JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Topsoil Zone di TPA Piyungan Bantul.

Anita Dwi Cahyaningtyas
20513095

Dosen Pembimbing I :
Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.
Dosen Pembimbing II :
Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
2025

DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Analysis of Abundance and Characteristics of Microplastics in the Topsoil Zone at the Piyungan Bantul Landfill.

Anita Dwi Cahyaningtyas
20513095

Supervisor I :
Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.
Supervisor II :
Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program
Faculty of Civil Engineering and Planning
Universitas Islam Indonesia
2025

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

Analisis Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Topsoil Zone di TPA Piyungan Bantul

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Anita Dwi Cahyaningtyas

20513095

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 6 Oktober 2025 dan disetujui oleh:

Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. ( ) 27/10-25

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. ( ) 27/10-25

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. ( ) 27/10-25

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana

27/10-25

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

PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan *(artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
   a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
   b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

   Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



Anita Dwi Kanyaningtyas

20513095

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahi rabbil'alamin segala puji bagi Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul **Analisis Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Topsoil Zone di TPA Piyungan Bantul**. Penyusunan laporan tugas akhir ini merupakan persyaratan untuk menyelesaikan program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi, namun dengan adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat-Nya, kesehatan, dan kelancaran sehingga penulis bisa mengerjakan dan menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. Kedua orang tua tersayang. Bapak Supriadi dan Ibu Murtini terima kasih penulis ucapkan atas segala pengorbanan dan ketulusan yang diberikan. Meskipun Bapak dan Ibu tidak sempat merasakan pendidikan dibangku perkuliahan, namun selalu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan, mengusahakan, memberikan dukungan baik secara moral maupun finansial, serta memprionitaskan pendidikan dan kebahagiaan anak-anaknya. Perjalanan hidup kita sebagai satu keluarga utuh memang tidak mudah, tetapi segala hal yang telah dilalui memberikan penulis pelajaran yang sangat berharga tentang arti menjadi seorang perempuan yang kuat, bertanggung jawab, selalu berjuang dan mandiri. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat membuat Bapak dan

Ibu lebih bangga karena telah berhasil menjadikan anak perempuan ini menyandang gelar sarjana seperti yang diharapkan. Besar harapan penulis semoga Bapak dan Ibu selalu sehat, panjang umur, dan bisa menyaksikan keberhasilan lainnya yang akan penulis raih di masa yang akan datang.

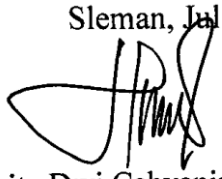
3. Kakak dan Adik Perempuanku. Hajar Eka Nindiar S.Hut., Anisa Dwi Cahyaningtyas A.Md.Kes, Aliya Ar Zahraa, dan Shakilla Rania Haflasya Grandis. Terimakasih telah memberikan semangat, motivasi, dan dorongan untuk selalu menyelesaikan skripsi ini. Serta berusaha menjadi panutan yang baik untuk adik adiknya, semoga dimudahkan segala urusannya. Shakilla, terimakasih telah menjadi keponakan yang pintar nan cantik yang telah menjadi penghibur untuk penulis.
4. Pembimbing Tugas Akhir, Bapak Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D dan Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membantu dan membimbing sehingga Tugas Akhir dapat terselesaikan.
5. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res. Eng)., Ph.D.
6. Seluruh dosen staf dan Keluarga Besar Program Studi Teknik Lingkugan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII. Terimakasih telah memberikan pengajaran dan pengalaman selama kuliah.
7. Seluruh staff Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan.
8. Koordinator Tugas Akhir, Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
9. Teman terkasih. Aprilia, Delia, Meitri, Zhafirah, Aqmarina, Adinda, Nur, Bella, Wenny. Terimakasih telah menjadi teman yang selalu memberi dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini. Semoga kalian semua selalu dikelilingi oleh hal hal baik.
10. Teman – teman Angkatan 2020 Program Studi Teknik Lingkungan.

11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari kesalahan dan kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, penulis memerlukan adanya kritik dan saran yang membangun untuk kemajuan penulis dan kelengkapan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pacara pembaca.

Billahi Taufiq wal hidayah,
Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sleman, Juli 2025



Anita Dwi Cahyaningtyas

Analisis Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Topsoil Zone di TPA Piyungan Bantul

Mahasiswa	: Anita Dwi Cahyaningtyas
NIM	: 20513095
Program Studi	: Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing 1	: Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.
Pembimbing 2	: Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sebagai pembuangan sampah terakhir dan sampah yang didapatkan dominan oleh sampah plastik. Ketika sejumlah besar plastik terkubur di tempat pembuangan sampah, plastik terpapar pada kondisi lingkungan yang sangat ekstrem. Tanah dianggap sebagai salah satu potensi reservoir utama lingkungan mikroplastik. Penelitian ini bertujuan menganalisis kelimpahan dan karakteristik mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis, warna dan menganalisis kandungan polimer yang terkandung dalam mikroplastik yang terdapat pada tanah kedalaman 20 – 30 cm di TPA Piyungan. Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan mikroskop dan FTIR *(Fourier Transform Infrared Spectroscopy)* sesuai dengan metode yang diacu yaitu *National Ocanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan secara siginifikan lebih tinggi di Zona 3. Kelimpahan mikroplastik di Zona 1, Zona 2, Zona 3 dan Tanah Kontrol (TC) masing masing adalah 14,03 partikel/gram, 18,37 partikel/gram, 25,15 partikel/gram, 8,35 partikel/gram. Selain itu, ditemukan jenis mikroplastik fragment (50%) dan warna mikroplastik yang teridentifikasi didominasi warna hitam (39,7%). Adapun polimer pada mikroplastik yang dianalisis menggunakan FTIR ditemukan jenis polimer dengan skor kemiripan tertinggi yaitu *Polyacetylene, Tencel, Cellopha, Ramie,* dan *Cotton.*

Kata kunci: FTIR, Mikroplastik, Mikroskop, Tanah, TPA.

Analysis of Abundance and Characteristics of Microplastics in the Topsoil Zone at the Piyungan Waste Disposal Site, Bantul.

Student	: Anita Dwi Cahyaningtyas
Student Number	: 20513095
Study Program	: Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor 1	: Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.
Supervisor 2	: Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Abstract

Landfills are the final disposal site for waste and the waste is dominated by plastic waste. When large amounts of plastic are buried in landfills, they are exposed to extreme environmental conditions. Soil is considered as one of the main potential environmental reservoirs of microplastics. This study aims to analyze the abundance and characteristics of microplastics based on the number, type, color and analyze the polymer content contained in microplastics contained in the soil at a depth of 20-30 cm at the Piyungan landfill. Sample analysis was carried out using microscopy and FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) in accordance with the referenced method, namely the National Ocanic and Atmospheric Administration (NOAA). The results showed that the abundance was significantly higher in Zone 3. The abundance of microplastics in Zone 1, Zone 2, Zone 3 and Soil Control (TC) were 14.03 particles/gram, 18.37 particles/gram, 25.15 particles/gram, 8.35 particles/gram, respectively. In addition, microplastic fragments were found (50%) and the color of the identified microplastics was predominantly black (39.7%). As for the polymers in microplastics analyzed using FTIR, the types of polymers with the highest similarity scores were Polyacetylene, Tencel, Cellopha, Ramie, and Cotton.

Key words: FTIR, Microplastick, Mikroscope, Soil, TPA.

DAFTAR ISI

PRAKATA ii
Abstrak v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 14
1.1. Latar Belakang 14
1.2 Perumusan Masalah 17
1.3 Tujuan Penelitian 17
1.4 Manfaat Penelitian 17
1.5 Ruang Lingkup 18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 19
2.1 Mikroplastik 19
2.1.1 Sumber Mikroplastik 20
2.1.2 Morfologi Mikroplastik 21
2.1.3 Warna Mikroplastik 23
2.2 Dampak Mikroplastik 24
2.3 Topsoil Zone 26
2.3.1 Cover Soil 26
2.4 TPA 27
2.4.1 TPA Piyungan Bantul 30
2.5 Penelitian Terdahulu 30
BAB III METODE PENELITIAN 37
3.1 Tahapan Penelitian 37
3.2 Waktu dan Lokasi 39
3.3 Alat dan Bahan 41

3.4 Pengambilan dan Penyimpanan Sampel 43
3.5 Persiapan Sampel Tanah 44
3.5.1 Pengukuran pH Tanah 44
3.5.2 Pengukuran Suhu Tanah 45
3.5.3 Pengukuran Kadar Air Tanah 46
3.6 Preparasi Sampel 47
3.7 Analisis Sampel 51
3.7.1 Pengamatan dengan Mikroskop 51
3.7.2 Pengamatan dengan FTIR 52
3.8 Analisis Data 52
3.8.1 Analisis Data Mikroplastik 52
3.8.2 Analisis Data FTIR 53
3.9 Upaya Kontrol untuk Meminimalisir Cross - Contaminasi Mikroplastik dari Sumber Lain Selama Proses Preparasi Sampel dan Analisis Sampel 53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 55
4.1. Parameter Fisik-Kimia Tanah 55
4.1.1 pH 56
4.1.2 Suhu 57
4.1.3 Kadar Air 58
4.1.1. Identifikasi Mikroplastik berdasarkan Jumlah 59
4.1.2. Identifikasi Mikroplastik berdasarkan Jenis 63
4.1.2.1. Film 63
4.1.2.2. Fragment 65
4.1.2.3. Fiber 66
4.1.2.4. Foam 67
4.1.2.5. Pellet 68
4.1.3. Identifikasi Mikroplastik berdasarkan Warna 72
4.1.4. Hubungan Mikroplastik Berdasarkan Jenis dan Warna 78
4.3 Identifikasi Mikroplastik Menggunakan FT-IR 79
4.4 Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik 85

4.5 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Serupa..... 86
BAB V PENUTUP 90
5.1 Kesimpulan 90
5.2 Saran 90
DAFTAR PUSTAKA 92
LAMPIRAN 100
Lampiran 1. Pengambilan Sampel 100
Lampiran 2. Pengujian Laboratorium 100
Lampiran 3. Grafik FTIR 101
RIWAYAT HIDUP 1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 31
Tabel 3. 1 Koordinat Pengambilan Sampel.....41
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Pengujian Parameter Fisika..... 42
Tabel 3. 3 Alat dan Bahan Pengujian Mikroplastik 43
Tabel 4. 1 Data Parameter Fisik-Kimia.....55
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Spektrofotometri FT-IR..... 81
Tabel 4. 3 Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik..... 86
Tabel 4. 4 Penelitian Hasil Penelitian dengan Penelitian Serupa..... 87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 37
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode Pengujian Sampel 38
Gambar 3. 3 Titik Pengambilan Sampel 40
Gambar 3. 4 Pengukuran pH Tanah 45
Gambar 3. 5 Pengayakan Sampel Tanah 48
Gambar 3. 6 Proses Pemisahan Densitas 49
Gambar 3. 7 Proses WPO 50
Gambar 3. 8 Proses Penyaringan Sampel 51
Gambar 3. 9 Pengamatan Sampel dengan Mikroskop 52
Gambar 4. 1 Jumlah Mikroplastik 59
Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Mikroplastik 60
Gambar 4. 3 Grafik Kelimpahan Mikroplastik 61
Gambar 4. 4 Grafik Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Zona **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 5 Mikroplastik Jenis *Film* 64
Gambar 4. 6 Mikroplastik Jenis *Fragment* 65
Gambar 4. 7 Mikroplastik Jenis *Fiber* 66
Gambar 4. 8 Mikroplastik Jenis *Foam* 68
Gambar 4. 9 Mikroplastik Jenis *Pellet* 69
Gambar 4. 10 Grafik Jumlah Berdasarkan Jenis Mikroplastik 70
Gambar 4. 11 Persentase Total Jenis Mikroplastik 70
Gambar 4. 12 Mikroplastik Jenis *Fragment* Warna Hitam 72
Gambar 4. 13 (a) Mikroplastik Jenis *Film* (b) Mikroplastik Jenis *Fiber* Warna Transparan 72
Gambar 4. 14 (a) Mikroplastik Jenis *Fiber* (b) Mikroplastik Jenis *Fragment* Warna Merah 73
Gambar 4. 15 Mikroplastik Jenis *Fiber* Warna Hijau 73
Gambar 4. 16 (a) Mikroplastik Jenis *Film* (b) Mikroplastik Jenis *Fragment* Warna Biru 73

Gambar 4. 17 (a) Mikroplastik Jenis *Fiber* (b) Mikroplastik Jenis *Film* Warna Kuning 74
Gambar 4. 18 (a) Mikroplastik Jenis *Film* (b) Mikroplastik Jenis *Fiber* Warna Ungu 74
Gambar 4. 19 Mikroplastik Jenis Fragment Warna Orange..... 75
Gambar 4. 20 Grafik Jumlah Warna Mikroplastik..... 75
Gambar 4. 21 Grafik Persentase Total Warna Mikroplastik..... 76
Gambar 4. 22 Grafik Warna dan Jenis Mikroplastik..... 78

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN.....96
Lampiran 1. Pengambilan Sampel.....96
Lampiran 2. Pengujian Laboratorium 96
Lampiran 3. Grafik FTIR 97

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik merupakan salah satu elemen yang tidak mampu dipisahkan pada kehidupan saat ini, secara global setiap tahunnya mampu memproduksi plastik lebih dari 335 juta ton plastik (Wei et al., 2021). Pada tahun 2050, 12.000 juta ton sampah plastik diperkirakan akan ditempatkan pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) atau dibuang ke lingkungan. Sampah plastik global yang tidak bisa diolah lebih lanjut atau tidak di daur ulang sekitar 21 - 42% akan dibuang ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Sekitar 12 % pertahun penggunaan plastik secara global meningkat drastis dan mampu memproduksi sekitar 0,15 miliar ton polimer sintetis di seluruh dunia setiap tahunnya (Kumari et al., 2019).

Penggunaan plastik sangat luas dan mencakup semua aspek kehidupan sehari – hari, industri dan berbagai aplikasi karena plastik bersifat ringan, kuat, tahan lama biaya rendah, dan fleksibilitas (Vieyra et al., 2022). Namun, kebiasaan masyarakat yang terus menerus bergantung pada penggunaan plastik tentu menimbulkan permasalahan bagi lingkungan yang ada disekitarnya. Tingkat produksi plastik, penggunaan atau pembuangan plastik, rendahnya tingkat pengolahan sampah dan data demografi saat ini menunjukkan peningkatan akumulasi sampah plastik (Dahlbo et al., 2018).

Pembuangan plastik bekas dan bahan plastik kemasan di TPA menarik perhatian global karena plastik salah satu polimer kompleks yang membutuhkan waktu sangat lama untuk degradasi selain itu daya tahan dan kekuatan plastik yang sangat tinggi terhadap lingkungan, (Narancic et al., 2017). Plastik mengalami degradasi menjadi

mikroplastik melalui berbagai proses termasuk degradasi termal, biodegradasi dan fotodegradasi. Kemudahan plastik untuk terurai dipengaruhi oleh karakteristik plastik itu sendiri seperti jenis, bentuk dan kondisi lingkungan disekitarnya (Yan Yu-chen et al.,2023). Sampah plastik yang berada di TPA mengalami perubahan secara fisik maupun biokimia karena banyak faktor yang mempengaruhi seperti proses degradasi, perubahan suhu yang naik dengan pesat (suhu naik 60 – 90^0C), keasaman pH antara 4,5 – 9, salinitas tinggi / tekanan dan pemadatan tinggi. Perubahan perubahan tersebut menyebabkan plastik terpecah menjadi beberapa bagian kecil yang termasuk kelompok mikroplastik.

Mikroplastik di ekosistem darat diperkirakan dapat mencemari 4 - 23 kali lebih banyak mencemari di darat dibandingkan di laut (Hartline et al., 2016). Perpindahan mikroplastik dari TPA ke bagian bawah tanah menyebabkan tanah dan air tanah menjadi terkontaminasi. Tanah dianggap sebagai salah satu potensi reservoir utama lingkungan mikroplastik, hal ini dapat menyebabkan masalah terestrial muncul dan melalui tanah ini mirkoplastik dapat masuk ke saluran air. Mikroplastik yang terakumulasi didalam tanah menyebabkan perubahan sifat fisik dan kimia tanah yang berdampak buruk terhadap keanekaragaman hayati dan mengganggu proses tanah seperti proses degradasi bahan organik (Rillig, 2012).

Persebaran mikroplastik di tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor faktor yang mempengaruhi meliputi biota tanah, karakteristik tanah contohnya pori – pori makro tanah (pori – pori > 75 µm), agregasi tanah dan keretakan tanah. Selain itu, kegiatan agronomi contohnya pembajakan dan panen juga memainkan peranan penting persebaran mikroplastik di tanah. Proses masuknya mikroplastik ke dalam tanah TPA melibatkan beberapa proses. Mikroplastik yang tertimbun di TPA terbentuk dari proses degradasi makroplastik yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, pH, salinitas tinggi dan aktivitas

mikroba (Baryla et al., 2022). Pada kondisi tanpa adanya oksigen dan cahaya makroplastik tersebut terfragmentasi menjadi mikroplastik yang disebabkan oleh fluktuasi suhu (60 - 90℃), pH (4,5 – 9), tekanan fisik, pemadatan dan aktivitas mikroba dalam jumlah yang terbatas (Silva et al., 2021). Faktor lain yang mendorong proses masuknya mikroplastik ke dalam tanah seperti proses infiltrasi air hujan atau air lindi dimana air lindi yang terdapat mikroplastik berasal dari proses dekomposisi yang bercampur dengan air hujan.

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sebagai pembuangan sampah terakhir dan sampah yang didapatkan dominan oleh sampah plastik. Ketika sejumlah besar plastik terkubur di tempat pembuangan sampah, mereka terpapar pada kondisi lingkungan yang sangat ekstrem. Hal ini disebabkan oleh tempat pembuangan sampah yang berfungsi seperti reaktor yang hampir tertutup, dengan berbagai reaksi biokimia dan perubahan fisik yang kompleks terjadi di dalamnya (Baryla et al., 2022). Sampah plastik yang telah tertimbun selama 24 tahun di TPA lama menyumbang 10,62% dari total sampah yang ada, atau setara dengan 5,12%. Komposisi sampah plastik ini adalah sebagai berikut: 69,13% berupa kantong plastik (terdiri dari 11,34% kantong plastik PE putih, 29,77% kantong plastik PE berwarna, dan 28,02% jenis kantong plastik lainnya), dan 30,87% merupakan jenis plastik lainnya, termasuk polipropilena (PP), polivinil klorida (PVC), dan polistirena (PS) (Zhou et al., 2014). Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan merupakan TPA Terbesar di Daerah Istimewa Yogyakarta yang terletak di Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Pada tahun 2023, rata-rata volume sampah yang masuk ke TPA Piyungan per bulan mencapai 734 ton, sehingga kondisi TPA Piyungan saat ini over capacity. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai identifikasi keberadaan mikroplastik dan kontaminasi mikrolastik dalam tanah di TPA Piyungan dengan kedalaman 20 – 30 cm.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tentang potensi mikrosplastik pada TPA Piyungan, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

a. Bagaimana kelimpahan dan karakteristik mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis, warna yang terdapat pada tanah kedalaman 20 – 30 cm di TPA Piyungan?
b. Apa saja kandungan polimer yang terkandung dalam mikroplastik pada tanah kedalaman 20 – 30 cm di TPA Piyungan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

a. Menganalisis kelimpahan dan karakteristik mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis, warna dan yang terdapat pada tanah kedalaman 20 – 30 cm di TPA Piyungan.

b. Menganalisis kandungan polimer yang terkandung dalam mikroplastik pada tanah kedalaman 20 – 30 cm di TPA Piyungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat diantaranya sebagai berikut:

1) Hasil penelitian dapat menjadi referensi pembelajaran, khususnya pengetahuan terkait uji mikroplastik pada sampel tanah TPA Piyungan.
2) Dapat memberikan pengetahuan dan informasi kepada masyarakat mengenai kelimpahan mikroplastik TPA Piyungan.
3) Hasil penelitian dapat dijadikan referensi untuk pembelajaran dan riset lanjutan di masa mendatang.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

a. Ruang Lingkup Materi

   Penelitian ini membahas tentang mikroplastik yang meliputi dari jenis, jumlah, warna, serta kelimpahan mikroplastik. Pengujian sampel dilakukan dengan menggunakan mikroskop dan FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) sesuai dengan panduan yang diberikan *National Ocanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

b. Ruang Lingkup Tempat dan Waktu Penelitian

   Penelitian ini dilakukan di TPA Piyungan Yogyakarta. Penelitian dilakukan selama 4 bulan terhitung dari bulan Februari 2025 – Juni 2025

c. Ruang Lingkup Pengambilan Sampel

   Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan alat grab sampler atau sekop pada zona tanah lapisan atas TPA Piyungan dengan kedalaman 20 - 30 cm.

d. Ruang Lingkup Mikroplastik

   Penelitian ini membahas tentang mikroplastik dengan ukuran <5mm. Ukuran mikroplastik yang diteliti terbatas pada range 0,001 mm – 3,353 mm.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel kecil dari plastik yang memiliki berbagai bentuk dan ukuran lebih kecil dari 5 mm yang terbentuk dari proses fragmentasi plastik (Widianarko et al., 2018). Ukuran batas bawah partikel mikroplastik belum didefinisikan atau belum pasti untuk batas minimum nya tetapi para peneliti mengambil batas minimum ukuran mikroplastik 300 µm (Mauludy et al., 2019). Ukuran mikroplastik dikatergorikan berdasarkan ukuran yaitu kategori besar dengan ukuran 1 mm sampai 5 mm dan kategori kecil dengan ukuran kurang dari 5 mm. Mikroplastik memiliki berbagai jenis kelompok yang bervariasi termasuk ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat lainnya (Lolodo, 2019).

Mikroplastik menjadi bukti nyata dampak limbah antropogenik dan sekaligus pemicu masalah pencemaran itu sendiri (Galloway et al., 2017). Mikroplastik yang tersusun dengan bentuk dari serabut tak beraturan hingga serat bulat dan panjang. Ukuran dan bentuk mikropastik dapat dipengaruhi oleh berapa lama mikroplastik berada di lingkungan baik di tanah, udara, laut dan berapa lama proses fragmentasinya. Perbedaan ukuran dan bentuk mikroplastik ini juga berdasarkan faktor berapa lama mikroplastik tersebut terfragmentasi (Laksono et al., 2021). Berdasarkan penelitian, kelimpahan mikroplastik telah diidentifikasi di lingkungan laut dan di media lingkungan lainnya seperti air limbah, air minum, air permukaan dan sedimen.

2.1.1 Sumber Mikroplastik

Mikroplastik yang masuk ke lingkungan dari berbagai sumber dan rute penyebarannya, Berdasarkan asal produksi, mikroplastik dibagi menjadi dua kategori yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder (Haryanti, 2021).

1. Mikroplastik Primer

   Mikroplastik primer adalah plastik yang dibuat dengan ukuran mikroskopis contohnya *microbeads.* Microbeads memiliki ukuran kecil dan berbentuk bulat. Microbrads ini sering digunakan dalam kandungan produk kosmestik, scrubber yang digunakan dalam pembersih wajah, produk perawatan kulit. Selain itu mikroplastik primer juga dihasilkan dari kegiatan pada industri dan rumah tangga (Gouin et al., 2015). Mikroplastik yang berasal dari limbah rumah tangga masuk ke wilayah perairan melalui saluran limbah seperti polietilen, polipropilen dan polistiren.

2. Mikroplastik Sekunder

   Mikroplastik sekunder dihasilkan dari fragmentasi mikroplastik menjadi bagian yang lebih kecil (Hernandez et al., 2017). Fragmentasi plastik dapat berupa perubahan bentuk, ukuran dan warna plastik oleh proses kimia, fisika, biologis. Mikroplastik sekunder bersumber dari bahan baku industri, serat sintetis dari cucian pakaian, alat rumah tangga dan akibat pelapukan produk plastik. Sumber sekunder yang berupa serat atau potongan hasil pemutusan rantai dari plastik yang lebih besar akibat cuci pakaian atau dari limbah laundry didominasi acrylic, poliamida, dan

poliester, yang dapat mencakup lebih dari 100 partikel per liter (Browne et al., 2011)

2.1.2 Morfologi Mikroplastik

Mikroplastik secara luas digolongkan menjadi 3 kategori menurut morfologinya yaitu ukuran, bentuk dan warna. Mikroplastik yang diklasifikasikan menjadi beberapa jenis antara lain film, fragmen, fiber, foam, pellet (Mahadika, 2022).

1. Film

   Mikroplastik jenis film merupakan jenis mikroplastik yang berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan berupa lembaran tipis dan fleksibel. Mikroplastik jenis film yang dihasilkan umumnya berasal dari polimer seperti polietilen, polipropilen, dan polivinil klorida (Yona et al., 2021). Mikroplastik jenis film memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya karena berasal dari fragmentasi kantong plastik atau kemasan plastik yang telah terdegradasi (Haryanti, 2021).

2. Fragmen

   Mikroplastik jenis fragmen merupakan mikroplastik yang memiliki ketebalan yang cukup tebal dan bentuk tidak beraturan tampak memiliki area yaitu panjang dan lebar dengan ujung ujung tajam. Ciri khusus mikroplastik jenis fragmen ini bentuknya yang mirip dengan pecahan dari satuan bentuk yang lebih besar. Mikroplastik jenis fragmen ini berasal dari limbah sampah seperti kantong plastik, botol plastik dengan jenis polimen didominasi polietilen dan polipropilen. Mikroplastik jenis fragmen sering kali

ditemukan dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan jenis lainnya. Hal ini disebabkan oleh penggunaan produk plastik yang terbuat dari polimer yang kuat dan relatif besar, sehingga ketika mengalami perubahan melalui proses fotolisis, degradasi fisik, termodegradasi, atau termooksidasi, jumlah mikroplastik yang dihasilkan dapat meningkat (Putro, 2021).

3. Fiber

   Mikroplastik jenis fiber merupakan mikroplastik yang berbentuk cenderung panjang menyerupai tali memanjang seperti serat dan tipis dengan ketebalan yang hampir sama disepenjang penampangnya. Mikroplastik jenis fiber ini umumnya dihasilkan dari fragmentasi jaring sebagai alat tangkap dan limbah tekstil termasuk pakaian sintetis. Di wiliyah perairan jenis mikroplastik ini banyak ditemukan disebabkan karena banyaknya aktivitas manusia yang menghasilkan limbah dalam bentuk benang (Yona et al., 2021).

4. Foam

   Mikroplastik jenis foam memiliki ciri strutur berongga, berbentuk lonjong dan terlihat memiliki volume. Mikroplastik ini paling banyak ditermukan dari pecahan styrofoam yang terbuat dari polimer polistiren. Penggunaan styrofoam banyak digunakan sebagai wadah makanan dan lain lain dalam kehidupan sehari hari. Mikroplastik jenis foam ini sulit terdegradasi dibanding mikroplastik jenis lainnya (Mahadika, 2022).

5. Pellet

   Mikroplastik jenis pellet memiliki bentuk silinder, cakram atau bentuk bulat telur dengan ukuran lebih dari 2 mm dan didominasi dengan warna putih. Mikorplastik jenis pallet bersumber dari aktivitas industri kosmetik yang mengandung microbeads sepeti scrub, lulur dan produk kosmetik lainnya (Nuryanti, 2022).

2.1.3 Warna Mikroplastik

Mikroplastik diklasifikasikan dalam berbagai warna yang berbeda – beda tergantung komposisi penyusun mikroplastik. Ada beberapa warna yang sering ditemukam dalam mikroplastik seperti hitam, coklat, ungu, kuning, merah, biru, hijau, putih, bening atau transparan (Frias et al., 2018). Variasi warna dan bentuk mikroplastik yang berbeda beda dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk durasi paparan sinar matahari dan lama proses fragmentasi (Laksono et al., 2021).

Karakteristik warna pada mikroplastik dapat mengindikasikan sumber material asalnya, kondisi mikroplastik, waktu tinggalnya di lingkungan, dan tingkat pelapukan yang dialaminya. Faktor-faktor seperti degradasi, oksidasi, paparan radiasi inframerah, kondisi cuaca, dan absorpsi senyawa kimia dapat memengaruhi warna mikroplastik (Murthado et al., 2022). Selain itu, radiasi ultraviolet (UV) juga berperan penting dalam memecah struktur kimia mikroplastik, yang dapat menyebabkan perubahan warna seiring waktu. Mikroplastik yang memiliki warna gelap menunjukkan adanya akumulasi kontaminan yang lebih signifikan. Kecenderungan ini disebabkan oleh kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi pada mikroplastik berwarna gelap terhadap polutan (Murtadho et al., 2022)

Secara umum, mikroplastik yang ditemukan masih memiliki warna pekat berarti menunjukkan bahwa mikroplastik belum mengalami perubahan warna *(discolouring)* yang signifikan (Kapo et al., 2020). Mikroplastik dengan warna pekat umumnya berasal dari polimer polyethylene (PE). Polimer Polyethylene (PE) memiliki sifatnya yang tahan lama dan sulit terurai, oleh karena itu mikroplastik dari polyethylene dapat bertahan dalam lingkungan untuk waktu yang lama sebelum mengalami degradasi (Putri, 2022). Warna bening pada mikroplastik dapat mengindikasikan seberapa lama plastik tersebut terurai oleh sinar UV (fotodegradasi) dan juga mengidentifikasi jenis plastik awalnya (Hiwari et al., 2019). Mikroplastik yang berwarna kuning umumnya menunjukkan bahwa partikel tersebut telah lama terpapar di lingkungan perairan dan mengalami proses oksidasi (Azizah et al., 2020)

2.2 Dampak Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel plastik kecil, dapat dengan mudah masuk ke dalam lapisan tanah. Hal ini memungkinkan mikroplastik untuk mencapai sistem air tanah, yang sangat penting bagi keberlangsungan ekosistem. Tanah memiliki kemampuan untuk menyerap mikroplastik, menjadikannya sebagai media yang potensial untuk akumulasi partikel tersebut. Selain itu, tanah juga berfungsi sebagai jalur transportasi yang efisien bagi mikroplastik menuju akuifer, yang merupakan sumber air tanah.

Mikroplastik yang ditemukan dalam air tanah dapat bersumber dari berbagai aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Aktivitas yang dimaksud dari pertanian, perikanan, pengolahan air limbah, dan kegiatan domestik yang berlangsung di permukaan tanah. Secara keseluruhan, mikroplastik yang terakumulasi di permukaan tanah dapat berasal dari

berbagai sumber, termasuk sampah yang dibuang sembarangan, lumpur limbah dari proses industri, pupuk yang mengandung partikel plastik, serta praktik irigasi yang tidak tepat, dapat meningkatkan potensi mikroplastik untuk mencemari tanah dan air tanah. Landfill juga menjadi sumber signifikan mikroplastik, karena limbah yang terdegradasi secara perlahan dapat melepaskan partikel kecil ini ke lingkungan (Chia et al., 2021).

Mikroplastik memiliki kemampuan untuk menyerap berbagai jenis bahan kimia beracun yang ada di lingkungan, dengan kemampuan ini mikroplastik menarik zat zat beracun seperti pestisida dan logam berat. Setelah terakumulasi, mikroplastik dapat berpindah ke habitat lain dan ketika mikroplastik masuk ke dalam ekosistem maka mikroplastik dikonsumsi oleh berbagai spesies mulai dari organisme kecil hingga hewan yang lebih besar. Mikroplastik yang dikonsumsi oleh spesies-spesies ini menyebabkan akumulasi bahan kimia beracun dalam jaringan makanan. Hal ini berpotensi menimbulkan risiko serius bagi kesehatan organisme yang mengonsumsi mikroplastik, termasuk manusia (Amobonye et al., 2021).

Paparan mikroplastik dan kontaminan kimia mengakibatkan berbagai masalah kesehatan pada manusia. Bioakumulasi dan biomagnifikasi mikroplastik dapat menyebabkan zat berbahaya terakumulasi dalam jaringan tubuh manusia. Salah satu dampak yang mungkin terjadi adalah iritasi kulit, yang dapat menimbulkan rasa tidak nyaman dan masalah kesehatan jangka panjang. Selain itu, paparan terhadap mikroplastik juga dapat mengakibatkan gangguan pernapasan, masalah pencernaan juga dapat muncul terutama jika mikroplastik masuk ke dalam saluran pencernaan melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi. Paparan jangka panjang terhadap mikroplastik dan zat beracun dapat meningkatkan risiko kanker, yang merupakan salah satu ancaman kesehatan paling serius (Carbery, 2018).

2.3 Topsoil Zone

Top Soil Zone atau lapisan tanah bagian atas, adalah lapisan tanah dengan kedalaman sekitar 30 cm. Top soil merupakan tanah organik yang kaya akan nutrisi, sehingga sangat ideal sebagai media tumbuh bagi tanaman (Purnomo et al., 2019). Umumnya, top soil terbentuk dari proses dekomposisi daun-daun yang jatuh dan membusuk, memiliki kandungan udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan tanah lainnya, serta berwarna hitam. Selain itu, top soil juga kaya akan mikroorganisme. Ketebalan lapisan top soil dapat diukur dari permukaan hingga ke lapisan di mana akar tanaman tidak dapat menembus (Suhariyono, 2010).

Keterbatasan ketersediaan top soil yang hanya mencapai sekitar 30 cm dari permukaan, menimbulkan kebutuhan akan alternatif media tanah yang memiliki sifat serupa dengan top soil. Jenis tanah top soil memiliki banyak manfaat dari kesuburannya, kandungan zat yang ada, kemampuannya dalam memperbaiki struktur tanah, serta perbaikan sirkulasi udara di dalam tanah, menjadikannya sebagai media yang baik untuk persemaian (Apriansah, 2020).

2.3.1 Cover Soil

Cover Soil atau Tanah Penutup adalah lapisan tanah yang diaplikasikan di atas tumpukan sampah di lokasi pembuangan akhir (TPA) dengan tujuan untuk menutup dan mengisolasi sampah. Fungsi utama lapisan tanah penutup ini meliputi pengendalian infiltrasi air, pengaturan perpindahan gas, penyediaan media tumbuh bagi tanaman, mendukung penggunaan lahan setelah pembuangan akhir ditutup, dan bertindak sebagai penghalang antara sampah dan lingkungan sekitar (Candrayana, 2017). Dalam merencanakan cover soil / lapisan penutup, penting untuk mempertimbangkan resistansi tanah terhadap perkolasi dan infiltrasi cairan dari luar, serta tekanan dan migrasi gas yang

dihasilkan di dalam tumpukan sampah. Desain cover soil / penutup akhir juga harus memperhitungkan aspek kesehatan, keselamatan, estetika, permeabilitas, kekuatan mekanik, dan potensi penggunaan lahan setelah TPA tidak lagi beroperasi (Candrayana, 2017).

Proses penutupan dengan tanah dan pemadatan dilakukan secara bertahap menggunakan teknik lapis demi lapis, sambil mempertimbangkan topografi atau kondisi lanscape. Cover soil / tanah penutup harus tahan terhadap erosi akibat hujan dan angin, mampu menahan kondisi iklim ekstrem, memiliki stabilitas untuk mencegah erosi, retakan, dan longsor, serta mampu menahan perbedaan penurunan tanah akibat pelepasan gas dan tekanan yang dihasilkan oleh pemadatan limbah dan tanah bawah. Penggunaan tanah penutup dilakukan secara bertahap sesuai dengan periode pembuangan sampah yaitu daily cover, intermediate cover, final cover. Penutup harian (daily cover) terdiri dari lapisan tanah tipis berketebalan sekitar 15-20 cm yang diaplikasikan setiap hari untuk menutup tumpukan sampah yang baru dipadatkan. Penutup antara (intermediate cover) adalah lapisan tanah yang lebih tebal sekitar 30 cm, digunakan untuk menutup area landfill yang akan dibiarkan untuk periode tertentu sebelum pengisian lebih lanjut atau penutupan permanen. Sementara itu, penutup akhir (final cover/capping) adalah struktur tanah yang kompleks dengan ketebalan minimal 50 cm yang digunakan untuk menutup secara permanen seluruh area landfill setelah mencapai kapasitas maksimumnya.

2.4 TPA

TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) adalah lokasi dimana sampah mencapai tahap akhir dalam pengelolaannya. Proses pengelolaan sampah dimulai dari sumber, di mana limbah dihasilkan dari aktivitas manusia,

komersial dan industri. Sampah tersebut dikumpulkan melalui sistem pengumpulan yang terorganisir kemudian diangkut ke lokasi TPA dan pemrosesan seperti pemilahan hingga pembuangan.

Pemilihan metode pengolahan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) didasarkan pada dua faktor utama yaitu kesesuaian dengan luas dan kondisi lahan yang ada, serta kapasitas pengelola dalam menyediakan sarana dan prasarana. Berikut adalah sejumlah metode yang dapat diterapkan dalam pengelolaan sampah akhir di TPA yaitu:

A) *Open Dumping*

Metode *open dumping* merupakan pendekatan pembuangan sampah terbuka yang sederhana, di mana limbah hanya dikeluarkan di suatu tempat tanpa intervensi pengolahan, dibiarkan terpapar tanpa pengamanan, dan ditinggalkan setelah lokasi mencapai kapasitas maksimal. Dengan metode ini, pembuangan akhir sampah berpotensi menjadi sumber kontaminasi lingkungan baru di sekitarnya. Penerapan metode ini mengakibatkan perubahan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) menjadi sumber point source pollution bagi lingkungan sekitarnya. Berdasarkan analisis dampak lingkungan yang komprehensif, metode *Open Dumping* pada prinsipnya tidak direkomendasikan untuk diterapkan lagi karena tingginya potensi pencemaran dan ketidaksesuaiannya dengan prinsip pengelolaan sampah berkelanjutan (sustainable waste management).

B) *Controlled Landfill*

Metode *controlled landfill* merupakan pengembangan dari sistem *open dumping*. Pada metode ini, sampah yang telah ditimbun dan dipadatkan (compacted)

dilapisi dengan daily cover (lapisan tanah penutup harian) secara berkala. Penerapan lapisan penutup ini bertujuan untuk memitigasi potensi dampak negatif terhadap lingkungan. Secara operasional, *controlled landfill* menerapkan proses pemerataan dan pemadatan sampah secara sistematis. Hal ini berfungsi untuk mengoptimalkan kapasitas tampung lahan serta meningkatkan stabilitas lereng dan permukaan area TPA. Berdasarkan karakteristiknya, metode *controlled landfill* dinilai sesuai untuk diterapkan pada kota-kota dengan klasifikasi sedang dan kecil di Indonesia. Kesesuaian ini terutama didasarkan pada laju timbulan sampah (waste generation rate) yang relatif lebih rendah, sehingga memungkinkan pengelolaan yang lebih terkendali dengan biaya investasi yang tidak sebesar metode sanitary landfill.

C) *Sanitary Landfill*

Sanitary landfill merupakan suatu sistem pembuangan akhir sampah padat yang dilakukan dengan cara menimbun sampah di dalam lapisan tanah. Metode ini dirancang dengan tujuan utama untuk memitigasi risiko pencemaran lingkungan dan bahaya kesehatan masyarakat, baik selama fase operasional maupun pasca-operasional TPA. Prinsip dasar dari metode ini adalah meminimalkan penggunaan ruang. Hal ini dicapai melalui proses pemadatan (compaction) sampah untuk mengurangi volumenya, dilanjutkan dengan aplikasi daily cover (lapisan tanah penutup harian) di atas setiap sel sampah yang telah terisi. Penambahan lapisan tanah penutup / cover soil ini memiliki fungsi kritis sebagai bagian dari sistem kontrol polusi, yaitu untuk mengantisipasi dampak lingkungan yang ditimbulkan

oleh leachate (lindi) dan landfill gas. Kedua produk samping ini dihasilkan dari proses dekomposisi material organik secara anaerobik di dalam tubuh landfill.

2.4.1 TPA Piyungan Bantul

TPA Piyungan terletak di Dusuk Ngablak, Desa Sitimulyo, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Luas area untuk TPA Piyungan sebesar 12,5 Ha dengan kapasitas 2,7 juta m^3. TPA Piyungan setiap harinya mampu menerima 700 ton sampah dari Bantul, Sleman dan Yogyakarta. Semakin hari sampah yang masuk di TPA Piyungan meningkat pesat dan menyebabkan kapasitas penampungan sampah hampir mencapai batas maksimum (Munandar et al., 2019). Sampah plastik menyumbang sekitar 10 – 15 % dari total volume sampah yang masuk ke TPA Piyungan.

TPA Piyungan menggunakan metode pengolahan sampah dengan *Sanitary Landfill*, artinya sampah akan ditimbun dengan tanah dan cenderung menumpuk seiring berjalannya waktu. Beragam jenis plastik yang ada di TPA Piyungan memiliki potensi besar untuk mencemari tanah dan lingkungan disekitarnya. Plastik yang tidak terkelola dengan baik dapat bertahan selama ratusan tahun di dalam tanah dan sampah plastik tersebut terdegradasi menjadi mikroplastik. Mikroplastik ini dapat terbawa oleh air hujan dan tersebar ke dalam tanah.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai kelimpahan mikroplastik dalam tanah terlihat pada **Tabel 2.1.**

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
Rahmani et al., 2023	*Abundance and characteristics of microplastics in different zones of waste landfill site: A case study of Hamadan, Iran*	Penelitian ini tentang kelimpahan dan karakteristik mikroplastik berdasarkan ukuran, bentuk, warna, dan komposisi kimia diberbagai zona lama dan zona aktif di TPA Hamadan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik di tanah TPA sampah kota yang lam dan aktif masing masing adalah 39813 item/kg dan 16940 item/kg. Kelimpahan mikroplastik dalam ukuran Kelimpahan mikroplastik dalam ukuran 0,45 μm–25 dan 25 μm hingga 5 mm masing – masing sebesar 59,32 % dan 40,68 %. Selain itu, 49 % mikroplastik bewarna hitam diidentifikasi sebagai warna yang paling banyak ditemukan. Dalam klasifikasi bentuk, 71 % mikroplastik serat yang banyak ditemukan. Komposisi kimia yang paling banyak ditemukan di antara mikroplastik adalah jenis Polimer LDPE (35%) dan HDPE (33%)
Afrin et al., 2020	*Microplastics contamination in*	Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki keberadaan

	the soil from Urban Landfill site, Dhaka, Bangladesh	kontaminasi MP di lokasi TPA yang dibangun di dekat Kota Dhaka, Bangladesh. Penelitian ini dimulai dari pengumpulan sampel, persiapan sampel, dan analisis sampel menggunakan analisis FT-IR dan Streomicroscope. Hasil penelitian menunjukkan keberadaan MP, berdasarkan ukuran rentang deteksi adalah 0,001 – 2 mm dan MP telah diidentifikasi dalam tiga kategori yaitu lima jenis film, dua jenis fragmen, dan empat jenis MP serat. Keberadaan polimer jenis HDPE, LDPE, dan CA ditemukan di sampel tanah. Hal ini menggambarkan bahwa TPA Perkotaan ini dapat bertindak sebagai sumber MP potensial di kemudian hari.
Fakour et al., 2021	*Quantification and Analysis of Microplastics in Farmland Soils: Characterization, Sources, and Pathways*	Penelitian ini untuk mengetahui kelimpahan MP di tanah Pertanian di Kota Tainan, Taiwan. Penelitian ini dimulai dari pengumpulan sampel, persiapan sampel, dan analisis sampel menggunakan analisis FT-IR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MP ditemukan dalam semua sampel tanah pada kedalaman yang

		berbeda mulai dari 12 – 117 item/m2. Konsentrasi MP di lahan pertanian pinggir jalan lebih tinggi dibanding lahan pertanian tertutup yang jauh dari jalan pinggiran kota, yang menunjukkan kemungkinan resiko aktivitas pertanian di pinggir jalan. Mikroplastik jenis serat dan fragmen adalah jenis mikroplastik yang ditemukan di lahan pertanian dan LDPE menjadi jenis polimer yang dominan dari MP yang terdeteksi.
Zhang et al., 2021	*Exploring the Occurence Characteristics of Microplastics in Typycal Maize Farmland Soils with Long-Term Plastiv Film Mulching in Northern China*	Kemunculan mikroplastik di tanah pertanian dengan mulsa gilm plastik jangka panjang (>20 tahun) pada sampel tanah dari zona penanaman jagung di Cina Utara. Kelimpahan mikroplastik di tanah yang diberi mulsa (754 ± 477 items kg−1) secara signifikan lebih tinggi daripada di tanah yang tidak diberi mulsa (376 ± 149 items kg−1), yang menunjukkan bahwa mulsa film plastik berkontribusi setengah dari mikroplastik di tanah. Karakteristik bentuk mikroplastik terdeteksi di tanah pertanian yaitu jenis fragmen, serat, film dan pelet dan

		karakteristik warna yang ditemukan yaitu warna putih, transparan, kuning, biru dan hitam, sedangkan polimer mikroplastik meliputi Polietilena (PE), Polipropilena (PP), Poliester, Polietilena Tereftalat (PET), Rayon, Polietil Akrilat (PEA), selofan , dan Poliakrilonitril (PAN).
Puthcharoen et al., 2019	*Determination of Microplastics in Soil and Leachate from the Landfills*	Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki keberadaan kontaminasi MP dari tanah dan lindi di lokasi TPA yang terletak di sekitar Teluk Thailand. Penelitian ini dimulai dari pengumpulan sampel, persiapan sampel, dan analisis sampel menggunakan analisis FT-IR dan Streomicroscope. Untuk penentuan mikroplastik dari tanah dan lindi dari tempat pembuangan akhir, ditemukan bahwa terdapat sejumlah kontaminasi mikroplastik. Jumlah rata-rata MP dari sampel tanah yaitu 1457.99 ± 489.71 Items/1Kg. berat kering dan lindi di tempat pembuangan sampah yaitu 20.90 ± 4.96 Items/1Kg. berat kering. MP di

		tanah TPA sangat tinggi, dimana MP di TPA ditemukan dengan jenis film, serat, butiran, tidak beraturan dan bola. Polimer pada MP yang teridentifikasi adalah PE, PP, dan PET.

Dari beberapa penelitian terdahulu pada **Tabel 2.1**, penelitian terdahulu yang mengidentifikasi mikroplastik kurangnya mengidentifikasi secara detail mengenai polimer mikroplastik di tanah, perlunya pembahasan mendalam tentang sumber spesifik dari polimer – polimer tersebut. Penelitian ini juga mengidentifikasi warna mikroplastik, identifikasi warna mikroplastik dapat memberikan data tentang potensi sumber dan perilaku mikroplastik, penelitian terdahulu umumnya belum mendalami aspek warna mikroplastik. Penggunaan tanah non TPA sebagai pembanding antara tanah TPA untuk identifikasi karakteristik dan kelimpahan mikroplastik, analisis perbandingan ini perlu dieksplorasi secara rinci mengenai mengapa tanah kontrol juga mengandung mikroplastik meskipun tidak terkontaminasi sampah plastik. Masih sedikit penelitian yang menghubungkan sifat fisik dan kimia tanah dengan penyebaran mikroplastik. Penelitian ini menganalisis faktor-faktor seperti pH, suhu, dan kadar air tanah, lalu menghubungkannya dengan bagaimana mikroplastik tersebar di tanah, yang mana hal ini jarang diteliti sebelumnya. Hal ini memberikan kesempatan untuk penelitian lebih lanjut tentang bagaimana kondisi tanah mempengaruhi distribusi dan keberadaan mikroplastik. Selain itu pada penelitian ini, pengambilan sampel tanah pada kedalaman 20-30 cm.

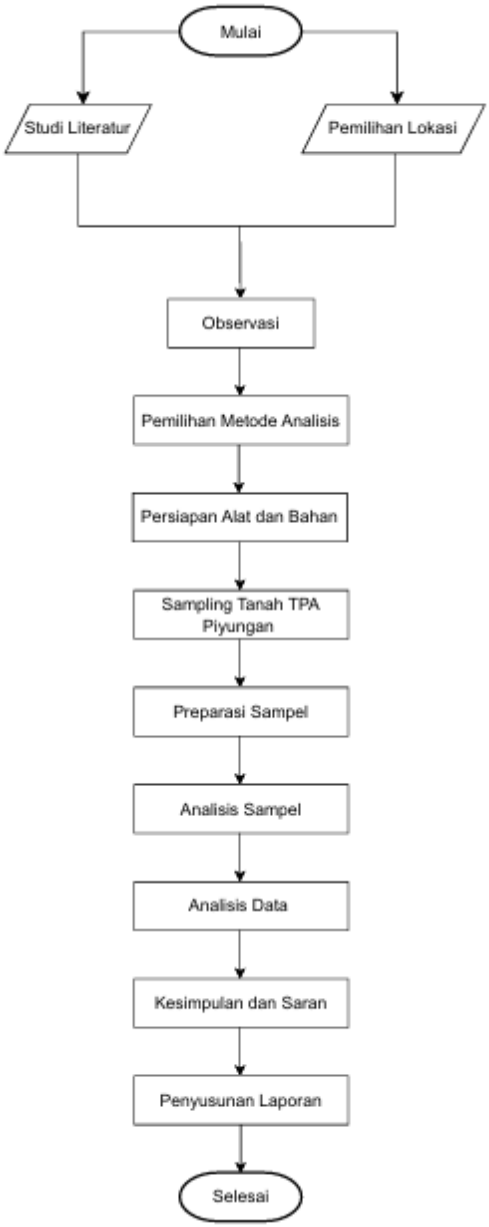
Secara spesifik, benang merah penelitian yang dilakukan dengan penelitian yang serupa mencakup beberapa aspek yaitu semua penelitian fokus pada identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik di berbagai jenis tanah dan lokasi yang berbeda, penelitian yang serupa juga meneliti sumber – sumber mikroplastik yang masuk ke lingkungan tanah dan

menyoroti potensi dampak negatif mikroplastik terhadap ekosistem tanah dan lingkungan secara lebih luas, metode umum yang sering digunakan dalam penelitian meliputi mikroskop dan FTIR untuk mengidentifikasi dan menganalisis mikroplastik.

BAB III
METODE PENELITIAN

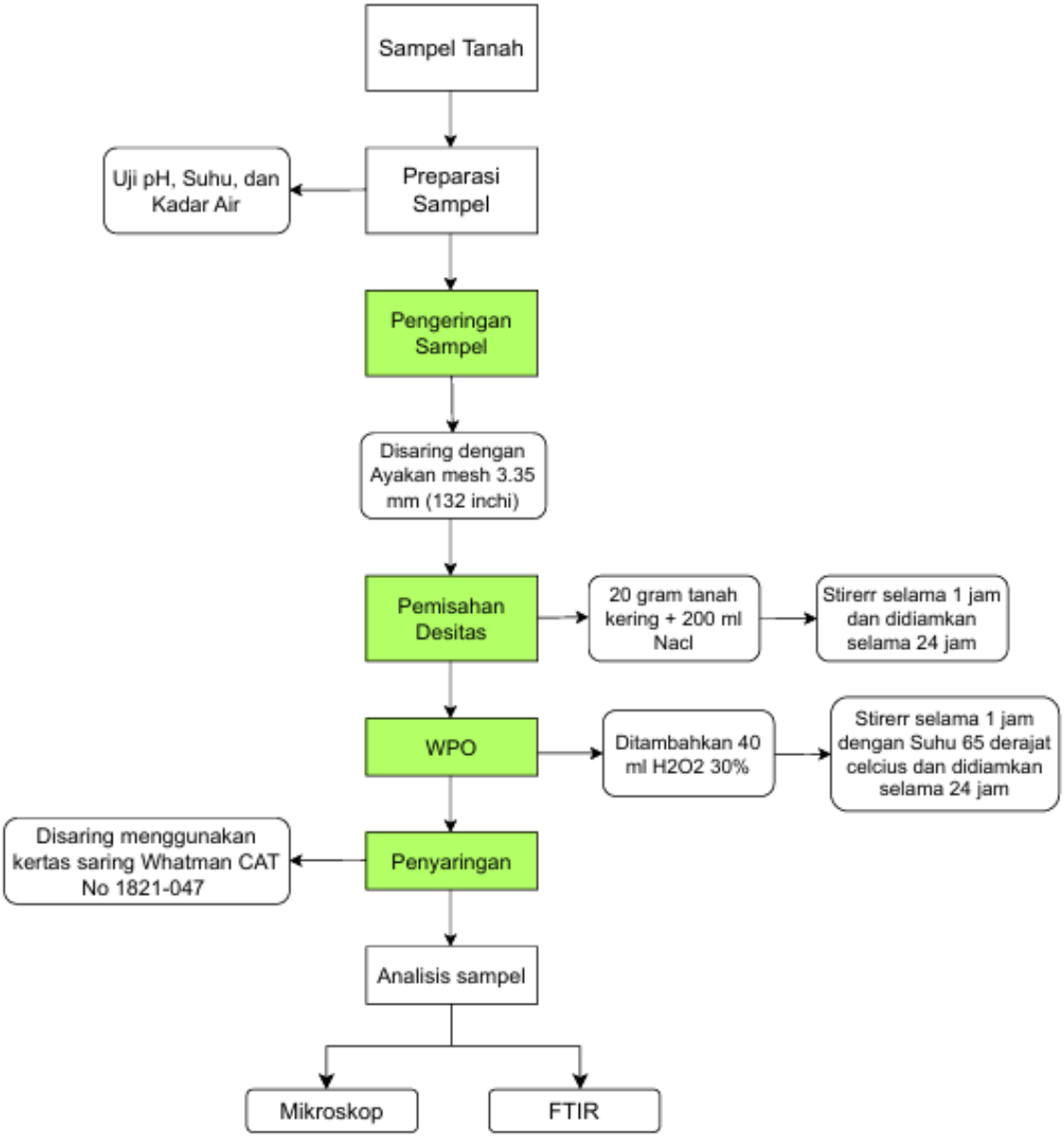
3.1 Tahapan Penelitian

Alur tahapan dalam penelitian ini diilustrasikan dalam diagral alir yang disajikan dalam **Gambar 3.1** berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Pada **Gambar 3.1** merupakan diagram alir penelitian yang. Analisis Sampel yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan metode pengujian berdasarkan pada metode National Oceanic Atmosphere Administration (NOAA). Adapun diagram alir metode pengujian sampel dapat dilihat pada **Gambar 3.2**



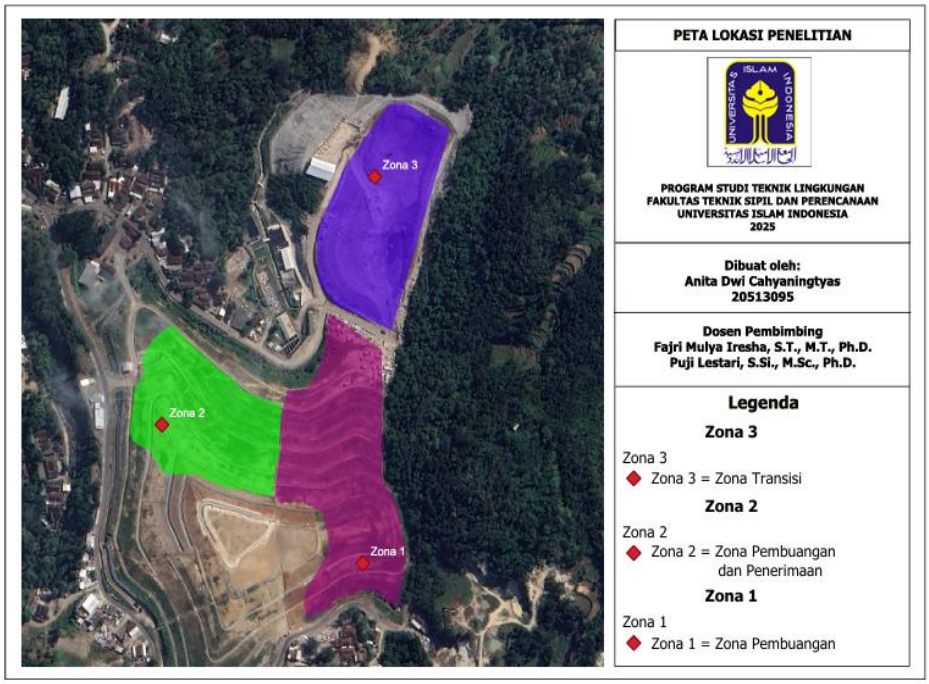
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode Pengujian Sampel

3.2 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu 4 bulan, dari bulan Februari 2025 – Juni 2025. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di tanah TPA Piyungan Bantul dengan sampel uji yang diambil yaitu sampel tanah. Sampel tanah dilakukan pengujian di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII.

Penentuan lokasi pengambilan dilakukan dengan metode *cluster sampling*, yang mencakup 9 titik pengambilan di Tanah TPA dan 1 titik Tanah Kontrol. Titik-titik ini dipilih untuk mewakili distribusi mikroplastik di tanah TPA Piyungan Bantul. Pemilihan lokasi bermula pada penggunaan lahan terkait pengumpulan dan pengelolaan limbah di TPA Piyungan. Zona 1 berfungsi sebagai zona pembuangan atau zona pengolahan limbah matang. Zona 2 merupakan zona pembuangan dan penimbunan limbah baru juga setelah zona 1 mengalami overload. Zona 1 dan Zona 2 merupakan zona yang sudah dinonaktifkan (pasif) atau sudah tidak ada lagi sampah yang ditampung pada zona ini. Sementara itu, Zona 3 berperan sebagai zona transisi, di mana limbah baru yang diangkut ke TPA dilakukaan pembuangan dan ditimbun di zona 3 atau dapat dikatakan sebagai zona aktif sampai sekarang. Pemilihan lokasi kontrol di kawasan Pakem, Turi didasarkan pada karakteristik lingkungan yang berbeda. TPA Piyungan dipilih sebagai lokasi ideal untuk mempelajari kontaminasi mikroplastik, air lindi di TPA dapat mempercepat migrasi mikroplastik ke tanah sekitarnya. Di sisi lain, Pakem, yang terletak di utara Yogyakarta dan jauh dari TPA Piyungan, memiliki kondisi tanah alami yang bebas dari kontaminasi limbah atau aktivitas pembuangan limbah skala besar. Pemilihan Pakem sebagai baseline atau titik acuan yang sangat baik, karena lokasi ini di utara TPA akan membantu meminimalkan risiko kontaminasi silang (cross-contamination). Dengan TPA di selatan dan tanah kontrol di utara, hal ini memastikan bahwa air tanah dan air permukaan di Pakem dan Turi

tidak akan terpengaruh oleh aliran lindi dari TPA Piyungan. Tanah kontrol ini diambil di lahan kosong yang dulunya adalah lahan pertanian / sawah. Titik pengambilan sampel dapat dilihat pada **Gambar 3.3**



Gambar 3. 3 Titik Pengambilan Sampel

Penamaan titik pengambilan sampel dilakukan dengan memberikan label Z1S1, Z1S2 dan Z1S3 untuk mewakili bagian dari Zona 1. Selanjutnya, titik pengambilan sampel pada bagian Zona 2 dinamai Z2S1, Z2S2, dan Z2S3. Bagian dari Zona 3 direperesentasikan oleh titik pengambilan sampel dengan label Z3S1, Z3S2, dan Z3S3. Sedangkan Tanah Kontrol dinamai TC. Koordinat pengambilan sampel dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3. 1 Koordinat Pengambilan Sampel

Sampel	Nomer	Koordinat
Zona 1 Sampel 1 (Z1S1)	1	7°52’13”S 110°25’52”E
Zona 1 Sampel 2 (Z1S2)	2	7°52’13”S 110°25’50”E
Zona 1 Sampel 3 (Z1S3)	3	7°52’13”S 110°25’48”E
Zona 2 Sampel 1 (Z1S1)	4	7°52’9”S 110°25’45”E
Zona 2 Sampel 2 (Z1S2)	5	7°52’9”S 110°25’45”E
Zona 2 Sampel 3 (Z1S3)	6	7°52’9”S 110°25’45”E
Zona 3 Sampel 1 (Z1S1)	7	7°52’3”S 110°25’50.88”E
Zona 3 Sampel 2 (Z1S2)	8	7°52’3”S 110°25’50.88”E
Zona 3 Sampel 3 (Z1S3)	9	7°52’3”S 110°25’50.88”E
Tanah Control (TC)	10	7.6780°S 110.3725°E

3.3 Alat dan Bahan

Analisis kandungan mikroplastik pada sampel tanah di TPA Piyungan, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap parameter fisik-kimia tanah tersebut. Dengan mengetahui parameter fisik-kimia tanah, diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi lingkungan di sekitar TPA dan potensi akumulasi

mikroplastik di dalamnya. Berikut **Tabel 3.2** merupakan peralatan yang digunakan selama pengujian parameter fisik-kimia

Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Pengujian Parameter Fisika

No	Nama Alat dan Bahan	Penggunaan
1.	pH Meter	Pengujian Parameter Fisik-Kimia Sampel Tanah di TPA Piyungan Bantul
2.	Oven	
3.	Thermometer	
4.	Timbangan Analitik	
5.	Pengaduk Kaca	
6.	Sendok Sungu	
7.	Krustang	
8.	Desikator	
9.	Cawan Porselen	
10.	Gelas Beaker	
11.	Gelas Ukur 100 mL	
12.	Erlenmeyer	
13.	Sampel Tanah	
14.	KCL 1 Mol	
15.	Aquades	

Pada **Tabel 3.2** merupakan alat dan bahan pengujian parameter fisik-kimia tanah. Langkah selanjutnya setelah pengujian tanah yaitu preparasi sampel tanah untuk pengujian kandungan mikroplastik. Berikut **Tabel 3.3** merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian mikroplastik :

Tabel 3. 3 Alat dan Bahan Pengujian Mikroplastik

Keterangan	Alat	Bahan
Pengambilan Sampel di Lapangan	- Sekop - Penggaris - Spidol - Aluminium Foil Ziplock	
Proses Analisis di Laboratorium	- FTIR *(Fourier Transform Infrared)* - Mikroskop - Gelas Beaker 500 mL - Erlenmeyer 250 mL - Gelas Ukur 100 mL - *Vacuum Pumps* - Ayakan - Timbangan Analitik - Pipet volume - *Magnetic Stirrer* - *Kaca preparat* - *Batang Pengaduk*	- 200 mL NaCl jenuh - 40 mL H2O2 30% - Aquades - Kertas Saring Whatman CAT No. 1821-047 - Alumunium foil

Pada **Tabel 3.3** menunjukkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam preparasi sampel tanah untuk pengujian mikroplastik.

3.4 Pengambilan dan Penyimpanan Sampel

Pengambilan sampel tanah di TPA Piyungan Bantul dimulai dari zona 1 sampai zona 3 yang mencakup 9 titik pengambilan. Selain pengambilan sampel tanah di TPA Piyungan, juga dilakukan pengambilan sampel tanah control atau tanah yang bebas dari kontaminasi sampah plastik. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman

20 – 30 cm dengan menggunakan grab sampler atau sekop. Sampel tanah yang didapatkan disimpan di wadah berbahan non plastik atau alumunium foil ziplock.

3.5 Persiapan Sampel Tanah

Langkah awal sebelum dilakukan pengujian mikroplastik pada tanah sampel yaitu mengidentifikasi karakteristik fisik dan kimia dari masing-masing sampel. Proses ini melibatkan beberapa pengukuran parameter penting, seperti pH tanah, suhu, dan kadar air. Dengan melakukan pengukuran pada parameter – parameter ini sehingga memperoleh gambaran tentang kondisi tanah sampel. Tahap ini sangat krusial untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif yang akan membantu dalam interpretasi hasil analisis keberadaan mikroplastik yang dilakukan selanjutnya.

3.5.1 Pengukuran pH Tanah

Tujuan pengukuran pH tanah adalah untuk mengetahui kondisi keasaman atau kebasaan tanah dan juga ketersediaan nutrisi dan stabilitas tanah yang dapat mempengaruhi interaksi antara mikroplastik dengan lingkungan tanah. Pengukuran pH tanah menggunakan pH meter. Prosedur analisis pH mengikuti Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk.

Untuk mengukur pH tanah, pertama-tama timbang satu gram sampel tanah ke dalam gelas beaker 100 ml. Kemudian, tambahkan Aquades 50 ml ke dalam gelas beaker. Untuk memastikan homogenitas, sampel dicampur secara merata. Memanfaatkan pH meter pada sampel yang telah dihomogenkan memungkinkan untuk koreksi pH. Hasil pengukuran tersebut kemudian dicatat dan ditentukan.

Selain itu, dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan larutan KCl 1 Mol. Ini dilakukan dengan menimbang satu gram sampel tanah ke dalam gelas beaker 100 ml dan kemudian ditambah 50 ml KCl ke dalam gelas beaker tersebut. Sampel diaduk secara merata sampai homogen, dan kemudian dicatat dan ditentukan nilai pH nya . Dengan memanfaatkan KCl dan larutan aquades, pengukuran pH tanah berfungsi untuk mencapai tingkat sensitivitas yang lebih tinggi dan membuat pengukuran pH lebih akurat. Dapat dilihat pada **Gambar 3.4** merupakan pengukuran pH tanah dengan menggunakan larutan KCl 1 Mol pada Sampel Z1S1



Gambar 3. 4 Pengukuran pH Tanah

3.5.2 Pengukuran Suhu Tanah

Pengujian suhu dilakukan pada sampel tanah untuk mengetahui perubahan fisik dan kimia yang dapat mempengaruhi

distribusi mikroplastik dalam tanah. Pengukuran suhu tanah dilakukan dengan meletakan termometer pada sampel tanah, dan kemudian suhunya dicatat.

3.5.3 Pengukuran Kadar Air Tanah

Prosedur pengukuran kadar air tanah mengikuti Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Tujuan pengukuran kadar air yaitu membantu memahami sejauh mana mikroplastik mengubah kemampuan tanah dalam mempertahankan kelembapan dan mengetahui pengaruh distribusi mikroplastik dalam tanah. Untuk mengetahui kadar air dalam sampel tanah, langkah pertama yang dilakukan yaitu cawan porselen dikeringkan selama satu jam dalam oven pada suhu 100 – 105^{o}C. Setelah itu, cawan didinginkan pada desikator hingga suhu ruang. Berat cawan diukur dengan menggunakan timbangan analitik dan menghitung hasilnya. Langkah selanjutnya ditimbang sampel tanah satu gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sudah kering, dan dimasukkan ke dalam oven selama tiga jam pada suhu 105^{o}C. Untuk proses pendinginan, cawan porselen diangkat dengan penjepit lalu dimasukkan kembali ke dalam desikator. Selanjutnya, berat sampel tanah diukur setelah sampel tanah sesuai suhu ruang untuk menentukan perubahan berat sampel tertulis. Berdasarkan Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk, pengukuran kadar air pada sampel dapat dilakukan perhitungan dengan rumus:

$$W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \text{ x } 100\ \%$$

Dengan :

W = Kadar air yang dinyatakan dalam persen

W1 = Berat cawan

W2 = Berat cawan + berat tanah basah

W3 = Berat cawan + berat tanah kering

3.6 Preparasi Sampel

Pengujian sampel tanah menggunakan metode modifikasi dari NOAA *(National Oceanic Atmosphere Administration).* Berikut bagian – bagian metode analisis sampel :

1. Pengeringan Sampel

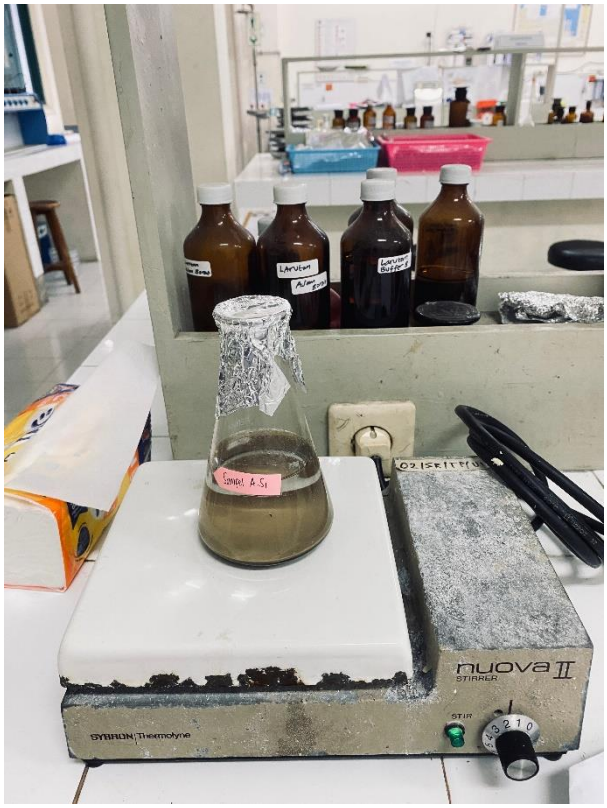
   Tahap pengeringan sampel bertujuan untuk menghilangkan kandungan air di dalam sampel. Hal ini penting agar analisis yang dilakukan tidak dipengaruhi oleh air, yang dapat mengubah karakteristik fisik atau kimia dari sampel tersebut. Sampel sedimen basah dengan berat 20 gram tanah ditimbang dengan neraca analitik kemudian disaring dengan ayakan mesh ukuran <5 mm atau 3.35 mm (0.132 inchi). Sampel dimasukkan ke dalam oven pada suhu 70^{o}C selama 24 jam (Putri, 2022). Dapat dilihat pada **Gambar 3.5** Pengayakan sampel tanah menggunakan ayakan dengan ukuran 0,132 inchi.



Gambar 3. 5 Pengayakan Sampel Tanah

2. Pemisahan Densitas

Tahap pemisahan densitas dilakukan untuk memisahkan partikel tanah dengan mikroplastik pada tanah. Sampel tanah kering sebanyak 20 gram yang sudah melalui tahap pengeringan ditambahkan dengan 200 ml NaCl jenuh pada gelas beaker lalu dihomogenkan alat *magnetic stirrer* selama 1 jam. Setelah dihomogenkan, sampel ditutup rapat menggunakan aluminium foil dan didiamkan selama 24 jam. Dapat dilihat pada **Gambar 3.6** merupakan proses pemisahan densitas menggunakan 200 ml larutan NaCl jenuh dan di *magentic stirrer* selama 1 jam.



Gambar 3. 6 Proses Pemisahan Densitas

3. *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

Tujuan dari tahap WPO adalah untuk menghilangkan bahan organik yang masih menempel pada sampel tanah, menghancurkan organik, dan membedakan mikroplastik dari organik (Putri, 2022). Pada tahap ini, 40 ml (H2O2) konsentrasi 30% ditambahkan ke Erlenmeyer sebagai proses tahapan WPO. Aluminium foil digunakan untuk menutup Erlenmeyer agar tidak tercemar oleh zat lain. Setelah itu, sampel diaduk selama 1 jam di atas pengaduk magnetic stirrer. Dapat dilihat pada **Gambar 3.7** merupakan proses *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) menggunakan 40 ml larutan H2O2 konsentrasi 30%.



Gambar 3. 7 Proses WPO

4. Penyaringan Sampel

Penyaringan sampel dilakukan dengan menyaring supernatan yang telah terbentuk menggunakan saringan Whatman CAT No. 1821-047. Penyaringan supernatan dengan bantuan pompa vakum karena kertas saring dapat kering lebih cepat dengan penggunaan pompa vakum (Yona et al., 2021). Kertas saring diletakkan diatas alat vakum setelah sampel dituang dan ditutup dengan corong penutup, selanjutnya alat dinyalakan untuk proses penyaringan sampel. Setelah propses penyaringan sampel, kertas saring dikeringkan hingga kering dengan diletakkan di cawan petri. Dapat dilihat pada **Gambar 3.8** merupakan proses penyaringan sampel menggunakan pompa vakum dan kertas saring menggunakan Whatman CAT No. 1821-047.

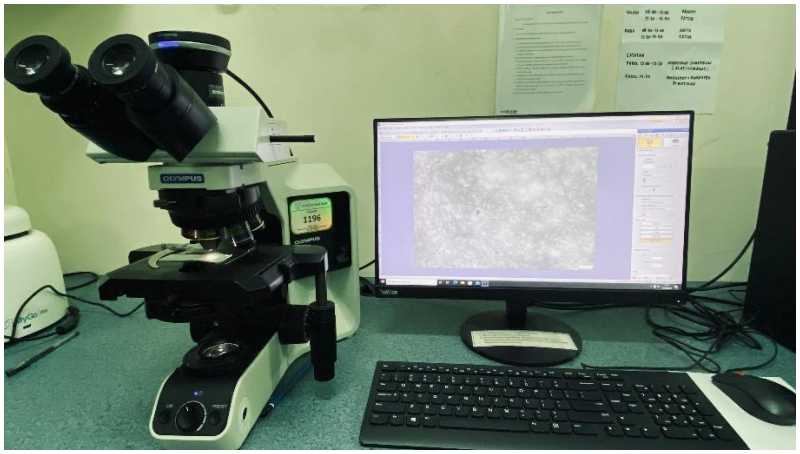


Gambar 3. 8 Proses Penyaringan Sampel

3.7 Analisis Sampel

3.7.1 Pengamatan dengan Mikroskop

Pengamatan dengan mikroskop adalah metode analisis pengamatan objek atau material pada tingkat terkecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Pengujian sampel dengan mikroskop memungkinkan penggunaan mikroskop untuk memperbesar gambar pada sampel sehingga dapat dijelaskan dengan detail dan lebih baik. Tahap pengamatan dengan mikroskop yaitu sampel diposisiskan dengan menggunakan preparat, diatur pada perbesaran 10x dan mikroskop disesuaikan hingga lensa melihat sampel dengan fokus dan jelas (Putri, 2022). Pengamatan dengan mikroskop memudahkan dalam menganalisis data tentang kelimpahan mikroplastik yang meliputi jenis, warna dan jumlahnya. Dapat dilihat pada **Gambar 3.9** merupakan analisis sampel menggunakan mikroskop untuk mengetahui kelimpahan, jenis, warna dengan perbesaran 10x.



Gambar 3. 9 Pengamatan Sampel dengan Mikroskop

3.7.2 Pengamatan dengan FTIR

Dalam penelitian mikroplastik, tujuan pengamatan menggunakan metode FTIR *(Fourier Transform Infrared)* adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis jenis serta komposisi kimia mikroplastik yang terdapat dalam sampel. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengetahui polimer yang menyusun mikroplastik tersebut. Proses pembacaan sampel dimulai setelah sampel diletakkan di tengah alas besi. Hasil analisis mikroplastik menggunakan FTIR disajikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan nilai panjang gelombang yang diserap oleh sampel mikroplastik. Data ini kemudian direkam dan disimpan dalam perangkat lunak komputer (Shadrina, 2023).

3.8 Analisis Data

3.8.1 Analisis Data Mikroplastik

Analisis data dari hasil observasi menggunakan mikroskop yang dianalisis secara deskriptif. Analisis data menggunakan mikroskop dilakukan pada tanah sampel untuk menghitung jumlah kelimpahan mikroplastik dan mengamati karakteristik

mikroplastik meliputi bentuk dan warna. Berikut rumus dari perhitungan tersebut.

a. Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik

$$\text{Kelimpahan Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik pada Tanah (Partikel)}}{\text{Berat Tanah Kering (gram)}}$$

b. Perhitungan Persentase Jenis dan Warna

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Jumlah Partikel jenis atau warna (Partikel)}}{\text{Jumlah Keseluruhan Partikel Jenis atau Warna (Partikel)}} \; x \; 100\%$$

3.8.2 Analisis Data FTIR

Analisis data menggunakan metode uji spektroskopi FTIR berdasarkan pengukuran inframerah yang disajikan dalam bentuk panjang gelombang yang terbaca pada perangkat. Hasil pengamatan gelombang FTIR meliputi struktur molekul dan kesesuaian dengan gugus fungsi kimia . Setiap jenis polimer memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda dalam penyerapannya, sehingga jenis polimer dari mikroplastik yang teridentifikasi dapat diketahui dengan membandingkan data referensi panjang gelombang yang diserap oleh mikroplastik tersebut (Yona et al.,2021).

3.9 Upaya Kontrol untuk Meminimalisir Cross - Contaminasi Mikroplastik dari Sumber Lain Selama Proses Preparasi Sampel dan Analisis Sampel

Dalam penelitian mengenai mikroplastik, cross – contaminasi harus ditekan semininal mungkin selama proses preparasi sampel dan analisis sampel untuk memastikan keakuratan dan validitas data. Beberapa upaya kontrol dapat dilakukan seperti :

A. Penggunaan alat dan bahan Non-Plastik saat pengambilan dan penyimpanan sampel tanah untuk menghindari kontaminasi

partikel plastik dan penggunaan alat seperti gelas beaker, erlenmeyer, pengaduk kaca, cawan porselen, dan lain-lain dalam keadaan steril

B. Area laboratorium untuk preparasi sampel dan analisis sampel dipisah untuk mengurangi risiko cross-contaminasi.
C. Penggunaan aluminium foil pada saat preparasi sampel sebagai penutup sampel untuk mencegah kontaminasi partikel udara.
D. Penggunaan prosedur yang sesuai metode NOAA sebagai metode analisis mikroplastik untuk menjaga konsistensi data dan validitas hasil penelitian.
E. Memastikan bahwa mikroskop dan perangkat FTIR yang akan digunakan untuk keperluan analisis sampel dalam kondisi yang telah melalui proses kalibrasi dan dibersihkan.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Parameter fisik dan kimia masing-masing sampel, meliputi pengukuran pH tanah, suhu, dan kadar udara. Pengukuran pada parameter – parameter ini memperoleh informasi tentang gambaran kondisi tanah sampel TPA Piyungan.

4.1. Parameter Fisik-Kimia Tanah

Hasil pengujian parameter fisik dan kimia tanah di seluruh sampel tanah. Berikut **Tabel 4.1** merupakan data parameter fisik-kimia.

Tabel 4. 1 Data Parameter Fisik-Kimia

Titik Sampel	Parameter Fisik - Kimia				Jumlah Partikel Mikroplastik
	pH (Aquades)	pH (KCl)	Suhu	Kadar Air	
Z1S1	8,57	6,33	26ºC	28,59%	237
Z1S2	8,56	6,35	27ºC	27,58%	288
Z1S3	8,52	6,69	27ºC	26,15%	317
Z2S1	8,37	7,5	27ºC	47,13%	245
Z2S2	8,42	7,1	27ºC	45,03%	455
Z2S3	8,2	7,24	27ºC	45,84%	402
Z3S1	7,79	6,82	28ºC	31,63%	544
Z3S2	7,74	6,74	28ºC	41,52%	460
Z3S3	7,88	6,81	27ºC	37,18%	505
TC	4,31	4,17	27ºC	31,4%	167

Pada **Tabel 4.1** merupakan hasil pengujian parameter fisik-kimia meliputi pH, suhu, dan kadar air pada Zona 1, Zona 2, Zona 3, dan Tanah Kontrol (TC).

4.1.1 pH

Hasil pengukuran pH di tanah TPA Piyungan Bantul menunjukkan tin3gkat pH yang berbeda beda antara pengujian pH menggunakan aquades dan KCL. Pada pengujian menggunakan aquades dengan pH antara 4,31 – 8,57 dimana pH terendah pada sampel Tanah Kontrol sebesar 4,31 dan pH tertinggi pada sampel Z1S1 sebesar 8,57. Sedangkan pengujian menggunakan KCL dengan pH antara 4,17 – 7,24, pH terendah pada sampel Tanah Kontrol sebesar 4,17 dan pH tertinggi pada sampel Z3S3 sebesar 7,24. Kondisi pH di Tanah Kontrol asam disebabkan karena beberapa faktor yaitu pengambilan sampel tanah kontrol pada lahan kosong, area pada lahan kosong ini mengandung akumulasi bahan organik seperti daun kering, ranting, dan sisa tumbuhan yang membusuk. Proses dekomposisi bahan organik menghasilkan asam organik dan karbon dioksida yang bereaksi dengan air untuk membentuk asam karbonat. Penumpukan asam – asam ini secara bertahap dapat menyebabkan penurunan pH tanah. Tanah kontrol merupakan lahan bekas pertanian / sawah kemungkinan masih terkandung pupuk nitrogen urea. Pupuk nitrogen urea mengandung ion amonium (NH_4^+) akan melepaskan ion hidrogen (H^+) saat mengalami nitrifikasi. Nitrifikasi adalah proses mengubah amonium menjadi nitrat, yang menghasilkan ion H^+ dan dapat menyebabkan penurunan pH tanah (Permana et al., 2018).

Nilai pH tanah yang diuji dengan aquades cenderung lebih tinggi dibanding dengan pH tanah yang diuji dengan KCL. Pengujian pH tanah dengan aquades bertujuan menggambarkan kemasaman aktif tanah pada kondisi pH aktual tanah atau netral atau alami, sedangkan pengujian pH tanah dengan KCL bertujuan

mengukur pH tanah dalam kondisi yang lebih stabil dan pH KCL mengukur kemasaman potensial.

Keberadaan mikroplastik khususnya mikroplastik jenis foam dan fragmen memiliki luas permukaan yang lebih besar memiliki potensi meningkatkan tingkat keasaman (pH) tanah dan sedikit peningkatan pH pada mikroplastik jenis film (Zhao et al., 2021). Tidak ada korelasi pH tanah dengan jumlah partikel mikroplastik dikarenakan pH berfungsi sebagai indikator kondisi biokimia di zona tersebut yang terbentuk sebagai hasil dari proses dekomposisi materi organik. Sedangkan mikroplastik merupakan masalah fisik yang keberadaannya ditentukan oleh jumlah limbah yang masuk dan proses degradasi yang terjadi.

4.1.2 Suhu

Hasil pengukuran suhu tanah di TPA Piyungan Bantul berada pada rentang suhu antara 26^{o}C - 28^{o}C. Keberagaman suhu di seluruh sampel ini ketika terdapat perubahan termperatur lebih tinggi dan energi kinetik molekul dalam plastik juga meningkat hal ini mempercepat reaksi kimia yang dapat memicu proses degradasi plastik secara lebih intensif sehingga menyebabkan plastik terurai menjadi mikroplastik berukuran lebih kecil (Zhang et al., 2021).

Suhu tinggi memiliki peran penting dalam mempercepat proses fotodegradasi plastik oleh sinar UV membentuk mikroplastik (Ningrum et al., 2022). Semakin tinggi suhu maka akan semakin tinggi nilai kelimpahan mikroplastik, hal menunjukkan adanya korelasi ketika suhu lingkungan meningkat, jumlah mikroplastik yang ditemukan di lingkungan cenderung ikut meningkat (Yani et al., 2021). Korelasi suhu dengan kelimpahan mikroplastik yang telah diidentifikasi yaitu suhu

yang relatif kecil 26^{o}C - 28^{o}C di tanah TPA menunjukkan adanya keseimbangan antara panas dari lingkungan sekitar dan panas yang dihasilkan oleh proses dekomposisi. Namun, fluktuasi suhu ini tidak memengaruhi jumlah mikroplastik, karena degradasi termal plastik memerlukan suhu yang jauh lebih tinggi dan waktu yang lama untuk memecah makroplastik menjadi mikroplastik.

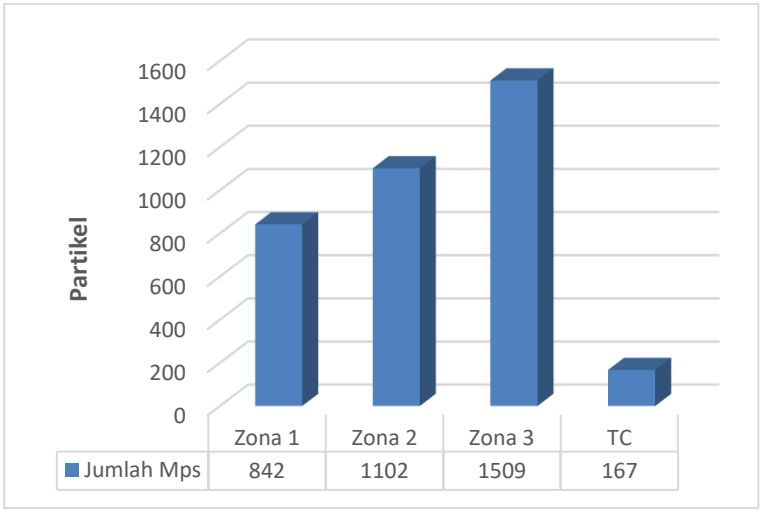
4.1.3 Kadar Air

Hasil pengukuran kadar air tanah pada TPA Piyungan Bantul pada rentang 26,15% - 47,13%. Kondisi tanah yang tingkat kelembabannya tinggi dapat mempercepat laju penguraian plastik baik secara kimiawi (hidrolisis) maupun biologis (aktivitas mikroba) sehingga memicu terbentuknya partikel mikroplastik berukuran lebih kecil (Zhang et al., 2021). Selain itu, air dapat sebagai sarana distribusi mikroplastik masuk ke bagian tanah yang lebih dalam (Rillig et al., 2017). Kadar air mempengaruhi dalam pergerakan mikroplastik baik secara vertikal maupun horizontal, pada kondisi kadar air yang tinggi memicu perpindahan partikel mikroplastik berukuran kecil menjadi lebih mudah untuk bergerak lebih dalam ke lapisan tanah melalui proses infiltrasi air lindi sehingga tidak ada korelasi dengan jumlah partikel mikroplastik.

Pengamatan mikroplastik yang telah dilakukan pengujian sampel menggunakan metode *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) sampel dan di mikroskop dengan perbesaran 10x pada sampel, didapatkan data yang digunakan untuk identifikasi berdasarkan jumlah jenis, dan warna.

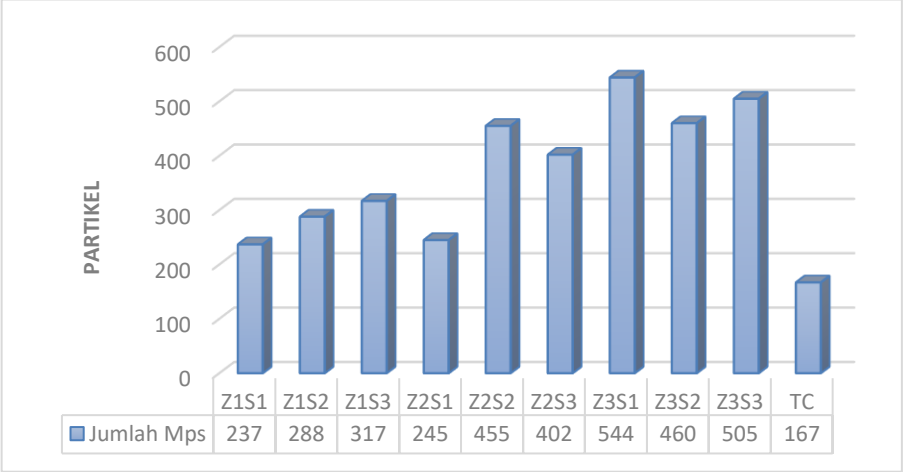
4.1.1. Identifikasi Mikroplastik berdasarkan Jumlah

Hasil perhitungan mikroplastik pada tanah TPA Piyungan menunjukan hasil perhitungan pada setiap titik pengambilan sampel dan diperoleh dari pengamatan mikroskop. Berikut merupakan hasil pengamatan jumlah mikroplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4. 1 Jumlah Mikroplastik

Pada **Gambar 4.1** merupakan jumlah mikroplastik berdasarkan zona. Keberadaan mikroplastik yang sudah diidentifikasi dapat dijadikan acuan dasar dalam perhitungan tingkat kelimpahan pada masing masing sampel dan hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik. Berikut hasil perhitungan jumlah mikroplastik yang disajikan pada **Gambar 4.2**

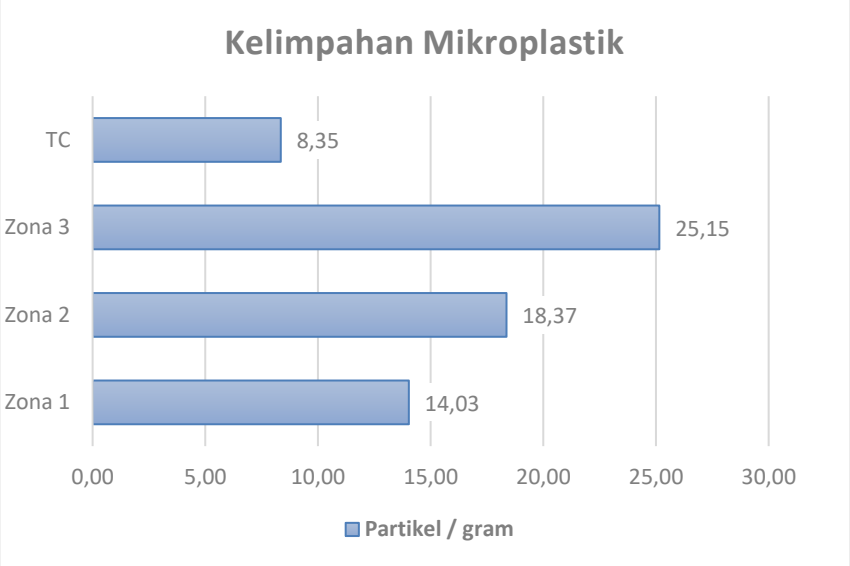


Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Mikroplastik

Berdasarkan **Gambar 4.2** merupakan data yang menunjukan jumlah mikroplastik di tanah TPA Piyungan. Visualisasi data dalam grafik tersebut terlihat bervariasi jumlah mikroplastik pada setiap titik pengambilan sampel. Perbedaan jumlah mikroplastik yang ditemukan pada tiap titik dipengaruhi variasi fungsi lahan di TPA Piyungan. Dapat terlihat dari grafik bahwa titik Z3S1 merupakan titik dengan jumlah mikroplastik tertinggi karena pada titik ini sebagai zona transisi di mana limbah yang baru diangkut ke TPA dilakukaan pembuangan dan ditimbun di zona 3 atau dapat dikatakan sebagai zona aktif sampai sekarang. Sedangkan pada Z1S1 sampai Z2S3 sebagai zona pembuangan atau zona pengolahan limbah matang dan zona pembuangan dan penimbunan limbah baru setelah zona 1 mengalami overload. Zona 1 dan Zona 2 merupakan zona yang sudah dinonaktifkan (pasif) atau sudah tidak ada lagi sampah yang ditampung pada zona ini. Saat ini hanya pada zona transisi atau Z3S1 – Z3S3 yang masih aktif digunakan untuk pembuangan dan penimbunan limbah baru.

Menentukan tingkat kelimpahan mikroplastik dilakukan dengan membandingkan jumlah partikel mikroplastik **pada**

Gambar 4.2 terhadap berat sampel tanah. Sampel tanah yang digunakan seberat 20 gram, sudah melalui proses pengayakan dan dioven pada suhu 70^{o}C selama 24 jam. Hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4. 3 Grafik Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik yang terindetifikasi di titik pengambilan sampel untuk sampel di Zona 1 sampai TC (Tanah Kontrol) disajikan dalam **Gambar 4.3**. Seperti yang dapat dilihat, kelimpahan mikroplastik tertinggi adalah 25,15 partikel/gr pada Zona 3 dan kelimpahan mikroplastik terendah adalah 8,35 partikel/gr pada tanah kontrol.

Pada **Gambar 4.3** menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik setiap zona berbeda. Pada zona 3 merupakan kelimpahan mikroplastik tertinggi dibanding zona 1, zona 2 dan tanah kontrol. Pada zona 1 dan zona 2, 2 zona ini sudah dinonaktifkan atau tidak ada lagi sampah yang masuk tetapi 2 zona ini selama masa aktifnya sejumlah besar limbah plastik telah tertimbun. Proses degradasi dan fragmentasi jangka panjang dari

makroplastik di zona ini terus berlangsung seiring waktu dan menghasilkan akumulasi mikroplastik.

Tingginya kelimpahan mikroplastik pada zona 3 diakibatkan karena zona 3 ini sebagai zona aktif yang mana zona 3 menerima limbah baru setiap harinya, hal ini membuat limbah plastik yang baru dibuang mengalami proses degradasi dan fragmentasi secara aktif atau berlangsung secara intensif dan terus menerus sehingga cenderung menghasilkan mikroplastik dalam jumlah besar. Faktor kondisi lingkungan juga berkontribusi pada proses degradasi dan fragmentasi plastik seperti paparan sinar matahari langsung, curah hujan, kelembaban. Proses dekomposisi yang intensif terjadi pada zona aktif menghasilkan volume air lindi dalam jumlah besar, air lindi mampu menjadi media yang berpotensi penyebaran mikroplastik baik di dalam zona maupun ke area sekitarnya. Di Tiongkok, TPA yang menerima sekitar 3000 ton sampah padat kota per hari dan menghasilkan sekitar 950 m^3 lindi TPA (Xu et al., 2020).

Faktor utama pergerakan mikroplastik secara horizontal adalah limpasan permukaan air, angin, banjir (O'Kelly et al.,2020). Partikel mikroplastik dengan massa jenis rendah mudah terdispersi oleh angin ke lokasi sekitarnya, sementara partikel mikroplastik dengan massa jenis yang lebih berat cenderung bergerak secara vertikal menuju lapisan tanah lebih dalam (Zylstra, 2013). Angin memiliki kemampuan sebagai media transportasi yang membawa partikel mikroplastik dengan ukuran <100 µm tersebut dapat melayang di udara dan terbawa oleh aliran udara (Rismawati, 2024). Proses transportasi mikroplastik secara vertikal di dalam tanah terjadi karena infiltrasi air yang dipengaruhi oleh curah hujan dan pori tanah, aktivitas organisme tanah yang mempercepat distribusi penyebaran, dan pertumbuhan

akar memperluas jalur pemindahan (Haxioau et al.,2021). Rendahnya kelimpahan mikroplastik pada Tanah Kontrol (TC) dikarena pada tanah kontrol tidak ada timbunan plastik dalam jumlah besar sehingga akumulasi mikroplastik lebih rendah. Fragmentasi di tanah kontrol umumnya lebih lambat dan kurang intensif karena tidak ada timbunan sampah terus meneruh maka mikroplastik yang tersebar lebih merata dan dalam konsentrasi yang lebih rendah.

Berdasarkan regulasi yang termuat dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 81 Tahun 2012, TPA Piyungan Bantul mengimplementasikan sistem penutupan sampah biasanya dilakukan secara bertahap dan rutin, termasuk penutupan harian dan mingguan. Pada penelitian ini lapisan tanah yang diambil pada rentang kedalaman 20-30 cm di lokasi tersebut diindikasikan merupakan bagian dari lapisan penutup antara (Intermediate Cover) atau Penutup Akhir (Final Cover) yang berfungsi sebagai lapisan isolasi di atas timbunan limbah yang telah dipadatkan.

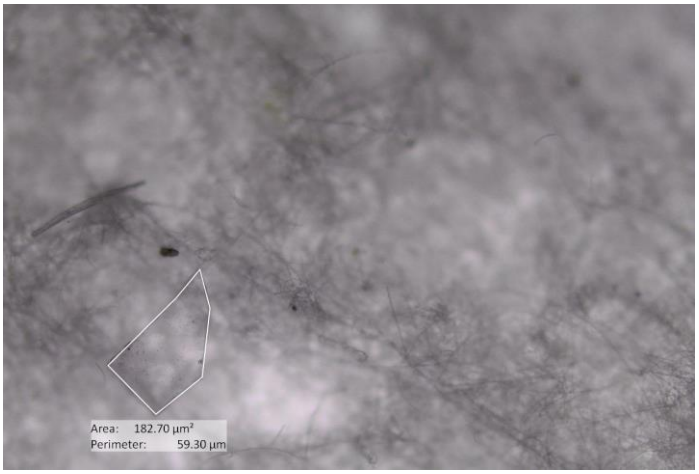
4.1.2. Identifikasi Mikroplastik berdasarkan Jenis

Berdasarkan pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x pada sampel tanah TPA Piyungan menunjukkan adanya mikroplastik dengan berbagai jenis. Jenis mikroplastik yang ditemukan pada sampel tanah yaitu *Film, Fragment, Fiber, Foam, Pellet.* Berikut merupakan beberapa jenis mikroplastik yang ditemukan dalam sampel.

4.1.2.1. Film

Mikroplastik jenis *film* merupakan mikroplastik yang dihasilkan melalui proses degradasi progresif dari

produk plastik fleksibel yang berbahan dasar polietilen seperti kantong plastik dan plastik kemasan makanan lainnya yang cenderung transparan (Cunha 2019). Mikroplastik berbentuk film dicirikan oleh sifatnya yang fleksibel, tipis, transparan dan memiliki densitas rendah (Fieore et al., 2022). Oleh karena itu, sifat mikroplastik film sinar UV matahari dapat menembus dan mengenai sebagain besar area permukaan atau terdegradasi oleh sinar matahari yang akhirnya memicu fragmentasi menjadi partikel lebih kecil. Pada **Gambar 4.5** dapat dilihat mikroplastik jenis Film.



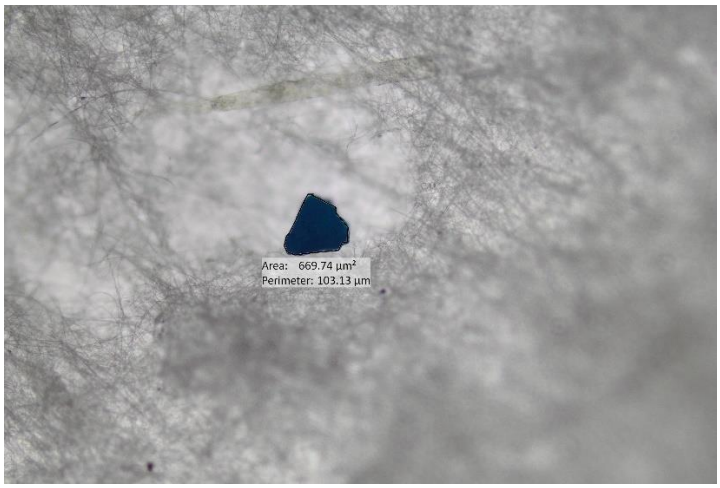
Gambar 4. 4 Mikroplastik Jenis *Film*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan **Gambar 4.5**, terlihat mikroplastik jenis *film* berwarna transparan dengan bentuk luas dan tipis. Luas area mikroplastik jenis *film* diukur dengan image raster dan teridentifikasi memiliki luasan sebesar 182,7 µm. Mikroplastik jenis *film* diseluruh sampel penelitian dimana di TPA sangat banyak jumlah plastiknya dan menyebabkan melimpahnya mikroplastik jenis *film*.

4.1.2.2. Fragment

Mikroplastik jenis *fragment* merupakan mikroplastik yang memiliki ciri fisik yang spesifik yaitu kaku, keras, dan memiliki spektrum warna yang bervariasi (Lestari et al., 2019). *Fragment* memiliki massa jenis yang cukup tinggi karena tersusun dari polimer sintetis yang sangat kuat (Lestari et al., 2019). *Fragment* merupakan potongan kecil dari plastik yang lebih besar, umumnya memiliki bentuk tepi yang tidak beraturan dan permukaan yang kasar (Ling Ding et al., 2019). Pada **Gambar 4.6** dapat dilihat mikroplastik jenis Fragment.



Gambar 4. 5 Mikroplastik Jenis *Fragment*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Mikroplastik jenis *fragment* pada Gambar 4.6 terlihat berwarna pekat, lebar dan cukup tebal. *Fragment* banyak ditemukan diseluruh sampel dan jenis ini memiliki jumlah tertinggi. Ukuran luas area pada jenis *fragment* terindentifikasi sebesar 669,74 µm. Sumber mikroplastik *fragment* berasal dari potongan potongan

dari botol minuman dan makanan, kepingan toples, galon air minum, plastik keras (wadah rumah tangga) serta potongan potongan kecil pipa paralon yang dihasilkan dari sampah yang dibuang ke TPA akibat aktivitas masyarakat (Zhang et al., 2020).

4.1.2.3. Fiber

Mikroplastik jenis *fiber* berasal dari serat sintetis yang dihasilkan hasil dari serat pakaian dan limbah industri tekstil (Browne MA et al., 2015). Selain itu, sumber *fiber* juga dapat berasal dari jaring, kain dan berbagai peralatan rumah tangga. *Fiber* dicirikan dengan bentuknya yang berdimensi panjang, tipis, menyerupai benang yang memanjang dan lebar yang relatif sama dari ujung ke ujung (Ding et al., 2019). *Fiber* umumnya terbantuk melalui penguraingan kain atau benda berserat yang mengalami oksidasi di lingkungan (Guo et al.,2018). Pada **Gambar 4.7** dapat dilihat mikroplastik jenis Fiber.



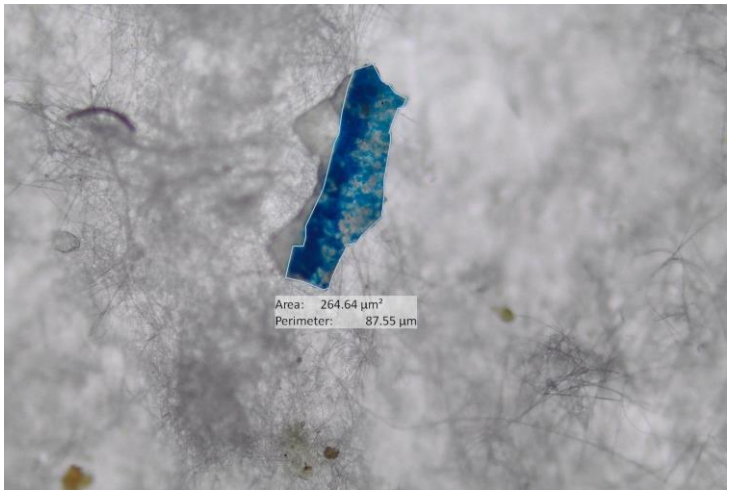
Gambar 4. 6 Mikroplastik Jenis *Fiber*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada **Gambar 4.7** terlihat mikroplastik jenis *fiber* berwarna biru dan berbentuk panjang. Hasil pengukuran yang dilakukan *fiber* yang terindentifikasi memiliki panjang 157,85 µm. Diseluruh sampel tanah TPA ditemukan mikroplastik jenis *fiber* yang berasal dari limbah industri tekstil. Selain itu serat – serat pakaian juga dapat dikatakan sebagai sumber mikroplastik jenis *fiber* (Hiwari et al, 2019).

4.1.2.4. Foam

Mikroplastik jenis *foam* umumnya berasal dari produk kemasan seperti syrofoam yang banyak digunakan sebagai kemasan makanan dan pengemasan alat alat rumah tangga (Ding et al., 2019). Karakteristik dari *foam* adalah teksturnya yang lunak menunjukkan sifat kompresibilitas dan kemungkinan rapuh, selain itu berbentuk lonjong berongga artinya jenis foam memiliki banyak ruang kosong didalamnya sehingga membuat massa jenis yang sangat rendah (Putri, 2022). Pada **Gambar 4.8** dapat dilihat mikroplastik jenis Foam.



Gambar 4. 7 Mikroplastik Jenis *Foam*

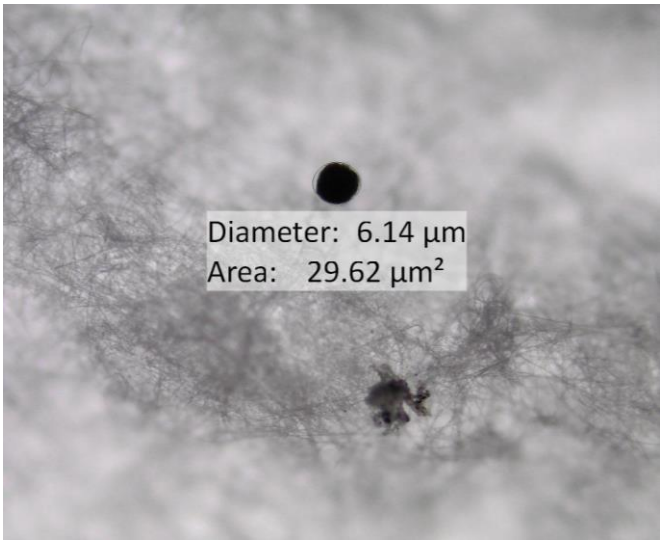
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada **Gambar 4.8** terlihat bahwa mikroplastik jenis *foam* ditemukan berwarna biru dengan luas area sebesar 264,64 µm. Styrofoam yang dibuang ke lingkungan mengalami fragmentasi menjadi partikel yang lebih kecil dan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti tekanan fisik, paparan sinar UV dapat melemahkan struktur polimer sehingga membuat rapuh, dan struktur berongga mikroplastik jenis *foam* dengan densitas rendah menyebabkan mudah terbawa angin.

4.1.2.5. Pellet

Mikroplastik jenis *pellet* diklasifikasikan sebagai mikroplastik primer karena merupakan bahan baku untuk industri manufaktur plastik (Hiwari el al., 2019). Selain untuk bahan baku industri manufaktur plastik, mikroplastik jenis *pellet* bersumber dari sampah plastik produk kecantikan seperti scrub pembersih wajah (Ding et al., 2019). Mikroplastik jenis *pellet* memiliki bentuk

bulat, silinder, permukaan halus, warna yang bervariasi. Pada **Gambar 4.9** dapat dilihat mikroplastik jenis Film.

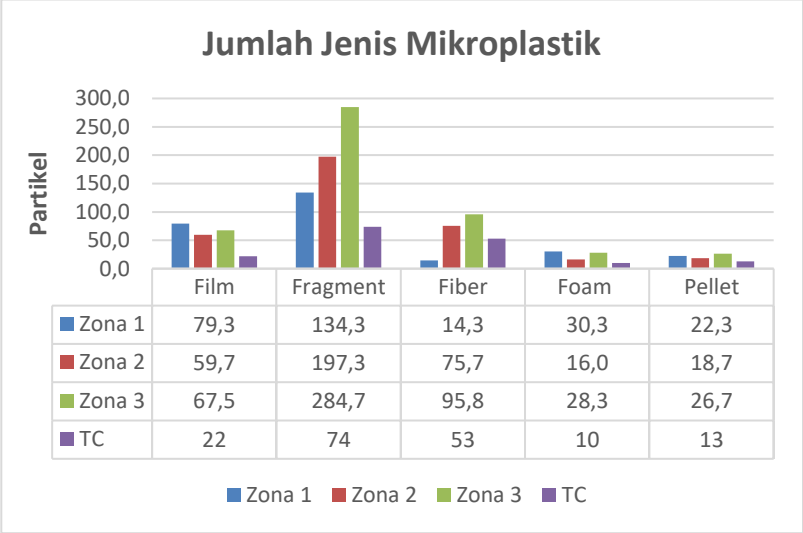


Gambar 4. 8 Mikroplastik Jenis *Pellet*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

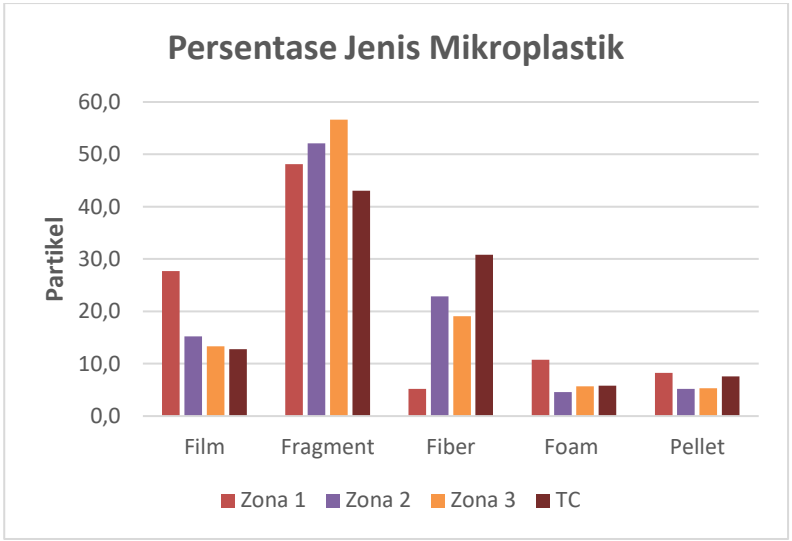
Pada **Gambar 4.9** Mikroplastik jenis *pellet* terindentifikasi berwarna hitam dan memiliki diameter 6,14 µm. Keberadaan mikroplastik jenis *pellet* ditemukan diseluruh sampel penelitian. Mikroplastik jenis *pellet* dapat dengan mudah terbawa angin atau air.

Pengamatan menggunakan mikroskop bertujuan menentukan jenis mikroplastik pada seluruh sampel penelitian. Hasil pengamatan identifikasi mikroplastik berdasarkan jenis dapat dilihat pada **Gambar 4.10**



Gambar 4. 9 Grafik Jumlah Berdasarkan Jenis Mikroplastik

Persentasi total berdasarkan jenis mikroplastik keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 4.11**



Gambar 4. 10 Persentase Total Jenis Mikroplastik

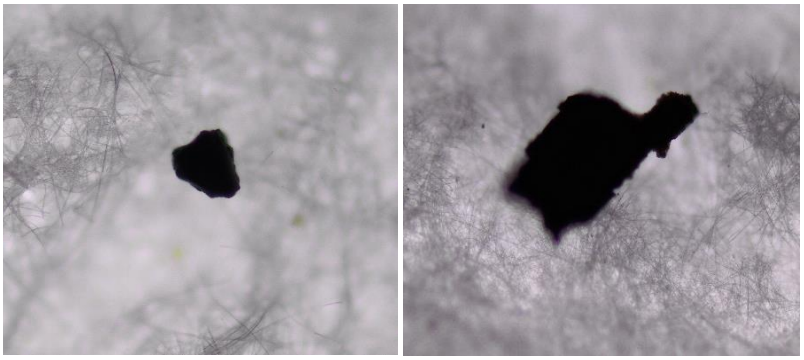
Pada **Gambar 4.11**, grafik tersebut menunjukkan semua jenis mikroplastik yaitu film, fragment, fiber, foam, pellet terdapat pada seluruh sampel. Pada Zona 1 memiliki persentasi jenis mikroplastik yaitu jenis film 27,7 %, fragment 48,1 %, fiber 5,2 %, foam 10,8 % dan pellet 8,2 %. Pada Zona 2 memiliki persentase jenis mikroplastik yaitu jenis film 15,2 %, fragment

52,1 %, fiber 22,9 %, foam 4,6 % dan pellet 5,2 %. Pada Zona 3 memiliki persentase jenis mikroplastik yaitu jenis film 13,4 %, fragment 56,6 %, fiber 19,1 %, foam 5,7 % dan pellet 5,3 %. Pada Tanah Kontrol (TC) memiliki persentase jenis mikroplastik yaitu jenis film 12,8 %, fragment 43 %, fiber 30,8 %, foam 5,8 % dan pellet 7,6 %.

Dari hasil persentase total banyak ditemukan jenis mikroplastik dengan jenis fragment sebesar 50%. Mikroplastik jenis fragment berasal dari sampah plastik berukuran makro seperti botol, kantong plastik, kemasan yang dibuangan ke TPA. Sampah plastik mengalami proses degradasi yang kompleks dan berangsur – angsur, proses degradasi menyebabkan plastik besar kehilangan integritas strukturalnya sehingga terfragmentasi menjadi potongan lebih kecil (Putri 2022). Selain jenis fragment, jenis fiber juga banyak ditemukan pada TPA. Mikroplastik jenis fiber berasal dari serat pakaian, tali, alat penangkap ikan seperti jaring dan pancing (Sandra et al., 2021). Sebagian besar serat sintetis menjadi sumber utama mikroplastik jenis fiber. Limbah industri tekstil juga menghasilkan limbah serat sintetis selama proses produksi, pemotongan dan berakhir di TPA. Fiber memiliki bentuk memanjang, tipis dan sangat ringan sehingga mudah terbawa angin dan air. Angin menjadi vektor yang sangat efektif mengangkur fiber dari permukaan timbunan sampah ke seluruh area TPA atau bahkan ke luar TPA. Dalam penelitian lain, pada TPA Hamadan Iran jenis mikroplastik yang ditemukan dominan mikroplastik jenis fragment dan fiber (Rahmani et al.,2023).

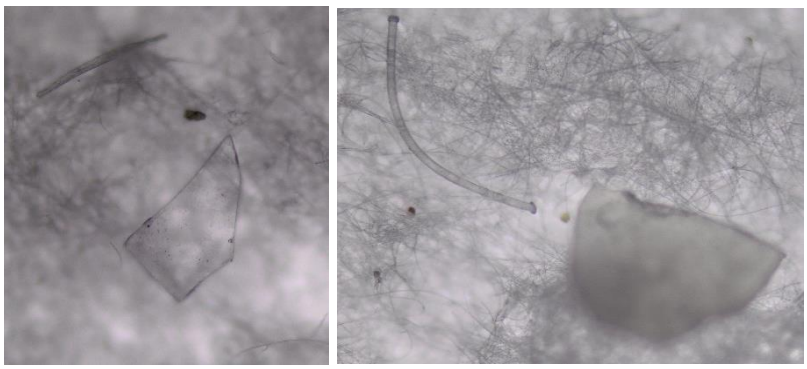
4.1.3. Identifikasi Mikroplastik berdasarkan Warna

Identifikasi mikroplastik berdasarkan warna menggunakan mikroskop didapatkan hasil berbagai macam warna yang ditemui yaitu hitam, transparan, merah, biru, hijau, kuning, orange, dan ungu. Keragaman warna yang ditemukan pada mikroplastik mencerminkan beragamnya sumber polusi, perbedaan warna pada mikroplastik menggambarkan betapa kompleks dan luasnya kontaminasi sumber plastik yang mencemari area tersebut (Zhang et al.,2021). Berikut merupakan hasil identifikasi mikroplastik berdasarkan warna.



Gambar 4. 11 Mikroplastik Jenis *Fragment* Warna Hitam

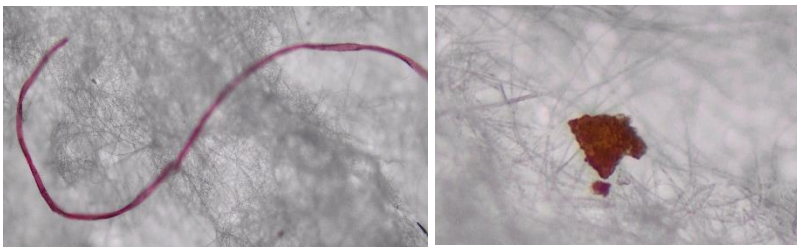
Pada **Gambar 4.12** Mikroplastik jenis *Fragment* terindentifikasi berwarna hitam.



(a) (b)

Gambar 4. 12 (a) Mikroplastik Jenis *Film* (b) Mikroplastik Jenis *Fiber* Warna Transparan

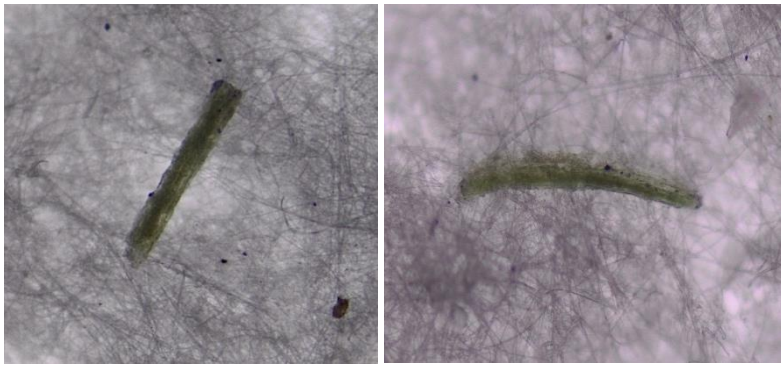
Pada **Gambar 4.13** Mikroplastik jenis *Film* dan jenis *Fiber* terindentifikasi berwarna transparan.



(a) (b)

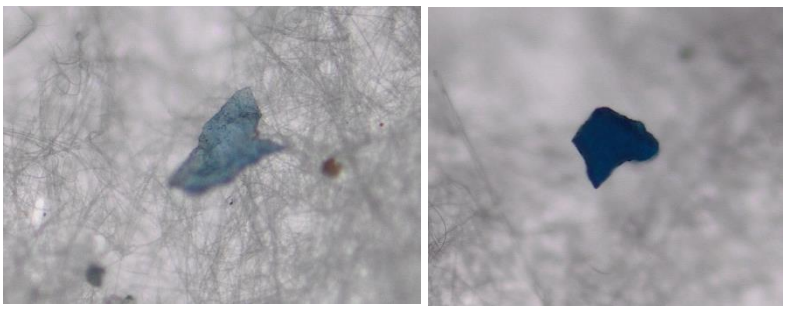
Gambar 4. 13 (a) Mikroplastik Jenis *Fiber* (b) Mikroplastik Jenis *Fragment* Warna Merah

Pada **Gambar 4.14** Mikroplastik jenis *Fiber* dan jenis *Fragment* terindentifikasi berwarna merah.



Gambar 4. 14 Mikroplastik Jenis *Fiber* Warna Hijau

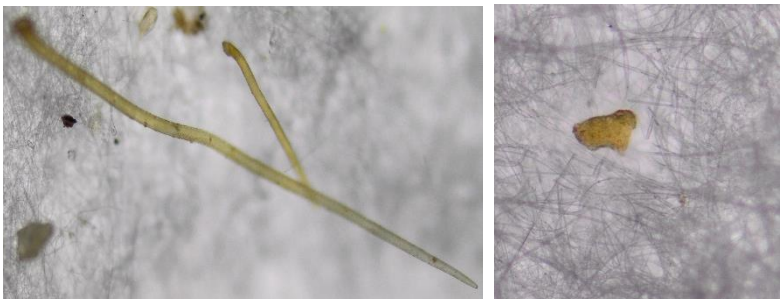
Pada **Gambar 4.15** Mikroplastik jenis *Fiber* terindentifikasi berwarna hijau.



(a) (b)

Gambar 4. 15 (a) Mikroplastik Jenis *Film* (b) Mikroplastik Jenis *Fragment* Warna Biru

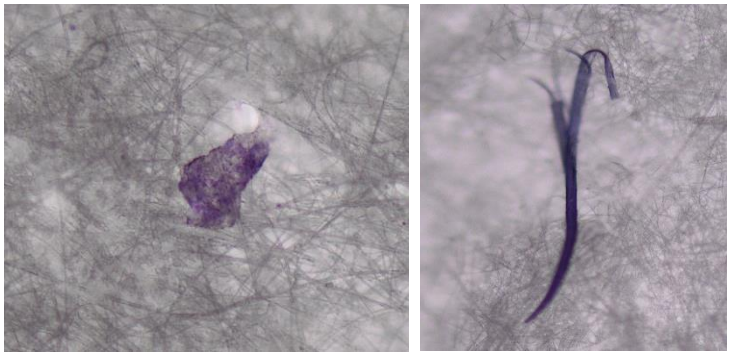
Pada **Gambar 4.16** Mikroplastik jenis *Film* dan Jenis *Fragment* terindentifikasi berwarna biru.



(a) (b)

Gambar 4. 16 (a) Mikroplastik Jenis *Fiber* (b) Mikroplastik Jenis *Film* Warna Kuning

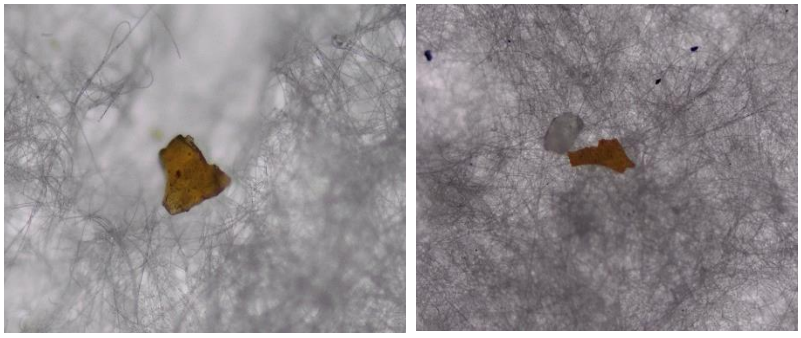
Pada **Gambar 4.17** Mikroplastik jenis *Fiber* dan Jenis *Film* terindentifikasi berwarna kuning.



(a) (b)

Gambar 4. 17 (a) Mikroplastik Jenis *Film* (b) Mikroplastik Jenis *Fiber* Warna Ungu

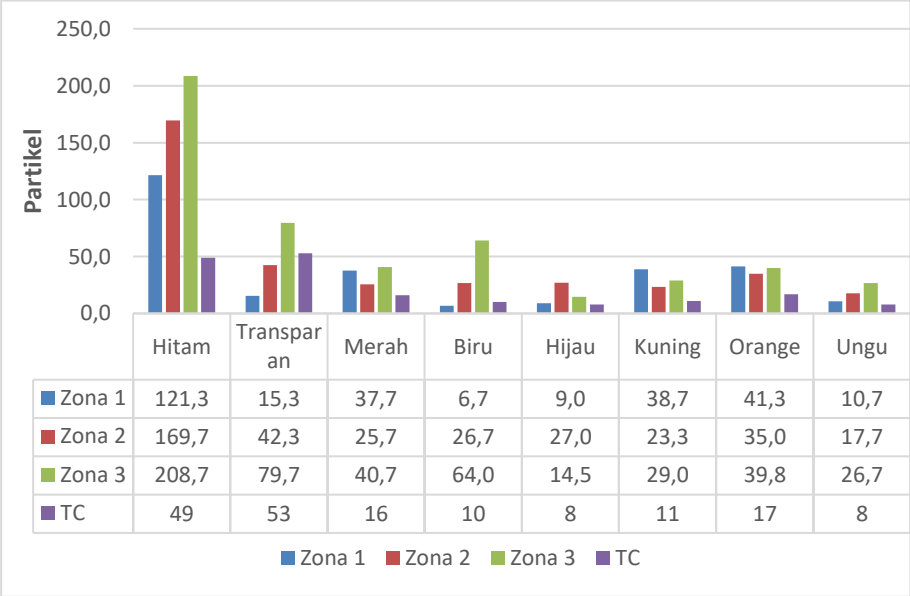
Pada **Gambar 4.18** Mikroplastik jenis *Film* dan Jenis *Fiber* terindentifikasi berwarna ungu.



Gambar 4. 18 Mikroplastik Jenis Fragment Warna Orange

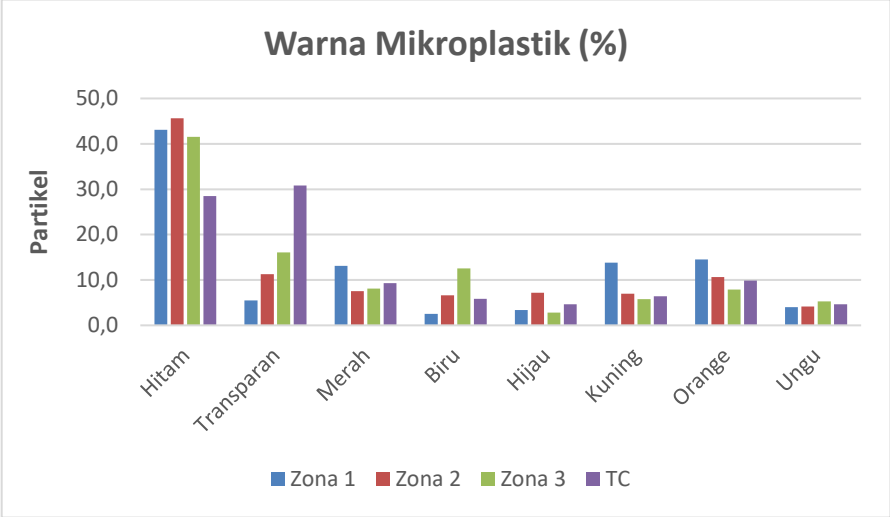
Pada **Gambar 4.19** Mikroplastik jenis *Fragment* terindentifikasi berwarna Orange.

Hasil identifikasi warna mikroplastik setiap sampel memiliki warna yang berbeda. Perhitungan jumlah warna pada setiap sampel diikuti dengan perhitungan persentase warna mikroplastik. Hasil jumlah dan persentase warna pada mikroplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.20** dan **Gambar 4.21**



	Hitam	Transparan	Merah	Biru	Hijau	Kuning	Orange	Ungu
Zona 1	121,3	15,3	37,7	6,7	9,0	38,7	41,3	10,7
Zona 2	169,7	42,3	25,7	26,7	27,0	23,3	35,0	17,7
Zona 3	208,7	79,7	40,7	64,0	14,5	29,0	39,8	26,7
TC	49	53	16	10	8	11	17	8

Gambar 4. 19 Grafik Jumlah Warna Mikroplastik



Gambar 4. 20 Grafik Persentase Total Warna Mikroplastik

Berdasarkan **Gambar 4.20** dan **Gambar 4.21** , grafik tersebut merupakan jumlah dan persentase warna mikroplastik dari seluruh titik sampel. Dari hasil pengamatan pada Zona 1 ditemukan warna hitam 43,1 %, transparan 5,5 %, merah 13,1 %, biru 2,5 %, hijau 3,3%, kuning 13,8%, Orange 14,5%, dan Ungu 4%. Pada Zona 2 ditemukan warna hitam 45,6%, transparan 11,3%, merah 7,5%, biru 6,6%, hijau 7,2%, kuning 7%, Orange 10,7%, dan Ungu 4,1%. Pada Zona 3 ditemukan warna hitam 41,6%, transparan 16,1%, merah 8,1%, biru 12,5%, hijau 2,8%, kuning 5,8%, Orange 7,9%, dan Ungu 5,3%. Pada Tanah Kontrol (TC) ditemukan warna hitam 28,5%, transparan 30,8%, merah 9,3%, biru 5,8%, hijau 4,7%, kuning 6,4%, Orange 9,9%, dan Ungu 4,7%.

Pengamatan yang dilakukan mendapatkan hasil jika warna mikroplastik yang banyak ditemukan adalah Hitam 39,7%, Transparan 15,9%, Orange 10,7%, Merah 9,5%, Kuning 8,2%, Biru 6,9%, Hijau 4,5%, Ungu 4,5%. Warna hitam pada mikroplastik dapat menunjukkan penyerapan kontaminan yang signifikan, termasuk zat pencemar dan partikel organik dari

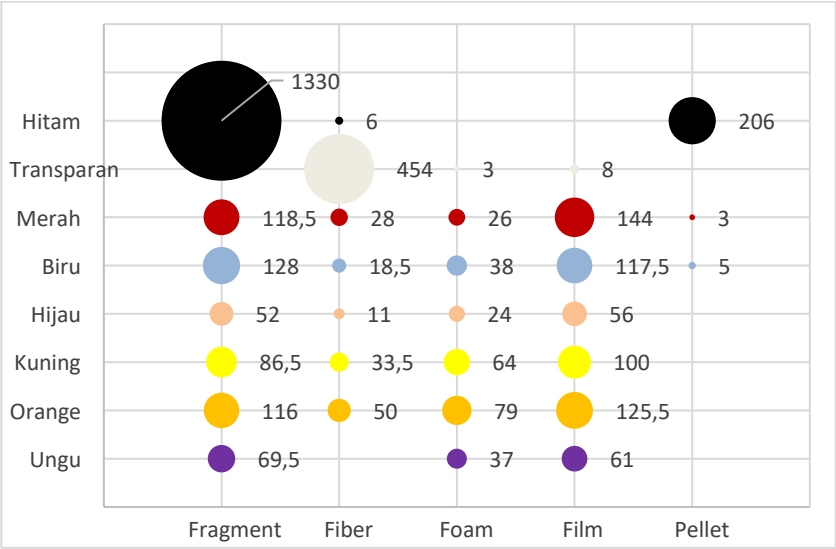
lingkungan (Gesamp 2015). Mikroplastik yang telah mengalami fotodegradasi dalam jangka waktu lama umumnya akan menunjukkan perubahan warna menjadi lebih pudar, abu-abu, atau bahkan transparan (Hiwari et al., 2019). Intensitas warna hitam pada mikroplastik dapat berfungsi sebagai indikator visual mengenai sejauh mana tingkat fotodegradasi yang telah terjadi dan jumlah kontaminan yang mungkin telah diserap oleh partikel tersebut selama berada di lingkungan.

Kelimpahan warna hitam dan transparan disebabkan oleh penggunaan bahan kemasan plastik, kantong plastik, pengemasan makanan dan kantong sampah (Rahmani et al., 2023). Warna kuning menunjukkan bahwa mikroplastik telah teroksidasi lebih lama (Ridlo et al.,2020). Warna orange atau kuning yang terdapat pada mikroplastik kemungkinan besar berasal dari berbagai produk plastik seperti sedotan, lembaran kertas mika, kantong plastik dan limbah plastik lainnya. Produk ini umumnya memiliki warna yang cerah tetapi seiring berjalannya waktu, paparan sinar ultraviolet (UV) dari matahari menyebabkan plastik tersebut mengalami degradasi sehingga kepekatan warnanya berkurang dan menjadi lebih pudar (Kapo et al., 2020). Konsentrasi warna biru yang tinggi kemungkinan besar disebabkan karena warna biru adalah pigmen yang umum digunakan dalam berbagai produk plastik (botol air mineral, wadah kemasan, mainan, jaring ikan), pakain dan tekstil sintetis seperti denim dan akan terdegradasi lalu melepaskan mikroplastik berwarna biru (Hernandez et al., 2017). Warna merah pada mikroplastik berasal dari produk plastik yang berwarna merah seperti sedotan, jaring, mainan dan tutup botol. Selain itu serat tekstil sintetis pada pakaian, kain, karpet, dan

perlengkapan rumah juga menjadi salah satu sumber mikroplastik warna merah.

4.1.4. Hubungan Mikroplastik Berdasarkan Jenis dan Warna

Dari hasil identifikasi berdasarkan jenis dan warna, jenis yang mendominasi adalah *Fragment* , sementara warna yang mendominasi adalah warna hitam. Bentuk dan warna mikroplastik dapat dilihat pada bubble chart pada **Gambar 4.22**



Gambar 4. 21 Grafik Warna dan Jenis Mikroplastik

Pada **Gambar 4.22** merupakan pengamatan warna dan jenis mikroplastik di seluruh titik sampel. Pada hasil pengamatan tersebut terlihat dari jumlah berdasarkan warna dan jenis mikroplastik paling banyak adalah *fragment* berwarna hitam sebanyak 1330 partikel. Warna hitam pekat yang masih dipertahankan oleh mikroplastik mengindikasikan bahwa partikel tersebut masih murni atau belum mengalami perubahan warna (discoloration) atau pemudaran warna (discolouring) secara signifikan. Ini menunjukkan bahwa mikroplastik dengan warna hitam pekat tersebut relatif baru terpapar lingkungan, sehingga

proses degradasi, fotodegradasi oleh faktor-faktor seperti sinar matahari, atau reaksi kimia belum terjadi secara signifikan. Warna yang tergolong pekat kecuali hitam yaitu kuning, merah, biru, hijau, orange, dan ungu. Menurut (Febriari et al., 2020) warna mikroplastik yang ditemukan jika berwarna pekat atau cerah teridentifikasi bahwa mikroplastik tersebut belum mengalami pemudaran warna (discolouring) yang signifikan.

Mikroplastik fragment warna hitam biasanya berasal dari pemecahan plastik berwarna hitam seperti potongan peralatan rumah tangga, pipa, elektronik atau produk industri lainnya. Warna hitam pada fragment menandakan bahwa mikroplastik tersebut mengandung polutan kimia berbahaya seperti PAH dan PCB karena kemampuan warna gelap menyerap lebih banyak senyawa organik dibanding warna cerah (Salsabila et al 2022). Proses fragmentasi yang berlangsung secara terus menerus terutama pada plastik berpigment hitam akan menghasilkan mikroplastik yang tetap mempertahankan warna aslinya jika belum mengalami fotodegradasi yang cukup lama.

4.3 Identifikasi Mikroplastik Menggunakan FT-IR

Penelitian ini menggunakan FTIR atau *Fourier Trandformed Infrared*. *Fourier Trandformed Infrared* (FTIR) merupakan teknik analisis yang sangat efektif dalam menentukan struktur molekul suatu senyawa (Nandiyanto et al., 2019). Metode ini bekerja dengan menganalisis spektrum inframerah yang dihasilkan dari interaksi antara radiasi inframerah dan sampel yang diuji. Berdasarkan pola serapan pada panjang gelombang tertentu, FTIR mampu mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang ada di dalam molekul, sehingga informasi mengenai struktur kimianya dapat diperoleh secara detail. Identifikasi gugus kimia mikroplastik dari sampel tanah, akan menganalisis setiap titik sampel

dengan konsentrasi mikroplastik tertinggi. Dari titik sampel tersebut, gugus kimia akan ditentukan berdasarkan sampel yang memiliki jumlah mikroplastik terbanyak dan skor identifikasi tertinggi dari hasil analisis. Hasil pembacaan FTIR dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Spektrofotometri FT-IR

Polimer	Skor Kemiripan										
	Z1S1	**Z1S2**	**Z1S3**	**Z2S1**	**Z2S2**	**Z2S3**	**Z3S1.1**	**Z3S1.2**	**Z3S2**	**Z3S3**	**TC**
Polyacetylene	749	749	742	706	682	792	674	727	724	720	737
Tencel	728	745	718	736	718	768	710	725	705	698	719
Cellopha	732	715	738	699	708	784	688	704	698	680	724
Ramie	699	736	695	742	675	747	626	645	711	706	724
Cotton	692	727	683	727	675	729	632	647	694	653	705
Polyacrylamide	681	700	717	704	639	713	625	0	740	738	747
Rayon	716	689	684	675	653	739	641	641	637	626	667
Bamberg	714	695	700	681	669	748	651	670	652	641	680
PVC	602	0	0	0	0	0	0	627	645	638	649
LLDPE	0	0	644	0	0	0	631	0	639	647	638
HDPE	0	659	0	654	0	0	0	0	0	0	0
PE	0	668	0	666	0	0	0	0	0	0	0
PET	602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PE_PP	0	665	626	661	0	0	622	631	0	631	0
Polyethylene Oxidized	0	666	0	661	0	0	0	0	0	0	0
Polyvinyl Pyrrolidone	0	657	653	648	625	0	619	0	640	634	634
Ethylene AcrylicAcid	605	669	0	663	0	0	0	0	0	0	0
Cupra	691	730	686	723	679	739	0	660	693	687	701

Polimer	Skor Kemiripan										
	Z1S1	Z1S2	Z1S3	Z2S1	Z2S2	Z2S3	Z3S1.1	Z3S1.2	Z3S2	Z3S3	TC
Polybutadine	0	0	629	0	0	644	614	644	0	0	0
EVA	0	659	0	650	0	0	0	634	0	0	0
PVAL	0	0	0	0	0	680	0	0	669	667	665
Aramid	0	0	0	0	0	0	0	0	656	649	655
Nylon	0	0	0	0	608	645	0	0	0	0	0
Wool	0	0	0	0	0	649	0	0	0	0	635
EVOH	0	0	0	0	0	683	623	652	0	0	0
PEI	0	0	0	0	617	0	0	626	0	0	0
IR-Cis	0	0	625	0	0	0	618	0	0	0	0
Zein	0	652	0	0	0	662	0	0	0	0	650
Silk	0	0	0	644	0	640	0	0	634	635	652
Epoxy	0	0	625	0	635	0	0	0	656	655	648
PIP	0	0	650	0	0	0	647	0	0	0	0
EAA	0	671	0	659	0	0	0	0	0	0	0
CR	624	0	0	0	0	655	615	0	626	0	633
Polyester	603	0	0	0	0	0	0	627	0	0	0
HPC	613	674	0	651	0	0	0	0	0	0	0

Berdasarkan pada **Tabel 4.2** dapat diketahui hasil pembacaan FTIR pada sampel tanah TPA Piyungan. Jenis polimer yang teridentifikasi pada sampel tanah TPA Piyungan berupa *Polyacetylane, Tencel, Cellopha, Ramie,* dan *Cotton* dengan skor kemiripan polimer berbeda – beda setiap sampelnya. Dalam analisis FTIR, skor kemiripan maksimum yaitu 999. Jika suatu senyawa yang diuji menghasilkan nilai mendekati angka tersebut maka senyawa tersebut dianggap memiliki tingkat kemiripan yang sangat tinggi dan akurat. Oleh karena itu, dalam pemilihan polimer, polimer dengan skor kemiripan tertinggi atau yang paling mendekati 999 yang akan diutamakan dan didasarkan pada frekuensi kemunculan polimer dalam hasil analisis spektrofotometri FTIR. Analisis penggunaan polimer dari hasil pengujian mikroplastik menggunakan FTIR. Pada sampel tanah polimer mikroplastik yang paling dominan ditemukan pada setiap titik sampel seperti berikut :

a) Polyacetylane

Polyacetylane merupakan polimer sintetis. Aplikasi utama adalah dalam elektronik organik berteknologi tinggi seperti baterai, kabel listrik, sensor, atau komponen dalam perangkat elektronik fleksibel. Polyacetylene dapat ditemukan dari berbagai sumber seperti limbah industri (bahan kimia industri khusus), produksi perangkat elektronik (sensor, lapisan konduktif atau aplikasi polimer organik konduktif), limbah penelitian / laboratorium. Poliasetilen yang telah diaplikasikan sebagai lapisan konduktif pada barang elektronik atau perangkat laboratorium dapat terlepas di akhir masa pakai produk tersebut dan material ini kemudian terfragmentasi menjadi mikroplastik di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

b) Tencel

Tencel merupakan serat semi – sintetis yang diproduksi dari pulp kayu dan proses produksinya melibatkan pelarutan dan regenerasi selulosa melalui proses kimia. Tencel dapat bersumber dari industri tekstil seperti sisa produksi atau potongan kain yang menggunakan tencel, limbah tekstil rumah tangga seperti pakaian, kain. Hal ini menjadi indikasto bahwa limbah tekstil berbahan serat semi – sintetis juga berkontribusi pada akumulasi mikroplastik di tanah TPA.

c) Cellopha

Cellopha diproduksi dari bahan alami seperti pulp kayu, kapas, atau rami yang kemudian melalui proses kimia untuk menjadi film transparan, umum digunakan sebagai pembungkus makanan atau jenis kemasan lain. Karena sifat semi-sintetisnya yaitu berasal dari material alami yang telah dimodifikasi secara kimia. Polimer cellopha dapat terbentuk dari sisa-sisa kemasan yang dibuang dan mengalami fragmentasi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Proses ini menghasilkan fragmen cellopha berukuran kecil yang selanjutnya dapat berakumulasi dalam tanah TPA. Sumber utama mikroplastik ini adalah limbah rumah tangga dan industri yang menggunakan Cellophane sebagai material kemasan.

d) Ramie

Ramie merupakan polimer alami. Polimer ramie yang terdeteksi sebagai mikroplastik di tanah TPA kemungkinan besar berasal dari limbah tekstil alami yang mengandung serat rami. Ramie sendiri adalah serat alami yang diekstrak dari tanaman *(Boehmeria Nivea S. Gaud)* dan lazim digunakan dalam pembuatan kain serta beragam produk tekstil. Ketika limbah berupa pakaian bekas, kain, atau produk tekstil lain

yang mengandung serat ramie dibuang ke TPA, serat-serat ini akan melalui proses fragmentasi dan degradasi menjadi mikroplastik. Fragmen serat ramie yang terbentuk kemudian dapat bercampur dengan limbah plastik sintetis lainnya teridentifikasi dalam mikroplastik tanah. Aktivitas domestik maupun industri tekstil yang membuang limbah berbasis serat alami seperti ramie menjadi sumber utama kemunculan mikroplastik di TPA.

e) Cotton

Cotton merupakan polimer alami yang berasal dari kapas *(Gossypium spp)*. Cotton berasal dari limbah tekstil kapas, limbah rumah tangga, produk medis seperti kasa, kapas pembersih), kosmetik seperti kapas wajah. Beberapa limbah tersebut jika dibuang ke TPA akan mengalami proses fragmentasi dan degradasi menjadi mikroplastik di tanah TPA.

4.4 Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik

Identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik berdasarkan jenis, warna, serta kandungan polimer mikroplastik pada tanah TPA Piyungan dapat dilihat pada **Tabel 4.3** dibawah ini.

Tabel 4. 3 Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik

Sampel	Kelimpahan (Partikel/gr)	Jenis	Warna	Polymer
Zona 1	14,03	Fragment	Hitam	Polyacetylene
Zona 2	18,37	Fragment	Hitam	Tencel Ramie Polyacetylene
Zona 3	25,15	Fragment	Hitam	Tencel Polyacetylene Polyacrylamide
Tanah Kontrol (TC)	8,35	Fragment	Transparan	Polyacrylamide

Pada **Tabel 4.3** merupakan hasil identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada Zona 1, Zona 2, Zona 3 dan Tanah Kontrol. Kelimpahan mikroplastik pada sampel tanah TPA Piyungan sebesar 14,03 partikel/gram pada Zona 1, 18,37 partikel/gram pada Zona 2, 25,15 partikel/gram pada Zona 3, dan 8,35 partikel/gram pada Tanah Kontrol (TC). Jenis mikroplastik teridentifikasi mikroplastik jenis fragment 50% dan warna yang mendominasi yaitu warna hitam 39,7% dan transparan 15,9%. Jenis polimer yang teridentifikasi menggunakan FTIR dan memiliki skor kemiripan maksium yaitu *Polyacetylane*, *Tencel*, *Cellopha, Ramie,* dan *Cotton* dengan skor kemiripan polimer berbeda – beda setiap sampelnya.

4.5 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Serupa

Hasil perbandingan pada penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian serupa yang bertujuan memastikan bahwa data hasil penelitian yang diperoleh konsisten dengan penelitian sebelumnya. Perbandingan penelitian ini dengan penelitian serupa dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Penelitian Hasil Penelitian dengan Penelitian Serupa

Wilayah	Jenis Sampel	Kelimpahan	Jenis	Warna	Jenis Polimer	Referensi
Iran	Tanah TPA lama & aktif	39813 item/kg 16940 item/kg	Serat (71%), Fragment (16%), Film (12%), Pelet (1%)	Hitam (49%), Putih (29%), Biru (6%), Merah (4%), Hijau (1%)	HDPE (33%),LLDPE (35%), PP (11%), PES (8%), PET (7%)	Rahmani et al., 2023
Bangladesh	Tanah TPA		Film, Fragment, Serat	Hitam, Transparan, Orange, Merah,	LLDPE, HDPE, CA (Selulosa Asetat)	Afrin et al., 2020
Cina Utara	Tanah Pertanian diberi mulsa & tidak diberi mulsa	754 ± 477 items/kg 376 ± 149 items/kg	Fragment (37,7%), Film (33,9%), Serat (21,9%), Pelet (6,6%) Fragment (37,7%), Film (24,3%), Serat (29,6%), Pelet (4,2%)	Putih, Transparan, Kuning, Biru, Hitam.	PP, PE, PP, PET, PEA, PAN, Polyester	Zhang et al., 2021
Taiwan	Tanah Pertanian (20 cm)	34,6 item/m2	Fragment (43%), Serat (21%), Foam (16%), Film (13%), Pelet (6%)	Hitam, Putih.	PE, LDPE, PP, PS	Fakour et al., 2021
Thailand (Bangkok)	Tanah TPA	1457,99 ± 489,71 items/kg	Film (27%), Pelet 33%), Fiber (18%), Fragment (22%)		PE, PP, PET	Puthcharoen et al., 2019

Indonesia (Lampung)	Tanah TPA	195 partikel/Kg	Fragment, Fiber, Film	Hitam, Coklat, Transparan	PE, PA, PS	Almayda, 2025
Indonesia (Yogyakarta)	Tanah TPA (10-15 cm)	15,92 partikel/gr	Fragment, Fiber, Film, Foam, Pellet	Hitam, Biru, Hijau, Kuning, Transparan, Merah, dan Ungu	Tencel, Cellopha, Ramie, Cotton, Polyacetylene	Pangestika, 2024
Indonesia (Yogyakarta)	Tanah Pertanian	141,1 partikel/gr	Film, Fragment, Fiber, Foam, Pellet	Hitam, Orange, Hijau, Ungu, Merah, Transparan, dan Biru	Nylon, PP, LDPE, PS, PTFE	Wibisono, 2024
Indonesia (Yogyakarta)	Tanah TPA (20-30 cm)	25,15 partikel/gr	Fragment, Fiber, Film, Foam, Pellet	Hitam, Biru, Hijau, Kuning, Transparan, Merah, dan Ungu	Polyacetylene, Tencel, Cellopha, Ramie, Cotton.	Skripsi, 2025

Pada **Tabel 4.4** merupakan tabel perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian serupa. Lokasi dan jenis sampel penelitian ini berfokus pada tanah TPA di TPA Piyungan Yogyakarta sementara pada penelitian serupa mencakup lokasi dan jenis sampel beragam mulai dari tanah TPA di Iran, bangladesh, Thailand, Indonesia (Lampung) hingga tanah pertanian di Cina Utara, Taiwan, Indonesia (Yogyakarta). Kelimpahan penelitian ini pada kedalaman 20-30 cm dibandingkan penelitian serupa dengan lokasi penelitian yang sama dengan kedalaman 10-15 cm menunjukkan peningkatan kelimpahan dimana kelimpahan dengan kedalaman 20-30 cm lebih banyak dibanding pada kedalaman 10-15 cm. Kelimpahan penelitian ini jauh lebih rendah dibanding dengan TPA di Iran. Jenis mikroplastik yang teridentifikasi yaitu fragment, fiber, film, foam dan pellet. Variasi jenis mikroplastik yang teridentifikasi juga ditemukan di lokasi tanah TPA dan tanah pertanian. Warna mikroplastik pada penelitian ini teridentifikasi warna hitam, transparan, merah, biru, hijau, kuning, orange, dan ungu. Keragaman warna ini lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan penelitian di tanah TPA di Iran (hitam, putih, biru, merah, hijau), di Bangladesh (Hitam, Transparan, Orange, Merah), di Lampung (Hitam, Coklat, Transparan). Polimer yang teriidentifikasi pada penelitian ini yaitu *Polyacetylane*, *Tencel*, *Cellopha*, *Ramie*, dan *Cotton.* Polimer ini sama seperti penelitian serupa pada lokasi yang sama, sedangkan pada penelitian lain ditemukan polimer HDPE, LLDPE, PP, PE, PS, PET.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan dari hasil pembahasan penelitian yang telah disampaikan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Teridentifikasi kelimpahan mikroplastik pada sampel tanah TPA Piyungan sebesar 14,03 partikel/gram pada Zona 1, 18,37 partikel/gram pada Zona 2, 25,15 partikel/gram pada Zona 3, dan 8,35 partikel/gram pada Tanah Kontrol (TC). Jenis mikroplastik teridentifikasi yang didominasi jenis fragment 50%, fiber 19,5%, film 17,3%, foam 6,7% dan pellet 6,6%. Selanjutnya warna mikroplastik teridentifikasi warna hitam 39,7%, transparan 15,9%, orange 10,7%, merah 9,5%, kuning 8,2%, biru 6,9%, hijau 4,5%, dan ungu 4,5%.
2. Pengamatan yang dilakukan menggunakan FTIR ditemukan jenis polimer dengan skor kemiripan tertinggi yaitu *Polyacetylene, Tencel, Cellopha, Ramie,* dan *Cotton.*

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penulis memberikan saran, yaitu:

1. Penting sekali untuk memahami secara mendalam metode pengujian dalam pelaksanaan penelitian dan menerapkan ketelitian yang tinggi. Hal ini bertujuan agar terhindar dari kesalahan, mulai dari tahap preparasi sampel hingga pengamatan sampel.

2. Lebih teliti saat pengamatan mikroplastik berdasarkan jenisnya (fragment, fiber, foam, film, pellet) agar tidak terjadi saat proses identifikasi jenis mikroplastik.
3. Perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut mengenai jenis polimer mikroplastik.

DAFTAR PUSTAKA

A.L. Silva, J.C. Prata, A.C Duarte, A.M. Soares, D. Barcelo, T. Rocha-Santos. (2021). Microplastics in landfill leachates: The need for reconnaissance studies and remediation technologies. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. Vol 3: 100072.

Amobonye, A., Bhagwat, P., Singh, S., & Pillai, S. (2021). Plastic biodegradation: frontline microbes and their enzymes. Science of The Total Environment, 759, 143536.

Apriansah. H. (2020). Kajian Pemindahan Volume Top Soil untuk Lahan Reklamasi Area Final Paringin Dengan Luas 1.707,56 HA di PT. ADARO INDONESIA.

A. Rahmani, M. Brojerdi, A. Seid-mohammadi, A. Shabanloo, S. Zabihollahi, D. Zafari. (2023). Abundance and characteristics of microplastics in different zones of waste landfill site: a case study of Hamadan, Iran, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering:100494.

Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. Journal of Marine Research, 9(3), 326–332. https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.28 197

Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T.S., Thompson, R.C. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. Environ. Sci. Technol. 45, 9175–9179. https://doi.org/10.1021/es201811s.

Browne, M.A., Underwood, A.J., Chapman, M.G., Williams, R., Thompson, R.C., van Franeker, J.A. (2015). Linking effects of anthropogenic debris to ecological impacts. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 282. https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2929.

Candrayana, G. M. (2017). Studi Pengaruh Lapisan Tanah Penutup (Cover) Terhadap Distribusi Air Lindi Pada Timbulan Sampah Dengan Menggunakan Media Sampah Organik. . Skripsi. Universitas Brawijaya: Malang.

Carbery, M., O'Connor, W., Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. Environ Intern. 115, 400–409. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007.

Cunha MD. (2019). Makrobentos Sebagai Indikator Cemaran Limbah Plastik Di Kawasan Pesisir Teluk Kupang (Tesis). Kupang: Universitas Nusa Cendana.

C. Zhou, W. Fang, W. Xu, A. Cao, R. Wang. (2014). Characteristics and the recovery potential of plastic wastes obtained from landfill mining, J. Clean. Prod. 80:80–86.

Dahlbo, H., Poliakova, V., Mylläri, V., Sahimaa, O., Anderson, R. (2018). Recycling po tential of post-consumer plastic packaging waste in Finlan. Waste Management. 7. 52-61.

Febriani, I. S., Amin, B., & Fauzi, M. (2020). Distribusi mikroplastik di perairan Pulau Bengkalis Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. Depik, 9(3), 386–392. https://doi.org/10.13170/depik.9.3.17387

Fiore, L., Serranti, S., Mazziotti, C., Riccardi, E., Benzi, M., dan Bonifazi, G. (2022). Classification and distribution of freshwater microplastics Along The Italian Po River by hyperspectral imaging. Environ. Science and Pollution Research, 29: 48588–48606.

Frias, J., Pagter, E., Nash, R., & O'connor, I. (2018). Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments FRAM Pollution Observatory View project European Project on OCean Acidification View project. July. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36256.89601/1

Galloway, T., Cole, M., Lewis, C. (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. Nat. Ecol. vol. 1 (0116).

[GESAMP] The Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment.

Gouin, T., Avalos, J., Brunning, I., Brzuska, K., and Wolf, T. (2015). Use of micro plastic beads in cosmetic products in Europe and their estimated emissions to the North Sea environment. Sofw J. 141, 40–46.

Guo, X., Yin, Y., Yang, C., Dang, Z. (2018). Maize Straw Decorated With Sulfide For Tylosin Removal From The Water. Ecotoxicology Environmental Safety. 152 ,16–23 .

Haryanti, V. (2021). Kajian Kandungan Mikroplastik Di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah. Skripsi. Universitas Andalas: Padang.

Hernandez, E., Nowack, B., Mitrano, D.M. (2017). Polyester Textiles As A Source Of Microplastics From Households: A Mechanistic Study To Understand Microfiber Release During Washing. Environ. Sci. Technol. 51, 7036-7046.

Hiwari H, Purba NP, Ihsan YN, Yuliadi LPS, Mulyani PG. (2019). Kondisi Sampah Mikroplastik di Permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pros Sem Nas Masy Biodiv, Vol 5 (2): 165-171.

Indra Permana,.Mahfud, A., Rija, S,. (2018). Aplikasi Berbagai Dosis Pupuk UZAAKH dalam Menurunkan Kelarutan Logam Cr pada Tanah Sawah Tercemar Limbah Tekstik. Soilrens, Vol 16 (1).

Kapo, F. A., Toruan, L. N. L., & Paulus, C. A. (2020). Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik pada Kolom Permukaan Air di Perairan Teluk Kupang. Jurnal Bahari Papadak, 1(1), 10–21.

Kumari, A., Chaudhary, D. R., and Jha, B. (2019). Destabilization of polyethylene and polyvinylchloride structure by marine bacterial strain. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 26, 1507–1516. doi: https://doi.org/10.1007/s11356-018-3465-1

Lestari, C. S., Warsidah, & Nurdiansyah, S. I. (2019). Identifikasi dan Kepadatan Mikroplastik padaSedimen di Mempawah Mangrove Park (MMP) Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. Jurnal Laut Khatulistiwa, 2(3), 96–101.

Li Haixiao, Xueqiang Lu, Shiyu Wang, Boyang Zheng & Yan Xu. (2021). Vertical migration of microplastics along soil profile under different crop root systems. Environmental Pollution, 278, https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116833 269.

Ling, D., Mao. R. Fan., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., Yang, C. (2019). Microplastics In Surface Waters And Sediments Of The Wei River, In The Northwest Of China. Science of the Total Enviroment 667 : 427 – 434.

Laksono, O. B., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2021). Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Bandengan Kabupaten Kendal. Journal of Marine Research, 10(2), 158–164.

Mahadika, R. S. (2022). Identifikasi Mikroplastik di Perairan dan Pesisir Laut Kabupaten Purworejo.

Mauludy, M. S., Yunanto A., Yona D. (2019). Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Pantai Wisata Kabupaten Badung, Bali. Jurnal Perikanan, Vol. 21 (2): 73-78.

M.C. Rillig. (2012). Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? Environ.Sci. Technol. 46, 6453–6454.

Murtadho, M. F., Aliyansyah, G., Wienardy, A. E., Ramadhani, R.A. (2022). Identifkasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Kali Mas, Kota Surabaya. Environmental Pollution Journal. Vol 2 (2): 436-444.

Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscope of organic material. Indonesian Journal of Science and Technology, 4(1), 97–118.

Ningrum, I. P., Sa'adah, N., & Mahmiah, M. (2022). Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen di Gili Ketapang, Probolinggo. Journal of Marine Research, 11(4), 785–793.

Nuryanti, A. (2022). Identifikasi Kelimpahan Particle Suspected as Microplastic (PSM) pada Sedimen Kawasan Konservasi Hutan Mangrove Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya.

N.L. Hartline, N.J. Bruce, S.N. Karba, E.O. Ruff, S.U. Sonar, P.A. Holden. (2016). Microfiber masses recovered from conventional machine washing of new or aged garments, Environ. Sci. Technol. 50 (21), 11532–11538.

O'Kelly, B.C.; El-Zein, A.; Liu, X.; Patel, A.; Fei, X.; Sharma, S.; Mohammad, A.; Goli, V.S.N.S.; Wang, J.J.; Li, D.; et al. (2020). Microplastics in Soils: An Environmental Geotechnics Perspective. Environ. Geotech. , Vol (8), 586 – 618.

Purnomo. W, Nurlaila, Suparto. H. (2019). Komposisis Perbandingan Sub Soil dan Kompos Pengganti Top Soil Sebagai Media Tanam pada Pertumbuhan Bibit Karet Setelah Transplanting. Jurnal Agriment 4(1):6-12.

Putri, A. S. (2022). Keragaman Bakteri Yang Berpotensi Dalam Mendegradasi Mikroplastik Di TPA Piyungan, Bantul, DIY. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan : Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Skripsi, 1–106.

Putro, D. H. W. (2021). Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Sedimen di Sungai Winongo Yogyakarta. Skripsi. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.

Ridlo, A., Ario, R., Ayyub, A. M. A., Supriyantini, E., & Sedjati, S. (2020). Mikroplastik pada Kedalaman Sedimen yanng Berbeda di Pantai Ayah Kebumen Jawa Tengah. Jurnal Kelautan Tropis, 23(3): 325–332.

Rillig, M.C., Ingraffia, R., de Souza, M., Anderson, A. (2017). Microplastic incorporation into the soil in agroecosystems. Front. Plant Sci. 8.

R.W. Chia, J.-Y. Lee, H. Kim, J. Jang. (2021) . Microplastic Pollution in Soil and Groundwater: a review, Environ Chemistry Letters. 19 (6) 4211 - 4224.

Salsabila., Indrayanti, E., Widiaratih, R. (2022). Karakteristik Mikroplastik di Perairan Pulau Tengah Karimunjawa. Indonesian Journal of Oceanography. Vol 04(04):99 – 108.

Sandra SW, Radityaningrum AD. (2021). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Biota Perairan. Jurnal Ilmu Lingkungan. 19(3): 638-648.

Shadrina, A. (2022). Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Air Lindi di TPA Gampong Jawa Banda Aceh.

Suhariyono, A. (2010). Penentuan Kedalaman Top Soil dan Solum Lahan Pertanian Daerah Geologi Raung Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas.

T. Narancic, K.E. O'Connor. (2017). Microbial biotechnology addressing the plastic waste disaster, Microb. Biotechnol. 10 1232–1235.

Vieyra H, Molina-Romero JM, Calderón-Nájera J de D, Santana-Diaz A. (2022). Engineering, recyclable, and biodegradable plastics in the automotive industry: a review. Polymers;14:3412.

Wei H Z., Yang W J., Ren Y X. (2021). Occurrence, effect, and fate of residual microplastics in anaerobic digestion of waste activated sludge: A state-of-the-art review, 125035.

Widianarko, B., & Hantoro, I. (2018). Mikroplastik dalam Seafood dari Pantai Utara Jawa. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.

Xu Z, Sui Q, Li A, Sun M, Zhang L, Lyu S, et al. (2020). How to detect small microplastics (20–100 μm) in freshwater, municipal wastewaters and landfill leachates? A trial from sampling to identification. Sci Total Environ;733:139218.

Yani IN, Siregar YI, Amin B. (2021). Analysis of Types and Abundance of Microplastics in Water and Sediment in Coastal Waters of Pandan District, Central Tapanuli Regency, North Sumatra. Asian Journal of Aquatic Sciences. 4(3): 215-220.

Yona, D., Zahran, M. F., Fuad, M. A. Z., Prananto, Y. P., & Harlyan, L. I. (2021). Mikroplastik di Perairan: Jenis, Metode Sampling, dan Analisis Laboratorium. Malang: UB Press.

Yu Chen Yan & Zhong Fang Yang. (2023). Sources, distribution, behavior, and detection techniques of microplastics in soil: A review. China Geology (6) : 695 – 715.

Zhang, K., Hamidian, A.H., Tubi´ c, A., Zhang, Y., Fang, J.K.H., Wu, C., Lam, P.K.S., 2021. Understanding plastic degradation and microplastic

formation in the environment: a review. Environmental Pollution 274, 116554.

Zhang, D. D., Fraser, M. A., Huang, W., Ge, C. J., Wang, Y., Zhang, C. F., et al. (2021). Microplastic pollution in water, sediment, and specific tissues of crayfish (Procambarus clarkii) within two different breeding modes in Jianli, Hubei province, China. Environ Pollut. 272:115939.

Zhang, L., Xie, Y., Liu, J., Zhong, S., Qian, Y., Gao, P., 2020. An overlooked entry pathway of microplastics into agricultural soils from application of sludge-based fertilizers. Envi ron. Sci. Technol. 54, 4248–4255.

Zhang, Y., Liang, J., Zeng, G., Tang, W., Lu, Y., Luo, Y., Xing, W., Tang, N., Ye, S., Li, X., dan Huang, W. 2020. How climate change and uutrophication interact with microplastic pollution and sediment resuspension in shallow lakes: a review. Sci. Total Environ., 705: 135979.

Zhao R, Liu J, Feng J, Li X, Li B. Microbial community composition and metabolic functions in land fill leachate from different lanfills of China. Sci Total Environ 2021;767:144861.

Zylstra, E. Accumulation of wind-dispersed trash in desert environments. J. Arid. Environ. 2013, 89, 13–15.

LAMPIRAN

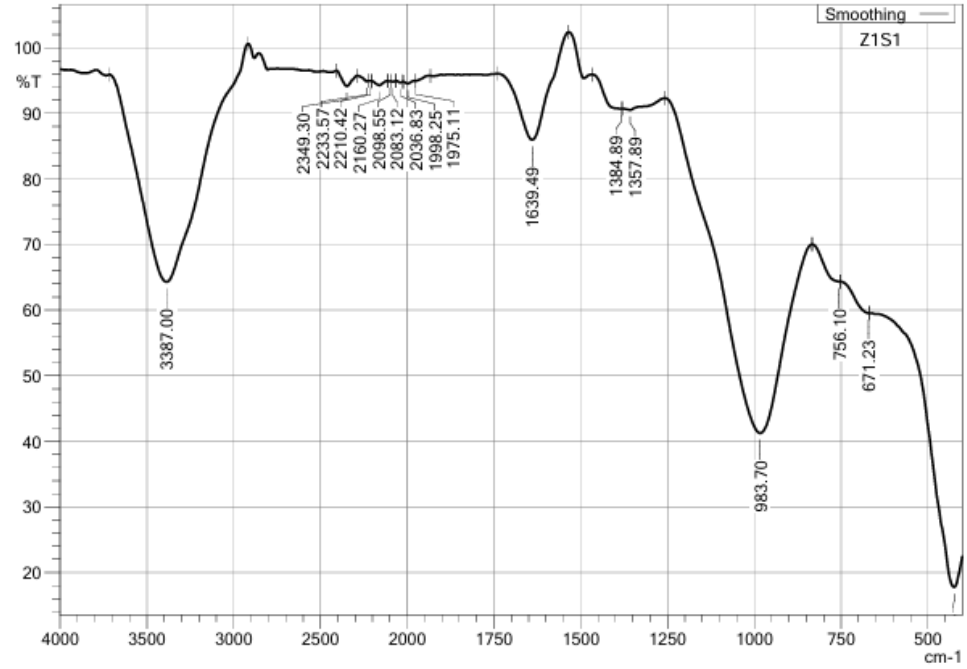
Lampiran 1. Pengambilan Sampel

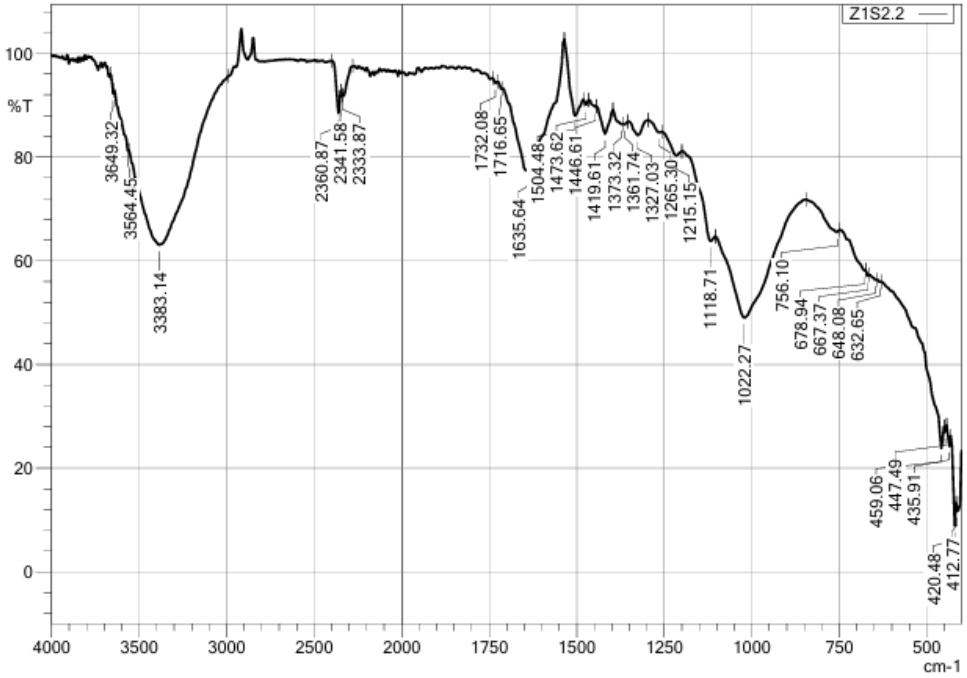


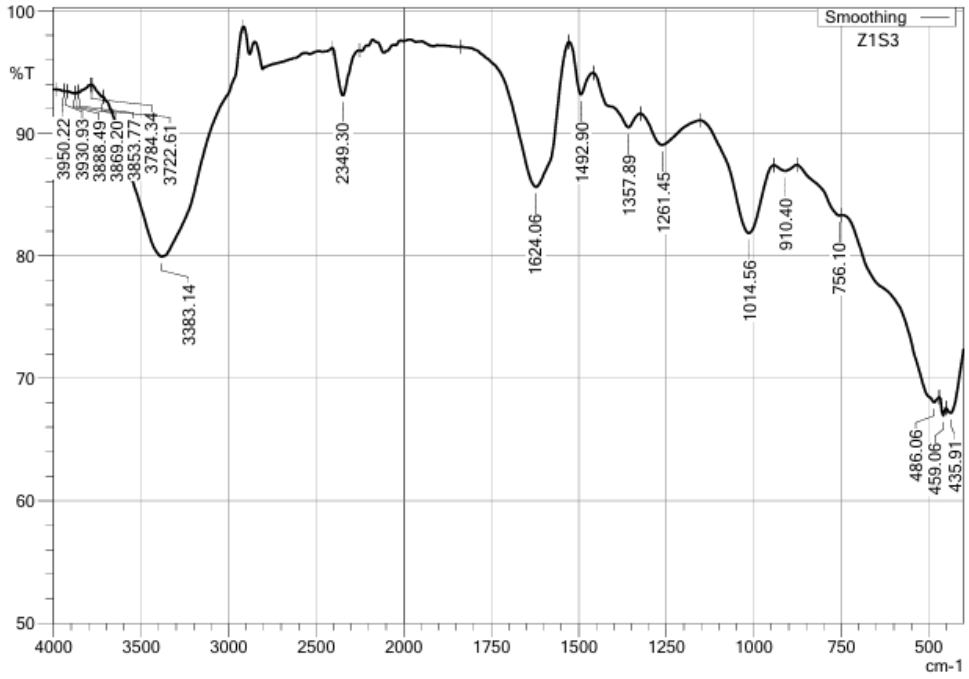
Lampiran 2. Pengujian Laboratorium

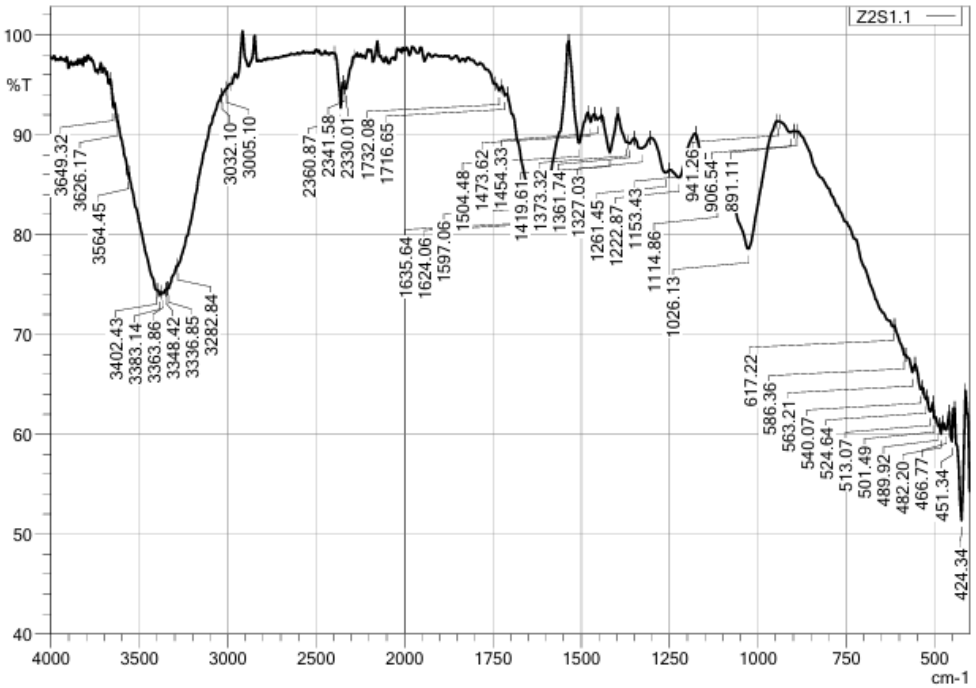


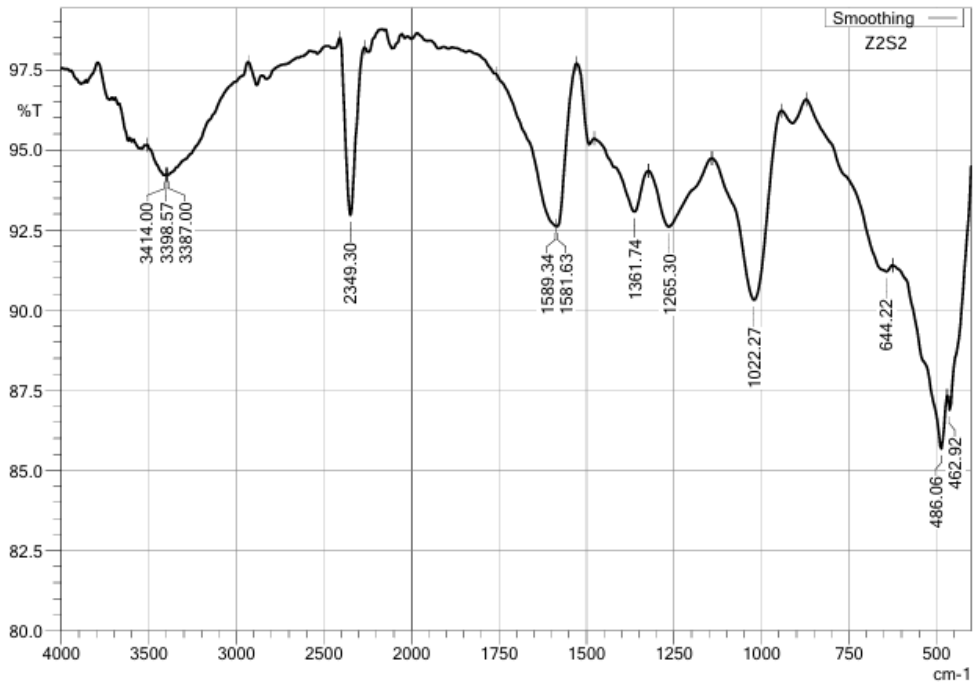
Lampiran 3. Grafik FTIR

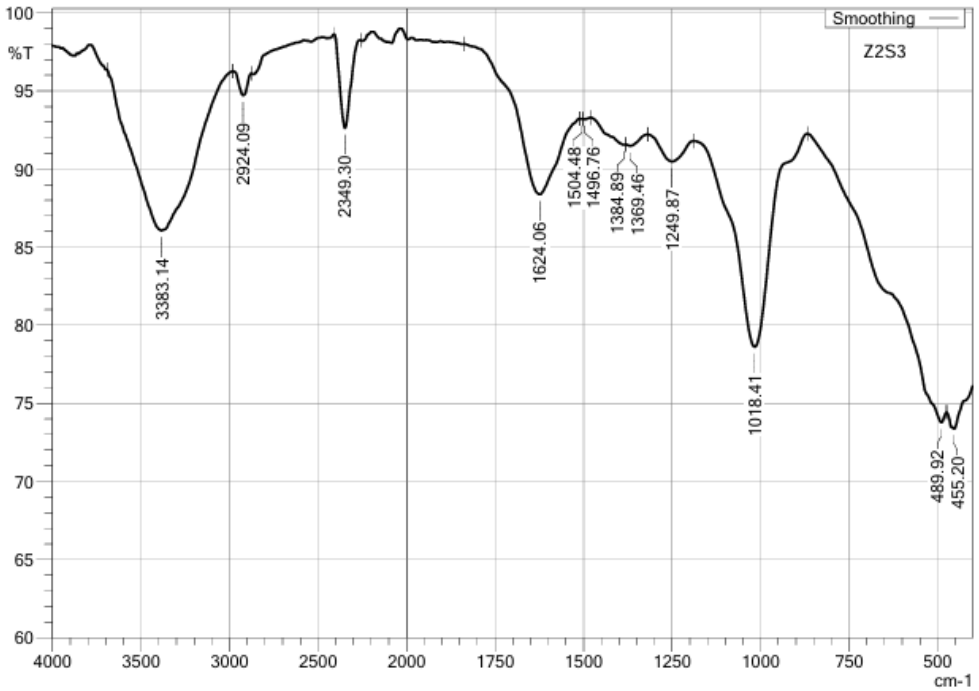


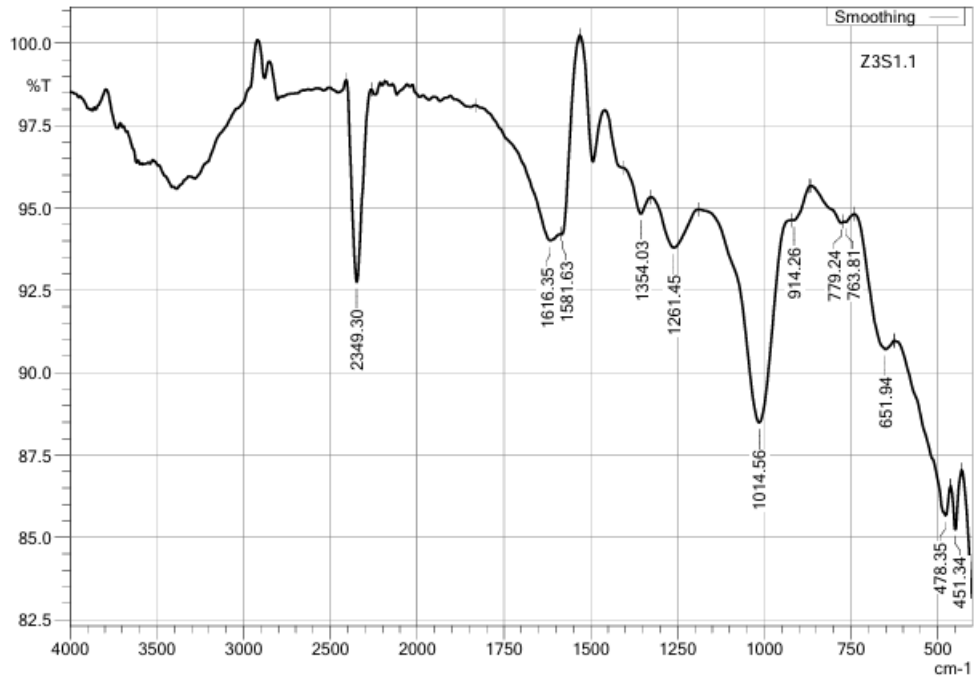


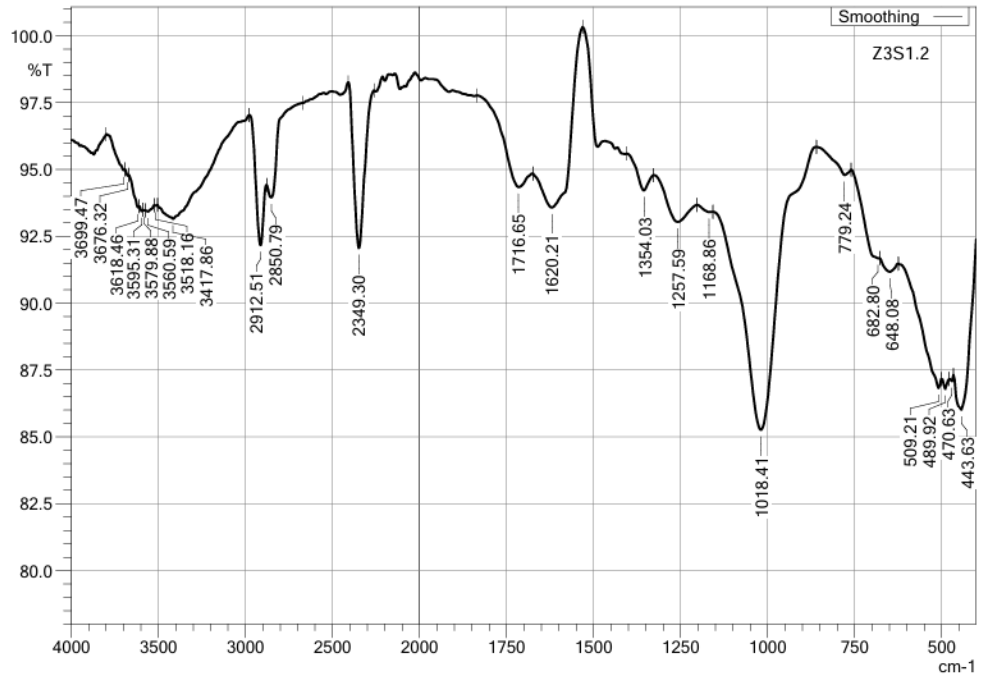

Smoothing
Z1S3
%T
cm-1
3950.22
3930.93
3888.49
3869.20
3853.77
3784.34
3722.61
3383.14
2349.30
1624.06
1492.90
1357.89
1261.45
1014.56
910.40
756.10
486.06
459.06
435.91

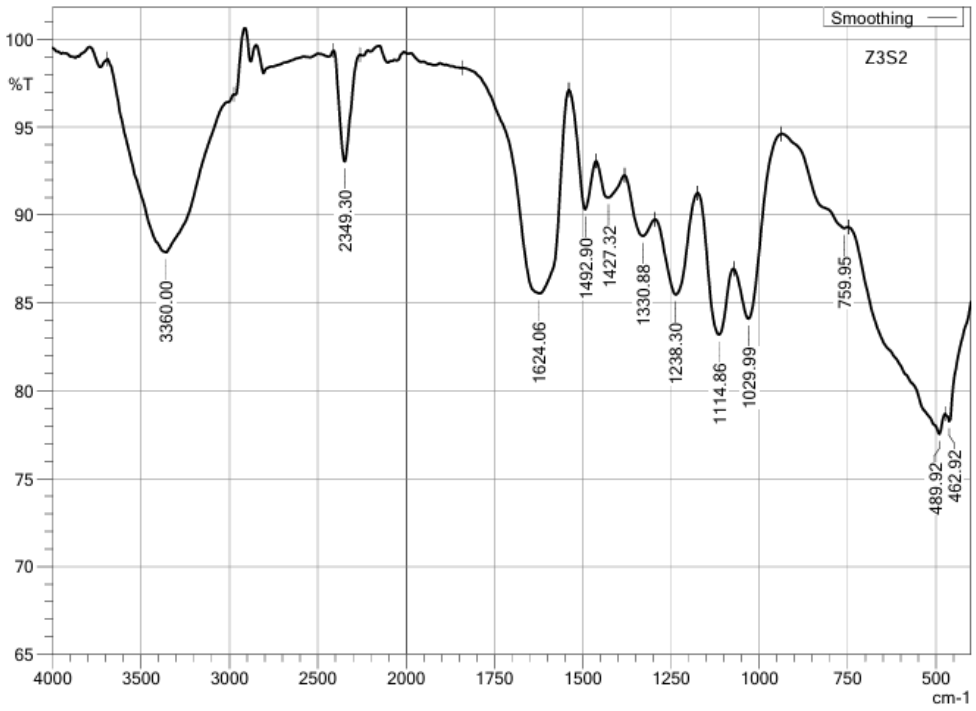

Z2S1.1
%T
cm-1
3649.32
3626.17
3564.45
3402.43
3383.14
3363.86
3348.42
3336.85
3282.84
3032.10
3005.10
2360.87
2341.58
2330.01
1732.08
1716.65
1635.64
1624.06
1597.06
1504.48
1473.62
1454.33
1419.61
1373.32
1361.74
1327.03
1261.45
1222.87
1153.43
1114.86
1026.13
941.26
906.54
891.11
617.22
586.36
563.21
540.07
524.64
513.07
501.49
489.92
482.20
466.77
451.34
424.34

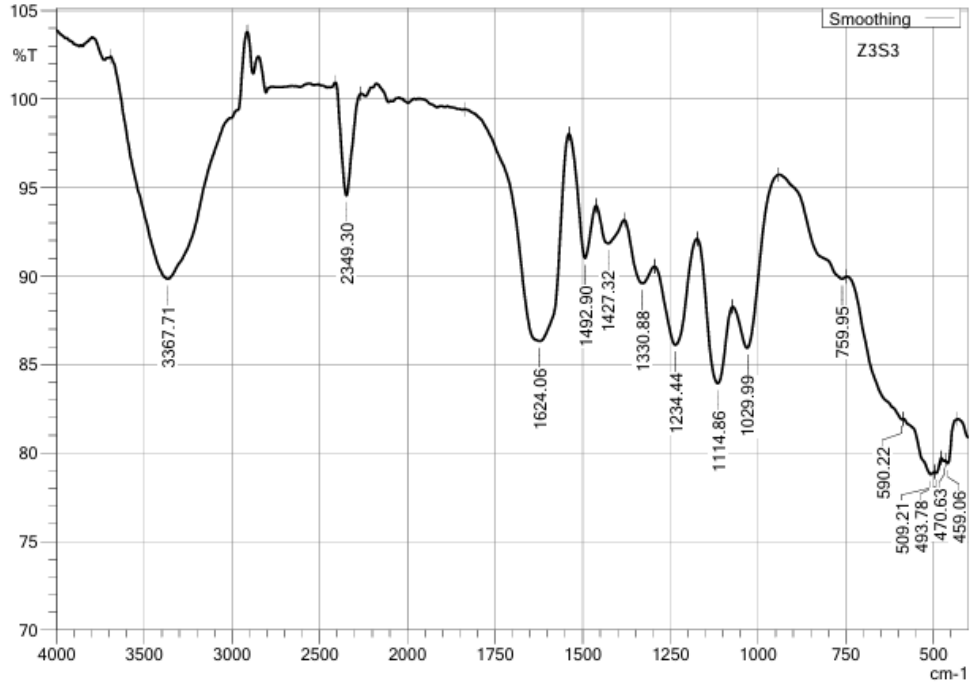

Smoothing
Z2S2
%T
97.5
95.0
92.5
90.0
87.5
85.0
82.5
80.0
3414.00
3398.57
3387.00
2349.30
1589.34
1581.63
1361.74
1265.30
1022.27
644.22
486.06
462.92
4000
3500
3000
2500
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
cm-1

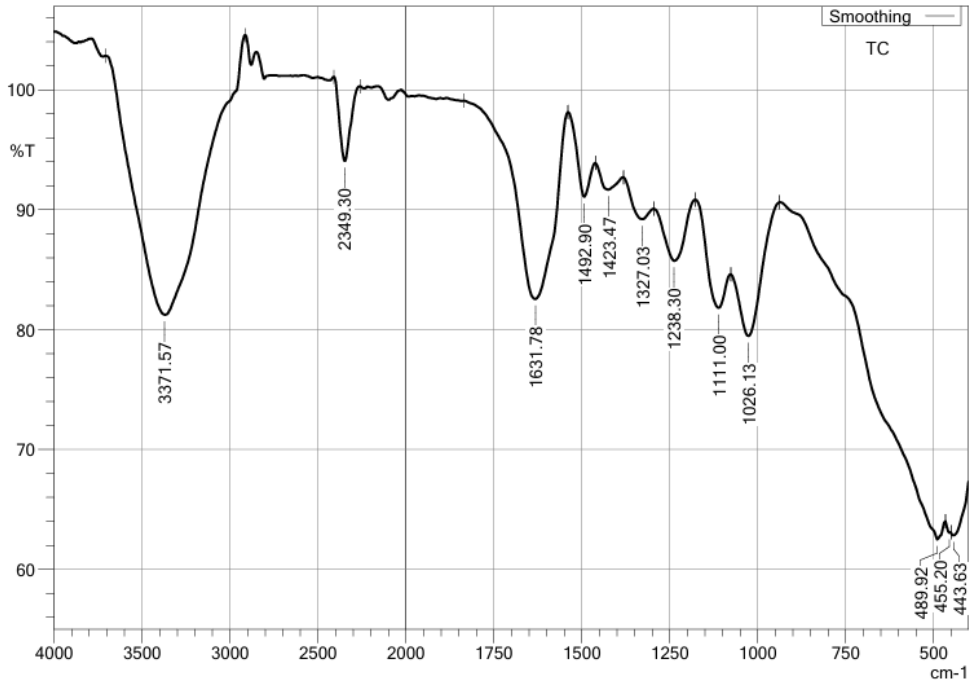

Smoothing
Z2S3
%T
100
95
90
85
80
75
70
65
60
3383.14
2924.09
2349.30
1624.06
1504.48
1496.76
1384.89
1369.46
1249.87
1018.41
489.92
455.20
4000
3500
3000
2500
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
cm-1


Smoothing
Z3S1.1
100.0
%T
97.5
95.0
92.5
90.0
87.5
85.0
82.5
2349.30
1616.35
1581.63
1354.03
1261.45
1014.56
914.26
779.24
763.81
651.94
478.35
451.34
4000
3500
3000
2500
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
cm-1


Smoothing
Z3S1.2
100.0
%T
97.5
95.0
92.5
90.0
87.5
85.0
82.5
80.0
3699.47
3676.32
3618.46
3595.31
3579.88
3560.59
3518.16
3417.86
2912.51
2850.79
2349.30
1716.65
1620.21
1354.03
1257.59
1168.86
1018.41
779.24
682.80
648.08
509.21
489.92
470.63
443.63
4000
3500
3000
2500
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
cm-1


Smoothing
Z3S2
%T
100
95
90
85
80
75
70
65
3360.00
2349.30
1624.06
1492.90
1427.32
1330.88
1238.30
1114.86
1029.99
759.95
489.92
462.92
4000
3500
3000
2500
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
cm-1


Smoothing
Z3S3
%T
105
100
95
90
85
80
75
70
3367.71
2349.30
1624.06
1492.90
1427.32
1330.88
1234.44
1114.86
1029.99
759.95
590.22
509.21
493.78
470.63
459.06
4000
3500
3000
2500
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
cm-1


Smoothing
TC
100
%T
90
80
70
60
3371.57
2349.30
1631.78
1492.90
1423.47
1327.03
1238.30
1111.00
1026.13
489.92
455.20
443.63
4000
3500
3000
2500
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
cm-1

RIWAYAT HIDUP

Anita Dwi Cahyaningtyas, lahir pada tanggal 18 Mei 2002 di Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Anak kedua dari empat bersaudara, dengan pasangan dari Supriadi dan Murtini. Peneliti menyelesaikan pendidikan di SD Negeri Mantren 1 pada tahun 2013. Kemudian peneliti melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Karangrejo dan tamat pada tahun 2017. Tahun 2017 melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Barat dan tamat pada tahun 2020. Pada tahun itu juga, peneliti melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Universitas Islam Indonesia hingga sekarang.