVC, PE dan PP. Pada logam Cr dimanfaatkan sebagai campuran terhadap polimer jenis PVC, PE dan PP dengan tujuan untuk menjaga pigmen anorganik menurut A. Massos (2017).

Plastik memiliki sifat fisik dan kimiawi yang jarang ditemukan di senyawa lain. Keberadaan makroplastik memberikan dampak berupa ingesti, keterlilitan dan

kerusakan habitat, sedangkan pada mikroplastik memiliki sifat biokimia yang berefek negatif. Selain itu, terdapat sifat hidrofobik, sehingga memungkinkan mikroplastik berikatan oleh kontaminan organik seperti hidrokarbon aromatik polisiklik, pestisida organoklor serta logam berat berdasarkan pendapat Supit Alva, et al (2022).

Air lindi pada umumnya memiliki kandungan derajat keasaman (pH) basa tinggi. Pengaruh kadar pH mempengaruhi kehidupan bakteri pendegradasi. Nilai pH berkisar antar 7-8 termasuk dalam kategori normal sehingga dapat menyokong kehidupan bakteri pendegradasi pada air lindi. Bakteri ini berperan dalam membantu proses pendegradasian plastik yang mulanya berukuran besar hingga menjadi partikel dengan ukuran kecil (mikroplastik) (Almahdahulhizah, V. 2019). Ketika plastik telah pecah menjadi mikroplastik, logam dapat berpindah ke permukaan mikroplastik sehingga terjadi penyerapan logam berat oleh mikroplastik dari air lindi (Browne et al, 2013). Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik dari mikroplastik seperti ukuran pori, luas permukaan dan jenis polimernya (Oz, et al, 2019). Potensi perpindahan terjadi akibat adanya perubahan pada permukaan yang menyebabkan keausan dari bahan bermuatan dan fotooksidasi (Turner & Holmes. 2015).

BAB III
METODE PENELITIAN

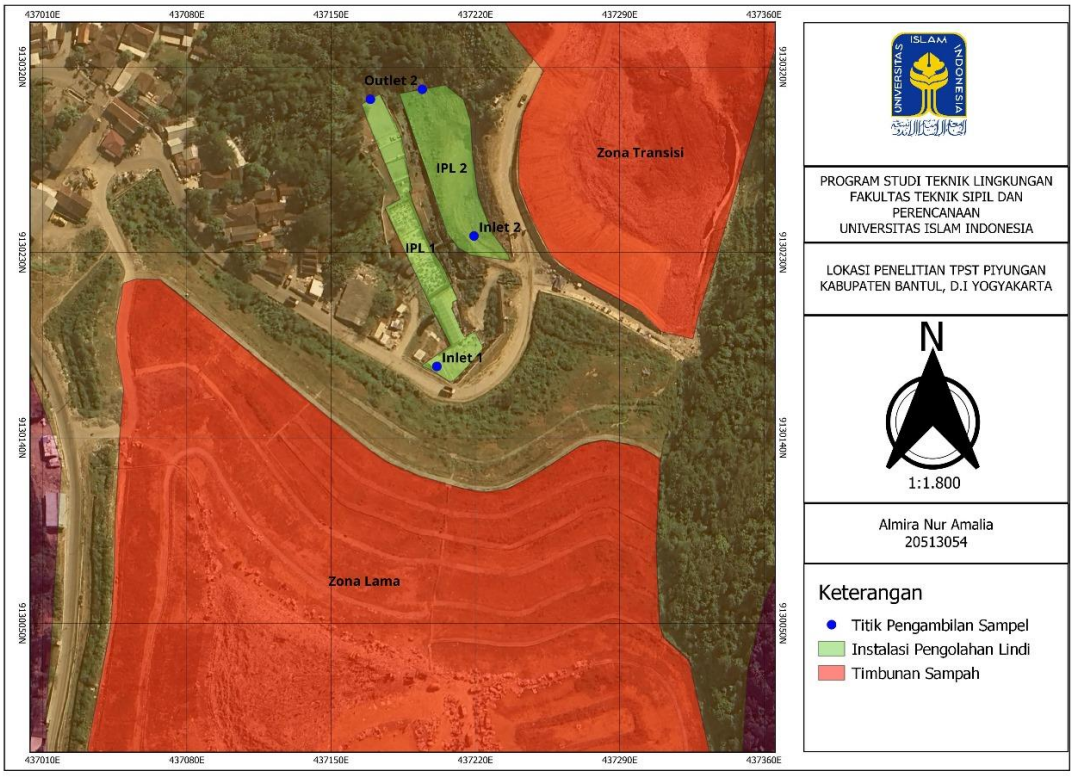
3.1 Waktu dan Lokasi

3.1.1 Waktu

Pengambilan sampel dilaksanakan pada bulan Januari 2024. Penelitian dan analisis sampel dilaksanakan pada Januari hingga Juni 2024. Lokasi pengujian sampel di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

3.1.2 Lokasi

Pengambilan sampel penelitian dilakukan di Instalasi Pengelolaan Air Lindi (IPL) TPA Piyungan yang berlokasi di Dusun Ngablak dan Watu Gender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Titik pengambilan sampel tersebar menjadi empat titik yaitu *Inlet* Zona 1, *Outlet* Zona 1, *Inlet* Zona Transisi dan *Outlet* Zona Transisi. Berikut adalah gambar titik pengambilan sampel di lokasi Instalasi Pengelolahan Lindi TPA Piyungan pada **Gambar 3. 1.**



Gambar 3. 1 Lokasi IPL TPA Piyungan

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

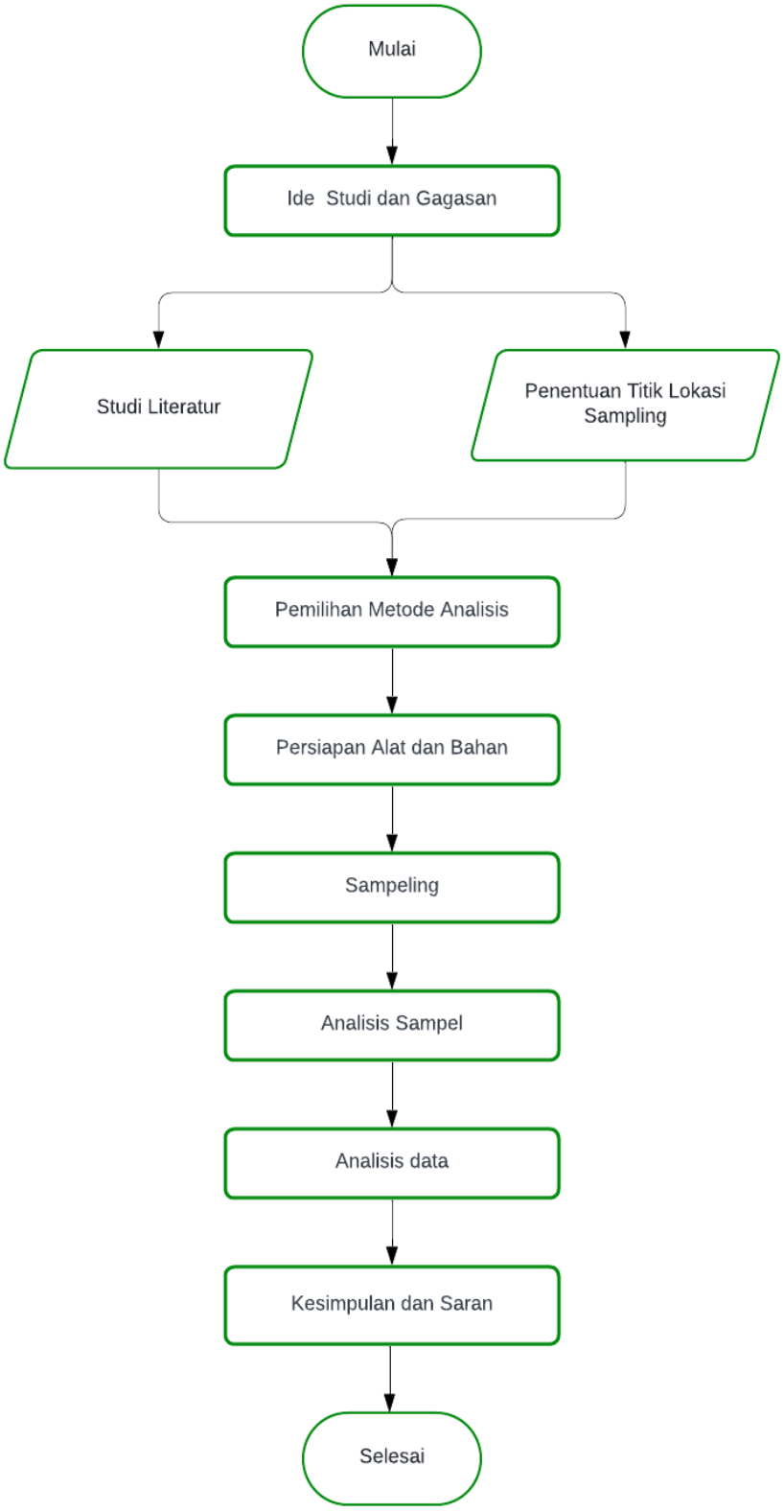
Pada penelitian ini terdapat alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya, yaitu botol kaca 350 mL, botol plastik ukuran 500mL, *cooler box ice gel bersuhu 4°C*, pH universal, timbangan analitik, thermometer, gelas beaker 1000 mL; 250 mL, pengaduk kaca, arloji kaca, sendok takar *stainless*, *hot plate*, cawan petri, pinset, mikroskop trinokuler, lensa optik 4X & 10X, kertas label, sarung tangan latex, tisu, whatman No. 42, *tube* 10 mL, *centrifuge*, vial 25 mL, corong kaca, labu ukur 50 mL, erlenmeyer 250 mL, pipet tetes, gelas takar 50 mL, alumunium foil, vakum filtrasi, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR), Spektrometri Serapan Atom (SSA).

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu bubuk NaCl, aquades, FeSO_4.7H2O, HNO_3 dan H_2O_2 30%.

3.3 Alur Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan observasi eksperimen di laboratorium yang fokus terhadap pengujian konsentrasi logam berat Zn dan Cr pada mikroplastik yang diidentifikasi pada air lindi TPA Piyungan. Adapun diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.2.** sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Tahap Alur Penelitian

3.3.1 Ide Studi dan Gagasan

Gagasan yang dimiliki untuk dikembangkan dalam menggali pengetahuan tentang hal yang perlu dilakukan, rancangan dari rencana, dan cara untuk menyelesaikan masalah yang diidentifikasi. Pada penelitian ini terdapat indikasi masalah pada identifikasi keberadaan mikroplastik pada air lindi untuk menganalisis konsentrasi logam berat Zn dan Cr pada lindi dan mikroplastik.

3.3.2 Persiapan Penelitian

Melakukan persiapan teknis pelaksanaan dari penelitian, teknis penulisan proposal penelitian, teknis pengambilan sampel dengan mengikuti *safety induction* di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP, serta perizinan pada Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan D. I. Yogyakarta untuk melakukan survei yakni pada Desember 2023 dan pengambilan sampel pada Januari 2024.

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data sampel air lindi akan dilaksanakan di Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) TPA Piyungan Bantul. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode SNI 6989.59:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Pewadahan menggunakan jerigen wadah plastik dan wadah botol kaca. Pengawetan sampel untuk logam terlarut contoh air segera disaring dan menambahkan HNO3 sampai pH <2 selanjutnya didinginkan pada suhu 4°C.

3.3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

A) *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

Tahap ini bertujuan untuk menghancurkan bahan organik dan meningkatkan densitas larutan yang mengandung mikroplastik. Pada tahap ini dilakukan dengan cara menambahkan 20 mL larutan 0.05 M Fe(II) pada sampel air lindi. Kemudian ditambahkan 20 mL 30% hidrogen peroksida (H2O2). Setelah diaduk hingga homogen, sampel ditutup menggunakan alumunium foil dan dipanaskan pada suhu 60°C-70°C diatas *hot plate*. Apabila suhu sampel telah mencapai 45°C, kemudian sampel didiamkan hingga suhu ruang (Sutanhaji, et al. 2023).

B) *Density Separation*

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan antara endapan organik dan partikel mikroplastik agar memudahkan identifikasi dan analisis selanjutnya. Tahap ini dilakukan ketika sampel telah suhu ruang, 20°C-25°C. Kemudian ditambahkan bubuk NaCl 6 gram /20mL volume sampel dan diaduk hingga larut. Lalu sampel ditutup dengan alumunium foil dan didiamkan selama 24 - 48 jam.

Apabila pengendapan sampel tidak sempurna, maka dilakukan centrifuge. Tahap ini bertujuan untuk memisahkan partikel-partikel yang berbeda sesuai dengan berat jenis yang terkandung dalam sampel. Tahap ini dilakukan dengan memindahkan sampel pada tube 10 mL dan memasukkannya ke dalam centrifuge. Lama waktu adalah 10 menit dengan kecepatan 4 rpm (Sutanhaji, et al. 2023).

C) Penyaringan

Tahap penyaringan menggunakan Whatman No. 42. Tahap ini bertujuan untuk menahan partikel mikroplastik, memudahkan dalam menentukan kelimpahan mikroplastik dalam sampel. Pada tahap ini juga untuk mengetahui berat mikroplastik yaitu dengan melakukan penimbangan awal pada whatman dan akhir setelah dilakukan penyaringan. Penyaringan dilakukan dengan menuangkan sampel ke whatman menggunakan *vacuum filter*. Kemudian sampel kertas whatman di simpan di cawan petri pada suhu ruang untuk selanjutnya dilakukan analisis mikroskop (Putri S. 2023).

D) Destruksi Sampel

Tahap destruksi ini mengacu pada SNI 6989.84:2019 tentang cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA). Dilakukannya tahap destruksi ini bertujuan untuk menghancurkan sampel mikroplastik dan menghilangkan intervensi yang dapat mengganggu analisis. Pada tahapan ini dilakukan dua kali yaitu pada sampel air lindi dan sampel Whatman menggunakan HNO3 pekat (Sutanhaji, et al. 2023).

E) Analisis Mikroskop Trinokuler

Tahap analisis ini untuk mengidentifikasi mikroplastik yang prinsipnya melakukan pengamatan mikroskopis pada sampel whatman yang telah dibagi menjadi empat kuadran. Pengamatan ini bertujuan untuk menentukan morfologi

mikroplastik yaitu, jenis, warna, dan ukuran. Jenis mikroplastik yang akan diidentifikasi dapat berupa fragmen, fiber, film, foam atau pelet. Pada identifikasi warna dapat beragam, mulai dari merah, hitam, biru, hijau, coklat, orange, ungu, kuning, hingga transparan. Ukuran mikroplastik juga beragam, apabila ukuran lebih kecil maka resiko toksisitas lebih besar (Putri S. 2023).

F) Analisis *Fourrier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR)

Analisis ini digunakan alat untuk mengidentifikasi mikroplastik dengan menganalisis ikatan kimia dan getaran molekul. Teknik non-destruktifnya dapat memberikan informasi rinci tentang komposisi dan sifat mikroplastik. Pada tahap ini dilakukan penandaan pada tiga titik gerombolan mikroplastik yang telah diidentifikasi dengan mikroskop. Penentuan tiga titik untuk mengecilkan area analisis mikroplastik (Putri S. 2023).

3.3.5 Analisis Sampel

Hasil analisis selanjutnya dibandingkan dengan literatur berdasarkan dengan jenis mikroplastik yang ditemukan pada sampel air lindi. Perhitungan kelimpahan mikroplastik pada air lindi menurut (Sutanhaji, et al. 2023) dihitung menggunakan persamaan.

$$K = \frac{n}{v}$$

Keterangan:

K = Kelimpahan mikroplastik partikel/L

n = Jumlah mikroplastik

v = Volume sampel

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada inlet dan outlet Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, Kabupaten Bantul, D. I. Yogyakarta. Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada 4 titik sampling seperti pada Gambar 3.1. Sampling dilakukan sebanyak 1 kali. Waktu pelaksanaan dilakukan pada 11 Desember 2023 (survei lokasi) dan 25 Januari 2024 (sampling).

4.1.1 Kondisi IPL TPA Piyungan

Sebelum mengambil sampel air lindi dari IPL TPA Piyungan, dilakukan survei lokasi untuk memeriksa kondisi di lapangan dan memastikan izin pengambilan sampel dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Daerah (DLHK) Istimewa Yogyakarta yang memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Survei ke lokasi dilaksanakan pagi hari pada 11 Desember 2023. IPL TPA Piyungan terdiri dari 2 (dua) IPL, yaitu IPL Lama dan IPL Transisi. Sebelum melakukan pengambilan sampel, penulis berkoordinasi dengan pengurus IPL untuk mendapatkan pendampingan dan melakukan wawancara saat survei lokasi terkait kondisi kedua IPL. Berikut gambar yang diambil ketika survei lokasi ke IPL TPA Piyungan.



Gambar 4. 1 Inlet IPL Lama



Gambar 4. 2 Bak Outlet IPL Lama



Gambar 4. 3 Inlet IPL Transisi



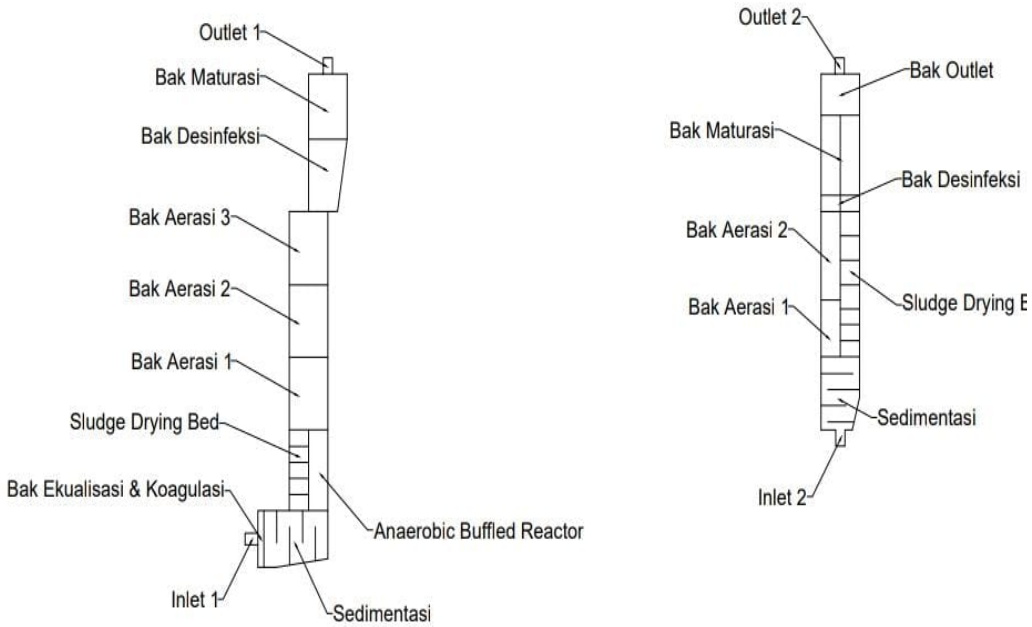
Gambar 4. 4 Bak Outlet IPL Transisi

Setelah melakukan survei pada unit IPL. Dilakukan wawancara dengan pengurus IPL Piyungan yang dirangkum pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kondisi IPL TPA Piyungan

Nama IPL	Titik Koordinat	Spesifikasi
IPL Lama	7°52'04"S 110°25'48"E	Sumber aliran lindi dari Zona 1
		Zona 1 menampung air lindi dari 10 Ha luas TPA Piyungan.
		Kapasitas penampungan air lindi dari 300 m^3/hari. Pada Januari 2024 sedang mengalami over kapasitas.
		Hasil pengelolaan dialirkan ke Sungai Opak melalui drainase TPA sepanjang 1 km.
		Sampling kontrol baku mutu oleh DLHK dilakukan 1 kali sebulan.
		Jarak antara inlet IPL dari timbunan sampah Zona lama kurang lebih 210 meter.
IPL Transisi	7°52'04"S 110°25'49"E	Sumber aliran dari lindi dari Zona 2 & 3.
		Sejak Desember 2023 hingga 6 bulan kedepan masih dalam masa percobaan.
		Kapasitas penampungan air lindi dari 300 m^3/hari.
		Hasil pengelolaan dialirkan ke Sungai Opak melalui drainase TPA sepanjang 1 km.
		Sampling kontrol baku mutu oleh DLHK dilakukan 1 kali sebulan. Jarak antara inlet IPL dari timbunan sampah Zona transisi kurang lebih 50 meter.

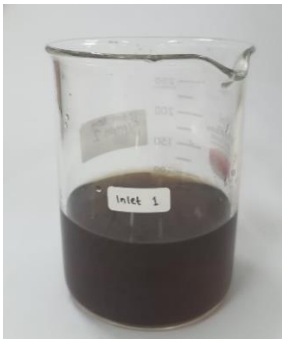
Dalam proses pengolahan lindi pada IPL Lama dan IPL Transisi memiliki masing-masing unit pengolahan lindi. Unit-unit IPL berdasarkan hasil wawancara dan survei lokasi seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Layout IPL Lama dan IPL Transisi

Pengambilan sampel dilaksanakan pagi hari pada 25 Januari 2024. Titik pengambilan sampel yang dipilih ada 4 titik lokasi yaitu, Inlet 1, Outlet 1, Inlet 2 dan Outlet 2. Pemilihan titik lokasi adalah melihat perbandingan kelimpahan mikroplastik sebelum dan setelah pengolahan di IPL terdapat perbedaan pada influen dan efluen lindi IPL Lama dan IPL Transisi terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Karakteristik Fisik Sampel Air Lindi

No	Nama Sampel	Gambar	Keterangan	
1	Influen IPL Lama / Inlet 1		Tekstur	: Cair
			Aroma	: Cukup pekat
			Warna	: Kecoklatan tua

No	Nama Sampel	Gambar	Keterangan	
2	Efluen IPL Lama / Outlet 1		Tekstur	: Cair
			Aroma	: Tidak pekat
			Warna	: Kekuningan
3	Influen IPL Transisi / Inlet 2		Tekstur	: Cair
			Aroma	: Sangat pekat
			Warna	: Kecoklatan muda
4	Efluen IPL Transisi / Outlet 2		Tekstur	: Cair
			Aroma	: Pekat
			Warna	: Kecoklatan gelap

Pada saat pengambilan sampel dilakukan pengukuran suhu dan pH di lokasi. Berdasarkan kebutuhan pengujian, sampel berjumlah 8 sampel dengan pembagian 4 sampel untuk pengujian parameter mikroplastik dan 4 sampel untuk pengujian parameter logam berat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Sampel Parameter Uji Mikroplastik dan Uji Logam Berat

Nama Sampel	Parameter Uji Mikroplastik		Parameter Uji Logam Berat	
	Suhu (℃)	pH	Suhu (℃)	pH Awal
Inlet 1	26	8	26	8
Outlet 1	27	8	25	8

Nama Sampel	Parameter Uji Mikroplastik		Parameter Uji Logam Berat	
	Suhu (℃)	pH	Suhu (℃)	pH Awal
Inlet 2	28	7	29	6
Outlet 2	26	8	26	8

Sampel parameter uji mikroplastik dilakukan pengambilan pada 4 titik lokasi. Penyimpanan sampel menggunakan botol sampel dan disimpan pada *coolbox.* Sampel parameter uji logam berat dilakukan pengambilan pada 4 titik lokasi. Digunakan SNI 6989.59 : 2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah sebagai acuan cara pengawetan sampel. Penurunan pH sampel dilakukan hingga seluruh sampel mencapai pH 1 dengan penambahan HNO_3. Kemudian sampel disimpan pada botol sampel dan disimpan di *coolbox*.

4.2 Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik

Dalam penelitian ini, dilakukan identifikasi dan klasifikasi mikroplastik di air lindi dari 4 titik IPL TPA Piyungan yang akan diamati menggunakan mikroskop. Analisis pada sampel berupa pengamatan dengan menggunakan kertas saring Whatman Microfiber Filter GF/B. Penggunaan kertas saring dipilih untuk melakukan penyaringan menggunakan *vacum filter*. Setelah penyaringan dilakukan, selanjutnya klasifikasi mikroplastik dan dicatat berdasarkan berat, jenis, bentuk, warna, dan ukuran mikroplastik. Setelah data mikroplastik terkumpul, dilakukan pengolahan data berupa perhitungan untuk mengetahui kelimpahan mikroplastik.

Dilakukan perhitungan berat pada sampel mikroplastik dengan melakukan 2 kali penimbangan. Penimbangan pertama adalah sebelum kertas whatman akan digunakan untuk menyaring. Penimbangan kedua adalah setelah kertas whatman telah digunakan menyaring dan hasil pengukuran berat mikroplastik pada Tabel 4.4 dan Lampiran 1.

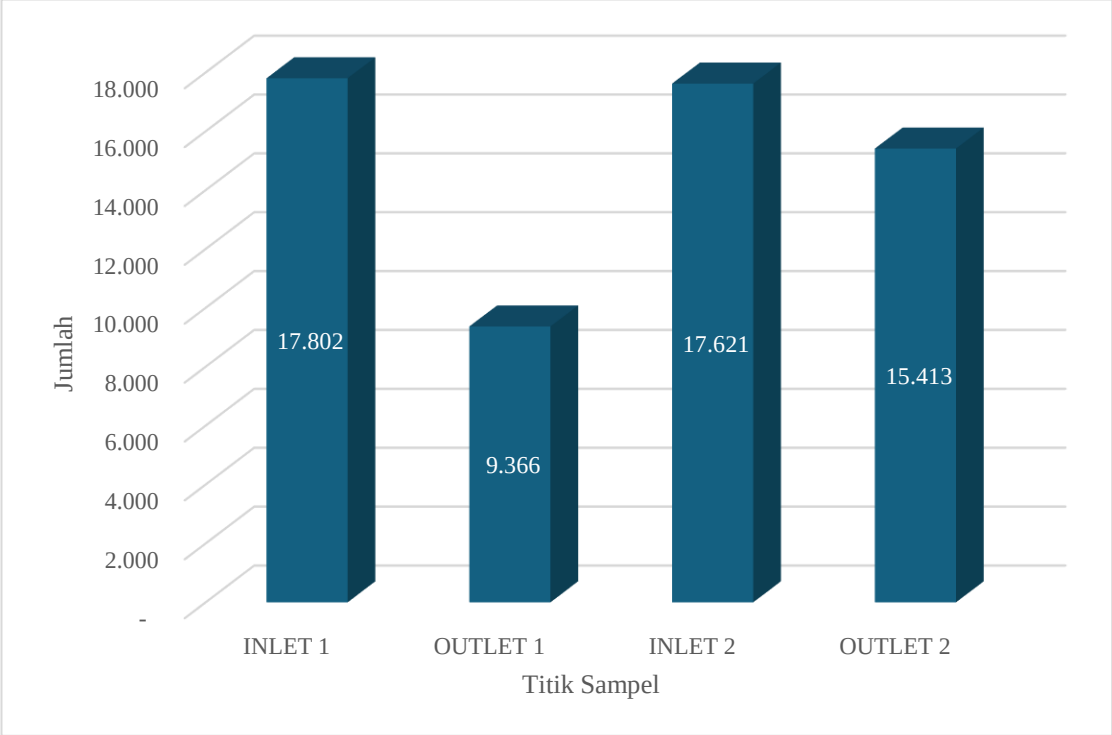
Tabel 4. 4 Berat Mikroplastik Pada Sampel

Berat Mikroplastik (gr)			
INLET 1	OUTLET 1	INLET 2	OUTLET 2
0,4476	0,5971	0,5608	0,5301

Penyaringan yang dilakukan menggunakan kertas saring whatman setelah sampel jernih, tidak hanya dapat mengidentifikasi bentuk mikroplastik, juga dapat mengetahui keberadaannya pada sampel whatman sebelum dilakukan pembacaan dengan menggunakan mikroskop trinokuler. Dilakukan penimbangan whatman sebelum dan setelah penyaringan. Perbedaan selisih pada hasil penimbangan dapat menjadi indikasi awal keberadaan mikroplastik pada sampel whatman (Hanif, et al. 2021).

4.2.1 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah

Pada tahap identifikasi mikroplastik, dilakukan perhitungan jumlah mikroplastik pada setiap titik menggunakan metode pembagian kuadran pada bagian permukaan whatman. Kertas whatman pada masing-masing sampel dibagi menjadi 4 sisi yaitu 4 kuadran. Perhitungan mikroplastik menggunakan mikroskop trinokuler dengan perbesaran 4 kali dan 10 kali, kemudian didata jumlahnya pada Gambar 4.6.

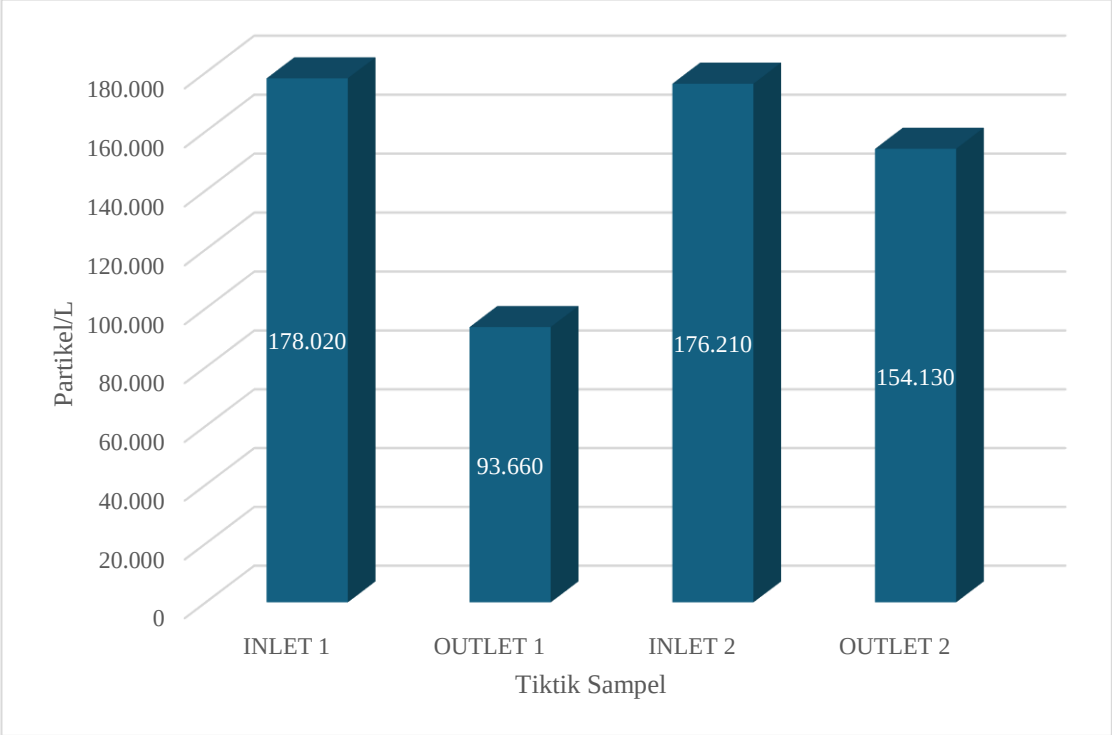


Gambar 4. 6 Grafik Jumlah Mikroplastik

Data pada Gambar 4.6 merupakan data yang menampilkan grafik jumlah mikroplastik pada 4 sampel yang diidentifikasi. Sampel pada titik Inlet 1 memiliki jumlah mikroplastik terbanyak sebesar 17.808 sedangkan titik Outlet 1 sebesar 9.366, dengan rata-rata inlet 1 dan outlet 1 adalah 13.587. Pada titik Inlet 2 sebesar 17.621 sedangkan titik Outlet 2 sebesar 15.413, dengan rata-rata Inlet 2 dan Outlet 2 adalah 16.517. Data hasil identifikasi mikroplastik lebih banyak menggunakan lensa 10 kali. Pada proses analisisnya menggunakan ketelitian tinggi.

Jumlah mikroplastik tinggi dipengaruhi oleh faktor klimatologi yaitu cuaca. Berdasarkan perbandingan yang dilakukan Putro (2021) kelimpahan mikroplastik meningkat signifikan ketika sampling dilakukan pada hari yang sebelumnya hujan. Hal tersebut juga mempengaruhi debit lindi pada IPL. Pada saat sampling di bulan Januari 2024, data curah hujan mencapai 151 mm sedangkan saat survei yang dilakukan di bulan Desember 2023 data curah hujannya mencapai 24,5 mm. Berdasarkan perbandingan tersebut, pada saat sampling terdapat peningkatan debit air yang masuk ke IPL.

Setelah mendapatkan data perbandingan jumlah mikroplastik kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan angka kelimpahan mikroplastik. Rumus perhitungan kelimpahan terdapat pada isi sub judul 3.3.6. Hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada Gambar 4.7. dan Lampiran 2.



Gambar 4. 7 Grafik Kelimpahan Mikroplastik (partikel/L)

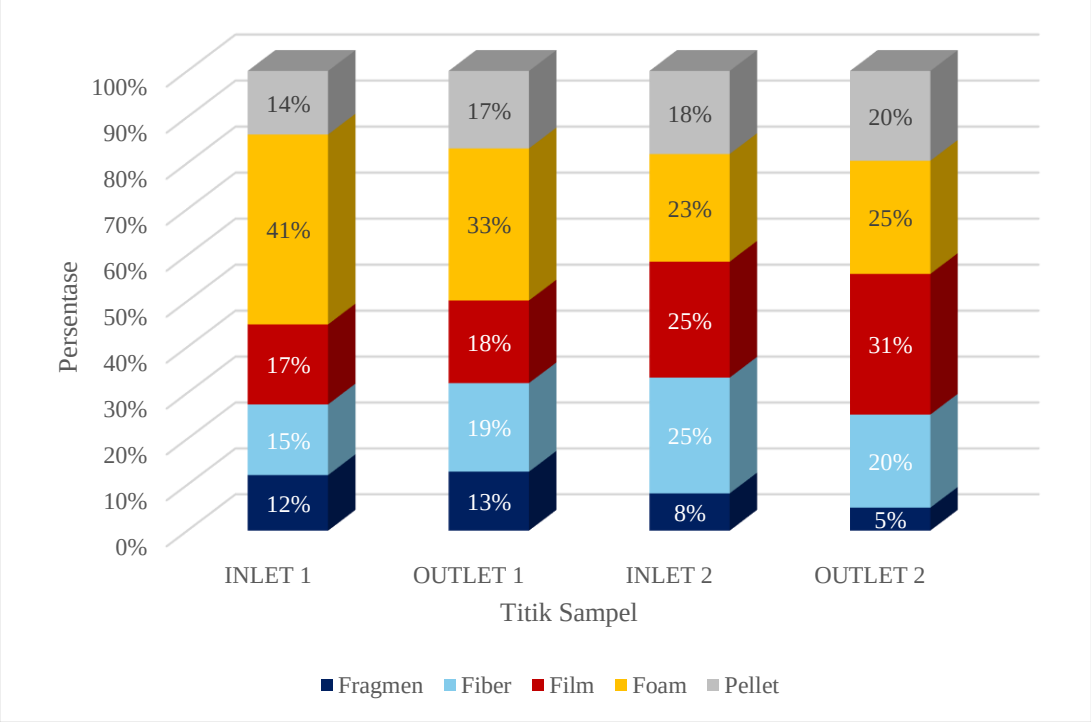
Hasil analisis dari penelitian di IPL Piyungan yang telah dilakukan Utami dan Agustina (2022) bahwa secara deskriptif kelimpahan mikroplastik pada kolam inlet IPL lebih tinggi daripada di kolam outlet IPL. Pada penelitian tersebut diidentifikasi terdapat penurunan kadar mikroplastik diduga berkurang pada proses sedimentasi sehingga memungkinkan mikroplastik tertahan di lumpur kolam pengolahan atau tertahan di sedimen. Merujuk pada IPL Lama dan IPL Transisi Gambar 4.5. terdapat sedimentasi pada kedua IPL pada tahap awal atau pre-*treatment.*

Apabila dibandingkan dari hasil perbandingan jumlah mikroplastik dan hasil penelitian oleh Utami dan Agustina (2022), bahwa terdapat persamaan adanya penurunan jumlah mikroplastik antara inlet dan outlet yaitu pada outlet 1 dan outlet

2 sama- sama terjadi penurunan daripada jumlah inlet 1 dan inlet 2. Penurunan mikroplastik tidak maksimal karena belum ada unit pengelolaan yang berfokus pada pengurangan mikroplastik pada IPL.

4.2.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dan Warna

Hasil identifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop dengan perbesaran lensa 4 kali dan 10 kali. Identifikasi bentuk berupa fragmen, fiber, film, foam dan pelet pada grafik jenis mikroplastik di sampel air lindi pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Persentase Identifikasi Morfologi Mikroplastik

Salah satu faktor yang mempengaruhi migrasi atau transportasi mikroplastik di perairan adalah ukuran badan air, angin, arus dan kerapatan partikel. Urbanisasi, kepadatan populasi manusia di sekitar perairan, jenis pengelolaan limbah dan kebocoran limbah juga berperan dalam menentukan jumlah mikroplastik dalam sistem perairan (Wang et al., 2021). Hal tersebut menjadi faktor keberadaan mikroplastik di IPL sebab unit pengolahan yang sebagian besar berupa bak terbuka termasuk pada titik inlet dan outlet. Menurut Wang et al (2021) kontaminasi sampel

blanko oleh mikroplastik diduga memungkinkan terjadi atas beberapa faktor, seperti:

1. Keberadaan mikroplastik di udara. Ketika udara digunakan untuk mengeringkan kertas saring, dapat mengandung partikel mikroplastik yang terbawa oleh angin atau udara yang tercemar.
2. Penggunaan peralatan. Peralatan yang digunakan untuk mengumpulkan dan mengamati sampel dapat mengandung mikroplastik. Peralatan yang disimpan tidak pada ruangan kedap udara memungkinkan dicemari oleh mikroplastik dari udara maupun sampel apabila tidak dilakukan pembersihan yang tepat.
3. Kontaminasi laboratorium. Laboratorium memungkinkan menjadi tempat yang telah tercemar oleh mikroplastik. Adanya aktivitas di laboratorium dan kondisi sirkulasi yang kurang baik. Memungkinkan ada cemaran mikroplastik yang tertinggal di laboratorium dan mencemari sampel.
4. Penggunaan bahan kimia. Bahan kimia yang digunakan dalam prosedur analisis dapat mengandung mikroplastik. Misalnya, bahan kimia yang digunakan untuk mengumpulkan partikel mikroplastik dapat mengandung partikel mikroplastik yang terbawa oleh bahan kimia.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hiwari (2019) warna hitam pada mikroplastik, terdapat indikasi banyaknya kontaminan yang terserap terutama kontaminan organik, karena mikroplastik berwarna hitam memiliki kemampuan lebih untuk menyerap kontaminan lebih tinggi (Hiwari et al., 2019). Jenis mikroplastik diidentifikasi berdasarkan bentuk. Pada penelitian ini identifikasi bentuk mikroplastik adalah sebagai berikut:

1. Foam

   Mikroplastik jenis foam merupakan jenis yang dominan ditemukan pada IPL Piyungan. Memiliki ciri-ciri lembut seperti kapas dan bertekstur kenyal (Ambasari & Anggiani, 2022). Mikroplastik jenis ini memiliki karakter berpori dan memiliki densitas yang tinggi. Sumber dari mikroplastik foam ini berasal dari potongan atau serpihan sampah makro

seperti styrofoam, wadah makanan, cangkir, kemasan makanan dan puntung rokok (Zurub R., et al. 2024).

2. Film

Film merupakan jenis mikroplastik yang memiliki bentuk seperti pecahan atau lembaran plastik. Sumber dari jenis ini dipengaruhi dari sampah anorganik seperti kantong plastik dan kemasan sekali pakai berbahan plastik lainnya (Ambasari & Anggiani, 2022). Selain itu, penggunaan kemasan produk berbahan plastik sekali pakai juga dapat menyebabkan terbentuknya mikroplastik jenis Film ini (Zurub R., et al. 2024).

3. Fiber

Mikroplastik jenis fiber memiliki warna yang berbeda-beda tergantung dari sumbernya, mikroplastik jenis ini biasanya berbentuk seperti tali atau serabut memanjang (Ambasari & Anggiani, 2022). Mikroplastik jenis fiber dapat muncul karena berasal dari limbah pakaian, tali, dan berbahan dasar kain lainnya yang dapat menebarkan serat-serat pakaian (Hiwari et al., 2019), bahan pembalut & popok, filter rokok, dan pakaian bulu (Zurub R., et al. 2024).

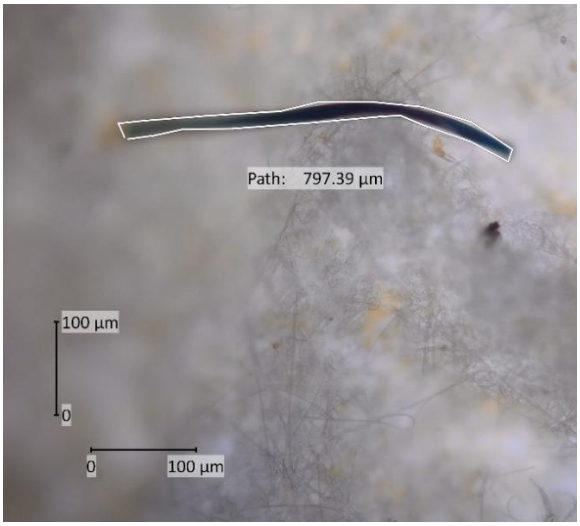
4. Pellet

Mikroplastik jenis pellet memiliki ciri-ciri bentuk silindris yang sempurna dengan warna yang beragam, namun memiliki warna pekat dengan permukaan yang halus. Mikroplastik jenis pellet termasuk dalam mikroplastik primer yang merupakan bahan baku dari pembuatan plastik pada pabrik (Hiwari et al., 2019). Sumber dari mikroplastik jenis ini berasal dari microbeads yang dibuat untuk produk kecantikan (Sugandi et al., 2021), seperti pasta gigi, sabun pengelupas kulit dan pembersih wajah (Zurub R., et al. 2024).

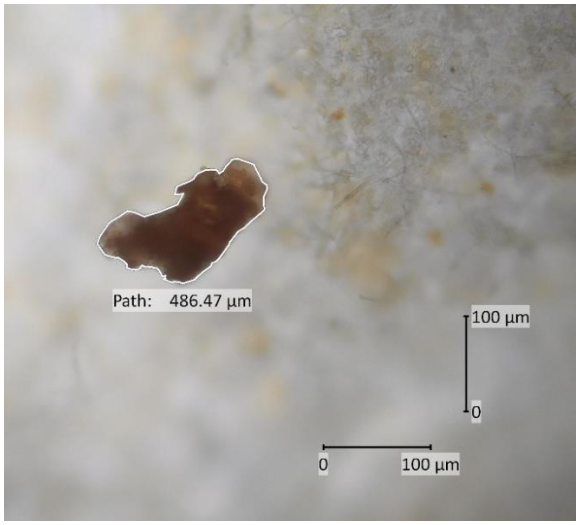
5. Fragmen

Mikroplastik jenis ini memiliki karakteristik yang keras dan berasal dari pembuangan kantong plastik berbahan pekat, alat makanan yang keras (Zurub R., et al. 2024), bungkus detergen dan pecahan dari sampah plastik

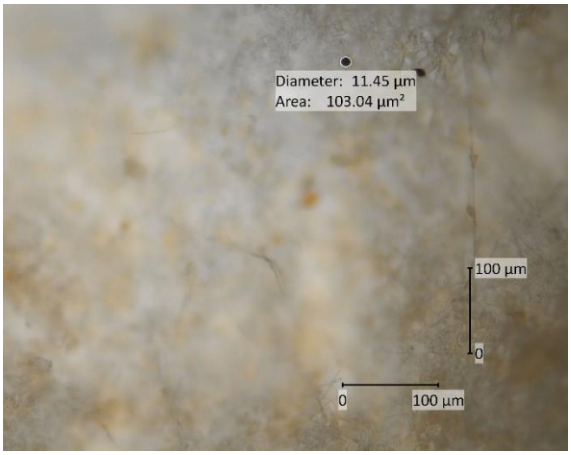
sekali pakai yang bertekstur tebal lainnya (Sugandi et al., 2021). Identifikasi morfologi mikroplastik pada sampel ditemukan pada Gambar 4.9.



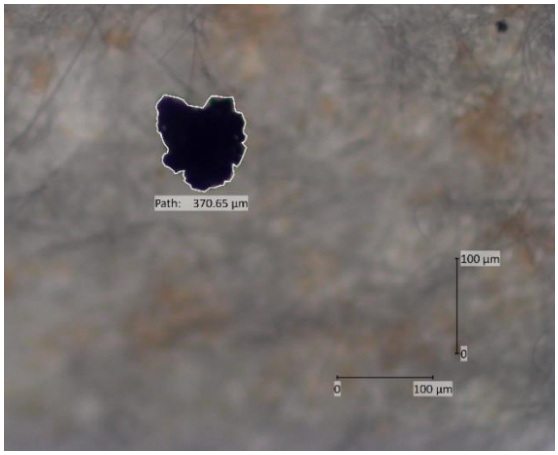
(a)



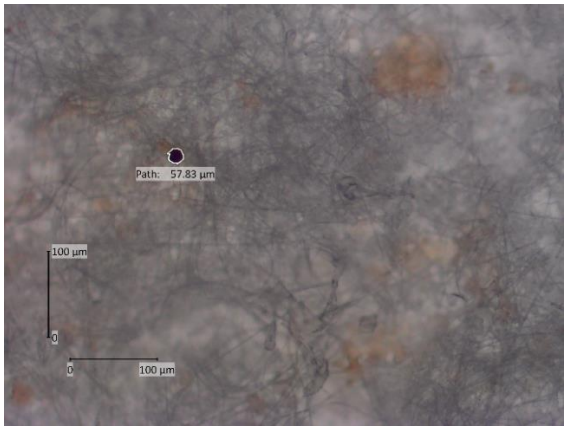
(b)



(c)



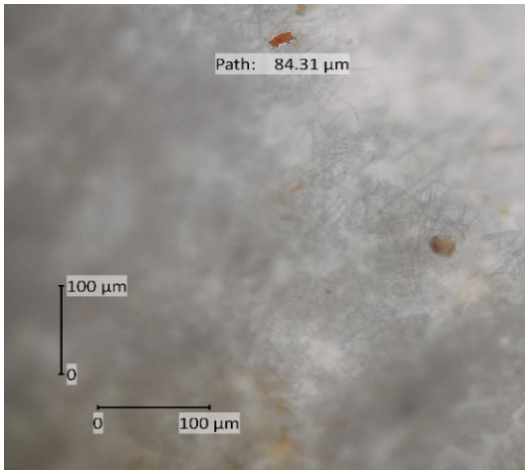
(d)



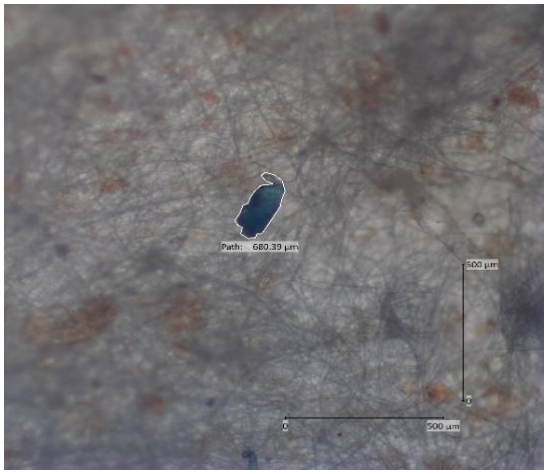
(e)

Gambar 4. 9 Morfologi mikroplastik yang diperoleh. Keterangan: (a) Fiber, (b) film, (c) pelet,(d) fragmen, dan (e) foam

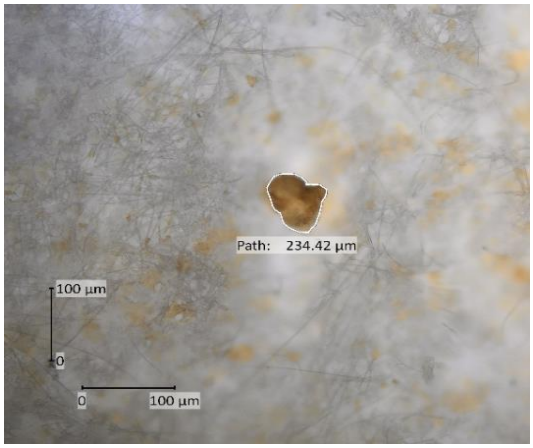
Kemudian dilakukan identifikasi dan pengelompokkan warna diantaranya yaitu, biru, coklat, merah muda, orange, merah, hijau gelap, abu-abu, kuning, transparan, dan ungu. Beberapa diantaranya terdapat pada Gambar 4.10. Warna yang diidentifikasi dapat muncul akibat degradasi yang terjadi dari sampah yang ada di TPA Piyungan. Warna gelap pada mikroplastik dapat berarti kemampuan mikroplastik dalam menyerap banyak kontaminan. Pada warna yang pekat hingga gelap dapat berarti bahwa mikroplastik belum mengalami perubahan warna. Warna coklat, orange dan merah diduga berasal dari limbah rumah tangga yang terdegradasi oleh sinar matahari. Warna biru, ungu, hijau, merah muda dan kuning berasal dari kantong kemasan, senar pancing ataupun sisa detergen. Temuan warna transparan dan abu-abu kemungkinan berasal dari wadah plastik, tali pancing, styrofoam dan juga botol-botol (Ibrahim, *et al*., 2023).



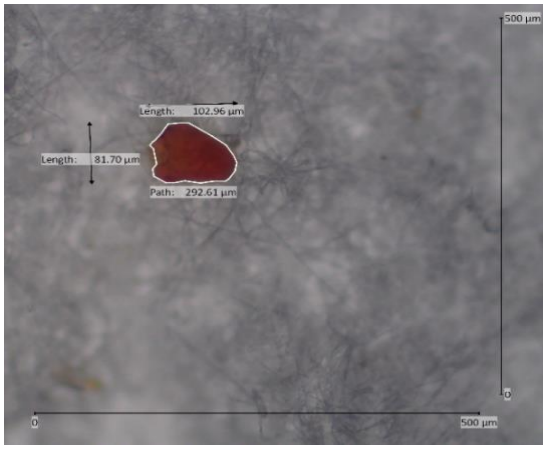
(a)



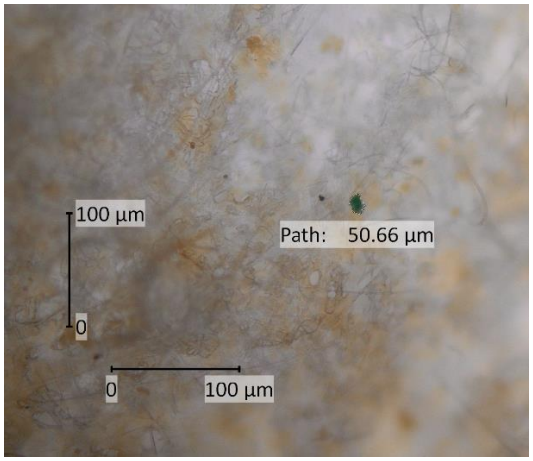
(b)



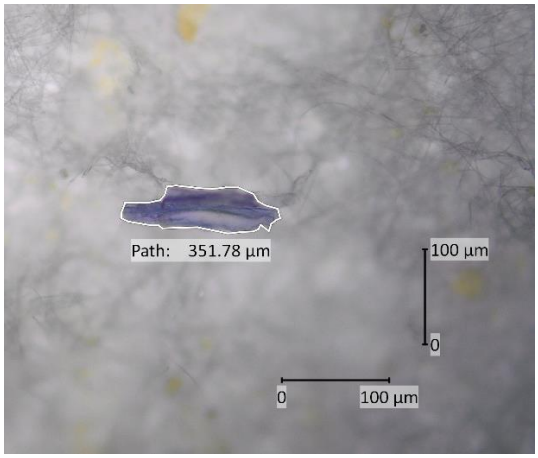
(c)



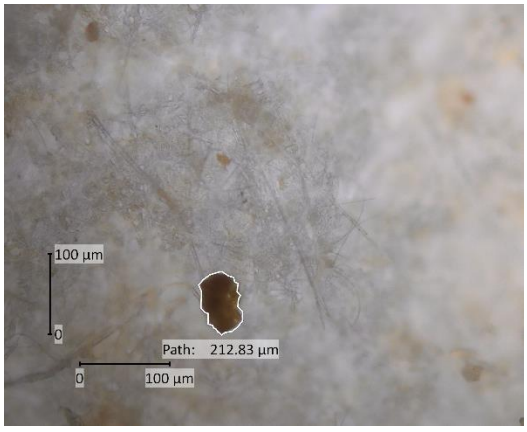
(d)



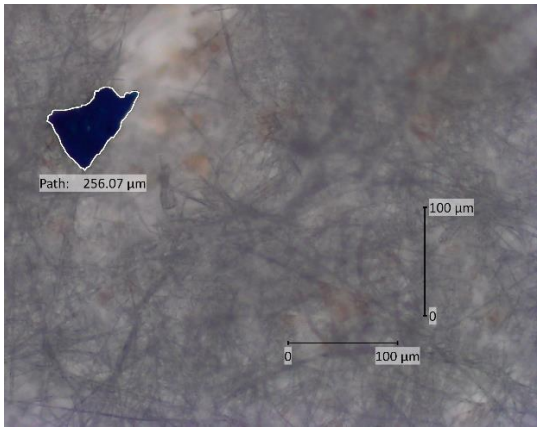
(e)



(f)



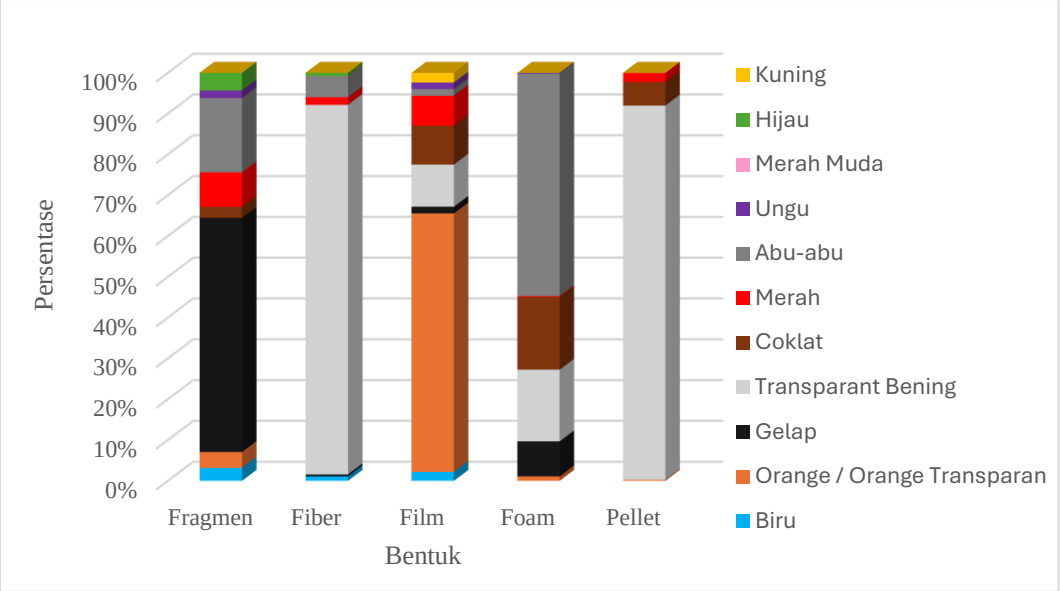
(g)



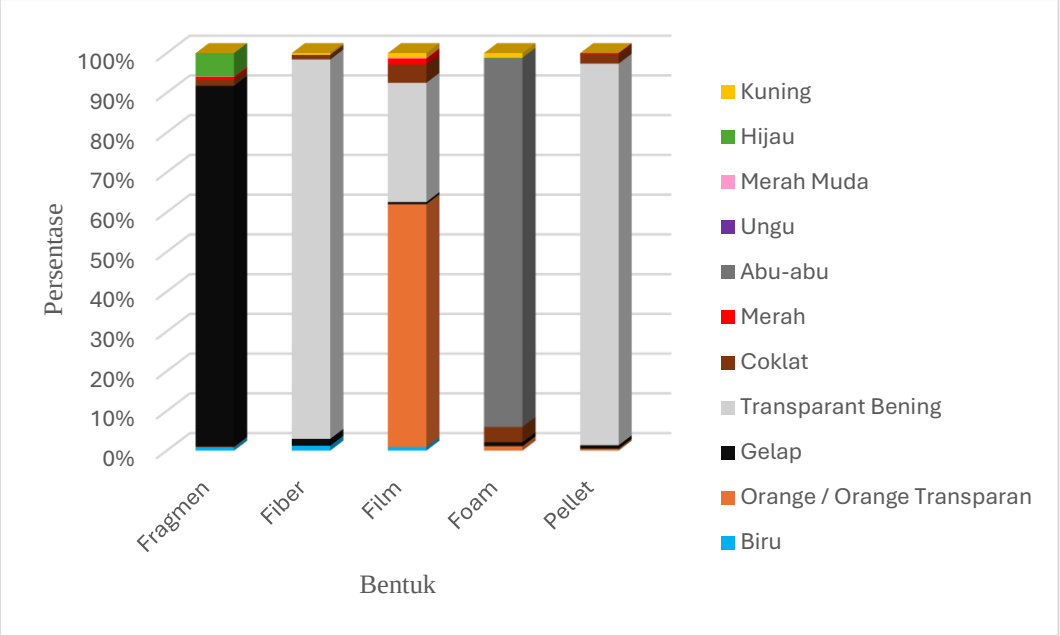
(h)

Gambar 4. 10 Warna Mikroplastik yang Ditemukan. Keterangan (a)orange, (b)biru cerah, (c)kuning , (d) merah ,(e)hijau ,(f)ungu ,(g)coklat, dan (h)biru gelap.

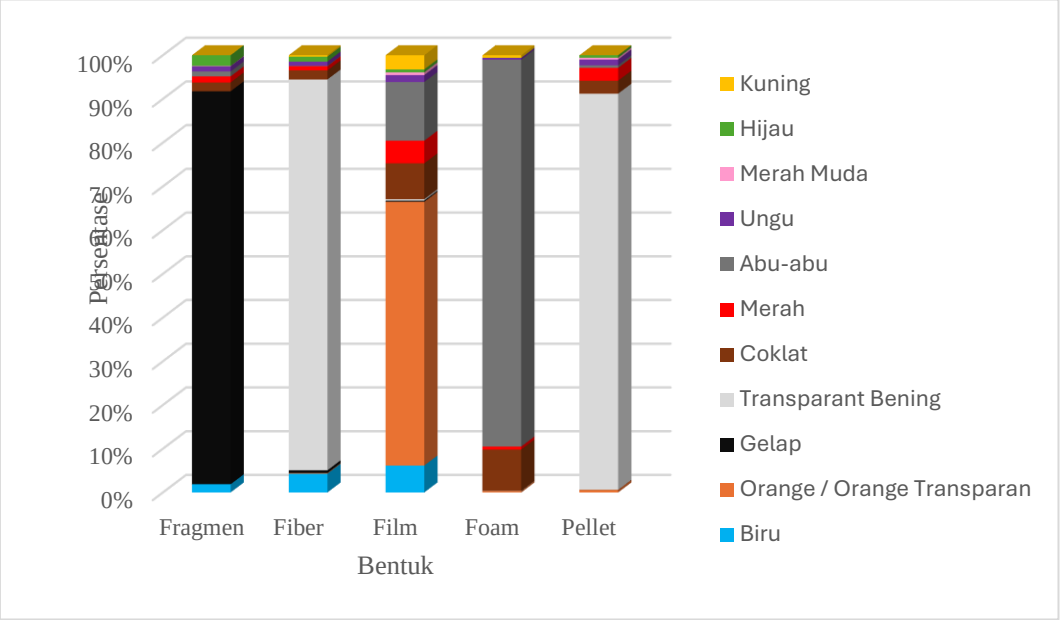
Identifikasi warna mikroplastik dikelompokkan berdasarkan morfologi untuk mengetahui persentase sebarannya pada sampel. Hasil persentase dilakukan pada 4 titik sampel pada Gambar 4.11., 4.12.,4.13., 4.14., 4.15 dan Lampiran 3.



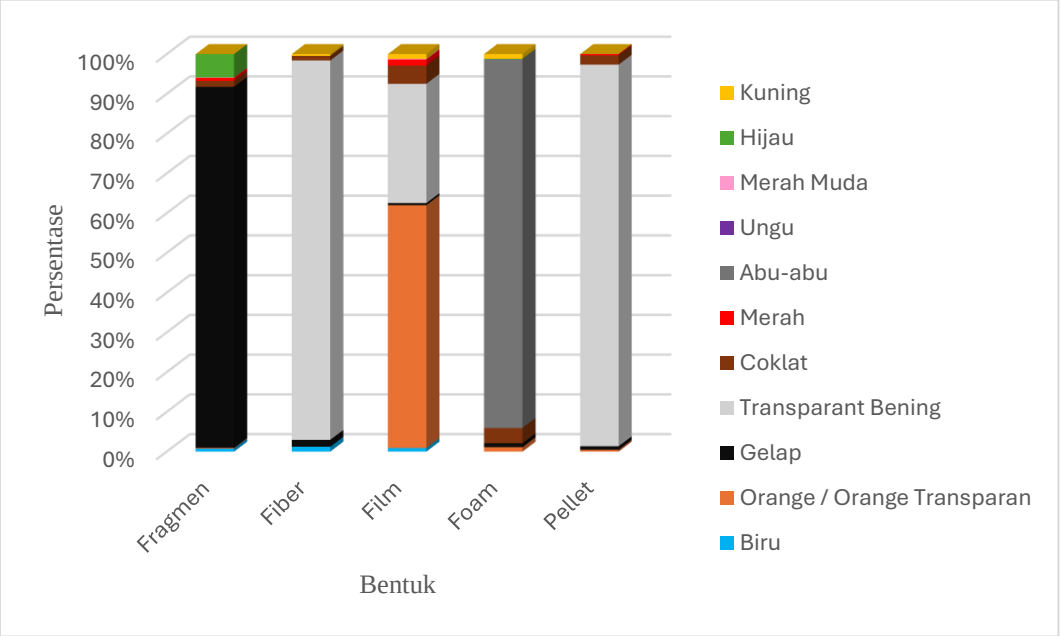
Gambar 4. 11 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Inlet 1



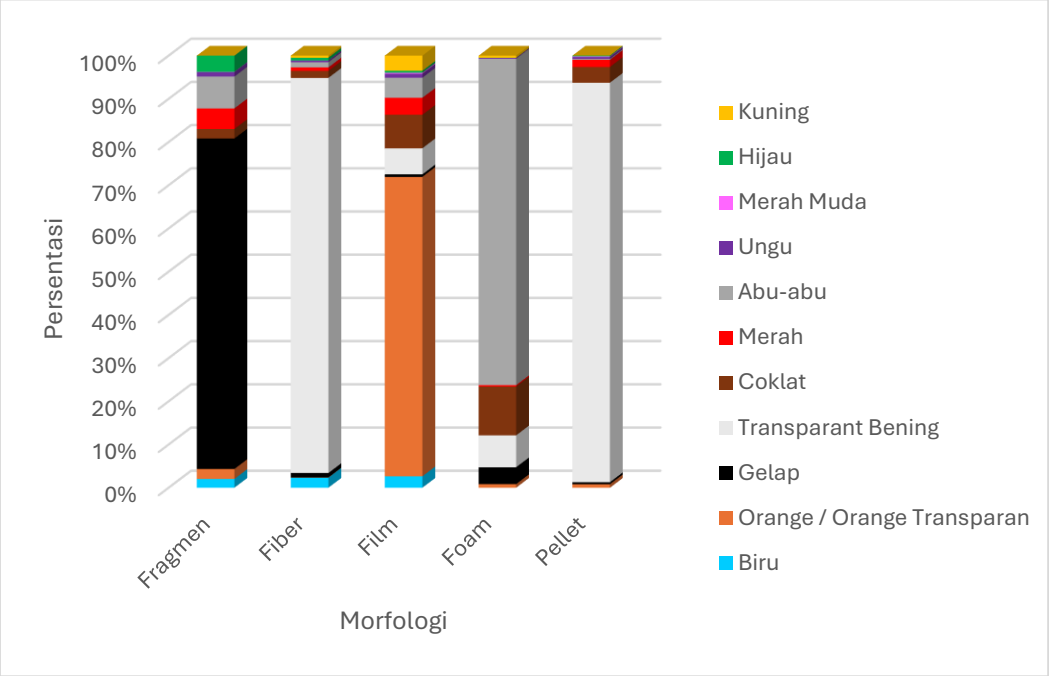
Gambar 4. 12 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Outlet 1



Gambar 4. 13 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Inlet 2



Gambar 4. 14 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Outlet 2



Gambar 4. 15 Grafik Pengelompokkan Warna Mikroplastik Seluruh Sampel

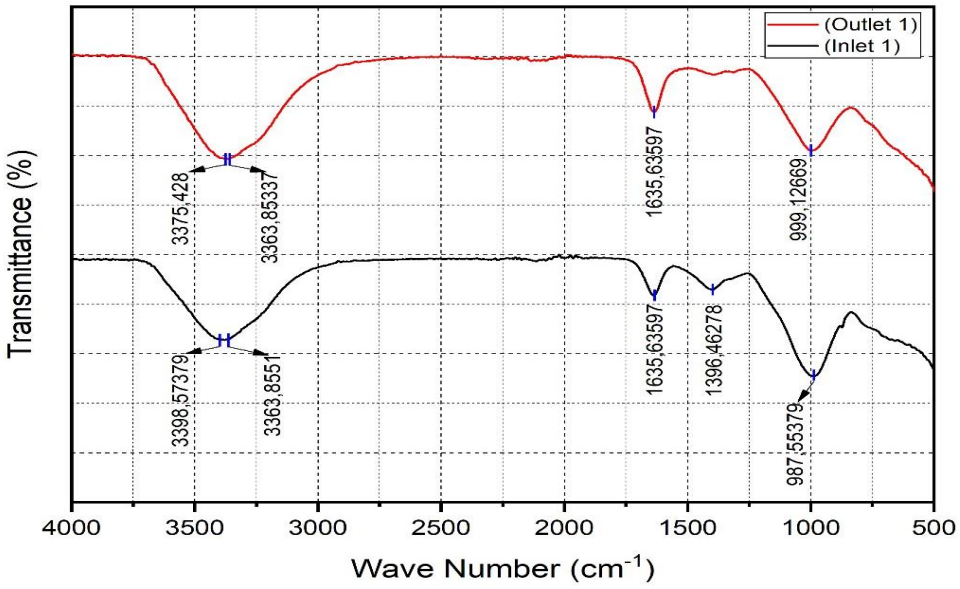
Pada Inlet 1 mengidentifikasi seluruh warna kecuali merah muda. Persentase tertinggi adalah pelet berwarna transparan sebesar 92%. Pada Outlet 1 mengidentifikasi seluruh warna kecuali ungu dan merah muda. Persentase tertinggi adalah pelet berwarna transparan sebesar 96%. Pada Inlet 2 mengidentifikasi seluruh warna. Persentase tertinggi adalah pelet berwarna transparan bening sebesar 91%. Pada Outlet 2 mengidentifikasi seluruh warna kecuali ungu dan merah muda. Persentase tertinggi adalah pelet dan fiber berwarna transparan sama-sama sebesar 93%.

Jumlah warna mikroplastik berdasarkan seluruh morfologi, pada fragmen dominan ditemukan berwarna gelap sebesar 4.252 atau 76% dari total fragmen. Fiber didominasi warna transparan bening sebesar 11.075 atau 91% dari total fiber. Film didominasi warna orange transparant sebesar 9.671 atau 69% dari total film. Foam didominasi warna abu-abu sebesar 13.250 atau 76% dari total foam. Pellet didominasi warna transparan bening sebesar 8.927 atau 93% dari total pellet.

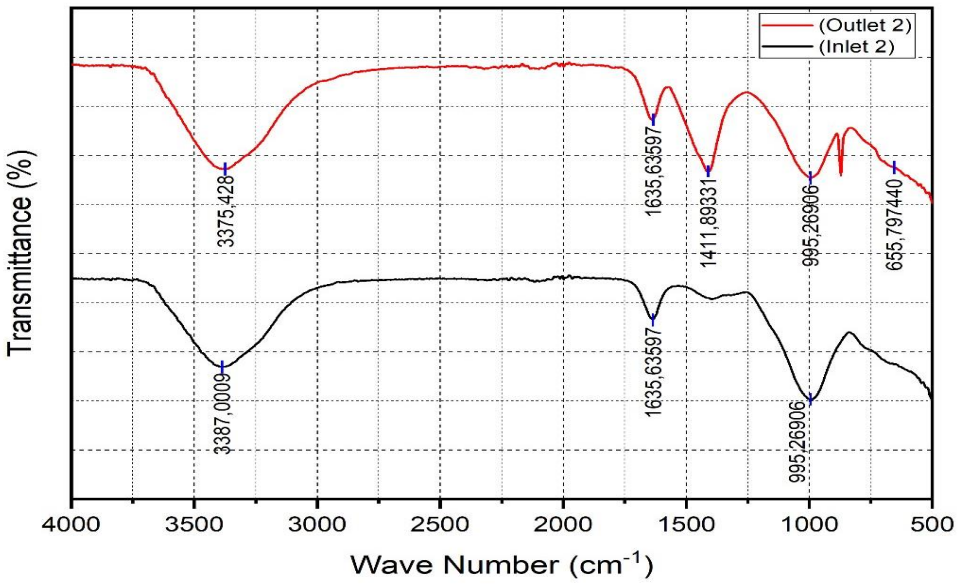
Identifikasi mikroplastik berwarna dominan gelap, transparan, orange (Azmi, G. 2023) dan abu-abu ditemukan pada area TPA seperti tanah, air tanah dan lindi IPL (Utami I. & Liani M. 2021). Pada IPL keberadaan fragmen gelap dapat terbentuk melalui fragmentasi benda-benda plastik yang lebih besar dan pelindian kimiawi komponen plastik di bawah penyinaran UV atau kondisi lingkungan (Rummel C, et al. 2021). Fiber transparan atau serat yang ditemukan di instalasi pengolahan lindi berasal dari berbagai sumber seperti tekstil sintetis, kemasan plastik, dan bahan lain yang terurai menjadi serat mikro. Transparansi serat-serat ini disebabkan oleh komposisinya. Pada morfologi pelet bisa berwarna gelap atau transparan dapat terurai menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil dari waktu ke waktu sehingga pada prosesnya memungkinkan warna asli mengalami pudar. Film berwarna oranye dapat muncul melalui adsorpsi pada lingkungan lindi yang menyebabkan perubahan warna sehingga mikroplastik tampak memiliki warna orange. Foam abu-abu berasal dari degradasi foam poliuretan yang digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti furniture, pengemasan, dan isolasi. Warna abu-abu disebabkan oleh komposisi bahan busa. Ketika mikroplastik terurai, senyawa organik dapat terserap ke permukaannya termasuk zat berwarna dari lingkungan sekitar. Kehadiran karbon organik terlarut dalam lindi dapat berinteraksi dengan mikroplastik mempengaruhi kimia permukaannya dan memungkinkan menyebabkan perubahan warna (Collins A, et al. 2023).

4.3 Analisis Mikroplastik dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Hasil pengujian FTIR sampel air lindi bertujuan untuk mendeteksi gugus fungsi yang menunjukkan keberadaan jenis polimer mikroplastik tertentu. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap 4 sampel. Pengujian menggunakan FTIR dengan tipe IRTracer-100 merk Shimadzu. Hasil gelombang keseluruhan spektrum uji FTIR, menunjukkan terdapat polimer yang teridentifikasi.



Gambar 4. 16 Grafik Gelombang Inlet 1 & Outlet 1



Gambar 4. 17 Grafik Gelombang Inlet 2 & Outlet 2

Berdasarkan pembacaan gelombang puncak pada Gambar 4.16 dan 4.17 dugaan identifikasi polimer adalah jenis Nylon (*all Polyamides*), *Polymethyl Methacrylate* (PMMA), *Polypropylene* (PP), *Polycarbonate* (PC), dan Politetrafluoroetilena (PTFE). Identifikasi berdasarkan ditemukannya jenis polimer pada masing-masing peak sampel, analisis hasil interpretasi karakteristik *Peak* FTIR pada sampel mikroplastik pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Identifikasi Kharakteristik Peak FTIR pada Mikroplastik

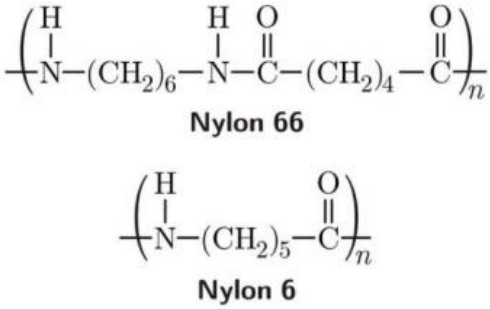
Titik Sampel	Karakteristik Peaks (cm^-1)		Gugus Fungsi	Intensitas	Jenis Polimer
	Referensi: Al-Fath et al (2024), Pratiwi et al, 2023, Veerasingam, et al. (2020), Kristianingrum (2017), Nandiyanto & Ragadhita (2019), Vijayakumari et al. (2013)	Hasil			
Inlet 1	1680 - 1620	1635,64	C=O	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)

Titik Sampel	Karakteristik Peaks (cm^-1)		Gugus Fungsi	Intensitas	Jenis Polimer
	Referensi: Al-Fath et al (2024), Pratiwi et al, 2023, Veerasingam, et al. (2020), Kristianingrum (2017), Nandiyanto & Ragadhita (2019), Vijayakumari et al. (2013)	Hasil			
	3310 - 3500	3363,86	N-H	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	3400 - 3380	3398,57	N-H	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	1187 -1438,14	1396,46	CH_3	*Bending*	PMMA
	984 - 1187	987,55	CH_3	*Rocking*	PMMA
Outlet 1	1634 - 1650	1635,64	C=O	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	3310 - 3500	3363,86	N-H	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	3400 - 3380	3375,43	N-H	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	700 - 1300	999,13	C-C	*Streching*	PP
Inlet 2	3310 - 3500	3387	N-H	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	1680 - 1620	1634,64	C=O	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	984 - 1187	995,27	CH_3	*Rocking*	PMMA

Titik Sampel	Karakteristik Peaks (cm^-1)		Gugus Fungsi	Intensitas	Jenis Polimer
	Referensi: Al-Fath et al (2024), Pratiwi et al, 2023, Veerasingam, et al. (2020), Kristianingrum (2017), Nandiyanto & Ragadhita (2019), Vijayakumari et al. (2013)	Hasil			
Outlet 2	3310 - 3500	3375,43	N-H	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	1680 - 1620	1635,64	C=O	*Streching*	Nylon (*all Polyamides*)
	600 - 1500	1411,89	*Aromatic ring*	*Streching*	PC
	984 - 1187	995,27	CH_3	*Rocking*	PMMA
	553,27 – 663,51	655,80	*C-C-F*	*Bending*	PTFE

Identifikasi jenis nylon (*all Polyamides*) pada kemunculan *peak* pada bilangan gelombang, 3363,86 cm^{-1}, 3375,43 cm^{-1} dan 3398,57 cm^{-1} yang merupakan vibrasi N-H *Streching* juga pada bilangan gelombang 1635,64 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C=O *Streching*. Pola getar pada molekul yang dihasilkan sinar laser dan mengenai gugus fungsi pada sampel sehingga memunculkan *peak*/puncak disebut dengan vibrasi Dr G., Paul & Dr R, Chris (2006). Berdasarkan identifikasi hasil terhadap gugus fungsi dan intensitas, menunjukkan kecenderungan ciri dari rangkaian struktur kimia jenis polimer nylon semua poliamida. Nylon merupakan jenis plastik yang masuk pada kelompok plastik poliamida. Nylon dicirikan oleh kelompok amida (CONH) dan mencakup berbagai jenis material seperti Nylon 6,6; Nylon 6,12; Nylon 4,6: Nilon 6; Nylon 12 dan seterusnya (British Plastics Federation, 2024). Nylon 6 dan Nylon 66 merupakan

dua jenis nylon yang umum digunakan. Pada intensitas puncak yang merupakan puncak peregangan pada gugus fungsi Nylon, diidentifikasi memiliki kesamaan dengan bagian gugus fungsi terutama pada Nylon 6 dan Nylon 66 menurut Annisa N. et al. (2024).



Gambar 4. 18 Struktur Kimia Nylon 66 dan Nylon 6

Mikroplastik dengan jenis *nylon* merupakan polimer sintesis yang masuk dalam *polyamide* bersifat kuat, elastisitas tinggi dan tahan gesekan. Menurut Pratiwi et al (2023) diduga bersumber dari serat kain pada pakaian, tali pancing, jaring, karpet bulu, tali, sikat gigi dan selang yang berasal dari limbah rumah tangga. Umumnya identifikasi mikroplastik fiber diduga masuk pada jenis *nylon*. Nylon diidentifikasi dapat berbentuk fragmen, film yang berasal dari kemasan obat dan makanan, dan pelet yang berasal dari serat selang air.

Polymethyl Methacrylate (PMMA) adalah polimer yang terbuat dari monomer metil metakrilat (MMA). Struktur kimia PMMA terdiri dari rantai utama yang terdiri dari atom karbon yang terikat dengan gugus metil dan gugus karbonil. PMMA memiliki sifat-sifat seperti plastik transparan, kekuatan tumbukan yang baik, dan ketahanan suhu yang cukup baik menurut Rojimba (2016). Identifikasi PMMA pada kemunculan *peak* dengan intensitas CH_3 *rocking* dan CH_3 *bending*. Ketika gugus metil CH_3 dalam PMMA mengalami deformasi terjadi perubahan dalm ikatan kimia disebut dengan fenomena CH_3 bending, merupakan perubahan sudut antara ikatan karbon-hidrogen dalam gugus metil. Sedangkan pada CH_3 *rocking* terjadi pergerakan gugus metil yang tidak terlalu besar namun signifikan karena mengakibatkan perubahan dalam dipol *moment* molekul. Struktur polimer PMMA digambarkan sebagai 2, struktur monomer yaitu CH_2=C(COOCH_3)−CH_3 dan polimerisasi yaitu, (−CH_2−C(COOCH_3) −CH_3−)*n*. Sumber keberadaan PMMA

pada timbunan sampah bisa saja berasal dari botol, wadah plastik, peralatan elektronik, pakaian dan perhiasan aksesoris (Pinem & Angela, 2011).

Polypropylene (PP) adalah polimer yang terbuat dari monomer propilena. Struktur kimia PP terdiri dari rantai utama yang terdiri dari atom karbon yang terikat dalam ikatan C-C dan C-H. PP memiliki sifat-sifat seperti plastik yang kuat, tahan impact, dan isolator yang baik. Identifikasi PP pada kemunculan *peak* dengan intensitas C-C *streching* memiliki struktur kimia CH_2−CH(CH_3)−CH_2−(CH_2)*n* −CH_3. Potensi sumber nya adalah serpihan cat pelapis berbahan resin, atau jarring. Pada umumnya ditemukan pada mikroplastik jenis fiber dan fragmen (Kurnianto et al, 2024).

Polycarbonate (PC) adalah polimer yang terbuat dari monomer fenol dan formaldehida. Identifikasi intensitas *aromatic ring stretching* pada PC terjadi karena perubahan dalam ikatan kimia antara atom karbon yang terikat dalam cincin benzena (Setianingrum, 2011). Ketika rantai polimer PC mengalami deformasi, ikatan C-C dalam cincin benzena akan mengalami perubahan, menyebabkan pergeseran gelombang IR. Menurut Kurnianto et al (2024), struktur polimernya yaitu $C_6H_4(CO_3)^2$−($C_6H_4(CO_3)^2$)*n*. Pada bentuk morfologinya dapat berupa fiber terfragmentasi, film, foam busa ringan, dan pellet.

Politetrafluoroetilena PTFE adalah polimer yang terbuat dari monomer tetrafluoroetilena. PTFE memiliki sifat-sifat seperti plastik yang tahan suhu tinggi, tahan korosi, dan isolator yang baik. Identifikasi intensitas C-C-F *bending* pada PTFE terjadi karena perubahan dalam ikatan kimia antara atom karbon dan fluorin yang terikat dalam rantai utama polimer. Ketika rantai PTFE mengalami deformasi, ikatan C-C-F akan mengalami perubahan, menyebabkan pergeseran gelombang IR. Struktur kimia yaitu, (−CF_2−CF_2−CF_2−)*n*. Potensikeberadaannya bersumber dari kemasan obat, peralatan industri dan kemasan makanan. Pada degradasi potensi bentuk morfologinya berupa fiber terfragmentasi, film dan fragmen menurut Dewi (2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Mendoza (2019) mikroplastik memiliki daya apung dan kepadatan sifat pada plastik. Pada kondisi lingkungan dengan paparan zat aditif, polutan organik persisten dan logam berat, sifat plastik pada mikroplastik

dapat berubah akibat adsorbsi dan desorbsi zat tersebut oleh mikroplastik. Perubahan tersebut memungkinkan jenis polimer sintetik dengan densitas yang rendah tidak terdeteksi. Selain itu keberadaan makroplastik memiliki peran dalam hasil identifikasi polimer pada mikroplastik. Menurut Su L. et al. (2016) volume mikroplastik yang lebih besar memberikan hasil konsentrasi polimer yang lebih baik. Kumpulan partikel mikroplastik dengan ukuran kecil memiliki perbedaan kepadatan berkali lipat lebih besar apabila dibandingkan dengan kepadatan makroplastik.

4.4 Analisis Logam Berat pada Air Lindi dengan Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Logam berat zink dan kromium pada air lindi diukur menggunakan SSA *flame* merk GBC. Pengukuran dilakukan menggunakan sampel berupa cairan. Uji dilakukan pada 4 sampel air lindi yang telah didestruksi. Adapun proses destruksi yang dilakukan mengacu pada SNI 6989.84:2019.

Faktor tingkat pelepasan polutan logam zink dan kromium dari sampah yang tertimbun mempengaruhi faktor utama proses pelindian logam berat. Faktor utamanya antara lain, bentuk kimia unsur dan cara ikatannya dengan matriks, bentuk, wujud dan ukuran partikel bahan, suhu bahan dan lingkungan, potensial redoks dan waktu kontak antara bahan dan cairan atau tanah. Hasil pengujian yang dilakukan oleh Krol, et al. (2020) menyebutkan bahwa terdapat ketergantungan kuat antara pelindian logam zink dan kromium pada pH.

4.4.1 Logam Berat Zink (Zn) dan Kromium (Cr)

Pada hasil analisis data yang dilakukan pada logam berat zink dan kromium di air lindi dilakukan perbandingkan dengan hasil literatur pada Tabel 4.6. Hasil perhitungan logam Zn dan Cr terdapat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5. Antara literatur dan hasil analisis data terdapat persamaan berupa sampel lindi dan kondisi lingkungan berupa pH.

Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil dengan Literatur

<table>
<tr><td rowspan="2">Titik Sampel</td><td>Logam Cr pada Lindi</td><td colspan="2">Referensi</td><td>Logam Zn pada Lindi</td><td colspan="2">Referensi</td></tr>
<tr><td>mg/L</td><td>Agbemafle R. et al. (2020)</td><td>Krol, et al. (2020)</td><td>mg/L</td><td>Agbemafle R. et al. (2020)</td><td>Krol, et al. (2020)</td></tr>
<tr><td>Inlet 1</td><td>0,0002</td><td rowspan="4">Kandungan logam kromium pada air lindi ditemukan dengan kadar di bawah angka 1. pH dan konduktivitas lindi mempengaruhi kelimpahan logam. Kelimpahan logam Cr lebih tinggi pada usia IPL Transisi (Inlet 2 & Outlet 2) dari pada IPL Lama (Inlet 1 & Outlet 1). Pengaruh usia IPL Transisi meningkatkan asam volatil sehingga mempengaruhi keberadaan logam Cr.</td><td rowspan="4">Ketergantungan Cr tertinggi adalah pada kondisi asam yaitu pH 3 kemudian terjadi penurunan signifikan ketika terjadi perubahan hingga pH 8. Sehingga mempengaruhi identifikasi logam Cr apabila merujuk pada tabel</td><td>6,287</td><td rowspan="4">Logam zink pada air lindi ditemukan dalam kadar dibawah angka 2. pH dan konduktivitas lindi mempengaruhi kelimpahan logam. Kelimpahan logam Zn lebih tinggi pada usia IPL Lama (Inlet 1 & Outlet 1) dari pada IPL Transisi (Inlet 2 & Outlet 2). Pengaruh usia IPL Lama menyebabkan penurunan degradasi sehingga mempengaruhi keberadaan logam Zn.</td><td rowspan="4">Ketergantungan Zn tertinggi pada kondisi asam adalah pada pH 3 kemudian terjadi penurunan ketika terjadi perubahan hingga pH 8.</td></tr>
<tr><td>Outlet 1</td><td>0,0001</td><td>0,531</td></tr>
<tr><td>Inlet 2</td><td>0,0003</td><td>0,479</td></tr>
<tr><td>Outlet 2</td><td>0,0001</td><td>0,398</td></tr>
</table>

Hasil uji logam Cr pada Outlet 1 sebesar 0,0001 mg/L dan pada Outlet 2 sebesar 0,0001 mg/L. Hasil uji logam Zn pada Outlet 1 sebesar 0,531 mg/L dan pada Outlet 2 sebesar 0,398 mg/L. Mengacu pada baku mutu air untuk kegiatan TPA Sampah yang berlaku pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Baku Mutu Air untuk Kegiatan TPA Sampah

Parameter	Kadar Paling Banyak	Beban Pencemaran Paling Banyak
	(mg/L)	(Kg/Ton)
Suhu	±3℃ terhadap suhu udara	
BOD	100	-
COD	300	-
TDS	2.000	-
TSS	100	-
Merkuri (Hg)	0,05	-
Seng (Zn)	5	-
Besi (Fe)	2	-
Krom Total (Cr)	0,5	-
Tembaga (Cu)	0,5	-
Timbal (Pb)	0,1	-
pH	6,0 – 9,0	
Debit limbah Paling Banyak	-	

Sumber: Perda DIY No. 7 Tahun 2016

Kadar kandungan Cr dan Zn pada Outlet 1 dan Outlet 2 berdasarkan acuan baku mutu tersebut, kedua logam berat memenuhi baku mutu. Aliran outlet kedua IPL dialirkan ke Sungai Opak melalui saluran tertutup, sehingga mengacu pada Baku mutu Air Sungai dan sejenisnya, pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada lampiran VI. Hasil pengujian uji logam Cr dan Zn pada Outlet 1 dan Outlet 2 memenuhi pada Kelas 4, merupakan air yang

diperuntukannya untuk mengairi pertanaman dan/atau yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.

4.5 Analisis Logam Berat pada Mikroplastik dengan Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Logam berat zink dan kromium diukur menggunakan SSA flame merk GBC. Pengukuran dilakukan menggunakan sampel berupa cairan. Uji dilakukan pada 6 sampel mikroplastik hasil destruksi whatman. Adapun proses destruksi yang dilakukan mengacu pada SNI 6989.84:2019. Hasil pengukuran kandungan logam berat zink dan kromium pada mikroplastik disajikan pada Tabel 4.9. dan Tabel 4.10.

Berdasarkan hasil penelitian Almahdahulhizah (2019) dan Turner & Holmes (2015) keberadan logam berat zink dan kromium pada mikroplastik dapat terjadi karena faktor lingkungan. Kondisi air lindi dengan kadar basa yaitu pH>7,5 menjadi suasana yang baik untuk bakteri mendegradasi plastik menjadi mikroplastik. Ketika sifat fisik mikroplastik berubah, terjadi perpindahan logam pada air lindi ke mikroplastik. Dalam kondisi tersebut, berdasarkan Tabel 4.3 nilai pH sampel logam berat zink dan kromium pada mikroplastik yaitu Inlet 1, Outlet 1, Inlet 2 dan Outlet 2 memiliki kondisi yang memungkinkan terjadinya perpindahan logam berat zink dan kromium ke mikroplastik.

4.5.1 Logam Zink (Zn)

Dalam melakukan uji sampel menggunakan SSA terdapat LoD yang dihitung berdasarkan data konsentrasi dan Abs. *Limit of Detection* (LoD) dari logam zink adalah 3,814 mg/gr. Data analisis SSA logam Zn pada Tabel 4.8 dan Lampiran 6.

Tabel 4. 8 Analisis Logam Zn pada Mikrplastik dengan SSA

Sampel	**Kadar Logam Zn pada Mikroplastik**
Label	**mg/gr**
Inlet 1	6,899
Outlet 1	4,355
Inlet 2	3,325
Outlet 2	3,098

Logam berat zink terdeteksi pada mikroplastik di 4 sampel berkisar 3,098 mg/gr – 6,899 mg/gr. Kandungan logam zink terendah terdapat pada sampel Outlet 2 (3,098 mg/gr). Kandungan tertinggi zink yaitu pada sampel Inlet 1, sedangkan terendah yaitu pada Outlet 2. Keberadaan Zn pada mikroplastik terjadi

4.5.2 Logam Kromium (Cr)

Dalam melakukan uji sampel menggunakan SSA terdapat LoD yang dihitung berdasarkan data konsentrasi dan Abs. *Limit of Detection* (LoD) dari logam kromium adalah 5,764 mg/gr. Data analisis SSA logam Cr pada Tabel 4.9. dan Lampiran 7.

Tabel 4. 9 Analisis Logam Cr pada Mikrplastik dengan SSA

Sampel	**Kadar Logam Cr pada Mikroplastik**
Label	**mg/gr**
Inlet 1	ND
Outlet 1	ND
Inlet 2	ND
Outlet 2	ND

Logam berat kromium tidak ditemukan atau *Not Found* (ND) pada mikroplastik. Berdasarkan hasil penelitian Sewwandi ,et al (2024) penyerapan logam Cr lebih baik pada mikroplastik jenis *Polyethylene* (PE) ketika peningkatan pH larutan mencapai pH 6 dari pH awal 2. Merujuk pada Tabel 4.5. jenis polimer PE tidak masuk jenis polimer yang diidentifikasi pada sampel mikroplastik. Apabila faktor pH sampel memenuhi seperti dicantumkan pada Tabel 4.3. bukan berarti Cr dapat bereaksi dengan mikroplastik. Menurut Godoy ,et al (2020) menduga terdapat pengaruh sifat-sifat seperti luas permukaan dan porositas atau keausan permukaan pada mikroplastik mempengaruhi keberadaan maupun waktu kontak Cr pada permukaan mikroplastik.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis data yang dilakukan, didapatkan Kesimpulan- kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Mikroplastik pada air lindi di TPA Piyungan telah diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop. Morfologi mikroplastik yang ditemukan berupa fragmen, fiber, film, foam, dan pellet. Bentuk yang paling dominan yaitu bentuk foam berwarna abu-abu dengan jumlah terbanyak pada Inlet 1 sebanyak 7.348 partikel. Kelimpahan mikroplastik dengan jumlah terbanyak, yaitu sebesar 178,08 partikel/L. pada Inlet 1 air lindi TPA Piyungan Yogyakarta. Pada mikroplastik identifikasi jenis polimer yaitu Nylon (*all Polyamides*), PMMA, PP, PC, dan PTFE.
2. Konsentrasi logam Zn dengan kadar tertinggi pada Inlet 1, sebesar 6,287 mg/L dan konsentrasi logam Cr dengan kadar tertinggi pada Inlet 2 yaitu sebesar 0,0002 mg/L di air lindi TPA Piyungan Yogyakarta.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis data yang dilakukan, didapatkan beberapa saran antara lain:

1. Saran untuk pemerintah
   a) Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan D.I Yogyakarta perlu melakukan pemantauan terhadap kandungan cemaran mikroplastik dan logam berat pada lindi TPA Piyungan.
2. Saran untuk masyarakat
   a) Melakukan pemilahan sampah rumah tangga berdasarkan jenis.
   b) Membatasi penggunaan barang dan alat berbahan plastik sekali pakai.
3. Saran untuk peneliti lain
   a) Perlu memperhatikan kondisi cuaca ketika akan sampling agar dapat mengidentifikasi makroplastik pada air lindi.

b) Diharapkan pada penelitian selanjutnya menambahkan parameter makroplastik untuk mengetahui kelimpahan, sehingga dapat membandingkan dengan kelimpahan mikroplastik juga menambahkan kaitan penyisihan teknologi pada IPL TPA Piyungan terhadap mikroplastik.
c) Kualitas instrument identifikasi logam dan polimer mikroplastik memiliki peran penting dalam penelitian. Alat instrument yang digunakan harus memiliki validitas dan reabilitas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Agbemafle R. et al. (2020). *Heavy Metal Concentrations in Leachates and Crops GrownAround Waste Dumpsites in Sekondi-Takoradi in the WesternRegion of Ghana. Department of Laboratory Technology, College of Agriculture and Natural Sciences, School of Physical Sciences, University of Cape Coast, Ghana*.
DOI:10.3923/rjet.2020.16.25

Al-Fath et al (2024). *Physical Characteristics of Black Soldier Fly Maggot Chitosan/ Polyvinyl Alcohol/Polyacrylonitrile-based Polymer Electrolyte Membrane Incorporated with Ammonium Chloride.* Teknik Kimia , Universitas Sumatera Utara. Page 63-70
https://doi.org/10.32734/jtk.v13i1.15595

Almahdahulhizah, V. (2019). Analisis Kelimpahan dan Jenis Mikroplastik pada Air dan Sedimen di Sungai Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang. Page 50.
https://repository.ub.ac.id/id/eprint/170404/

Ambasari, D. A., & Anggiani, M. (2022). KAJIAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI WILAYAH PERAIRAN LAUT INDONESIA Diah Ayu Ambarsari 1* dan Milani Anggiani 2. 47, 20–28.

Annisa N. Et al. (2024). *Identification of microplastic types in the Martapura River's water, sediment, and fish using* FTIR (*Case Study: Loktangga Village and Teluk Muara Kelayan) South Kalimantan. National Research and Innovation Agency (BRIN), Research Center for Chemistry*. Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia.
https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450301001

Azizah P., et al. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Semarang.
https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/28197/24298

Azmi, G. 2023. Identifikasi Mikroplastik pada Air Tanah Sekitar TPA Talang Gulo Non Aktif Jambi. Fakultas Teknik Lingkungan. Universitas Batanghari. Jambi. http://repository.unbari.ac.id/3085/

Badan Standarisasi Nasional. 2008. Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. SNI 6989.59:2008

Badan Standarisasi Nasional. 2019. Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA). SNI 6989.84:2019

Boerger CM, Lattin GL, Moore SL, Moore CJ (2010) *Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre*. Mar Pollut Bull 60:2275–2278. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21067782/

British Plastics Federation. (2024, 12 Juni). Nylons (Polyamide). Diakses pada 12 Juni 2024, (21.00 WIB) dari xzhttps://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/Polyamides.aspx

Browne, M.A., Niven, S.J., Galloway, T.S., Rowland, S.J., Thompson, R.C., (2013). *Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity*. Curr. Biol. 23, 2388–2392. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24309271/

Collins, et al. (2023). *Emerging investigator series: microplastic-based leachate formation under UV irradiation: the extent, characteristics, and mechanisms. Published in final edited form as:Environ Sci (Camb).* 2023; 9(2): 363–374. doi: 10.1039/d2ew00423b

Dena N. H. 2004. Skripsi Pengolahan Air lindi Dengan Menggunakan Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). UPN "Veteran" Jatim. Surabaya. (Tidak Dipublikasikan)

Deng Y., et al. (2017). *Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. Scientific Reports.* https://www.nature.com/articles/srep46687

Dewi 2022. Standarisasi Metode Deteksi dan Identifikasi Mikroplastik Berbasis FTIR-Imaging Microscopy dengan Pendekatan Mapping. Magister Teknologi Pangan. Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang.

Diana, E., 1992. Penentuan Dampak Lokasi Pembuangan Akhir Sampah Secara Sanitary Landfill Bantar Gebang terhadap Kualitas Air Permukaan Tanah dan Sosial Ekonomi Masyarakat di sekitarnya. Tesis. Program Pascasarjana IPB, Bogor
https://repository.ipb.ac.id

Digka, N., Tsangaris, C., Torre, M., Anastasopoulou, A., Zeri, C. (2018): *Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea*. – *Marine Pollution Bulletin* 135: 30-40.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30301041/

Dr G., Paul & Dr R, Chris (2006). European Commission. Heavy metal in waste. Final Report Project ENV.E.3/ETU/2000/0058, February 2002 [report in the Internet]. Denmark: COWI 2002
https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/weee/era_study_final_report.pdf

Faujiah & Wahyuni. (2022). Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Minum serta Potensi Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia. Indonesia.
https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/609/416

Galgani F., *et al.* (2021). *Are Litter, Plastic and Microplastic Quantities Increasing in the Ocean? Microplastic Nanoplastics.*
https://microplastics.springeropen.com/articles/10.1186/s43591-020-00002-8

Godoy, et al. (2020). *Microplastics as Vectors of Chromium and Lead during Dynamic Simulation of the Human Gastrointestinal Tract. Department of Chemical Engineering, Faculty of Sciences,* University of Granada, Avda. Fuentenueva s/n, 18071 Granada, Spain.
https://doi.org/10.3390/su12114792

Gonti Putra E. A. (2016). Studi Sebaran Air Lindi Di Sekitar Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan Kabupaten Bantul Dengan Penentuan

Isotop Stabil (2H,18O) dan Kimia Air. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Sarjana S-1 Program Studi Teknik Nuklir. https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/104437

Hanif, et al. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. Departemen Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr

Hansen, et al. (2013). Zat Berbahaya dalam Bahan Plastik. Klima- dan forurensnings direktoratet; Vejle, Denmark: 2013. https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/72_ta3017.pdf

Haz L. F. (2018). *Study Toxicity of Leachate in Wastewater Treatment Plant of TPST Piyungan Using Whole Effluent Toxicity (WET) Method With Nile Tilapia (Oreochromis niloticus)*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. https://www.researchgate.net/publication/332937984_Toxicity_Analysis_of_Effluent_of_Leachate_Treatment_Facility_of_Piyungan_Landfill_Using_Cyprinus_carpio

Hidalgo-Ruz et, al (2012) *Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. Environ Sci Technol* 46:3060–3075. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22321064/

Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote , Provinsi Nusa Tenggara Timur *Condition of microplastic garbage in sea surface water at around Kupang and Rote , East Nusa Tenggara Province*. 5 , 165 171. https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050204

Hutomo (2011). ANALISA KARAKTER TIMBULAN LINDI (pH, COD, BOD DAN TSS) DARI BERBAGAI UMUR SAMPAH PERKOTAAN MENGGUNAKAN KOLOM *LANDFILL* SECARA SERI. Universitas Islam Indonesia. https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/35358

Ibrahim, et al. (2023) Analisis Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Semarang, Jawa Tengah. Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr

Ja'rlskog I., et al. (2020). *Occurrence of Tire and Bitumen Wear Microplastics on Urban Streets and in Sweepsand and Washwater*. *Sci. Total Enviroment.* https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138950

Kalangie D. J. M., Suprijanto J., dan Widowati I. (2018). Kandungan Seng (Zn) Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Darah (*Anadara granosa* L) Di Perairan Tambaklorok Semarang. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/25887/23070

Kristianingrum. (2017). Handout Spektroskopi Infra Merah. Universitas Negri Yogyakarta.

Krol, et al. (2020). *An Assessment of pH-dependent Release and Mobility of Heavy Metals From Metallurgical Slag. Journal of Hazardous Material.* Elsevier. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121502

Kurnianto, et al, (2024). Konsentrasi Mikroplastik Pada Makroalga Di Zona Intertidal, Pulau Karimunjawa. Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada. Vol. 27(2):311-322. DOI: https://doi.org/10.14710/jkt.v27i2.22788

Lusher, et al. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture: Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. Roma: Food and Agriclture Organization of The United Nations.*

M. Eriksen , C. Laurent , S. Henry, M. Thiel, C. Moore, J. Borerro, F. Galgani, P. Ryan dan J. Reisser, "*Plastic Pollution in the World's Oceans: More Than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing Over 250,000 Tons Afloat at Sea*," *PLoS One,* vol. 9 (12), no. 111913, 2014. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111913

Massos A., Turner A. Cadmium, timbal dan brom dalam mikroplastik yang terdampar. Mengepung. Polusi. 2017.

McBean, Edward A, *et al.* 1995. *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. Englewood Cliffs. New jersey. https://primopmtca01.hosted.exlibrisgroup.com/primoexplore/fulldisplay/01SFUL_ALMA21169084050003611/SFUL

Mendoza Rios. (2019). *Microplastics in freshwater environments: A review quantification assessment. TrAC Trends in Analyical Chemistry. Pages* 402-408. https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.020

Michael & Krebs. (2017). *Zink Deficiency: A Special Challenge. Journal of Nutrition. University of Colorado*. DOI:10.1093/jn/137.4.1101

Nandiyanto & Ragadhita (2019). How to Read and Interpret FTIR Spectroscope of Organic Material. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung. Indonesia. http://ejournal.upi.edu/imdex.php/ijost/

Oz, N., Kadizade., G. dan Yurtsever, M. (2019*). Investigation of Heavy Metal Adsorption on Microplastics*, *Engineering Faculty*, Sakarya University. Turkey. https://acikerisim.sakarya.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12619/5037/10.15666%20aeer%201704_73017310.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada lampiran VI.

Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah pada Lampiran I.

Pinem & Angela, (2011). Sintesis Dan Karakterisasi Membran Hibrid PMMA/TEOT: Pengaruh Konsentrasi Polimer. Teknik Kimia. Universitas Riau. B15-1.

Putri S. (2023). Identifikasi Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik pada Air dan Sedimen Sungai Gending Kabupaten Probolinggo. UIN Sunan Ampel. Surabaya.

Putro (2021). Identifikasi Keberadaan Mikroplastik pada Sedimen di Sungai Winongo Yogyakarta. Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia. Page 45-47. https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/36498/17513029%20Dhaifan%20Haryo%20Wikaning%20Putro.pdf?sequence=1

Pratiwi, et al., (2023). Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Ikan yang Didaratkan di Pantai Rebo Kabupaten Bangka. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung. http://doi.org/10.29303/jp.v13i3.601

Rojimba. 2016. STUDI PENGARUH PENAMBAHAN SiO2 TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT FOTOPOLIMER PMMA/SiO2 SEBAGAI KANDIDAT BAHAN DENTAL FILLER. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Rummel C, et al. (2021). *Effects of leachates from UV-weathered microplastic on the microalgae Scenedesmus vacuolatus. Volume* 414, *pages* 1469–1479. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-021-03798-3

S. Wright & F. Kelly, "*Plastic and Human Health : A Micro Issue"*. *Environmental Science and Technology*, vol. 51, no. 6634-6647, 2017. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28531345/

Sarkar Sumon, Diab Hanin, and Thompson Jonathan. (2023). Microplastic Pollution: *Chemical Characterization and Impact on Wildlife. Environmental Research and Public Health*. PMCID: PMC9914693. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9914693/

Senoaji F. & Lesmana B. S. (2021). Analisis Pola Sebaran Kualitas Air Sumurdi Kawasan TPST Piyungan. Semesta Teknika. Vol. 24 No.1, 62-68.

https://journal.umy.ac.id.13001/6861

Setianingrum. 2011. Peningkatan Fluoresensi pada Komposit Europium Trietilena Glikol Pikrat/Polimetilmetakrilat untuk Aplikasi Fotosensor. Program Ekstensi. Universitas Indonesia. Depok

Sewwandi, et al. (2024). *Interactions and Transport of Hexavalent Chromium with Microplastics in Detergent-Dissolved Water. Physics and Chemistry of the Eart.* Sri Langka.
https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103528

Simon, W.A. 2007. Pemrosesan Sampah Di TPA Sampah Pitungan Melalui Daur Ulang Dan Pengomposan. Istitut Teknologi Bandung. Bandung.
https://digilib.itb.ac.id/

Su L. et al. (2016) *Microplastics in Taihu Lake, China. Environmental Pollution. Pages* 711-719.
10.1016/j.envpol.2016.06.036

Su Maria, et al. (2016). WATER QUALITY ANALYSIS DISTRIBUTED TPA SUMOMPO SITE MANADO CITY. FakultasPertanianUniversitas Sam Ratulangi, Manado.
https://doi.org/10.35791/cocos.v1i5.15892

Sugandi, D., Agustiawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., & Wahyuni, N. (2021). Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak. Positron , 11 (2), 112.
https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.49355

Supeni & Syamsuddin. (2003). Pengaruh Logam Berbahaya Terhadap Kualitas Kemasan Plastik. BULLETIN PENELITIAN, Vol.XXV, No.3.
https://media.neliti.com/media/publications/178591-ID-pengaruh-logam-berbahaya-terhadap-kualit.pdf

Supit Alva, et al. 2022. Mikroplastik sebagai Kontaminan Anyar dan Efek Toksiknya terhadap Kesehatan. Jurnal Kesehatan. 13(1) : 199 – 208.
https://ejurnal.poltekkes-tkj.ac.id.2511

Sutanhaji, et al. (2023). *Analysis of Abundance Microplastic in Surface Water in Metro River*, Malang. Volume 8 Nomor 2 : 74-84. Universitas Brawijaya.

https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.3

Tabrez A. Khan, Momina Nazir, Imran Ali, Ajeet Kumar. 2013. *Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solution using Guar Gum–Nano Zink Oxide Biocomposite Adsorbent. Arabian Journal of Chemistry* . *Page:* 10, S2388–S2398

https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.08.019

Tarigan, Z., Edward, & Rozak, A. (2003). Kandungan logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam air laut dan sedimen di muara sungai Membramo Papua dalam kaitannya dengan kepentingan budidaya perikanan. Jurnal Sains, 7(2), 119 - 127.

https://scholarhub.ui.ac.id/science/vol7/iss3/4/

Tchobanoglous, G., H. Theisen, & S.A.Vigil, 1993. *Integrated solid waste management. Engineering principles and management issues*. McGraw Hill International Editions, New York.

https://www.academia.edu/36394026/Solid_Waste_Management

Thomas & Santoso . (2019). Potensi Pencemaran Air Lindi terhadap Air sumur dan Teknik Pengolahan Air Lindi di TPA Banyuroto Kabupaten Kulon Progo. Jurnal Scinence Tech, 5 (2), 1-12.

https://www.researchgate.net/publication/350109974_POTENSI_PENCEMARAN_AIR_LINDI_TERHADAP_AIRTANAH_DAN_TEKNIK_PENGOLAHAN_AIR_LINDI_DI_TPA_BANYUROTO_KABUPATEN_KULON_PROGO

Turner, A. & Holmes, L.A., 2015. *Adsorption of Trace Metals by Microplastic Pellets in Fresh Water. Environmental Chemistry*. 12, 600–610.

https://doi.org/10.1071/EN14143

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan.

http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/JF

Utami I. & Liani M. (2021). Identifikasi Mikroplastik pada Air Sumur Gali di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta. Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan.

http://eprints.uad.ac.id/id/eprint/30568

Veerasingam, et al. (2020). *Contributions of Fourier Transform Infrared Spectroscopy in Microplastic Pollution Research: A Review, Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450

Vijayakumari, et al (2013). *Investigation on the Electrical Properties of Polymer metal Nanocomposites for Physiological Sensing Applications. Department of Biotechnology, Mepco Schlenk Engineering College. Page:* 72-74. DOI:10.1016/j.phpro.2013.10.012

Wang, C., Zhao, J., & Xing, B. (2021). Environmental source, fate, and toxicity of microplastics. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol.407). https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124357

World Health Organization. Environmental health criteria 61: chromium. Geneva: International Programme on Chemical Safety (IPCS); 1988. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/38082/9241571012_eng.pdf?sequence=1

Zurub R., et al. (2024) . *Microplastics Exposure: Implications for Human Fertility, Pregnancy and Child Health*. University of Ottawa, Ottawa, ON, Canada. 10.3389/fendo.2023.1330396

LAMPIRAN

Lampiran 1

Perhitungan berat mikroplastik pada kertas whatman

Rumus:

$$\text{Berat MPs} = Wa - Wo$$

Keterangan:

Berat MPs = Berat mikroplastik (gr)

Wa = Berat Awal kertas whatman (gr)

Wo = Berat Akhir kertas whatman setelah penyaringan sampel (gr)

- Berat MPs Sampel Inlet 1

  Berat MPs Inlet 1 = Wa – Wo

  = 0,6969 gr – 0,2493 gr

  Berat MPs Inlet 1 = 0,448 gr

- Berat MPs Sampel Outlet 1

  Berat MPs Outlet 1 = 0,8469 gr – 0,2498 gr

  Berat MPs Outlet 1 = 0,597 gr

- Berat MPs Sampel Inlet 2

  Berat MPs Inlet 2 = 0,8068 gr – 0,2460 gr

  Berat MPs Inlet 2 = 0,561 gr

- Berat MPs Sampel Outlet 2

  Berat MPs Outlet 2 = 0,7779 gr – 0,2478 gr

  Berat MPs Outlet 2 = 0,530 gr

Lampiran 2

Perhitungan menggunakan rumus kelimpahan mikroplastik pada sampel

Rumus Kelimpahan:

$$K = \frac{n}{v}$$

Keterangan:

K = Kelimpahan mikroplastik partikel/L

n = Jumlah mikroplastik

v = Volume sampel

- Kelimpahan Inlet 1 $= \frac{n}{v}$

  $= \frac{17.808}{100\ mL}$

  = 178,08 partikel/mL

  = 178,08 partikel/mL x 1000 mL/L

  Kelimpahan Inlet 1 = 178,080 partikel/L

- Kelimpahan Outlet 1 $= \frac{9.366}{100\ mL}$

  = 93,66 partikel/mL

  = 93,66 partikel/mL x 1000 mL/L

  Kelimpahan Outlet 1 = 93.660 partikel/L

- Kelimpahan Inlet 2 $= \frac{17.621}{100\ mL}$

  = 176,21 partikel/mL

  = 176,21 partikel/mL x 1000 mL/L

  Kelimpahan Inlet 2 = 176.210 partikel/L

- Kelimpahan Outlet 2 $= \frac{15.413}{100\ mL}$

  = 154,13 partikel/mL

  = 154,13 partikel/mL x 1000 mL/L

Kelimpahan Outlet 2 = 154.130 partikel/L

- Kelimpahan Whatman = $\frac{120}{100\ mL}$

  = 1,2 partikel/mL

  = 1,2 partikel/mL x 1000 mL/L

  Kelimpahan Whatman = 1.200 partikel/L

- Kelimpahan W-Aquades = $\frac{517}{100\ mL}$

  = 5,17 partikel/mL

  = 5,17 partikel/mL x 1000 mL/L

  Kelimpahan W-Aquades = 5.170 partikel/L

Lampiran 3

Pengelompokkan Warna Mikroplastik

- Inlet 1
  Pengelompokkan warna berdasarkan morfologi mikroplastik.

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Biru	68	30	68	0	0
Orange	84	0	1965	80	7
Gelap	1237	13	51	631	0
Transparant	0	2482	320	1291	2253
Coklat	58	0	296	1309	142
Merah	182	51	228	16	54
Abu-abu	393	142	51	4007	0
Ungu	40	0	49	14	0
Merah Muda	0	0	0	0	1
Hijau	93	22	0	0	0
Kuning	0	0	74	0	0
Total	2155	2740	3102	7348	2457

Persentase pengelompokkan warna berdasarkan morfologi mikroplastik.

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Biru	3%	1%	2%	0%	0%
Orange	4%	0%	63%	1%	0%
Gelap	57%	0%	2%	9%	0%
Transparant	0%	91%	10%	18%	92%
Coklat	3%	0%	10%	18%	6%
Merah	8%	2%	7%	0%	2%
Abu-abu	18%	5%	2%	55%	0%
Ungu	2%	0%	2%	0%	0%
Merah Muda	0%	0%	0%	0%	0%
Hijau	4%	1%	0%	0%	0%
Kuning	0%	0%	2%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Keterangan :

FB = Fragmen Biru

Rumus:

Persentase FB = $\frac{\text{Jumlah FB}}{Total\ fragmen}$ x 100%

= $\frac{68}{2155}$ x 100%

Persentase FB = 3%

Total MPs FB = FB Inlet 1 + FB Outlet 1 + FB Inlet 2 + FB Outlet 2

= 68 + 9 + 27 + 9

Total MPs FB = 113

- Outlet 1
  Pengelompokkan warna berdasarkan morfologi mikroplastik.

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Biru	9	22	15	0	0
Orange	2	0	1030	34	7
Gelap	1093	31	9	31	14
Transparant	0	1724	506	0	1513
Coklat	18	21	77	119	37
Merah	9	0	26	0	5
Abu-abu	0	0	0	2871	0
Ungu	0	0	0	0	0
Merah Muda	1	0	3	0	0
Hijau	71	0	0	4	0
Kuning	0	8	20	36	0
Total	1203	1806	1686	3095	1576

Persentase pengelompokkan warna berdasarkan morfologi mikroplastik.

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Biru	1%	1%	1%	0%	0%
Orange	0%	0%	61%	1%	0%
Gelap	91%	2%	1%	1%	1%
Transparant	0%	95%	30%	0%	96%
Coklat	1%	1%	5%	4%	2%

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Merah	1%	0%	2%	0%	0%
Abu-abu	0%	0%	0%	93%	0%
Ungu	0%	0%	0%	0%	0%
Merah Muda	0%	0%	0%	0%	0%
Hijau	6%	0%	0%	0%	0%
Kuning	0%	0%	1%	1%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

- Inlet 2
  Pengelompokkan warna berdasarkan morfologi mikroplastik.

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Biru	27	191	274	0	0
Orange	0	7	2684	12	19
Gelap	1286	28	11	1	1
Transparant	0	3970	15	2	2897
Coklat	29	92	365	389	95
Merah	20	43	230	29	94
Abu-abu	16	4	597	3645	18
Ungu	17	43	71	17	43
Merah Muda	1	0	27	0	13
Hijau	35	50	30	1	18
Kuning	0	14	144	24	0
Total	1431	4442	4448	4120	3180

Persentase pengelompokkan warna berdasarkan morfologi mikroplastik.

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Biru	2%	4%	6%	0%	0%
Orange	0%	0%	60%	0%	1%
Gelap	90%	1%	0%	0%	0%
Transparant	0%	89%	0%	0%	91%
Coklat	2%	2%	8%	9%	3%
Merah	1%	1%	5%	1%	3%
Abu-abu	1%	0%	13%	88%	1%
Ungu	1%	1%	2%	0%	1%
Merah Muda	0%	0%	1%	0%	0%
Hijau	2%	1%	1%	0%	1%
Kuning	0%	0%	3%	1%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

- Outlet 2
  Pengelompokkan warna berdasarkan morfologi mikroplastik.

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Biru	9	38	12	0	0
Orange	42	0	3992	20	45
Gelap	636	54	11	23	31
Transparant	0	2899	0	0	2264
Coklat	18	83	346	165	78
Merah	53	5	64	11	7
Abu-abu	1	0	0	2727	0
Ungu	0	0	8	0	0
Merah Muda	1	2	0	0	0
Hijau	10	8	36	0	0
Kuning	0	36	251	28	0
Total	770	3125	4720	2974	2425

Persentase pengelompokkan warna berdasarkan morfologi mikroplastik.

Warna / Bentuk	Fragmen	Fiber	Film	Foam	Pellet
Biru	1%	1%	0%	0%	0%
Orange	5%	0%	85%	1%	2%
Gelap	83%	2%	0%	1%	1%
Transparant	0%	93%	0%	0%	93%
Coklat	2%	3%	7%	6%	3%
Merah	7%	0%	1%	0%	0%
Abu-abu	0%	0%	0%	92%	0%
Ungu	0%	0%	0%	0%	0%
Merah Muda	0%	0%	0%	0%	0%
Hijau	1%	0%	1%	0%	0%
Kuning	0%	1%	5%	1%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Lampiran 4

Perhitungan Data Hasil SSA Logam Zink pada Air Lindi

- Data Hasil Analisis SSA Logam Zn pada Air Lindi:

Sampel	**Abs.**	**Konsentrasi**	**Fp**	**Konsentrasi Sesungguhnya µg/mL**	**LoD**
Label		**µg/mL**			
Inlet 1	0,2046	0,6287	10	6,2871	0,003814
Outlet 1	0,1702	0,5306	1	0,5306	
Inlet 2	0,1521	0,4790	1	0,4790	
Outlet 2	0,1237	0,3980	1	0,3980	

- Konsentrasi (µg/mL) & Konsentrasi Sesungguhnya (mg/L)

  Diketahui Inlet 1:

  Slope = 0,35066

  Intersep = -0,01586

  Abs. = 0,2046

  Maka,

  Inlet 1 = $\frac{(Abs.-Intercep)}{Slope}$

  = $\frac{(0{,}2046-(-0{,}01586))}{0{,}35066}$

  Inlet 1 = 0,6287 µg/mL

  Kons. Sesungguhnya

  Inlet 1 = Kons. (µg/mL) x Fp

  = 0,6287 µg/mL x 10

  = 6,2871 µg/mL

  = 6,2871 µg/mL x 0,001 mg/mL

  = 0,0063 mg/mL x 1000 L

  Inlet 1 = 6,2871 mg/L

Lampiran 5

Perhitungan Data Hasil SSA Logam Kromium pada Air Lindi

- Data Hasil Analisis SSA Logam Cr pada Air Lindi:

Sampel Label	Abs.	Konsentrasi µg/mL	Fp	Konsentrasi Sesungguhnya	Kesimpulan
Inlet 1	0,0074	0,2386	1	0,2386	0,05764
Outlet 1	0,0015	0,0911	1	0,0911	
Inlet 2	0,0082	0,2586	1	0,2586	
Outlet 2	0,0020	0,1036	1	0,1036	

- Konsentrasi (µg/mL) & Konsentrasi Sesungguhnya (mg/L)

  Diketahui Inlet 1:

  Slope = 0,03999

  Intersep = -0,00214

  Abs. = 0,0074

  Maka,

  Inlet 1 $= \frac{(Abs. - Intercep)}{Slope}$

  $= \frac{(0{,}0074 - (-0{,}00214))}{0{,}03999}$

  Inlet 1 = 0,2386 µg/mL

  Kons. Sesungguhnya

  Inlet 1 = Kons. (µg/mL) x Fp

  = 0,2386 µg/mL x 1

  = 0,2386 µg/mL

  = 0,2386 µg/mL x 0,001 mg/mL

  = 0,0063 mg/mL x 1000 mg/L

  Inlet 1 = 6,2871 mg/L

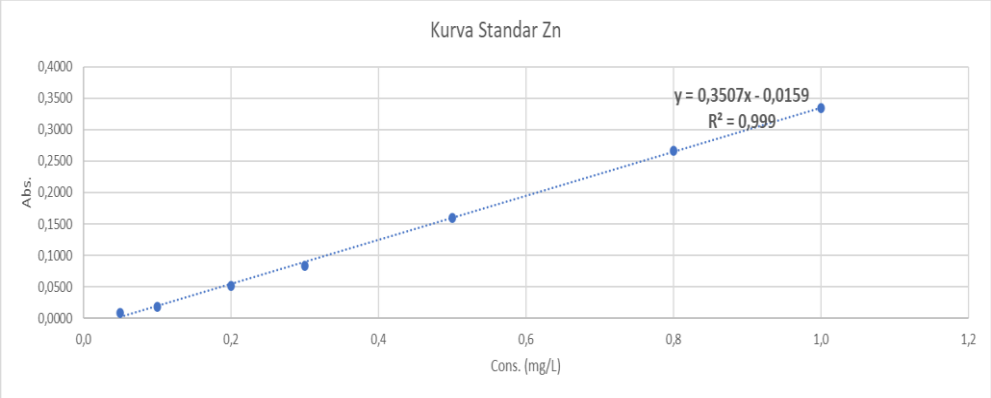
Lampiran 6

Perhitungan Data Hasil SSA Logam Zink pada Mikroplastik

- Diketahui:

Cons. (mg/L)	Abs.
0,1	0,009
0,1	0,018
0,2	0,051
0,3	0,084
0,5	0,159
0,8	0,267
1,0	0,335

- Kurva Standar Zn



- Slope = 0,35066
- Intersep = -0,01586
- STEYX = 0,00446
- LoD = 3 x $\frac{STEYX}{Slope}$

  = 3 x $\frac{0,00446}{0,35066}$

  LoD = 0,03814

  Data Hasil Analisis SSA Logam Zn pada MPs:

Sampel Label	Abs.	Konsentrasi µg/mL	Fp	Konsentrasi Sesungguhnya µg/mL	LoD
Inlet 1	0,2007	0,6176	100	61,7588	0,003814
Outlet 1	0,1665	0,5201	100	52,0058	
Inlet 2	0,1149	0,3729	100	37,2908	
Outlet 2	0,0993	0,3284	100	32,8421	

- Konsentrasi (µg/mL) & Konsentrasi Sesungguhnya (µg/mL)

  Inlet 1 $= \frac{(Abs. - Intercep)}{Slope}$

  $= \frac{(0{,}2007 - (-0{,}01586))}{0{,}35066}$

  Inlet 1 = 0,6176 µg/mL

  Kons. Sesungguhnya

  Inlet 1 = Kons. (µg/mL) x Fp

  = 0,6176 µg/mL x 100

  Inlet 1 = 61,7588 µg/mL

- Konsentrasi Logam Berat Zn pada Mikroplastik (mg/gr)

  Diketahui Inlet 1:

  Kons. Inlet = 61,7588 µg/mL

  Volume = 0,05 Liter

  Berat Mps = 0,4476 gr

  Maka,

  Massa = Kons. Inlet x Volume

  = 61,7588 µg/mL x 0,05 Liter

  Massa = 3,08794 mg

  Kons. Zn pada MPs $= \frac{Massa}{Berat\ Mps}$

  $= \frac{3{,}08794\ mg}{0{,}4476\ gr}$

  Kons. Zn pada MPs = 6,8989 mg/gr

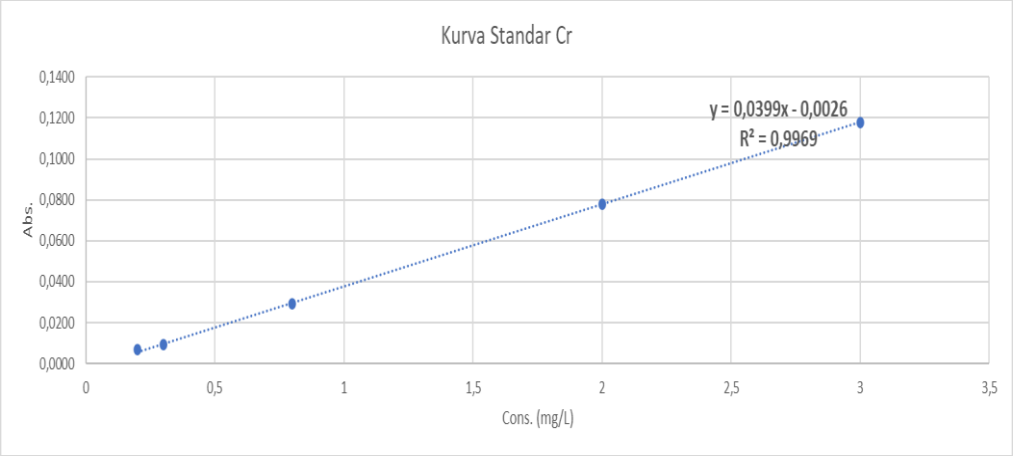
Lampiran 7

Perhitungan Data Hasil SSA Logam Kromium pada Mikroplastik

- Diketahui:

Cons. (mg/L)	Abs.
0,2	0,0068
0,3	0,0095
0,8	0,0290
2	0,0780
3	0,1179

- Kurva Standar Cr



- Slope = 0,03999
- Intersep = -0,00214
- STEYX = 0,00077
- LoD = 3 x $\frac{STEYX}{Slope}$

  = 3 x $\frac{0,00077}{0,03998}$

  LoD = 0,05764

  Data Hasil Analisis SSA Logam Cr pada MPs:

Sampel Label	Abs.	Konsentrasi µg/mL	Fp	Konsentrasi Sesungguhnya µg/mL	LoD
Inlet 1	-0,0025	-0,0089	1	-0,0089	0,05764
Outlet 1	-0,0015	0,0161	1	0,0161	
Inlet 2	-0,0027	-0,0139	1	-0,0139	
Outlet 2	-0,0017	0,0111	1	0,0111	

- Konsentrasi (µg/mL) & Konsentrasi Sesungguhnya (µg/mL)

  Inlet 1 $= \frac{(Abs. - Intercep)}{Slope}$

  $= \frac{(-0{,}0025 - (-0{,}00214))}{0{,}03999}$

  Inlet 1 = -0,0089 µg/mL

  Kons. Sesungguhnya

  Inlet 1 = Kons. (µg/mL) x Fp

  = -0,0089 µg/mL x 1

  Inlet 1 = -0,0089 µg/mL

- Konsentrasi Logam Berat Cr pada Mikroplastik (mg/gr)

  Diketahui Inlet 1:

  Kons. Inlet = -0,0089 µg/mL

  Volume = 0,05 Liter

  Berat Mps = 0,4476 gr

  Maka,

  Massa = Kons. Inlet x Volume

  = -0,0089 µg/mL x 0,05 Liter

  Massa = -0,0004 mg

  Kons. Cr pada MPs $= \frac{Massa}{Berat\ Mps}$

  $= \frac{-0{,}0004\ mg}{0{,}4476\ gr}$

  Kons. Cr pada MPs = -0,0010 mg/gr

RIWAYAT HIDUP

Penulis Bernama lengkap Almira Nur Amalia, lahir di Pekanbaru pada 4 September 2001. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara, anak dari pasangan Ir. Alfiandri dan Yossian Yacob, S.Sos. Penulis mengawali pendidikan di *PreSchool* Sekolah Djuwita National Plus selama dua tahun (2006 - 2008), kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) Negeri 36 Pekanbaru selama enam tahun (2008 – 2014), lalu melanjutkan kejenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Pekanbaru selama tiga tahun (2014 – 2017), dan mengemban pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 8 Pekanbaru selama tiga tahun (2017 – 2020). Setelah lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Indonesia (UII), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) pada program studi Teknik Lingkungan (TL).

Pada saat SD penulis aktif mengikuti kegiatan atlit muda Pusat Pendidikan dan Latihan Olahraga Pelajar (PPLP) Provinsi Riau cabang golf. Pada saat SMP, penulis aktif mengikuti kegiatan ekstrakulikuler seperti pramuka, basktet putri, dan menyanyi solo. Pada saat SMA, penulis aktif mengikuti kegiatan ekstrakulikuler seperti Cerdas Istimewa Berbakat Istimewa (CIBI) *English* cabang *scrabble*, Kelompok Ilmiah Remaja (KIR) cabang debat bahasa Indonesia, dan paduan suara (Padus) vokal grup sopran. Pada kegiatan KIR dan CIBI *English*, penulis beberapa kali mengikuti perlombaan tingkat Provinsi dan pada kegiatan padus ikut serta pada aubade hari kemerdekaan Republik Indonesia tahun 2018 dan 2019 di Kantor Gubernur Provinsi Riau. Selama menjalani kegiatan perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan bidang akademik dan organisasi. Penulis aktif mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Riset dan Teknologi sehingga pada tahun 2022 terdaftar menjadi peserta Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) cabang Kewirausahaan sebagai ketua tim dan beberapa kali mengikuti lomba esai. Penulis juga aktif pada forum diskusi yang di selenggarakan oleh Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) sebagai salah satu delegasi TL UII. Juga sering

mengikuti webinar dengan topik yang selaras dengan jurusan dan minat penulis. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan magang Summer Intership yang diadakan oleh prodi TL selama 6 bulan pada tahun 2023.

Selain itu terdapat beberapa kegiatan kepanitian seperti kegiatan makrab jurusan Lintas Lingkungan (LILIN) 2021, perlombaan seni dan olahraga mahasiswa Tingkat fakultas GELORASEMA 2021 & GELORASEMA 2022, dan kegiatan lomba esai dan KTI nasional Envirolympics of UII 2021. Penulis juga aktif pada kegiatan kelembagaan fakultas yaitu Lembaga Eksekutif Mahasiswa (LEM) FTSP dua periode yaitu pada tahun 2022 dan 2023 sebagai sekretaris bidang Kajian Strategis dan wakil sekretaris umum. Juga menjadi anggota Komisi Pemilihan Umum (KPU) UII pada pemilihan wakil mahasiswa tahun 2024.