



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Karakteristik Mikroplastik Sebagai Potensi Pencemar *Non-Point Source* di Daerah Aliran Sungai Code Segmen Kabupaten Sleman

Muhammad Rafii'ul Akhlaq
21513012

Dosen Pembimbing 1:
Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 2:
Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
2026



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

***Analysis of Microplastic Characteristics as Potential Non-Point
Source Pollutants in the Code River Watershed Segment of
Sleman Regency***

Muhammad Rafii'ul Akhlaq

21513012

Supervisor 1:

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

Supervisor 2:

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2026

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

Analisis Karakteristik Mikroplastik Sebagai Potensi Pencemar *Non-Point Source* di Daerah Aliran Sungai Code Segmen Kabupaten Sleman

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.

Muhammad Rafii'ul Akhlaq
21513012

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 11 Mei 2026 dan disetujui oleh:

 22/5/26
Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

(Pembimbing 1)

 25/5/2026
Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

(Pembimbing 2)

 25/5/26
Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng., Ph.D.

(Penguji)

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana


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, 11 Mei 2026

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Karimul Akhlaq

21513012

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil 'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

“Analisis Karakteristik Mikroplastik Sebagai Potensi Pencemar Non-Point Source di Daerah Aliran Sungai Code Segmen Kabupaten Sleman”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa penelitian dan penulisan laporan ini tidak terlepas dari berbagai tantangan. Namun, berkat dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak, seluruh rangkaian kegiatan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan arahan, bimbingan, waktu, serta ilmu yang sangat berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta ilmu yang sangat berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Muhammad Wafaa dan Patmi Soedjarijah, kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta motivasi tanpa henti selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen, staff akademik, dan laboran Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah memberikan ilmu dan bantuan

selama perkuliahan.

6. Teman-teman Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia angkatan 2021 yang telah menjadi bagian dari proses belajar dan memberikan dukungan selama masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
8. *And finally, thanks to* Muhammad Rafii'ul Akhlaq, selaku penulis sendiri atas segala tekad, motivasi, dan perjuangan yang tidak dilihat oleh orang lain. Penulis membuktikan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dan mampu bertahan hingga menyelesaikan kewajibannya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik lingkungan, terutama terkait pencemaran mikroplastik.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sleman, 11 Mei 2026

Muhammad Rafii'ul Akhlaq

**Analisis Karakteristik Mikroplastik Sebagai Potensi
Pencemar *Non-Point Source* di Daerah Aliran Sungai Code
Segmen Kabupaten Sleman**

Mahasiswa : Muhammad Rafii'ul Akhlaq
NIM : 21513012
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing I : Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
Pembimbing II : Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Pencemaran mikroplastik di Daerah Aliran Sungai (DAS) Code merupakan isu lingkungan yang berkaitan dengan sumber pencemar non-titik (*non-point source*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelimpahan dan karakteristik mikroplastik serta mengkaji potensi sumber pencemar di DAS Code segmen Kabupaten Sleman. Sampel tanah diambil pada 15 titik sampling yang mewakili penggunaan lahan hutan, permukiman, dan sawah. Analisis dilakukan menggunakan mikroskop untuk identifikasi jumlah dan karakteristik mikroplastik, serta *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk identifikasi polimer. Hasil menunjukkan bahwa mikroplastik ditemukan pada seluruh titik dengan total 11.168 partikel. Kelimpahan tertinggi terdapat pada P6 sebesar 147,8 partikel/gram dan terendah pada S1 sebesar 13,2 partikel/gram. Berdasarkan penggunaan lahan, permukiman memiliki kelimpahan tertinggi sebesar 76,35 partikel/gram. Mikroplastik didominasi oleh bentuk fragmen (68,32%) dan warna hitam (69%) dengan ukuran dominan 40–300 μm . Hasil FTIR menunjukkan adanya variasi polimer termasuk PET. Temuan ini menunjukkan bahwa mikroplastik berasal dari aktivitas daratan dan terdistribusi melalui mekanisme *non-point source*.

Kata kunci: DAS Code, mikroplastik, *non-point source*, karakteristik mikroplastik, penggunaan lahan.

***Analysis of Microplastic Characteristics as Potential Non-Point
Source Pollutants in the Code River Watershed Segment of
Sleman Regency***

Student : Muhammad Rafii'ul Akhlaq
Student Number : 21513012
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor I : Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
Supervisor II : Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

Microplastic contamination in the Code River watershed is associated with non-point source pollution transported through surface runoff. This study aims to analyze the abundance and characteristics of microplastics and identify their potential sources in the Code River watershed segment of Sleman Regency. Soil samples were collected from 15 points representing forest, residential, and agricultural areas. The results show that microplastics were found at all sampling points, with a total of 11,168 particles. The highest abundance was observed at P6 (147.8 particles/g) and the lowest at S1 (13.2 particles/g), with residential areas showing the highest average abundance (76.35 particles/g). Microplastics were dominated by fragments (68.32%) and black color (69%), with most particles ranging from 40–300 μm . Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis indicated the presence of various polymers, including PET. These findings suggest that microplastics originate from land-based activities and are distributed through non-point source mechanisms.

Keywords: Code River watershed, microplastics, non-point source, microplastic characteristics, land use.

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
Abstrak.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) Code	4
2.2 Mikroplastik.....	5
2.2.1 Pencemaran Mikroplastik di Sungai Code	7
2.2.2 Sumber Mikroplastik	7
2.2.3 <i>Point Source</i> (PS)	8
2.2.4 <i>Non-Point Source</i> (NPS).....	9
BAB III METODE PENELITIAN	10
3.1 Kerangka Studi Penelitian	10
3.2 Pengambilan Data	11
3.2.1 Data Sekunder.....	11
3.2.2 Data Primer	11
3.2.3 Desain Sampling Spasial	13
3.2.4 Peta Lokasi Titik Sampling	13
3.2.5 Alat dan Bahan	16

3.3	Pengambilan Sampel	17
3.3.1	Persiapan dan Pengambilan Sampel Tanah	17
3.3.2	Pengukuran pH dan Suhu Tanah	17
3.4	Analisis Sampel	19
3.4.1	Preparasi Sampel Mikroplastik.....	19
3.4.2	Pengamatan Sampel Dengan Mikroskop.....	22
3.4.3	Pengujian Sampel Dengan FTIR	23
3.5	Analisis Data.....	23
3.6	Pemetaan Distribusi Mikroplastik Menggunakan IDW	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1	Deskripsi Daerah	26
4.2	Distribusi dan Kelimpahan Mikroplastik.....	28
4.3	Hasil Pengujian pH Tanah, Suhu Tanah, dan Kadar Air Tanah..	31
4.3.1	Suhu Tanah	31
4.3.2	pH Tanah	32
4.3.3	Kadar Air	33
4.3.4	Hubungan Kelimpahan Mikroplastik dengan Hasil Pengujian Fisik & Kimia.....	34
4.4	Hasil Identifikasi dan Karakteristik Mikroplastik	34
4.4.1	Karakteristik berdasarkan Bentuk.....	34
4.4.2	Karakteristik Berdasarkan Warna.....	40
4.4.3	Ukuran Mikroplastik.....	46
4.4.4	Analisis <i>Coefficient of Microplastic Impact</i> (CMPI)	47
4.4.5	Pemetaan CMPI Mikroplastik Berdasarkan Bentuk.....	48
4.4.6	Identifikasi Polimer Mikroplastik Menggunakan FTIR	53
BAB V PENUTUP		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		63
RIWAYAT HIDUP		70

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel.....	15
Tabel 3.2 Alat dan bahan analisis mikroplastik	16
Tabel 4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian	26
Tabel 4.2 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	46
Tabel 4.3 Nilai CMPI Berdasarkan Bentuk	47
Tabel 4.4 Hasil analisis FTIR dan Gugus Fungsi Mikroplastik.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai	4
Gambar 2.2 Jenis Mikroplastik: (1)Tipe fragmen, (2) Tipe pelet, (3) Tipe <i>fiber</i> , (4) Tipe Fragmen	6
Gambar 2.3 Warna Mikroplastik: A.Merah; B. Hijau; C. Biru; D. Hitam; E. Kuning; F. Putih/Transparan	6
Gambar 2.4 Sumber pencemar NPS	9
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	10
Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Tanah	11
Gambar 3.3 Metode pengujian Mikroplastik	12
Gambar 3.4 Peta Lokasi Pengambilan Sampel di DAS Code	14
Gambar 3.5 Contoh Penentuan Titik Pengambilan Sampel Tanah.....	17
Gambar 3.6 Pengeringan sampel	19
Gambar 3.7 Ayakan	19
Gambar 3.8 Sampel dilarutkan dengan $ZnCl_2$	20
Gambar 3.9 Centrifuge sampel	21
Gambar 3.10 WPO sampel	21
Gambar 3.11 Penyaringan larutan sampel	22
Gambar 3.12 Pengamatan Menggunakan Mikroskop.....	23
Gambar 3.13 Hasil Pengamatan Mikroplastik	23
Gambar 4.1 Distribusi dan Kelimpahan Mikroplastik	28
Gambar 4.2 Peta Distribusi Kelimpahan Mikroplastik.....	30
Gambar 4.3 Grafik Suhu Tanah	31
Gambar 4.4 Grafik pH Tanah	32
Gambar 4.5 Grafik Kadar Air	33
Gambar 4.6 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	34
Gambar 4.7 Persentase Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	35
Gambar 4.8 Bentuk Mikroplastik: (a) <i>Fiber</i> ; (b) <i>Fragment</i> ; (c)Pelet; (d) <i>Film</i>	36
Gambar 4.9 Peta Distribusi Mikroplastik Bentuk <i>Fragment</i>	37

Gambar 4.10 Peta Distribusi Mikroplastik Bentuk <i>Film</i>	39
Gambar 4.11 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna.....	40
Gambar 4.12 Persentase Mikroplastik Berdasarkan Warna.....	41
Gambar 4.13 Warna Mikroplastik: (a)Biru; (b)Kuning; (c)Coklat; (d)hijau; (e)Transparan; (f)Hitam.	42
Gambar 4.14 Peta Distribusi Mikroplastik Berdasarkan Warna Hitam.....	43
Gambar 4.15 Distribusi Mikroplastik Berdasarkan Warna Transparan.....	45
Gambar 4.16 Ukuran Mikroplastik	47
Gambar 4.17 Peta Nilai CMPI <i>Fragment</i>	50
Gambar 4.18 Peta Nilai CMPI <i>Film</i>	50
Gambar 4.19 Peta Nilai CMPI <i>Fiber</i>	50
Gambar 4.20 Peta Nilai CMPI Pelet	51
Gambar 4.21 Peta Nilai CMPI <i>Foam</i>	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 (Dokumentasi)	63
Lampiran 2 (Data Penelitian).....	64
Lampiran 3 (Hasil Uji FTIR)	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan mikroplastik di sungai kini menjadi perhatian serius karena sifatnya yang sulit terurai dan potensi dampaknya terhadap kualitas ekosistem akuatik maupun kesehatan manusia. Partikel berukuran sangat kecil ini dapat berasal dari degradasi sampah plastik berukuran besar maupun langsung dari aktivitas domestik, seperti penggunaan tekstil sintetis dan produk perawatan pribadi. Studi yang dilakukan oleh Sulistyو (2020) mengungkapkan bahwa ikan yang hidup di Sungai Code sudah terkontaminasi mikroplastik, dengan jenis *xxfiber* sebagai bentuk dominan yang ditemukan, menunjukkan adanya akumulasi polutan dalam rantai makanan perairan. Penelitian oleh Prabowo (2020) menambahkan bahwa mikroplastik pada Sungai Code ditemukan dalam sedimen dan biota air dengan variasi bentuk seperti fragmen, *film*, pellet, dan *fiber* serta warna berbeda-beda, dimana kelimpahan tertinggi terdeteksi pada sedimen.

Aliran permukaan (*runoff*) memiliki peranan penting dalam proses masuknya mikroplastik ke perairan sungai, terutama di kawasan perkotaan padat seperti Daerah Aliran Sungai (DAS) Code di Yogyakarta. Ketika terjadi hujan, air yang mengalir di permukaan tanah membawa berbagai jenis partikel plastik dari area permukiman, jalan raya, serta kawasan komersial menuju sungai. Partikel tersebut umumnya berasal dari aktivitas manusia, misalnya penggunaan kemasan plastik sekali pakai, limbah rumah tangga, serpihan ban kendaraan, maupun serat sintetis dari pakaian (Horton dkk., 2017; Talbot & Chang, 2022). Karakteristik wilayah perkotaan yang banyak memiliki permukaan kedap air, seperti aspal dan beton, mempercepat terjadinya limpasan dan meningkatkan potensi pengangkutan mikroplastik menuju badan air (Grbić dkk, 2020). Selain itu, curah hujan tinggi atau kejadian banjir di bagian hulu dapat memperbesar volume dan kecepatan aliran, sehingga partikel-partikel mikroplastik dapat terbawa dalam jumlah lebih banyak ke bagian hilir Sungai Code. Peristiwa *stormwater runoff* juga dapat menyebabkan partikel mikroplastik yang sebelumnya mengendap di dasar sungai kembali tersuspensi ke kolom air (Hurley dkk, 2018).

Kabupaten Sleman merupakan wilayah hulu dari DAS Code yang memiliki peran penting dalam menjaga kualitas air di bagian tengah hingga hilir sungai. Pertumbuhan penduduk yang pesat, perubahan tata guna lahan, serta meningkatnya aktivitas permukiman, pertanian, dan pariwisata menjadikan wilayah ini berpotensi besar sebagai sumber pencemar titik (*point source*) dan non-titik (*non-point source pollution*). Penelitian yang dilakukan oleh Ghaisani (2024) menunjukkan bahwa seluruh outlet drainase yang masuk ke Sungai Code mengandung mikroplastik dengan kelimpahan berkisar antara 5,13 partikel/mL hingga 29,45 partikel/mL, di mana titik 8 menjadi lokasi dengan kelimpahan tertinggi sebesar 29,45 partikel/mL akibat limbah pabrik tempe dan tahu serta limbah rumah tangga, sementara titik 9 memiliki kelimpahan 16,42 partikel/mL yang dipengaruhi oleh aktivitas permukiman dan peternakan. Selain itu, observasi lapangan juga menunjukkan bahwa sebagian besar titik outlet memperlihatkan aliran drainase yang keruh dan adanya tumpukan sampah di sekitar saluran, mengindikasikan masuknya mikroplastik ke sungai melalui aktivitas rumah makan, hotel, kolam renang, perdagangan, bengkel, dan fasilitas publik lainnya di sepanjang DAS Code.

Penelitian mengenai mikroplastik dari sumber pencemar *non-point source* di Sungai Code menjadi penting karena hingga saat ini belum ada penelitian yang secara spesifik menelusuri potensi limpasan permukaan sebagai penyumbang beban mikroplastik di wilayah Kabupaten Sleman. Penelitian sebelumnya masih berfokus pada sumber pencemar titik, sehingga kontribusi aktivitas daratan seperti permukiman, pertanian, dan kegiatan perkotaan yang membawa mikroplastik ke badan sungai melalui aliran permukaan ketika hujan belum teridentifikasi secara ilmiah. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kelimpahan mikroplastik pada sumber pencemar non-titik (*non-point source*) di Sungai Code

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana kontribusi sumber pencemaran mikroplastik *non-point source* terhadap potensi keberadaan mikroplastik di DAS Code di Kabupaten

Sleman?

- 2) Bagaimana kelimpahan mikroplastik dan karakteristik mikroplastik yang ditemukan, meliputi ukuran, bentuk, warna dan jenisnya pada DAS Code di Kabupaten Sleman?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Mengkaji potensi sumber pencemaran *non-point source* yang berkontribusi terhadap keberadaan mikroplastik pada DAS Code di Kabupaten Sleman.
- 2) Mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik dan menganalisis karakteristik mikroplastik yang ditemukan pada DAS Code di Kabupaten Sleman sebagai potensi *non-point source*

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Menjadi referensi akademik mengenai identifikasi dan karakteristik mikroplastik dari sumber pencemaran *non-point source* di sungai Code.
- 2) Sebagai informasi kepada masyarakat terkait pencemaran sampah plastik, khususnya yang berpotensi menjadi sumber pencemar *non-point source*.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut:

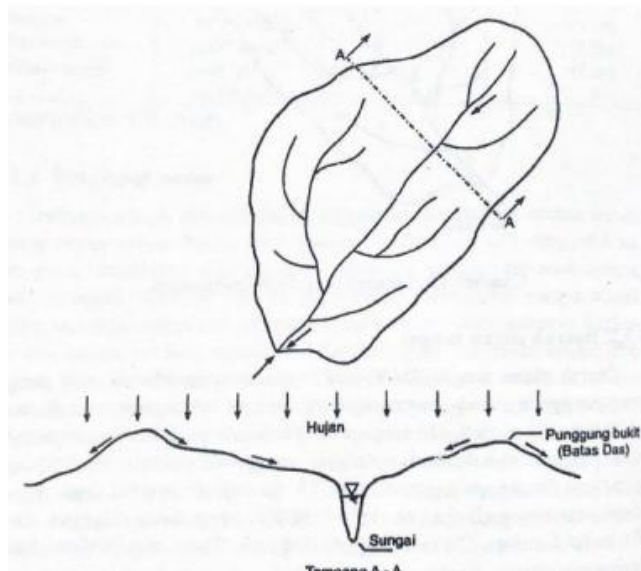
- 1) Lokasi penelitian adalah Daerah Aliran Sungai Code di Kabupaten Sleman.
- 2) Pengambilan sampel dilakukan secara parsial dengan mengambil beberapa sampel dalam satu titik pada area grid.
- 3) Pengambilan sampel dilakukan pada bagian kedua sisi sungai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) Code

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang menjadi satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Secara hidrologis, DAS dibatasi oleh pemisah topografis yang membentuk suatu sistem alami yang mengarahkan aliran air dari bagian hulu menuju ke bagian hilir. Dengan karakteristik tersebut, DAS berperan sebagai satuan ekosistem hidrologi yang mengendalikan proses aliran, penyimpanan, dan distribusi air dalam suatu wilayah (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012). Batas suatu DAS dapat ditentukan melalui analisis peta topografi dengan memperhatikan garis kontur, di mana garis kontur tersebut berfungsi untuk mengidentifikasi arah aliran limpasan permukaan. Limpasan permukaan mengalir dari titik dengan elevasi tertinggi menuju titik dengan elevasi lebih rendah secara tegak lurus terhadap garis kontur (Triatmodjo, 2008). Gambar 2.1 merupakan contoh Daerah Aliran Sungai.



Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Daerah Aliran Sungai digambarkan melalui penampang yang dibatasi oleh garis pemisah pada titik-titik tertinggi topografi. Air hujan yang jatuh di dalam batas tersebut akan terhimpun dan mengalir menuju sungai utama yang menjadi objek kajian, sedangkan air hujan yang jatuh di luar batas DAS akan dialirkan ke sungai lain di sekitarnya (Triatmodjo, 2008)

Daerah Aliran Sungai Code merupakan salah satu DAS penting di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang memiliki fungsi ekologis, hidrologis, serta sosial ekonomi. Sungai ini memiliki panjang kurang lebih 41 km, berawal dari lereng selatan Gunung Merapi di Kabupaten Sleman dan bermuara ke Sungai Opak yang berada di wilayah Kabupaten Bantul (Astuti, 2010). Aliran Sungai Code membentang melalui tiga wilayah administratif, yakni Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul, sebelum akhirnya bermuara di Sungai Opak yang berada di Kabupaten Bantul. Panjang total sungai ini mencapai sekitar 41 km berdasarkan pengukuran jarak dari muara, dengan pembagian menjadi dua bagian utama, yaitu Sungai Boyong di bagian hulu sepanjang 24 km dan Sungai Code di bagian hilir sepanjang 17 km (Widodo dkk, 2010). Perubahan tata guna lahan di DAS ini cukup dinamis, di mana kawasan hulu masih didominasi oleh hutan, perkebunan, dan sawah, sedangkan di bagian tengah hingga hilir cenderung digunakan untuk permukiman, perdagangan, serta infrastruktur perkotaan (Astuti, 2010; Wulandari dkk, 2021).

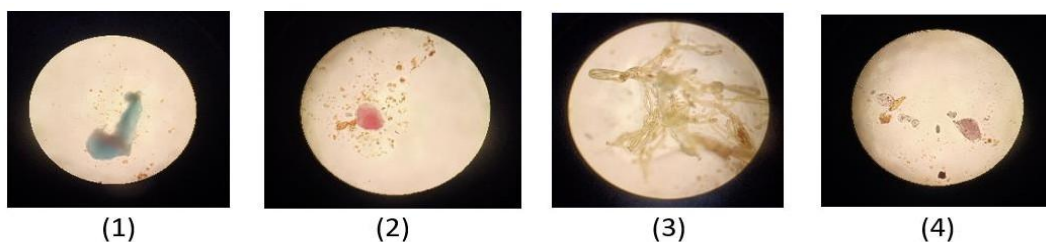
2.2 Mikroplastik

Mikroplastik didefinisikan sebagai partikel polimer plastik dengan ukuran yang lebih kecil dari 5 mm. Berdasarkan bentuknya, mikroplastik dapat diklasifikasikan menjadi lima jenis utama, meliputi *fiber*, filamen, fragmen, *foam*, dan granule. Jika ditinjau dari aspek ukuran, mikroplastik terbagi atas dua kelompok, yaitu mikroplastik berukuran besar atau *large microplastic* (LMP) dengan rentang 1–5 mm, serta mikroplastik berukuran kecil atau *small microplastic* (SMP) dengan ukuran kurang dari 1 mm (Lestari dkk., 2020).

Mikroplastik primer umumnya berasal dari produk sehari-hari, seperti kosmetik dan perlengkapan mandi yang mengandung *microbeads* berbahan *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), maupun *polystyrene* (PS). Selain itu,

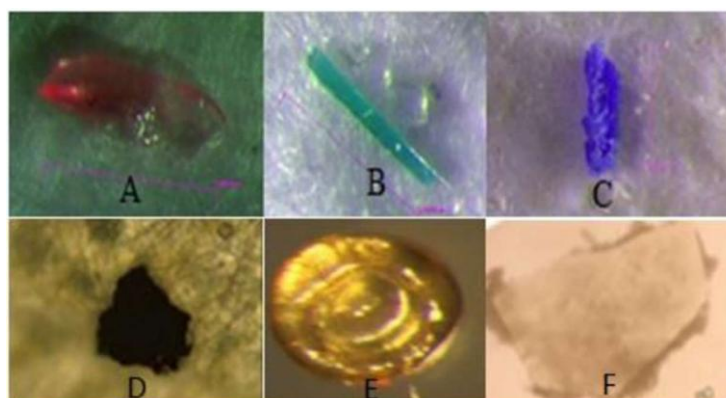
pelepasan serat mikro dari pakaian, jaring ikan yang digunakan dalam kegiatan perikanan, serta residu dari obat-obatan juga termasuk sumber utama. Mikroplastik primer juga dapat dihasilkan dari abrasi material plastik berukuran besar selama proses produksi, pemakaian, maupun perawatan, misalnya keausan ban ketika berkendara dan pelepasan serat sintetis saat pencucian. Sementara itu, mikroplastik sekunder terbentuk melalui fragmentasi plastik akibat degradasi kimia (seperti fotolisis, hidrolisis, dan proses termal), degradasi mekanis (misalnya abrasi), maupun degradasi biologis (seperti aktivitas bakteri dan jamur). Fragmen yang terbentuk mengalami kerusakan struktur sehingga ukurannya menyusut hingga tidak dapat diamati tanpa bantuan mikroskop (Boucher & Friot, 2017; Prabhu, Pan, & Krishnan, 2022; Ziani dkk., 2023).

Berikut merupakan klasifikasi mikroplastik berdasarkan bentuk:



Gambar 2.2 Jenis Mikroplastik: (1) Tipe fragmen, (2) Tipe pelet, (3) Tipe *fiber*, (4) Tipe Fragmen

Sumber: Satiyarti dkk, (2022)



Gambar 2.3 Warna Mikroplastik: A. Merah; B. Hijau; C. Biru; D. Hitam; E. Kuning; F. Putih/Transparan

(Digka dkk., 2018; Ismail dkk., 2019; Cole dkk., 2014; Hossain dkk., 2019; Saptian W.S. dkk., 2021).

2.2.1 Pencemaran Mikroplastik di Sungai Code

Pencemaran mikroplastik di Sungai Code Yogyakarta telah menjadi isu lingkungan yang cukup serius karena keberadaannya ditemukan hampir di seluruh kompartemen lingkungan sungai, mulai dari air, sedimen, hingga biota perairan. Hasil penelitian Prabowo (2020) menunjukkan bahwa mikroplastik ditemukan dalam sampel sedimen dan ikan di sepanjang aliran Sungai Code dengan bentuk dominan berupa *fiber* dan fragmen, serta warna yang bervariasi seperti merah, hitam, dan biru. Temuan ini membuktikan bahwa aliran Sungai Code telah terkontaminasi oleh mikroplastik dari aktivitas domestik dan perkotaan di sekitarnya. Selain itu, mikroplastik berpotensi masuk ke rantai makanan melalui ikan dan organisme akuatik yang hidup di sungai tersebut.

Penelitian Ghaisani (2024) memperkuat temuan tersebut dengan mengidentifikasi keberadaan mikroplastik pada sumber pencemar titik (*point sources*) seperti saluran drainase yang bermuara ke Sungai Code. Jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah fragmen dan *fiber*, dengan polimer utama berupa *polystyrene* (PS) dan *polyethylene terephthalate* (PET). Penelitian oleh Asyanda (2024) juga mendeteksi mikroplastik pada air tanah di sekitar DAS Code, yang menandakan adanya potensi migrasi mikroplastik dari badan sungai ke lapisan akuifer. Fenomena ini menunjukkan bahwa pencemaran mikroplastik di Sungai Code tidak hanya berdampak pada perairan permukaan, tetapi juga dapat memengaruhi kualitas air tanah yang digunakan masyarakat.

Selain pada kompartemen air dan sedimen, penelitian terbaru oleh Marwadini (2024) dan Ayuningtyas (2024) menemukan bahwa mikroplastik juga telah mengkontaminasi lahan pertanian di sepanjang Sungai Code. Jenis mikroplastik yang dominan ditemukan adalah fragmen dan *film* dengan polimer seperti *polypropylene* (PP), *polyvinyl chloride* (PVC), dan *low-density polyethylene* (LDPE).

2.2.2 Sumber Mikroplastik

Ada beragam sumber mikroplastik mulai dari produk industri besar hingga barang-barang rumah tangga sehari-hari. Kelimpahan mikroplastik dipengaruhi oleh sumber pencemar mikroplastik atau aktivitas disekitarnya (Ardiansyah, R.,

2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ziani, K., dkk (2023) terdapat beberapa sumber mikroplastik yang paling umum meliputi:

1. Tekstil: Kain sintetis, seperti nilon, akrilik, dan poliester, melepaskan serat mikro saat dicuci, yang menyebabkan pelepasan mikroplastik ke lingkungan.
2. Cat sintetis dan aus ban: Berbagai sumber polimer sintetis (termasuk cat, abrasi peralatan akuakultur, debu ban, dan peralatan dan tali pancing yang dibuang) setelah aus dan robek menghasilkan tingkat mikroplastik tertinggi di lautan. Pengikisan pada marka jalan juga berdampak signifikan terhadap polusi mikroplastik.
3. Plastik di lautan: Sampah plastik merupakan sumber utama terbentuknya mikroplastik di lautan. Ini termasuk zat-zat, seperti botol dan tas yang terbuat dari plastik, dan pembungkus makanan yang terurai seiring waktu karena paparan sinar matahari dan faktor lingkungan lainnya.
4. Produk perawatan pribadi: *Microbeads*, yang merupakan manik-manik plastik kecil yang digunakan dalam scrub pengelupasan kulit, pasta gigi, dan produk lain yang digunakan untuk perawatan pribadi, dapat masuk ke lingkungan melalui instalasi pengolahan air limbah dan bertransmisi di ekosistem laut serta air tawar.
5. Produk industri: Banyak produk industri, seperti pelet plastik yang digunakan dalam pembuatan produk plastik, juga merupakan sumber mikroplastik.

2.2.3 Point Source (PS)

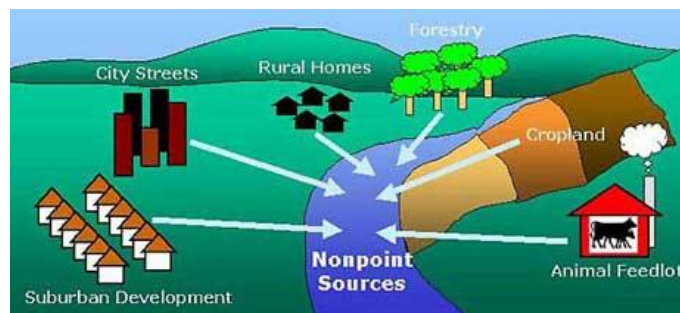
Sumber pencemar titik (*point sources*) merupakan pencemaran yang berasal dari lokasi tertentu di sepanjang badan air, seperti sungai, dengan titik keluaran yang jelas. Umumnya, pencemar ini berasal dari pipa pembuangan limbah industri yang tidak diolah maupun dari saluran *effluent* hasil pengolahan di instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang langsung dialirkan ke badan air penerima (Syahril, 2016). Secara umum, *point sources* dapat dipahami sebagai sumber pencemar yang lokasinya dapat diidentifikasi secara spesifik, serta relatif mudah dipantau dan dikendalikan. Kondisi ini menjadikan pengendalian

pencemaran dari sumber titik lebih terukur dibandingkan dengan sumber pencemar non-titik (*non-point sources*) seperti aktivitas pertanian atau kawasan hutan (Azzuhra, 2022).

2.2.4 *Non-Point Source (NPS)*

Pencemaran sumber tidak tetap atau *non-point source (NPS)* pollution merupakan bentuk pencemaran yang berasal dari berbagai lokasi dengan karakteristik menyebar (*diffuse*), sehingga sulit diidentifikasi titik asalnya. Berbeda dengan pencemaran sumber titik (*point source pollution*) yang dapat ditelusuri ke satu saluran pembuangan, NPS terjadi ketika air hujan atau lelehan salju membawa berbagai polutan dari permukaan tanah, jalan, maupun area terbangun, lalu mengalirkannya ke badan air seperti sungai, danau, hingga laut (NOAA, 2024).

Contoh nyata dari NPS dapat diamati pada area perkotaan, misalnya air hujan yang mengalir di jalan raya atau tempat parkir. Air tersebut dapat membawa kontaminan berupa oli, bahan kimia, maupun partikel padat yang kemudian bermuara ke badan air. Pola pencemaran ini menyebabkan degradasi kualitas perairan yang berdampak pada ekosistem akuatik maupun kehidupan manusia (NOAA, 2024). Gambar 2.4 merupakan sumber non-titik yang berasal dari banyak sumber.



Gambar 2.4 Sumber pencemar NPS

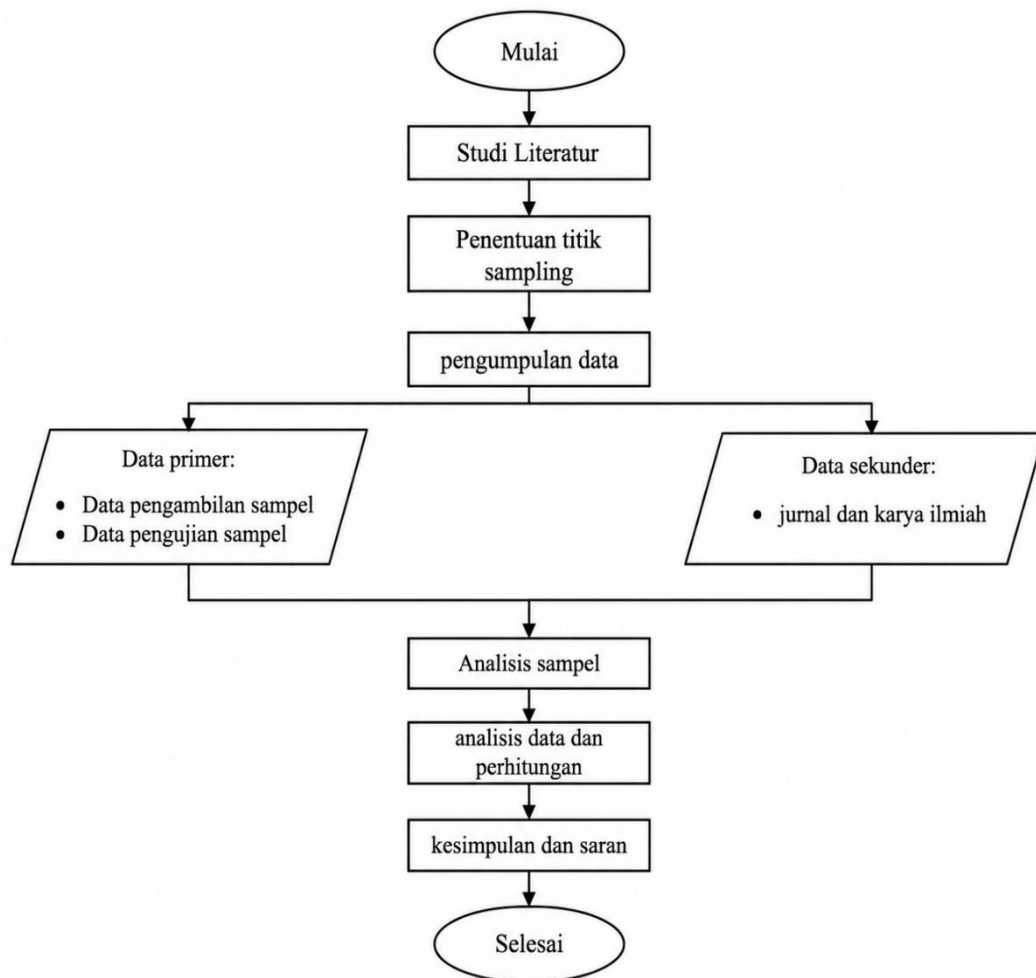
(Sumber: NOAA, 2024)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Studi Penelitian

Kerangka penelitian ini disusun sebagai acuan untuk menunjukkan alur berpikir dan langkah-langkah sistematis yang ditempuh dalam mengkaji potensi pencemaran mikroplastik pada DAS Code. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Pengambilan Data

3.2.1 Data Sekunder

Data sekunder untuk menunjang penelitian ini yaitu Peta DAS Code segmen Kabupaten Sleman. Peta digunakan untuk mengetahui wilayah yang dilalui oleh Sungai Code. Dalam melakukan metode analisis, data sekunder dari jurnal dan penelitian yang dilakukan oleh Ben-Haddad dkk. (2022) yang berjudul *Microplastics pollution in sediments of Moroccan urban beaches: The Taghazout coast as a case study*, yang membahas tentang persebaran mikroplastik. Perhitungan yang digunakan adalah membagi jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan dengan massa kering sampel sedimen. Pendekatan tersebut dipilih karena dinilai paling relevan untuk menggambarkan akumulasi mikroplastik pada media padatan dengan karakteristik lingkungan.

3.2.2 Data Primer

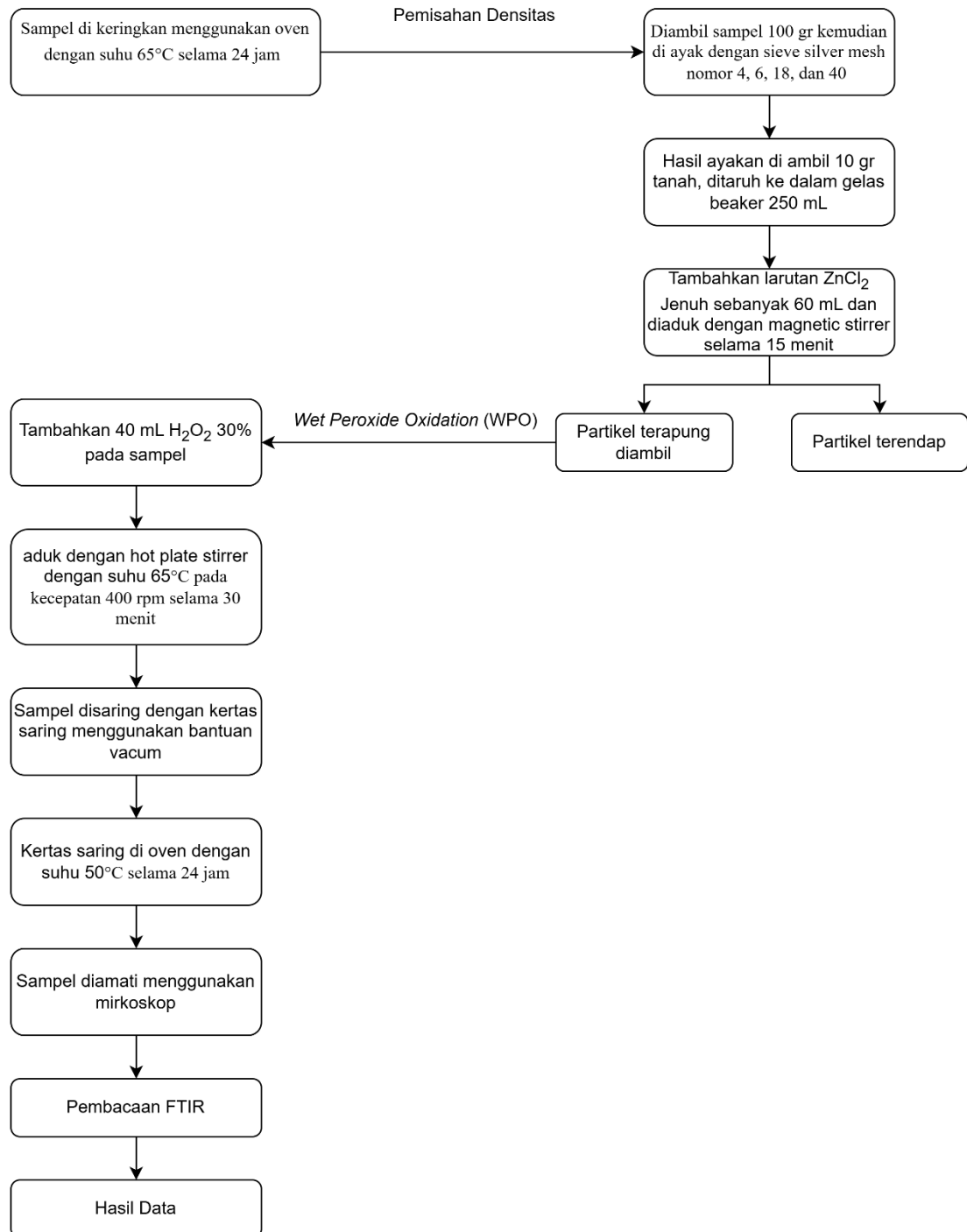
Pengambilan sampel tanah pada penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025. Kegiatan sampling dilakukan di sepanjang aliran DAS Code, Kabupaten Sleman, yang meliputi wilayah permukiman, lahan pertanian, serta kawasan hutan. Penentuan titik sampel dilakukan berdasarkan variasi penggunaan lahan di sepanjang DAS Code sehingga setiap tipe lahan dapat terwakili. Wilayah penelitian pada DAS Code dibagi ke dalam beberapa *grid* dengan ukuran 10 km², di mana setiap *grid* diperlakukan sebagai satu unit sampling yang mewakili kondisi area tertentu. Dari proses penentuan tersebut diperoleh 15 titik sampling yang tersebar dari bagian hulu hingga hilir.



Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Tanah

1. Metode pengujian Mikroplastik

Pengujian sampel mengacu pada *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yang telah dimodifikasi. Alur pengujian sampel dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3 Metode pengujian Mikroplastik

3.2.3 Desain Sampling Spasial

Desain sampling spasial dilakukan untuk memastikan bahwa pengambilan sampel tanah mampu merepresentasikan kondisi lingkungan secara menyeluruh di wilayah penelitian. Mikroplastik sebagai pencemar yang bersifat *non-point source* cenderung tersebar tidak merata di lingkungan dan dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia serta kondisi fisik wilayah, sehingga diperlukan pendekatan sampling yang terstruktur secara spasial untuk meminimalkan bias lokasi (Horton dkk., 2017; He dkk., 2019). Oleh karena itu, wilayah penelitian pada DAS Code dibagi ke dalam beberapa grid dengan ukuran 10 km² sebagai bagian dari desain *systematic grid* sampling, di mana setiap *grid* diperlakukan sebagai satu unit sampling yang mewakili kondisi area tertentu.

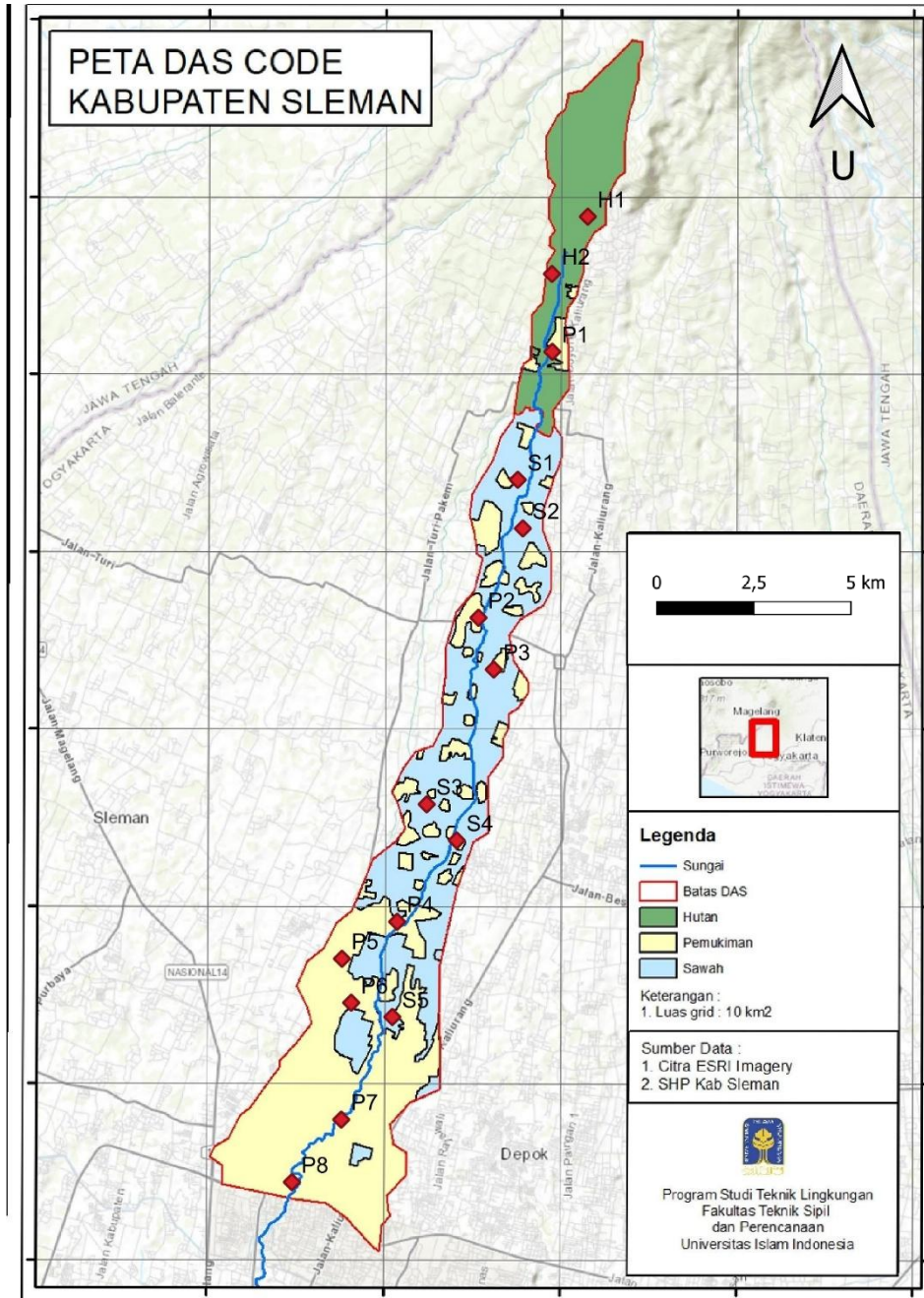
Pendekatan berbasis *grid* ini umum digunakan dalam studi kontaminan tanah untuk mengatur distribusi titik sampling secara merata dan meningkatkan keterwakilan spasial data (IAEA, 2004; Brus & de Grujter, 2013). Pada setiap *grid*, sampel tanah diperoleh dengan mengambil 3 sub-sampel dari lokasi yang berbeda namun masih berada dalam satu *grid*, kemudian digabungkan menjadi satu sampel komposit. Penggunaan sampel komposit bertujuan untuk memperoleh nilai rata-rata konsentrasi pencemar dalam satu unit area serta mengurangi variabilitas akibat heterogenitas tanah, sebagaimana ditekankan dalam pedoman pengambilan sampel tanah untuk kontaminan lingkungan (IAEA, 2004).

Jarak titik sungai dengan bantaran sungai juga di kompositkan, kombinasi *systematic grid* sampling dan *composite* sampling dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran distribusi dan karakteristik mikroplastik tanah yang lebih representatif pada skala DAS.

3.2.4 Peta Lokasi Titik Sampling

Pengambilan sampel tanah pada penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025. Kegiatan sampling dilakukan di sepanjang aliran DAS Code, Kabupaten Sleman, yang meliputi wilayah permukiman, lahan pertanian, serta kawasan hutan. Penentuan titik sampel dilakukan berdasarkan variasi penggunaan lahan di sepanjang DAS Code sehingga setiap tipe lahan dapat terwakili. Dari proses penentuan tersebut diperoleh 15 titik sampling yang tersebar dari bagian

hulu hingga hilir. Penyusunan titik-titik tersebut kemudian diolah dalam perangkat lunak QGIS dan divisualisasikan ke dalam peta lokasi penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4 dan titik koordinat pada Tabel 3.1 berikut.



Gambar 3.4 Peta Lokasi Pengambilan Sampel di DAS Code

Tabel 3.1 Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel

No	Garis Lintang	Garis Bujur	Keterangan	Lokasi	Kode Sampel
1	7°35'42"S	110°25'21"E	hutan	Kalurahan Purwobinangun, Kapanewon Pakem	H1
2	7°36'14"S	110°25'01"E	hutan	Kalurahan Purwobinangun, Kapanewon Pakem	H2
3	7°36'59"S	110°25'00"E	permukiman	Kalurahan Hargobinangun, Kapanewon Pakem	P1
4	7°38'14"S	110°24'41"E	sawah	Kalurahan Candibinangun, Kapanewon Pakem	S1
5	7°38'45"S	110°24'42"E	sawah	Kalurahan Harjobinangun, Kapanewon Pakem	S2
6	7°39'32"S	110°24'17"E	permukiman	Kalurahan Candibinangun, Kapanewon Pakem	P2
7	7°40'19.8"S	110°24'14.8"E	permukiman	Kalurahan Harjobinangun, Kapanewon Pakem	P3
8	7°41'20"S	110°23'48"E	sawah	Kalurahan SardonoHarjo, Kapanewon Ngaglik	S4
9	7°42'16"S	110°23'46"E	sawah	Kalurahan Harjobinangun, Kapanewon Pakem	S5
10	7°42'29"S	110°23'30"E	permukiman	Kalurahan SardonoHarjo, Kapanewon Ngaglik	P4
11	7°43'09"S	110°23'15"E	permukiman	Kalurahan Sinduharjo, Kapanewon Ngaglik	P5
12	7°43'31"S	110°23'17"E	permukiman	Kalurahan Sinduharjo, Kapanewon Ngaglik	P6
13	7°43'23"S	110°23'28"E	sawah	Kalurahan Sinduharjo, Kapanewon Ngaglik	S6
14	7°44'26"S	110°22'49"E	permukiman	Kalurahan Sariharjo, Kapanewon Ngaglik	P7
15	7°44'59"S	110°22'41"E	permukiman	Kalurahan Sariharjo, Kapanewon Ngaglik	P8

3.2.5 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, proses pengambilan sampel hingga analisis mikroplastik memerlukan sejumlah alat dan bahan yang mendukung setiap tahapan kegiatan. Pada tahap pengambilan sampel di lapangan, digunakan beberapa peralatan sederhana untuk memastikan sampel tanah dapat dikumpulkan secara baik dan tetap terjaga kualitasnya. Selanjutnya, sampel yang telah dibawa ke laboratorium dianalisis menggunakan serangkaian alat dan bahan yang diperlukan untuk proses pemisahan, preparasi, serta identifikasi partikel mikroplastik. Seluruh alat dan bahan tersebut dipilih agar tahapan penelitian, mulai dari pengumpulan sampel, pengolahan, hingga pengujian laboratorium, dapat berjalan lancar dan menghasilkan data yang akurat. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Alat dan bahan analisis mikroplastik

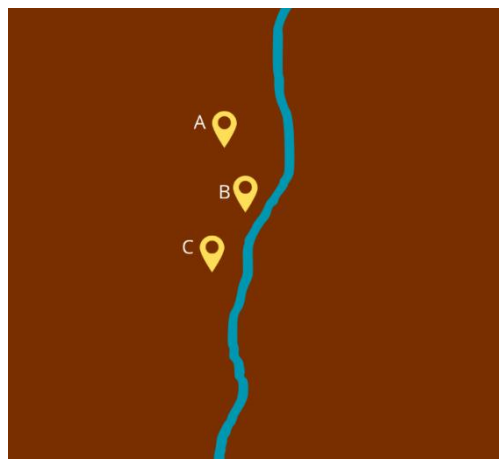
Keterangan	Alat	Bahan
Pengambilan sampel di lapangan	Aluminium pouch ukuran 18 cm x 28,5 cm	
	Skop stainless	
	Spidol hitam	
proses analisis di laboratorium	Neraca analitik	• Aquades • kertas saring glass <i>microfiber</i> (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 • 100 mL H₂O₂ • 1500 mL ZnCl₂
	Oven	
	sieve silver mesh nomor 4, 6, 18, dan 40	
	gelar beaker 500 mL	
	Erlenmeyer 250 mL	
	Gelas ukur 100 mL	
	hotplate dan magnetic stirrer	
	centrifuge	
	cawan petri	
	Pipet volume	
	mikroskop Olympus U-TVO.5XC-3	
	Fourier Transform Infra Red (FT-IR) merk IRTracer-100	

3.3 Pengambilan Sampel

3.3.1 Persiapan dan Pengambilan Sampel Tanah

Langkah awal untuk pengambilan sampel tanah adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Alat yang digunakan merupakan skop stainless untuk mengambil sampel, kemudian Alumunium *pouch* digunakan sebagai wadah sampel dari lokasi titik sampel menuju tempat analisa sampel.

Pengambilan sampel tanah dilakukan 3 kali secara acak pada titik di area *grid* yang telah ditentukan. Sampel tanah diambil pada kedalaman sekitar 5–10 cm dari permukaan tanah agar dapat merepresentasikan konsentrasi mikroplastik yang berada di lapisan paling aktif terhadap aktivitas lingkungan sekitar (Ayuningtyas, 2024). Contoh cara pengambilan titik sampel dapat dilihat pada Gambar 3.5. titik kuning merupakan titik pengambilan sampel tanah yang dilakukan secara acak. Jarak titik pengambilan tanah dengan badan sungai juga dilakukan secara acak.



Gambar 3.5 Contoh Penentuan Titik Pengambilan Sampel Tanah

3.3.2 Pengukuran pH dan Suhu Tanah

Pengukuran derajat keasaman (pH) tanah dilakukan menggunakan pH meter untuk mengetahui kondisi kimia tanah yang berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara serta proses reaksi kimia di dalam tanah. Nilai pH tanah juga berperan dalam menentukan stabilitas senyawa kimia dan interaksi antara partikel tanah dengan polutan, termasuk mikroplastik, sehingga parameter ini penting dalam kajian kualitas lingkungan tanah dan dinamika kimia tanah (Somchai dkk., 2024).

Pengujian pH tanah dilakukan dengan metode suspensi tanah menggunakan dua jenis larutan, yaitu aquades dan larutan kalium klorida (KCl) 1 M. Sampel tanah terlebih dahulu dikeringkan dengan oven pada suhu 65°C selama 24 jam dan diayak menggunakan sieve silver mesh nomor 40 (0,425 mm) untuk memperoleh sampel yang homogen. Sebanyak 10 g sampel tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas beaker berkapasitas 100 mL, kemudian ditambahkan 25 mL aquades sehingga diperoleh perbandingan tanah dan larutan sebesar 1:2,5. Campuran diaduk hingga homogen dan didiamkan selama $\pm$ 30 menit, kemudian nilai pH diukur menggunakan pH meter. Prosedur ini mengacu pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk yang dikeluarkan oleh Balai Penelitian Tanah (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Selain menggunakan aquades, pengukuran pH tanah juga dilakukan dengan larutan KCl 1 M menggunakan prosedur yang sama. Penggunaan larutan KCl bertujuan untuk mengukur pH potensial tanah, karena larutan elektrolit memiliki kekuatan ion yang lebih tinggi sehingga mampu melepaskan ion H^+ yang terjerap pada permukaan koloid tanah ke dalam larutan. Perbedaan nilai pH tanah yang diukur menggunakan air dan larutan KCl dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat kejenuhan basa serta potensi reaksi kimia tanah, yang selanjutnya berpengaruh terhadap interaksi dan stabilitas mikroplastik di dalam matriks tanah (Balai Penelitian Tanah, 2009; Somchai dkk., 2024).

Pengukuran suhu tanah sampel dilakukan untuk memperoleh informasi tambahan mengenai proses fragmentasi plastik, suhu tanah, dan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam degradasi mikroplastik. Peningkatan suhu dalam batas tertentu dapat meningkatkan aktivitas mikroba dan mempercepat proses penguraian plastik di tanah. Namun, suhu yang terlalu tinggi justru dapat menurunkan aktivitas enzim dan mengganggu komunitas mikroorganisme tanah. Hal ini menunjukkan bahwa suhu tanah berperan penting terhadap keberadaan, degradasi, dan perubahan karakteristik mikroplastik di lingkungan tanah (Li dkk., 2023).

3.4 Analisis Sampel

3.4.1 Preparasi Sampel Mikroplastik

Sampel yang akan dilakukan pengujian di laboratorium, perlu dilakukan preparasi terlebih dahulu yang meliputi tahapan pengeringan, pemisahan densitas, *Wet Peroxide Oxidation* (WPO), dan penyaringan sampel.

1. Pengeringan dan pengayakan sampel

Sampel tanah yang telah diambil terlebih dahulu ditimbang untuk memperoleh berat awal (berat basah), kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 65°C selama 24 jam hingga mencapai kondisi kering. Setelah proses pengeringan, sampel kembali ditimbang untuk memperoleh berat kering sehingga kadar air tanah dapat diketahui berdasarkan selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan.

Sampel tanah kering selanjutnya dihancurkan secara manual untuk memecah agregat tanah, kemudian dilakukan pengayakan bertingkat menggunakan sieve silver mesh nomor 4, 6, 18, dan 40 dengan ukuran bukaan masing-masing 4,75 mm; 3,35 mm; 1,00 mm; dan 0,425 mm. Proses pengayakan ini bertujuan untuk memperoleh fraksi tanah berukuran halus yang lolos dari saringan terkecil, yaitu mesh nomor 40 (0,425 mm), sehingga ukuran partikel sampel menjadi lebih seragam. Selain itu, pengayakan juga berfungsi untuk memisahkan material berukuran kasar seperti kerikil, sisa bahan organik, serta kemungkinan adanya makroplastik yang terperangkap di dalam tanah sebelum dilakukan tahapan analisis selanjutnya.



Gambar 3.6 Pengeringan sampel



Gambar 3.7 Ayakan

2. Pemisahan densitas

Setelah proses pengeringan dan pengayakan, pemisahan mikroplastik dari sampel tanah dilakukan menggunakan metode pemisahan densitas berdasarkan perbedaan massa jenis antara partikel tanah dan mikroplastik. Sebanyak 10 gram sampel tanah kering dimasukkan ke dalam gelas beker berukuran 250 mL, kemudian ditambahkan 60 mL larutan jenuh ZnCl_2 . Campuran diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 15 menit hingga homogen, kemudian didiamkan selama 24 jam untuk memungkinkan proses pemisahan berlangsung. Pada tahap ini, mikroplastik dengan densitas lebih rendah dibandingkan larutan ZnCl_2 akan mengapung di bagian atas larutan, sedangkan partikel mineral tanah dengan densitas lebih tinggi akan mengendap di dasar wadah.



Gambar 3.8 Sampel dilarutkan dengan ZnCl_2

3. *Centrifuge*

Centrifuge merupakan proses pemisahan partikel berdasarkan perbedaan massa jenis dengan memanfaatkan gaya sentrifugal dari putaran alat centrifuge. Proses ini dilakukan untuk memisahkan partikel yang masih tersuspensi dalam larutan sehingga diperoleh supernatan yang lebih jernih.

Pada tahap ini, supernatan sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam tabung centrifuge. Selanjutnya, sampel diputar menggunakan centrifuge selama 10 menit dengan kecepatan 300 rpm. Pemilihan waktu dan kecepatan ini bertujuan untuk mengendapkan partikel yang memiliki massa jenis lebih tinggi, tanpa menyebabkan mikroplastik yang lebih ringan ikut mengendap.



Gambar 3.9 Centrifuge sampel

4. Wet Peroxide Oxidation (WPO)

Tahap *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan bahan organik yang terdapat dalam sampel. Penguraian senyawa organik ini penting agar proses identifikasi mikroplastik dapat berjalan lebih akurat tanpa gangguan dari material organik yang menempel. Prosedur dilakukan dengan menambahkan 40 mL larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) 30% ke dalam sampel yang telah ditempatkan di dalam erlenmeyer. Selanjutnya, sampel diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 65°C selama 30 menit dengan kecepatan 400 rpm hingga proses oksidasi bahan organik berlangsung secara sempurna.

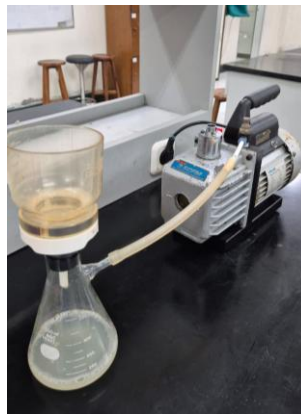


Gambar 3.10 WPO sampel

5. Penyaringan sampel

Tahap penyaringan bertujuan untuk memisahkan partikel mikroplastik dari sisa larutan sampel setelah proses oksidasi. Proses ini menggunakan kertas saring Glass Microfiber (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 dengan bantuan alat vacuum filter. Kertas saring diletakkan pada permukaan alat vakum, kemudian

sampel dituangkan perlahan ke dalam corong penyaring. Setelah itu, corong penutup dipasang agar larutan tidak tumpah selama proses penyaringan berlangsung. Alat vakum kemudian dihidupkan untuk menarik cairan melalui kertas saring hingga seluruh residu tertinggal di permukaannya. Kertas saring yang telah menampung mikroplastik kemudian dibiarkan mengering di dalam cawan petri pada suhu ruang sebelum digunakan untuk tahap identifikasi lebih lanjut.

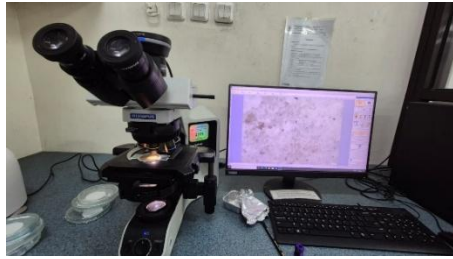


Gambar 3.11 Penyaringan larutan sampel

3.4.2 Pengamatan Sampel Dengan Mikroskop

Pengamatan mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan tujuan untuk mengidentifikasi bentuk, warna, dan jumlah partikel yang terdapat pada sampel. Sampel hasil penyaringan diletakkan di atas kaca preparat, kemudian dilakukan pengamatan secara bertahap dengan tingkat perbesaran 4x dan 10x. Selama proses observasi, fokus mikroskop disesuaikan hingga partikel tampak jelas.

Setiap bidang pandang diamati berdasarkan kuadran yang telah ditandai sebelumnya agar pengamatan lebih sistematis dan tidak tumpang tindih. Data hasil pengamatan meliputi jumlah, bentuk dan warna mikroplastik.



Gambar 3.12 Pengamatan Menggunakan Mikroskop



Gambar 3.13 Hasil Pengamatan Mikroplastik

3.4.3 Pengujian Sampel Dengan FTIR

Pengujian sampel dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi komponen kimia dan jenis polimer yang terdapat pada partikel mikroplastik. Proses analisis dimulai dengan menempatkan sampel ke *dalam sample compartment* pada alat FTIR. Selanjutnya, detektor diarahkan hingga menempel pada permukaan sampel untuk memastikan kontak optimal antara sensor dan partikel yang akan diuji. Setelah itu, sinar inframerah dipancarkan ke permukaan sampel dan sebagian energi akan diserap, sedangkan sisanya dipantulkan kembali menuju detektor. Pantulan sinar tersebut kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang direkam oleh sistem perekam (*recorder*). Hasil pengukuran FTIR disajikan dalam bentuk spektrum inframerah, yang menunjukkan hubungan antara intensitas serapan dan panjang gelombang, sehingga dapat digunakan untuk mengenali jenis polimer penyusun mikroplastik (Pambudi dkk., 2017).

3.5 Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis secara deskriptif untuk memperoleh gambaran mengenai karakteristik mikroplastik yang ditemukan pada setiap lokasi penelitian. Analisis deskriptif dilakukan dengan menguraikan keberadaan dan kelimpahan mikroplastik berdasarkan parameter bentuk, warna, jumlah partikel, serta jenis polimer yang diidentifikasi menggunakan instrumen FTIR. Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik dan tabel yang menampilkan perbandingan jumlah, variasi bentuk, warna, serta jenis polimer mikroplastik pada masing-masing titik pengambilan sampel.

Selanjutnya, untuk menentukan nilai kelimpahan mikroplastik digunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{kelimpahan mikroplastik} \left(\frac{\text{partikel}}{\text{berat tanah kering}} \right) = \frac{\text{jumlah mikroplastik pada tanah (partikel)}}{\text{berat tanah kering (gram)}}$$

Selain itu, variasi warna dan jenis mikroplastik yang ditemukan pada sampel juga dianalisis dengan menghitung persentase tiap kategori. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui dominasi warna serta tipe mikroplastik yang paling banyak ditemukan di setiap lokasi pengambilan sampel. Nilai persentase tersebut diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{persentase(\%)} = \frac{\text{jumlah partikel atau warna (partikel)}}{\text{jumlah keseluruhan partikel jenis atau warna (partikel)}} \times 100\%$$

Selanjutnya dilakukan analisis komparatif antar lokasi titik sampel untuk menilai perbedaan distribusi mikroplastik pada Sungai Code. Hasil tersebut kemudian dikaitkan dengan kondisi lingkungan sekitar (penggunaan lahan, kepadatan penduduk, aktivitas domestik maupun komersial) sebagai indikator potensi pencemar *non-point source*. Penilaian dampak lingkungan dari keberadaan mikroplastik (MPs) pada lokasi penelitian dilakukan dengan *Coefficient of Microplastic Impact* (CMPI) atau nilai koefisien dari dampak mikroplastik, yang dikembangkan oleh Rangel-Buitrago dkk. (2021). Indeks ini berfungsi untuk menilai dampak dengan membandingkan jumlah total suatu bentuk mikroplastik tertentu terhadap jumlah keseluruhan mikroplastik pada sampel.

Nilai CMPI menurut Rangel-Buitrago dkk. (2021) dikelompokkan dalam empat kategori, yaitu minimum (0,0001–0,1), rata-rata (0,11–0,5), maksimum (0,51–0,8), dan ekstrem (0,81–1).

$$CMPI = \frac{\text{Jumlah bentuk MPs tertentu}}{\text{Jumlah total MPs (per titik)}}$$

3.6 Pemetaan Distribusi Mikroplastik Menggunakan IDW

Metode interpolasi spasial yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Inverse Distance Weighting* (IDW). Metode ini digunakan untuk memperkirakan nilai pada lokasi yang tidak terukur berdasarkan nilai dari titik-titik sampel di sekitarnya. Prinsip dari metode IDW adalah bahwa titik yang letaknya lebih dekat akan memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan titik yang lebih jauh, karena nilai pada lokasi yang berdekatan cenderung lebih mirip. Dalam penelitian ini, software yang digunakan dalam melakukan pemetaan adalah Qgis Deskop versi 3.36.2. Metode IDW digunakan untuk memetakan distribusi spasial mikroplastik di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS), yang meliputi kelimpahan mikroplastik, kelimpahan berdasarkan bentuk, kelimpahan berdasarkan warna, serta nilai *Coefficient of Microplastic Impact* (CMPI). Pemetaan ini dilakukan untuk melihat pola sebaran mikroplastik, mengidentifikasi area dengan tingkat pencemaran tinggi, serta memahami karakteristik pencemaran mikroplastik yang bersifat *non-point source* dan cenderung tidak merata di lingkungan (Tahitu dkk., 2026; Susanto dkk., 2024).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Daerah

Daerah penelitian terletak pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Code segmen Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

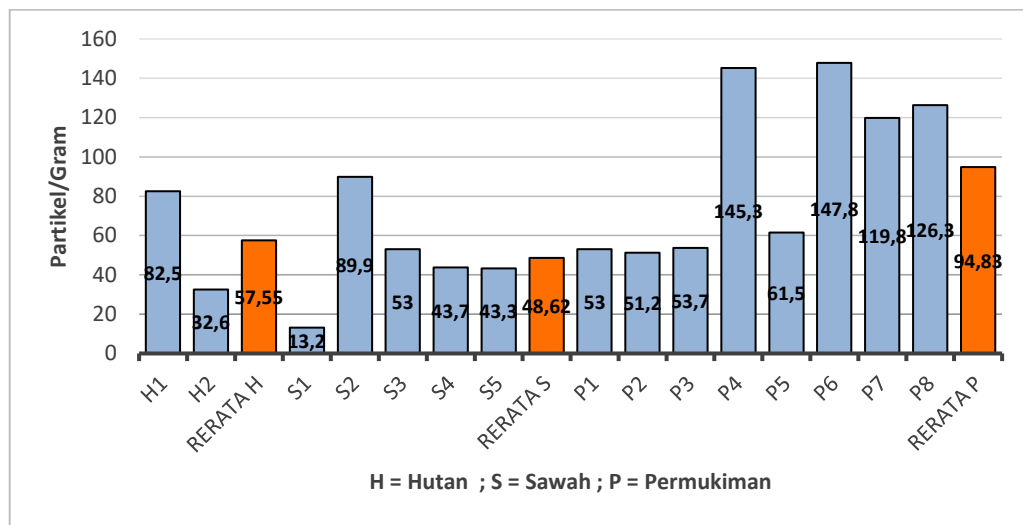
Tabel 4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Titik Sampling	Lokasi	Deskripsi Lokasi	Dokumentasi
H1	Kalurahan Purwobinangun, Kapanewon Pakem	Lokasi sampling berada di Dusun Turgo. Akses menuju lokasi sampling terdapat permukiman dan mobilitas dari kendaraan tambang pasir di hulu sungai Code. Sepanjang jalan ditemukan banyak sampah plastik dan pembakaran sampah di daerah tersebut.	
H2	Kalurahan Purwobinangun, Kapanewon Pakem	Lokasi sampling berada di Dusun Turgo. Akses menuju lokasi melewati hutan dan jalan yang kecil. Secara visual, ditemukan beberapa sampah plastik disekitar jalan dan area pengambilan sampel.	
P1	Kalurahan Hargobinangun, Kapanewon Pakem	Lokasi sampling berada di Dusun Bojong, Pakem. Daerah permukiman tidak terlalu padat, masih terdapat banyak pepohonan dan tumbuhan. Terdapat beberapa sampah plastik yang berada di lingkungan wilayah tersebut.	
S1	Kalurahan Candibinangun, Kapanewon Pakem	Lokasi sampling berada di Dusun Patrowangsan, Candibinangun. Area sekitar merupakan sawah/lahan hijau yang digunakan untuk kegiatan pertanian. Terlihat sangat sedikit sampah plastik di wilayah tersebut ketika pengambilan sampel.	
S2	Kalurahan Harjobinangun, Kapanewon Pakem	Pengambilan sampel berada di sekitar Jl. Boyong, harjobinangun. Area titik sampling merupakan lahan pertanian yang ditanami padi dan terdapat aktivitas pertanian di wilayah tersebut. Secara visual, terdapat beberapa sampah plastik di sekitar lokasi pengambilan sampel.	
P2	Kalurahan Candibinangun, Kapanewon Pakem	Lokasi sampling berada di Dusun Nepen, Pakem. Area titik sampling merupakan permukiman penduduk yang masih belum padat. Ditemukan sampah plastik di sekitar lokasi. Ditemukan beberapa bekas pembakaran sampah. Tidak ditemukan Tempat Pembuangan Sampah di sekitar lokasi.	

Titik Sampling	Lokasi	Deskripsi Lokasi	Dokumentasi
P3	Kalurahan Harjobinangun, Kapanewon Pakem	Lokasi sampling berada di Dusun Dero Kulon, Pakem. Area titik sampling merupakan permukiman penduduk yang masih belum begitu padat. Tidak ditemukan Tempat Pembuangan Sampah di sekitar lokasi, terdapat sampah plastik di sekitar jalan	
S3	Kalurahan Sardonoharjo, Kapanewon Ngaglik	Lokasi titik sampling berada di daerah sawah, dengan aktivitas warga yaitu bertani. Di sekitar lokasi terdapat sampah plastik.	
S4	Kalurahan Harjobinangun, Kapanewon Pakem	Lokasi titik sampling berada di daerah pertanian. Terdapat beberapa rumah di sekitar area sawah. Pada saat pengambilan sampel, terdapat sampah plastik di sekitar lokasi.	
P4	Kalurahan Sardonoharjo, Kapanewon Ngaglik	Lokasi sampling berada di wilayah permukiman. Di sekitar lokasi terdapat beberapa lahan hijau. Pengambilan sampel dilakukan pada area permukiman dan dijumpai banyak sampah plastik di lingkungan tersebut.	
P5	Kalurahan Sinduharjo, Kapanewon Ngaglik	Lokasi sampling berada di Dusun Lojajar, Ngaglik. Titik sampling berada di daerah permukiman yang cenderung lebih padat di bandingkan dengan titik sampling P4,P3, P2, dan P1. Terdapat bak sampah di depan rumah warga dan di jumpai beberapa sampah plastik di jalan.	
P6	Kalurahan Sinduharjo, Kapanewon Ngaglik	Lokasi sampling berada di daerah Ngentak, Ngaglik. Titik sampling berada di wilayah permukiman. Terdapat tempat sampah di depan rumah warga. Di beberapa titik terdapat pembakaran sampah dan tumpukan sampah.	
S5	Kalurahan Sinduharjo, Kapanewon Ngaglik	Lokasi titik sampling berada di daerah lahan hijau yang digunakan sebagai pertanian. Terdapat penggunaan plastik seperti rafia di area sawah.	
P7	Kalurahan Sariharjo, Kapanewon Ngaglik	Lokasi sampling berada di wilayah permukiman. Kepadatan penduduk cenderung lebih padat. Terdapat sampah plastik di beberapa tempat dan pembakaran sampah di sekitar permukiman.	
P8	Kalurahan Sariharjo, Kapanewon Ngaglik	Lokasi sampling berada di sekitar Plemburan, Sariharjo. Kondisi wilayah merupakan permukiman padat penduduk dengan banyak aktivitas antropogenik.	

4.2 Distribusi dan Kelimpahan Mikroplastik

Distribusi dan kelimpahan mikroplastik diamati untuk mengetahui persebaran partikel mikroplastik pada setiap titik sampling. Jumlah mikroplastik yang ditemukan pada masing-masing titik menunjukkan adanya perbedaan tingkat kontaminasi di lokasi penelitian. Variasi tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi penggunaan lahan, aktivitas manusia di sekitar lokasi, serta adanya sumber pencemar yang berbeda pada setiap titik sampling. Hasil distribusi dan jumlah mikroplastik pada seluruh titik sampling dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut



Gambar 4.1 Distribusi dan Kelimpahan Mikroplastik

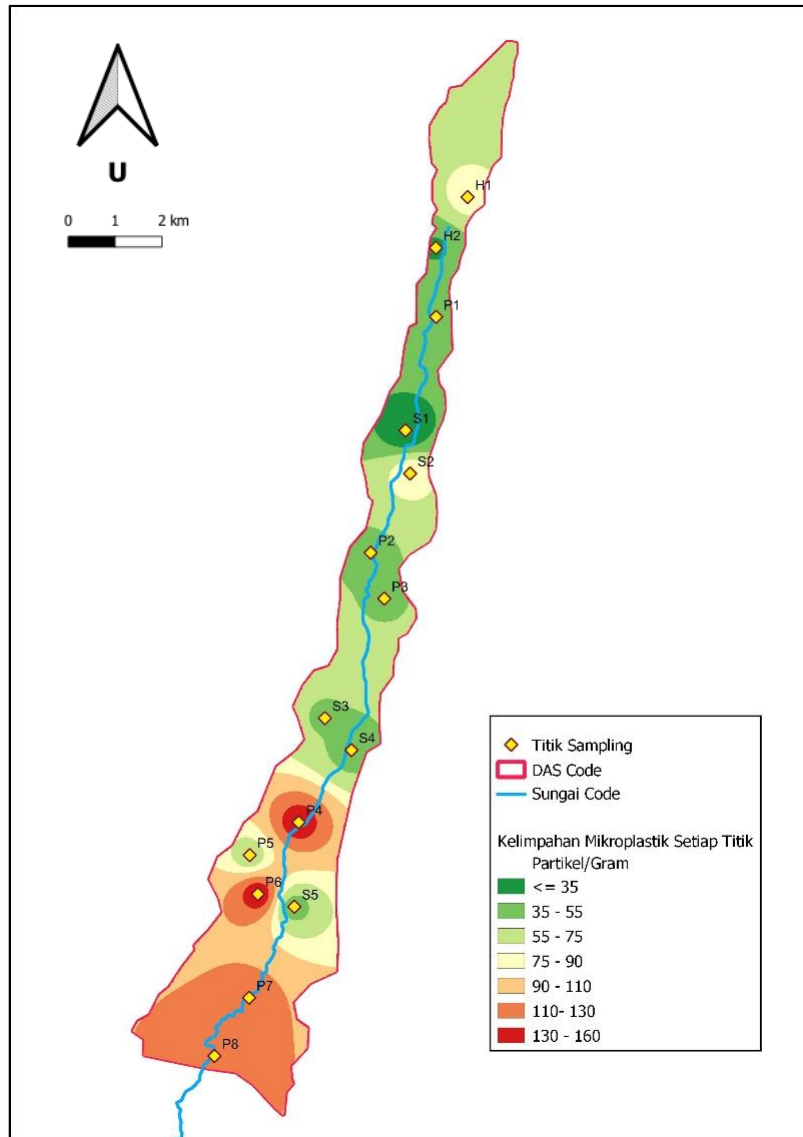
Berdasarkan Gambar 4.1, kelimpahan mikroplastik pada setiap titik sampling menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Kelimpahan tertinggi terdapat pada titik P6 sebesar 147,8 partikel/gram, diikuti P4 sebesar 145,3 partikel/gram dan P8 sebesar 126,3 partikel/gram, sedangkan terendah terdapat pada titik S1 sebesar 13,2 partikel/gram dan H2 sebesar 32,6 partikel/gram.

Dominasi mikroplastik pada area permukiman menunjukkan bahwa aktivitas manusia berperan penting dalam peningkatan akumulasi mikroplastik di tanah. Area permukiman memiliki lebih banyak sumber pencemar seperti limbah domestik, sampah plastik rumah tangga, dan aktivitas transportasi. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menyebutkan bahwa tanah di area urban cenderung memiliki konsentrasi mikroplastik lebih tinggi dibandingkan area pertanian atau alami akibat pengaruh aktivitas manusia (Ihenetu dkk., 2024). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik meningkat

seiring dengan kepadatan penduduk dan dominasi penggunaan lahan permukiman (Irawati dkk., 2025; Kunz dkk., 2023).

Tingginya jumlah partikel mikroplastik dapat menjadi indikasi adanya tekanan pencemaran akibat aktivitas manusia dan berpotensi memberikan dampak ekologis terhadap lingkungan. Rangel-Buitrago dkk. (2021) menyatakan bahwa tingkat pencemaran mikroplastik dapat diinterpretasikan menggunakan indeks seperti MPPI dan CMPI untuk menunjukkan tingkat keberadaan dan kontribusi mikroplastik pada suatu lingkungan. Selain itu, penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa distribusi mikroplastik tidak selalu berkorelasi dengan karakteristik fisik sedimen, melainkan lebih dipengaruhi oleh sumber pencemar dan aktivitas manusia di sekitar lokasi penelitian.

Distribusi kelimpahan mikroplastik dianalisis secara spasial untuk mengetahui pola sebaran mikroplastik pada seluruh wilayah penelitian. Analisis ini dilakukan untuk melihat variasi nilai kelimpahan pada setiap titik sampling dalam satuan partikel/gram serta pola distribusinya di sepanjang wilayah penelitian. Hasil pemetaan distribusi kelimpahan mikroplastik disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta Distribusi Kelimpahan Mikroplastik

Berdasarkan Gambar 4.2, distribusi kelimpahan mikroplastik menunjukkan pola sebaran yang tidak merata di sepanjang wilayah penelitian. Pada bagian hulu, nilai kelimpahan mikroplastik berada pada rentang ≤ 35 partikel/gram hingga 35–55 partikel/gram, serta sebagian area berada pada rentang 55–75 partikel/gram yang terlihat pada titik H1 dan H2. Pada bagian tengah wilayah penelitian, nilai kelimpahan mikroplastik berada pada rentang 55–75 partikel/gram hingga 75–90 partikel/gram, yang terlihat pada titik S1, S2, P2, dan P3. Sebaran pada area ini menunjukkan adanya peningkatan nilai kelimpahan dibandingkan bagian hulu. Sementara itu, pada bagian hilir ditemukan nilai kelimpahan mikroplastik tertinggi dengan rentang 130–160 partikel/gram pada titik P4 dan P6, serta

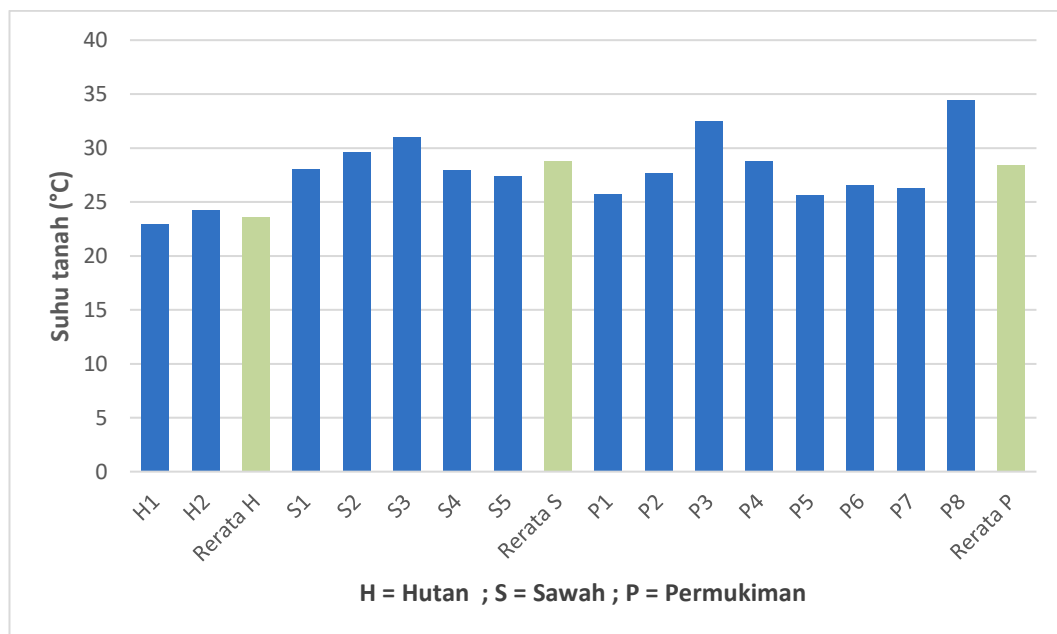
rentang 110–130 partikel/gram pada titik P7 dan P8. Secara umum, distribusi kelimpahan mikroplastik menunjukkan peningkatan nilai dari bagian hulu menuju hilir wilayah penelitian.

4.3 Hasil Pengujian pH Tanah, Suhu Tanah, dan Kadar Air Tanah

Pengujian parameter lingkungan tanah dalam penelitian ini meliputi suhu tanah, pH tanah, dan kadar air tanah. Ketiga parameter tersebut diamati untuk mengetahui kondisi fisik dan kimia tanah pada lokasi penelitian. Selain itu, parameter tersebut juga dapat memengaruhi keberadaan dan distribusi mikroplastik di lingkungan tanah. Pengukuran suhu dilakukan secara *in-situ* saat pengambilan sampel, sedangkan pengujian pH dan kadar air dilakukan secara *ex-situ* di laboratorium.

4.3.1 Suhu Tanah

Pengukuran suhu tanah dilakukan secara langsung di setiap titik sampling pada saat pengambilan sampel. Suhu tanah pada masing-masing titik dapat berbeda tergantung pada kondisi lingkungan di sekitarnya, seperti tutupan lahan, intensitas sinar matahari, dan kelembapan tanah. Hasil pengukuran suhu tanah pada seluruh titik sampling dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut

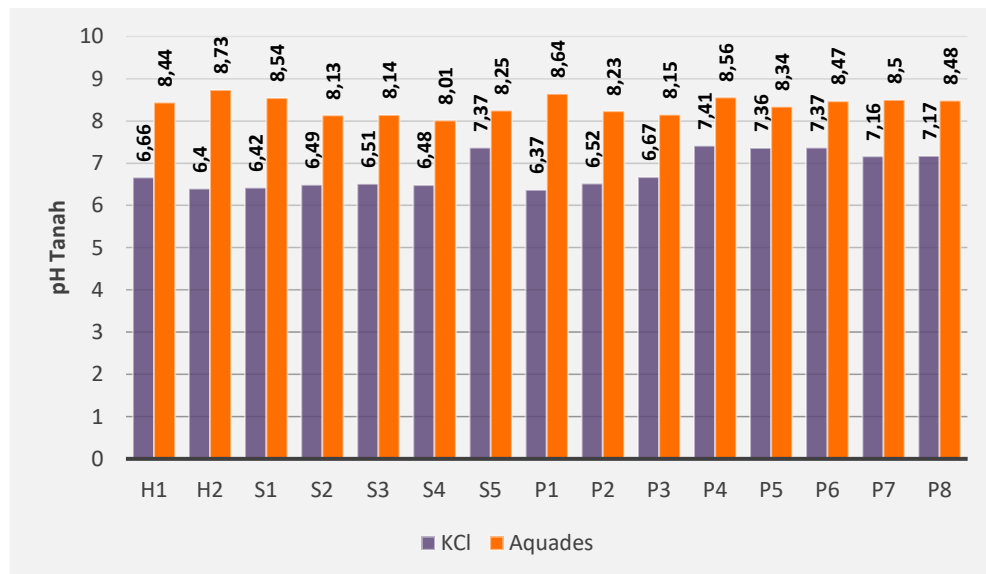


Gambar 4.3 Grafik Suhu Tanah

Berdasarkan Gambar 4.3, hasil pengukuran suhu tanah berkisar 22,9°C - 34,4 °C. Suhu tanah dapat memengaruhi proses degradasi plastik di lingkungan tanah. Suhu yang lebih tinggi, terutama pada area terbuka dengan paparan sinar matahari yang besar, dapat mempercepat pelapukan plastik melalui degradasi termal dan radiasi UV. Kondisi tersebut menyebabkan plastik lebih mudah retak, rapuh, dan terfragmentasi menjadi partikel mikroplastik berukuran lebih kecil. Penelitian menunjukkan bahwa sampel tanah yang terpapar suhu lebih tinggi memiliki jumlah mikroplastik yang lebih besar dibandingkan tanah pada kondisi normal (Abah dkk., 2024).

4.3.2 pH Tanah

Pengujian pH tanah dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan tanah pada setiap titik sampling. Perbedaan nilai pH dapat menunjukkan adanya variasi kondisi kimia tanah di lokasi penelitian. Hasil pengujian pH tanah pada seluruh titik sampling dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



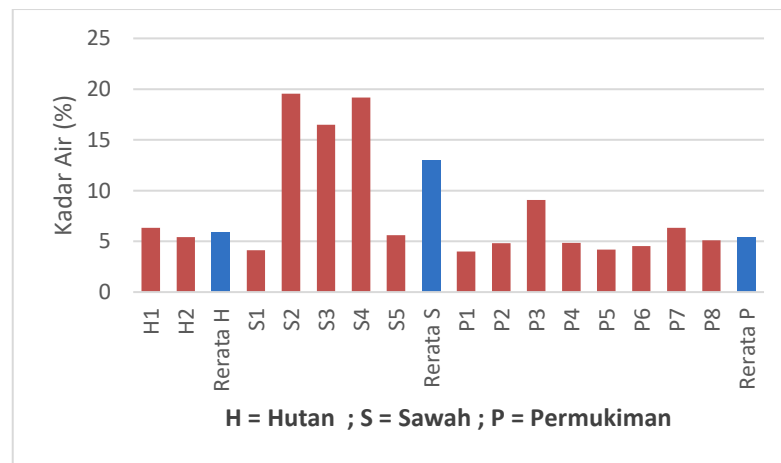
Gambar 4.4 Grafik pH Tanah

Berdasarkan Gambar 4.4 hasil pengukuran pH tanah pada setiap titik sampling, nilai pH menggunakan aquades (pH H₂O) berada pada kisaran basa yaitu sekitar 8,01–8,73, sedangkan pH menggunakan larutan KCl lebih rendah, yaitu berkisar antara 6,37–7,41 (netral hingga sedikit asam). Pola ini konsisten pada seluruh titik, di mana nilai pH KCl selalu lebih rendah dibandingkan pH

H₂O. Perbedaan ini menunjukkan bahwa metode pengukuran memberikan respon yang berbeda terhadap kondisi kimia tanah. Pengukuran pH dengan air hanya merepresentasikan ion H⁺ dalam larutan tanah, sedangkan penggunaan KCl mampu mengekstrak ion H⁺ dan Al³⁺ yang terjerap pada koloid tanah sehingga meningkatkan konsentrasi ion H⁺ dalam larutan (Eviati & Sulaeman, 2023).

4.3.3 Kadar Air

Nilai kadar air pada setiap titik dapat berbeda tergantung pada kondisi tanah dan lingkungan. Hasil pengujian kadar air tanah pada seluruh titik sampling dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Grafik Kadar Air

Berdasarkan Gambar 4.5, nilai kadar air tanah pada seluruh titik sampling menunjukkan variasi yang cukup berbeda. Kadar air terendah terdapat pada titik P1 sebesar 3,88%, sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada titik S2 sebesar 19,43%. Selain itu, titik S4 dan S3 juga memiliki kadar air yang cukup tinggi, yaitu masing-masing sebesar 19,10% dan 16,40%. Rata-rata kadar air pada area sawah sebesar 12,95%, lebih tinggi dibandingkan area hutan sebesar 5,72% dan area permukiman sebesar 5,18%. Tingginya kadar air pada area sawah menunjukkan bahwa kondisi tanah pada area tersebut cenderung lebih lembap dibandingkan area hutan dan permukiman.

Kadar air tanah dapat memengaruhi keberadaan mikroplastik di dalam tanah. Tanah dengan kadar air yang tinggi memungkinkan mikroplastik lebih mudah berpindah bersama aliran air ke lapisan tanah yang lebih dalam. Sebaliknya, pada tanah dengan kadar air yang rendah, mikroplastik cenderung

tertahan di permukaan tanah. Selain itu, kadar air yang tinggi juga dapat mendukung aktivitas mikroorganisme di dalam tanah yang berperan dalam proses degradasi plastik (de Souza Machado dkk., 2018).

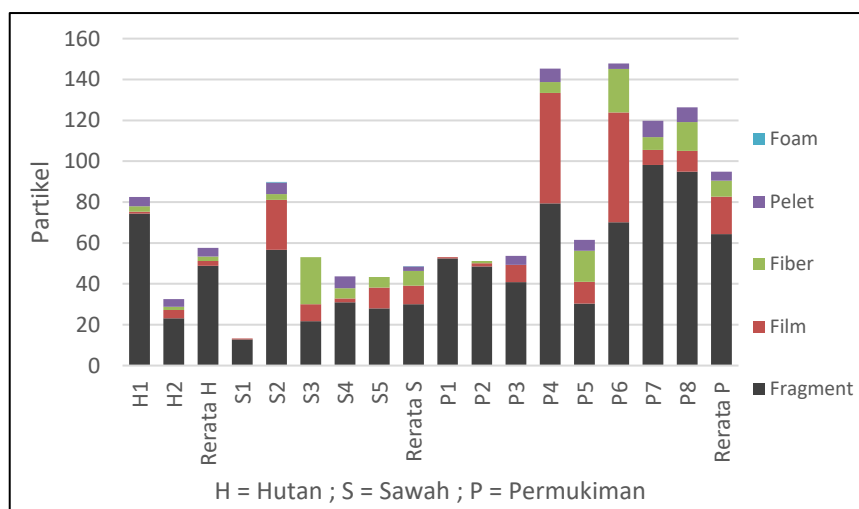
4.3.4 Hubungan Kelimpahan Mikroplastik dengan Hasil Pengujian Fisik & Kimia

Berdasarkan hasil penelitian, nilai kadar air, suhu, dan pH tanah bukan merupakan faktor utama yang menentukan kelimpahan mikroplastik. Hal tersebut ditunjukkan pada area sawah yang memiliki kelimpahan terendah, meskipun memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan area hutan dan permukiman. Kondisi ini mengindikasikan bahwa keberadaan sumber pencemar dan aktivitas antropogenik memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap distribusi mikroplastik dibandingkan karakteristik fisik tanah

4.4 Hasil Identifikasi dan Karakteristik Mikroplastik

4.4.1 Karakteristik berdasarkan Bentuk

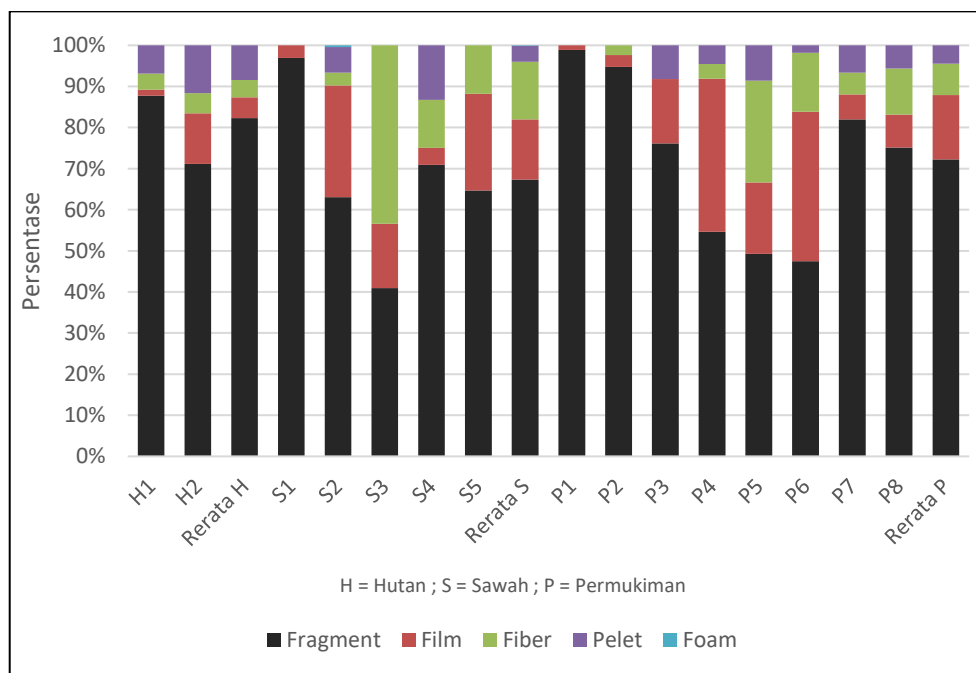
Karakteristik mikroplastik berdasarkan bentuk dianalisis untuk mengetahui jenis mikroplastik yang dominan pada setiap titik sampling. Bentuk mikroplastik yang ditemukan terdiri atas *fragment*, *film*, *fiber*, *pelet*, dan *foam*. Distribusi bentuk mikroplastik pada seluruh titik sampling disajikan pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Berdasarkan Gambar 4.6, bentuk mikroplastik yang paling dominan pada seluruh titik sampling adalah *fragment*. Nilai *fragment* merupakan nilai paling tinggi pada setiap lokasi, terutama pada area permukiman seperti P7 sebesar 98,20 partikel/gram, P8 sebesar 94,90 partikel/gram, dan P4 sebesar 79,40 partikel/gram, sedangkan pada area sawah dan hutan memiliki nilai yang rendah sebesar S1 sebesar 12,80 partikel/gram dan hutan sebesar 23,20 partikel/gram. Selain itu, bentuk *film* juga cukup dominan pada area permukiman, khususnya pada titik P4 sebesar 54,10 partikel/gram dan P6 sebesar 53,70 partikel/gram. Bentuk *fiber* ditemukan dalam jumlah lebih kecil, dengan nilai tertinggi pada S3 sebesar 23,00 partikel/gram dan P6 sebesar 21,20 partikel/gram. Sementara itu, bentuk pelet ditemukan dalam jumlah terbatas, dengan nilai berkisar antara 2,70–8,00 partikel/gram seperti pada P6 (2,70 partikel/gram), H1 (4,60 partikel/gram), dan P7 (8,00 partikel/gram). Adapun bentuk *foam* hanya muncul pada satu titik yaitu S2 sebesar 0,40 partikel/gram.

Untuk melihat proporsi masing-masing bentuk mikroplastik, data kemudian disajikan dalam bentuk persentase pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Persentase Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Berdasarkan Gambar 4.7, distribusi bentuk mikroplastik pada setiap titik sampling menunjukkan variasi komposisi yang cukup jelas. Secara umum, bentuk *fragment* mendominasi pada hampir seluruh titik, dengan persentase tertinggi

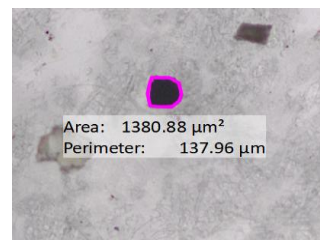
terdapat pada P1 sebesar 98,87%, diikuti P2 sebesar 94,73% dan S1 sebesar 96,97%. Nilai *fragment* juga relatif tinggi pada titik lain seperti P7 sebesar 81,97% dan H1 sebesar 71,17%. Namun, pada beberapa titik seperti S3 (40,94%), P6 (47,50%), dan P5 (49,25%), persentase *fragment* lebih rendah dibandingkan titik lainnya.

Dominasi bentuk *fragment* menunjukkan bahwa mikroplastik yang ditemukan sebagian besar merupakan hasil degradasi plastik berukuran lebih besar akibat proses fisik, kimia, dan biologis di lingkungan (Boucher & Friot, 2017; Prabhu dkk., 2022). Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa *fragment* merupakan bentuk mikroplastik yang paling umum ditemukan di tanah karena berasal dari pelapukan sampah plastik yang terpapar lingkungan dalam jangka waktu lama (Chia dkk., 2023). Penelitian lain menyatakan bahwa *fragment* merupakan bentuk mikroplastik yang paling dominan akibat proses degradasi plastik berukuran besar, sedangkan *fiber* umumnya berasal dari aktivitas domestik dan tekstil sintetis. Dengan demikian, variasi bentuk mikroplastik pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa sumber pencemar berasal dari kombinasi aktivitas domestik dan degradasi sampah plastik di lingkungan (de Souza Machado dkk., 2018; Chia dkk., 2023).

Bentuk mikroplastik yang diamati terdapat pada Gambar 4.8 berikut.



(a) *Fiber* biru



(b) *Fragment* hitam



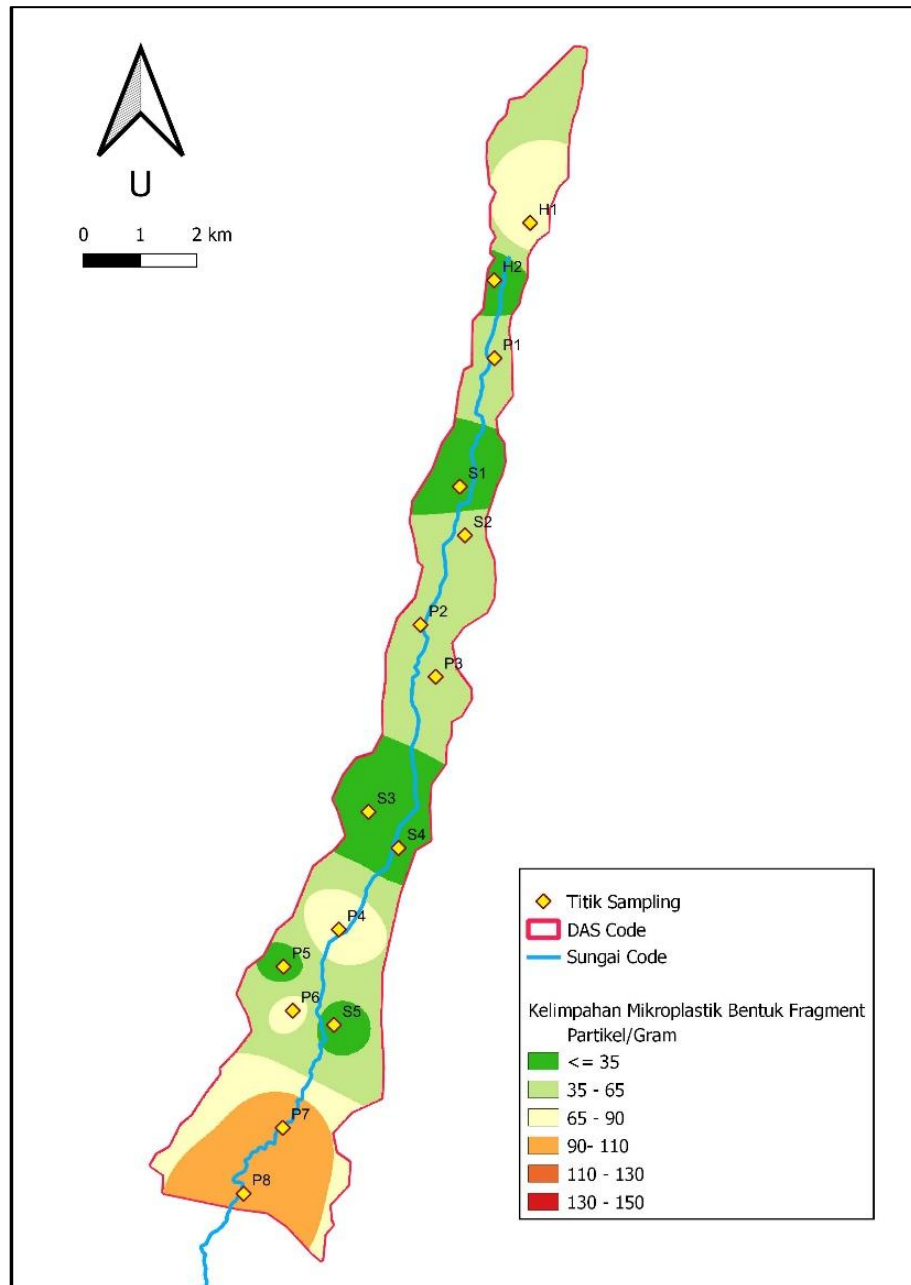
(c) *Pelet* hitam



(d) *Film* Kuning

Gambar 4.8 Bentuk Mikroplastik: (a)*Fiber*; (b)*Fragment*; (c)*Pelet*; (d)*Film*

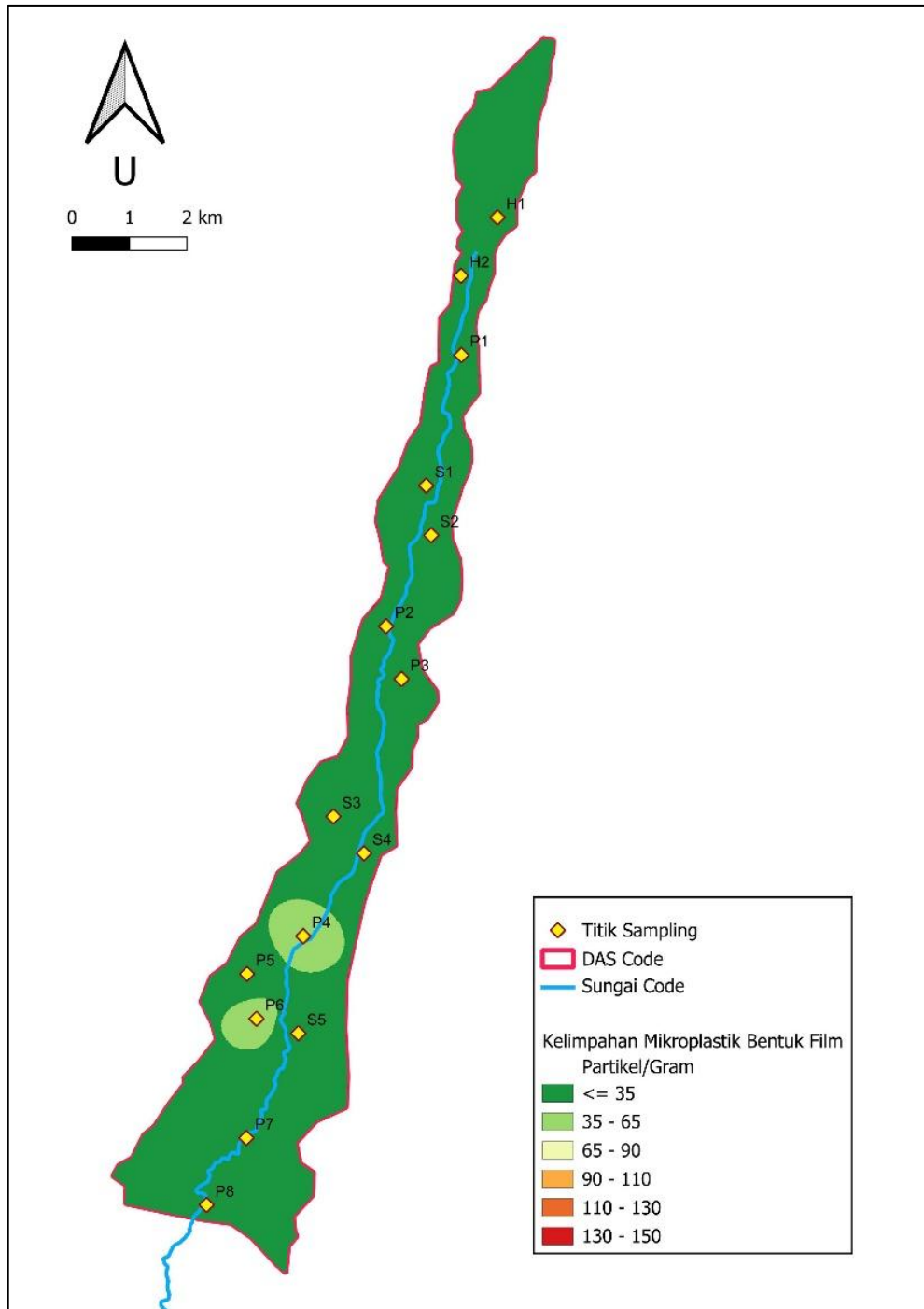
Distribusi kelimpahan mikroplastik berdasarkan bentuk *fragment* dianalisis untuk mengetahui sebaran spasial mikroplastik jenis *fragment* pada lokasi penelitian. Pemetaan ini dilakukan untuk melihat variasi kelimpahan *fragment* pada setiap titik sampling di sepanjang wilayah penelitian. Hasil distribusi kelimpahan mikroplastik bentuk *fragment* dalam satuan partikel/gram disajikan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Peta Distribusi Mikroplastik Bentuk *Fragment*

Berdasarkan Gambar 4.9, distribusi kelimpahan mikroplastik bentuk *fragment* menunjukkan pola sebaran yang tidak merata di sepanjang wilayah penelitian. Pada bagian hulu, nilai kelimpahan mikroplastik bentuk *fragment* berada pada rentang ≤ 35 partikel/gram hingga 35–65 partikel/gram, yang ditunjukkan pada titik H1 dan H2. Pada bagian tengah wilayah penelitian, nilai kelimpahan umumnya berada pada rentang 35–65 partikel/gram hingga 65–90 partikel/gram, yang terlihat pada titik S1, S2, P2, dan P3. Sementara itu, pada bagian hilir ditemukan nilai kelimpahan mikroplastik bentuk *fragment* yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya, yaitu berada pada rentang 90–110 partikel/gram hingga 130–150 partikel/gram. Rentang 90–110 partikel/gram terlihat pada titik P7 dan P8, sedangkan rentang 110–130 partikel/gram hingga 130–150 partikel/gram terlihat pada titik P4 dan P6. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, distribusi kelimpahan mikroplastik bentuk *fragment* menunjukkan peningkatan nilai dari bagian hulu menuju hilir wilayah penelitian.

Distribusi kelimpahan mikroplastik berdasarkan bentuk *film* juga dianalisis untuk mengetahui sebaran spasial mikroplastik jenis *film* pada lokasi penelitian. Hasil distribusi kelimpahan mikroplastik bentuk *film* dalam satuan partikel/gram disajikan pada Gambar 4.10.



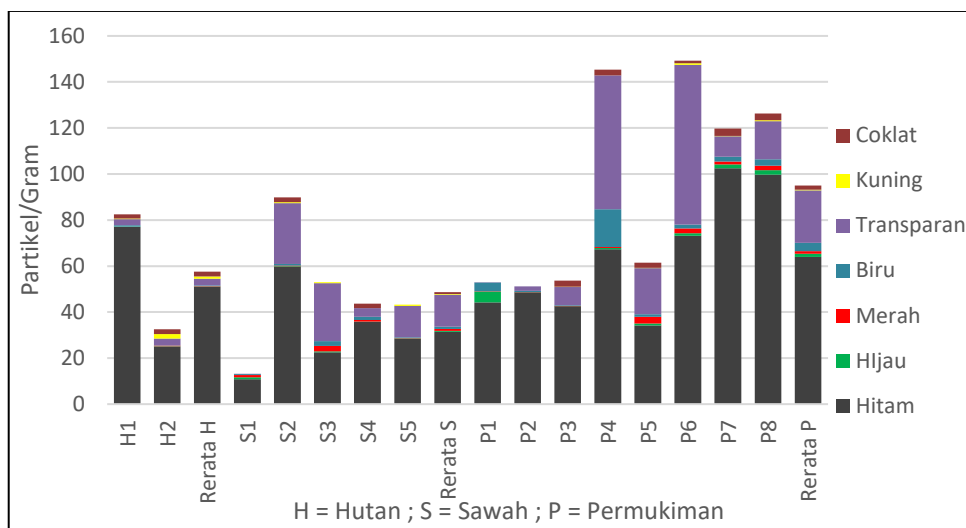
Gambar 4.10 Peta Distribusi Mikroplastik Bentuk *Film*

Berdasarkan Gambar 4.10, distribusi kelimpahan mikroplastik bentuk *film* menunjukkan pola sebaran yang relatif rendah di seluruh wilayah penelitian. Pada bagian hulu, nilai kelimpahan mikroplastik bentuk *film* berada pada rentang ≤ 35 partikel/gram yang ditunjukkan pada titik H1 dan H2. Pada bagian tengah wilayah penelitian, nilai kelimpahan umumnya masih berada pada rentang ≤ 35

partikel/gram hingga 35–65 partikel/gram, yang terlihat pada titik S1, S2, P2, dan P3. Sementara itu, pada bagian hilir ditemukan peningkatan nilai kelimpahan pada rentang 35–65 partikel/gram yang ditunjukkan pada titik P4 dan P6. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, distribusi kelimpahan mikroplastik bentuk *film* didominasi oleh rentang ≤ 35 partikel/gram di seluruh wilayah penelitian, dengan peningkatan nilai pada bagian hilir.

4.4.2 Karakteristik Berdasarkan Warna

Karakteristik mikroplastik berdasarkan warna diamati untuk mengetahui warna mikroplastik yang paling dominan pada setiap titik sampling. Warna mikroplastik yang ditemukan terdiri atas hitam, hijau, merah, biru, transparan, kuning, dan coklat. Perbedaan warna mikroplastik pada masing-masing titik dapat menunjukkan perbedaan sumber pencemar, dan jenis bahan plastik. Distribusi warna mikroplastik pada seluruh titik sampling dapat dilihat pada Gambar 4.11.

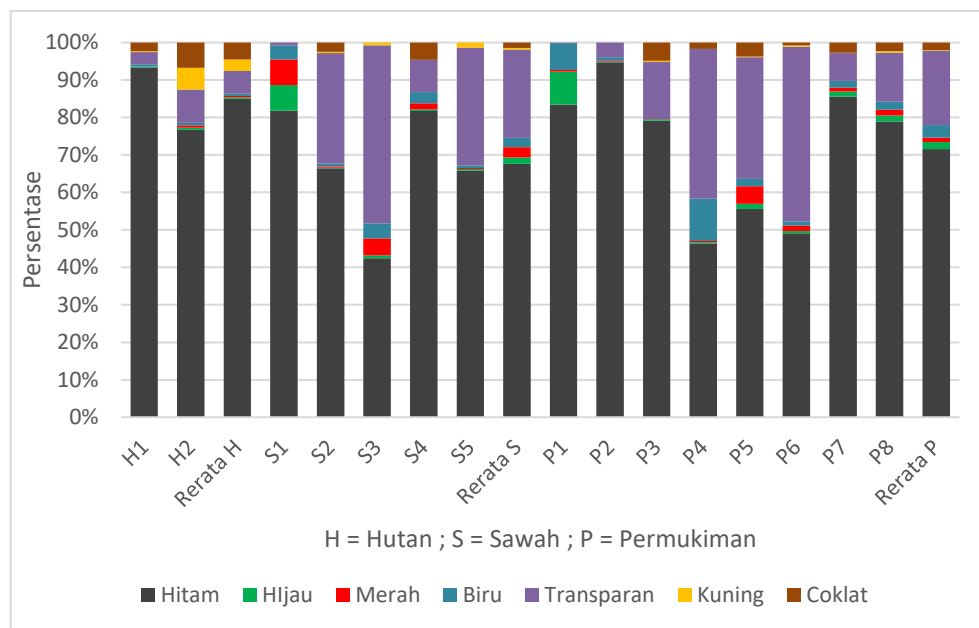


Gambar 4.11 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna

Berdasarkan Gambar 4.11, kelimpahan mikroplastik berdasarkan warna didominasi oleh warna hitam pada seluruh titik sampling. Nilai tertinggi terdapat pada titik P7 sebesar 102,50 partikel/gram, diikuti P8 sebesar 99,70 partikel/gram dan P6 sebesar 73,20 partikel/gram. Pada area hutan, nilai warna hitam tertinggi terdapat pada H1 sebesar 77,00 partikel/gram dan terendah pada H2 sebesar 25,00 partikel/gram. Selain itu, warna transparan juga menunjukkan nilai yang relatif tinggi, terutama pada P6 sebesar 69,50 partikel/gram dan P4 sebesar 58,10

partikel/gram. Warna lain seperti hijau, merah, biru, kuning, dan coklat memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan warna hitam. Nilai warna hijau berkisar antara 0,10–4,70 partikel/gram, warna merah antara 0,00–2,90 partikel/gram, dan warna biru antara 0,20–3,80 partikel/gram. Warna kuning berada pada kisaran 0,00–1,90 partikel/gram, sedangkan warna coklat berkisar antara 0,00–3,30 partikel/gram.

Untuk mengetahui warna mikroplastik yang paling dominan, jumlah masing-masing warna kemudian dihitung dan dipersentasekan terhadap total mikroplastik yang ditemukan. Hasil persentase mikroplastik berdasarkan warna disajikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Persentase Mikroplastik Berdasarkan Warna

Berdasarkan Gambar 4.12, warna mikroplastik yang paling dominan adalah warna hitam pada seluruh penggunaan lahan. Persentase warna hitam mencapai 85,01% pada rerata hutan, 67,64% pada rerata sawah, dan 71,59% pada rerata permukiman. Selain itu, warna transparan juga cukup dominan, terutama pada area sawah sebesar 23,58% dan permukiman sebesar 19,82%. Pada beberapa titik, seperti S3 sebesar 47,55% dan P6 sebesar 46,58%, warna transparan menunjukkan proporsi yang tinggi. Sementara itu, warna lain seperti hijau (0,43–1,82%), merah (0,31–2,70%), biru (0,61–3,36%), kuning (0,18–3,04%), dan coklat (1,40–4,53%) memiliki persentase yang lebih kecil.

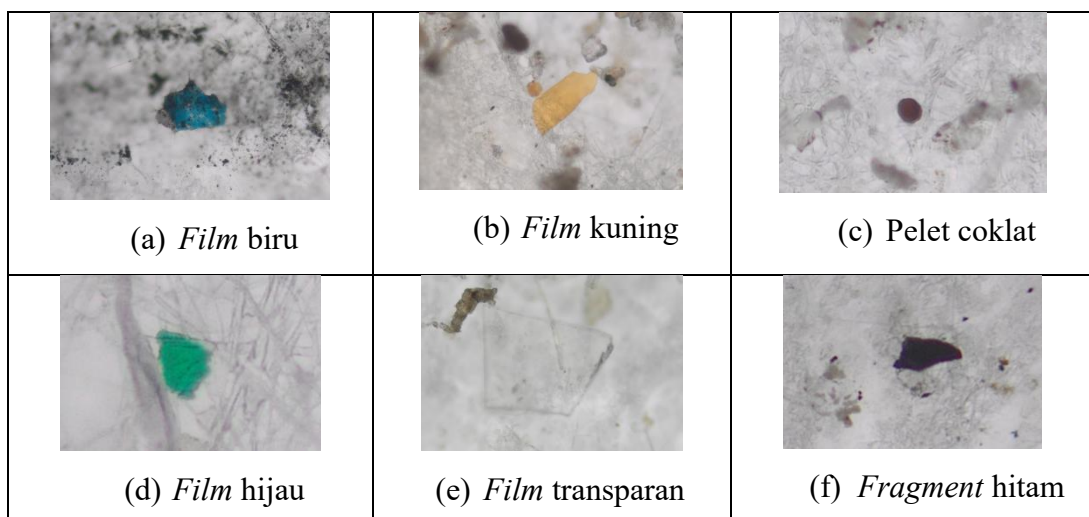
Dominasi warna hitam pada penelitian ini sejalan dengan penelitian yang

dilakukan oleh Septiansyah dkk. (2025) pada lahan sawah di sekitar TPAS Jalupang, Kabupaten Karawang, yang menyatakan bahwa mikroplastik berwarna hitam merupakan warna yang paling banyak ditemukan dengan persentase sebesar 42%. Dominasi warna hitam juga sejalan dengan penelitian oleh Pangestika (2024) di tanah TPA Piyungan Bantul, di mana warna hitam menjadi warna dominan dengan persentase sebesar 42%.

Mikroplastik berwarna hitam berkaitan dengan kemampuan partikel dalam menyerap berbagai kontaminan, sehingga menyebabkan warna partikel menjadi lebih gelap (Amelia dkk., 2025). Selain itu, warna mikroplastik juga dapat mencerminkan lamanya partikel berada di lingkungan, karena paparan sinar matahari, oksidasi, dan proses abrasi dapat menyebabkan perubahan warna plastik menjadi lebih gelap (Amelia dkk., 2025).

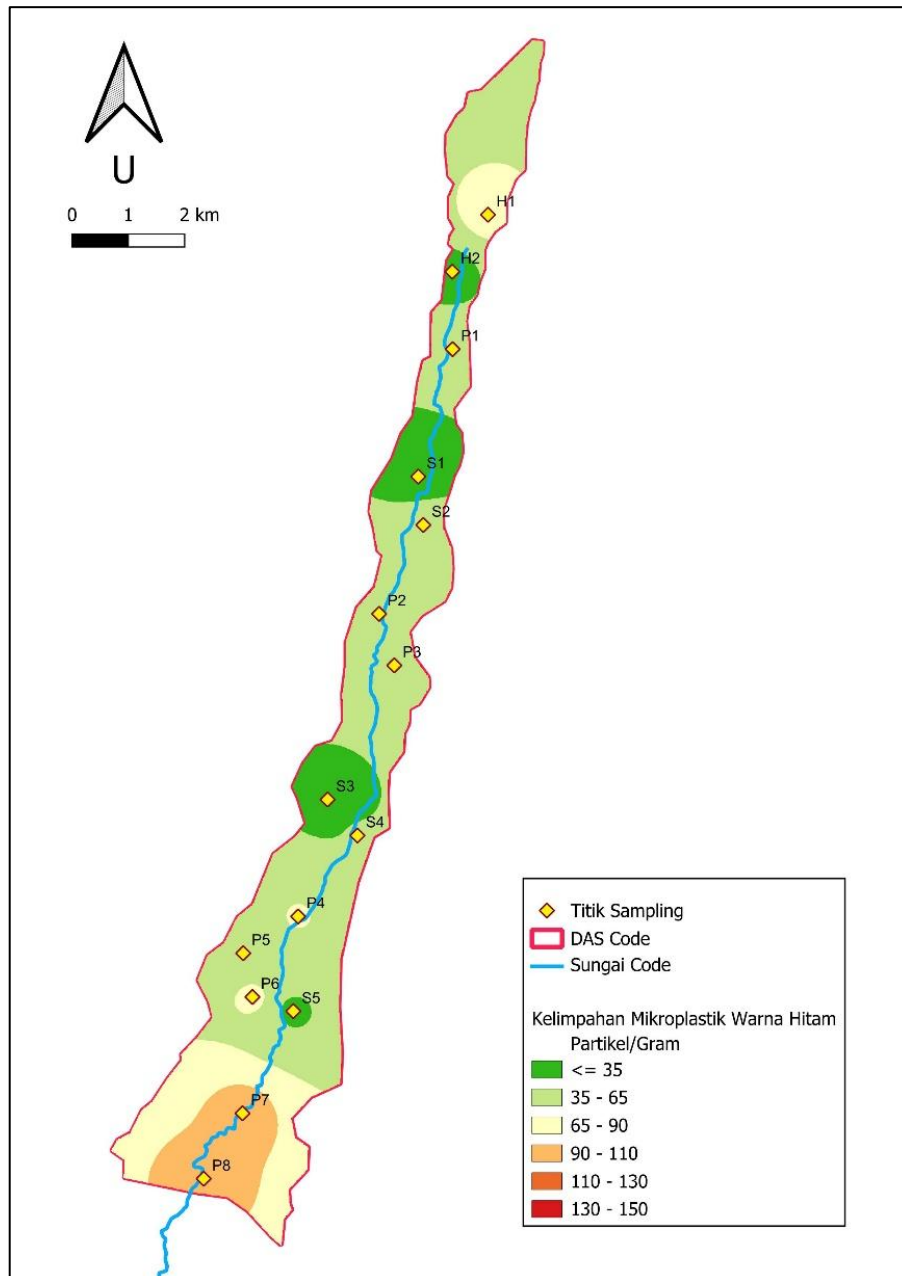
Penelitian lain menunjukkan bahwa mikroplastik berwarna hitam juga dapat berasal dari proses degradasi plastik berukuran lebih besar yang mengalami fragmentasi akibat proses fisik, kimia, dan biologis di lingkungan (Putri dkk., 2025). Dengan demikian, dominasi warna hitam pada penelitian ini menunjukkan bahwa mikroplastik yang ditemukan tidak hanya berasal dari sumber plastik awal, tetapi juga dipengaruhi oleh proses degradasi serta interaksi dengan kontaminan selama berada di lingkungan.

Warna mikroplastik dan jenisnya dapat di lihat pada gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Warna Mikroplastik: (a)Biru; (b)Kuning; (c)Coklat; (d)hijau; (e)Transparan; (f)Hitam.

Distribusi kelimpahan mikroplastik berdasarkan warna dianalisis untuk mengetahui sebaran spasial mikroplastik jenis *film* pada lokasi penelitian. Analisis ini dilakukan untuk melihat variasi nilai kelimpahan pada setiap titik sampling serta pola distribusinya di sepanjang wilayah penelitian. Hasil distribusi kelimpahan mikroplastik warna hitam dalam satuan partikel/gram disajikan pada Gambar 4.14.

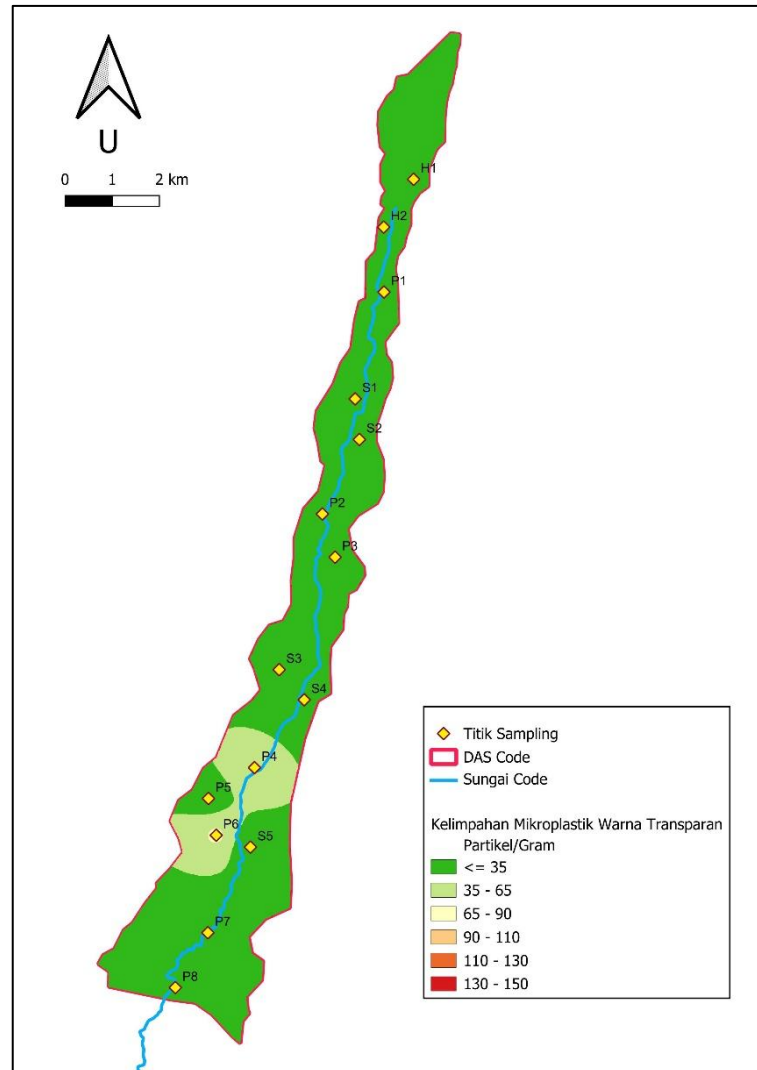


Gambar 4.14 Peta Distribusi Mikroplastik Berdasarkan Warna Hitam

Berdasarkan Gambar 4.14, distribusi kelimpahan mikroplastik warna

hitam menunjukkan pola sebaran yang tidak merata di sepanjang wilayah penelitian. Pada bagian hulu, titik H1 berada pada rentang 65–90 partikel/gram, sedangkan titik H2 berada pada rentang ≤ 35 partikel/gram. Pada bagian tengah wilayah penelitian, titik S1 dan S3 berada pada rentang ≤ 35 partikel/gram. Selanjutnya, titik S2, P1, P2, P3, S4, dan S5 berada pada rentang 35–65 partikel/gram, sedangkan titik P4 dan P6 berada pada rentang 65–90 partikel/gram. Sementara itu, pada bagian hilir, titik P5 berada pada rentang 65–90 partikel/gram, sedangkan titik P7 dan P8 berada pada rentang 90–110 partikel/gram hingga 110–130 partikel/gram. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, distribusi kelimpahan mikroplastik warna hitam menunjukkan peningkatan nilai dari bagian hulu menuju hilir wilayah penelitian, dengan dominasi nilai tertinggi berada pada bagian hilir.

Distribusi kelimpahan mikroplastik berdasarkan warna transparan dianalisis untuk mengetahui sebaran spasial mikroplastik berwarna transparan pada lokasi penelitian. Hasil distribusi kelimpahan mikroplastik warna transparan dalam satuan partikel/gram disajikan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Distribusi Mikroplastik Berdasarkan Warna Transparan

Berdasarkan Gambar 4.15, distribusi kelimpahan mikroplastik warna transparan menunjukkan pola sebaran yang tidak merata di sepanjang wilayah penelitian. Pada bagian hulu, titik H1, H2, dan P1 berada pada rentang ≤ 35 partikel/gram. Pada bagian tengah wilayah penelitian, titik S1, S2, P2, P3, S3, S4, S5, dan P5 berada pada rentang ≤ 35 partikel/gram. Selanjutnya, titik P4 berada pada rentang 35–65 partikel/gram, sedangkan titik P6 berada pada rentang 65–90 partikel/gram. Sementara itu, pada bagian hilir, titik P7 dan P8 berada pada rentang ≤ 35 partikel/gram. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, distribusi kelimpahan mikroplastik warna transparan didominasi oleh rentang ≤ 35 partikel/gram di sebagian besar wilayah penelitian, dengan peningkatan nilai pada beberapa titik di bagian tengah wilayah penelitian/

4.4.3 Ukuran Mikroplastik

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan mikroskop, mikroplastik yang ditemukan pada sampel tanah menunjukkan variasi ukuran yang cukup beragam. Partikel yang teramati kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa kategori ukuran untuk mempermudah analisis distribusi ukuran mikroplastik.

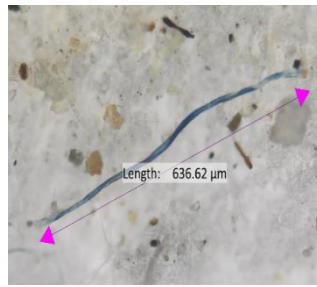
Tabel 4.2 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Jenis	Ukuran	Jumlah
<i>Fragment</i>	40 – 300 μm	5478
<i>Fragment</i>	<40 μm	2131
<i>Fiber</i>	40 – 300 μm	460
<i>Fiber</i>	300 μm – 1000 μm	511
<i>Fiber</i>	1000 μm – 5000 μm	51
<i>Film</i>	<40 μm	393
<i>Film</i>	40 – 300 μm	1571
Pelet	<40 μm	538
<i>Foam</i>	48 – 300 μm	4

Berdasarkan Tabel 4.2, ukuran mikroplastik didominasi oleh rentang 40–300 μm , terutama pada bentuk *fragment* dengan jumlah 5478 partikel. Selain itu, ukuran <40 μm juga didominasi oleh bentuk *fragment* dengan jumlah 2131 partikel. Sementara itu, ukuran yang lebih besar seperti 1000–5000 μm hanya ditemukan dalam jumlah yang sedikit, yaitu 51 partikel pada bentuk *fiber*.

Dominasi mikroplastik berukuran kecil pada penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar partikel telah mengalami proses fragmentasi dari plastik berukuran lebih besar. Hasil ini sejalan dengan penelitian Amelia dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa mikroplastik berukuran kecil lebih dominan ditemukan pada sampel lingkungan dibandingkan ukuran yang lebih besar. Ukuran yang lebih kecil mencerminkan tingkat pelapukan yang lebih lanjut, sekaligus meningkatkan potensi distribusi partikel di lingkungan karena lebih mudah terbawa oleh media seperti air dan tanah.

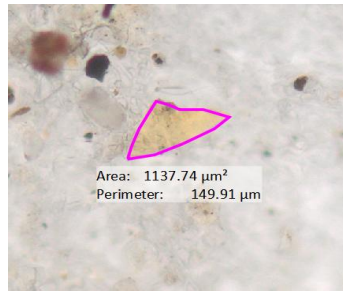
Contoh hasil pengukuran mikroplastik yang telah dilakukan terdapat pada Gambar 4.16 berikut.



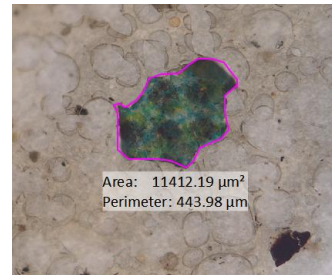
(a) *Fiber biru*



(b) *Pelet Hitam*



(c) *Film kuning*



(d) *Film hijau*

Gambar 4.16 Ukuran Mikroplastik

4.4.4 Analisis *Coefficient of Microplastic Impact* (CMPI)

Coefficient of Microplastic Impact (CMPI) digunakan untuk mengetahui proporsi masing-masing karakteristik mikroplastik terhadap total mikroplastik yang telah dikoreksi. Perhitungan CMPI dilakukan menggunakan data yang telah dikoreksi dengan blanko lapangan dan blanko laboratorium, sehingga hasil yang diperoleh lebih merepresentasikan kondisi sebenarnya di lingkungan. Tabel nilai CMPI berdasarkan bentuk dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Nilai CMPI Berdasarkan Bentuk

Bentuk	Jumlah	Jumlah total MPs	CMPI	Kategori
<i>Fragment</i>	7609	11137	0,6832	<i>Maximum</i>
<i>Film</i>	1964		0,1763	<i>Average</i>
<i>Fiber</i>	1022		0,0918	<i>Minimum</i>
<i>Pelet</i>	538		0,0483	<i>Minimum</i>
<i>Foam</i>	4		0,0004	<i>Minimum</i>

Berdasarkan Tabel 4.3, nilai CMPI menunjukkan adanya perbedaan kontribusi yang cukup signifikan antar bentuk mikroplastik. Bentuk *fragment* memiliki nilai CMPI tertinggi sebesar 0,6832 dan termasuk dalam kategori

maksimum, dengan jumlah partikel sebanyak 7609 dari total 11137 mikroplastik yang teridentifikasi. Nilai ini menunjukkan bahwa *fragment* merupakan bentuk mikroplastik yang paling dominan dan memberikan kontribusi terbesar terhadap total mikroplastik di lokasi penelitian.

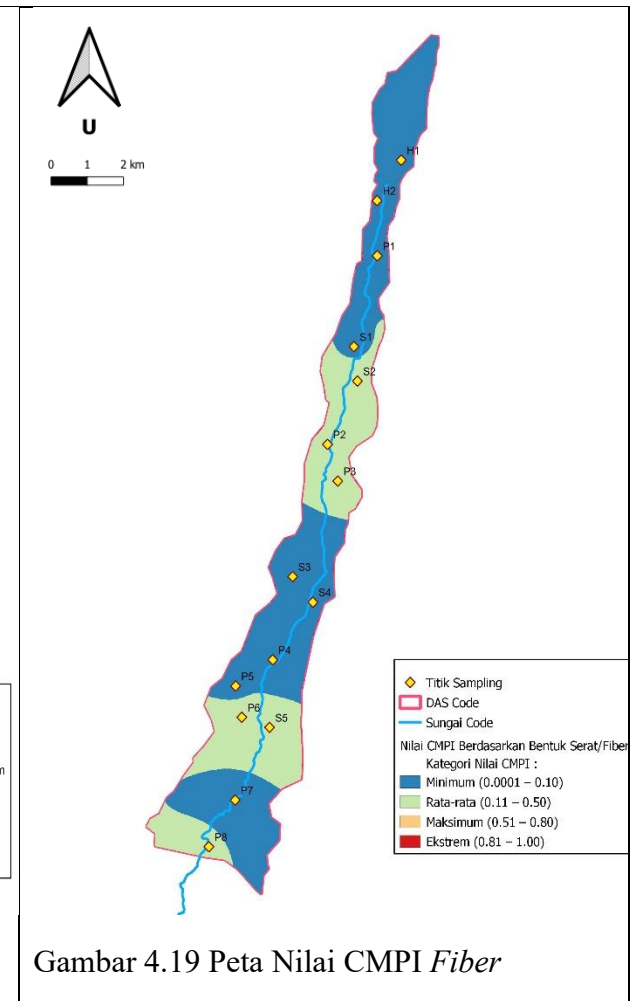
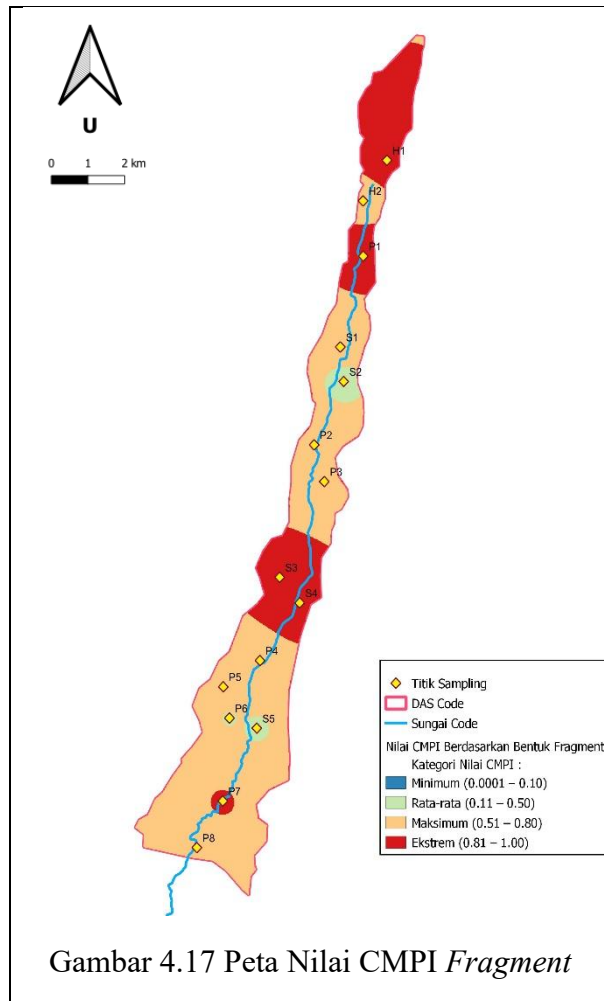
Sementara itu, bentuk *film* memiliki nilai CMPI sebesar 0,1763 dan termasuk dalam kategori *average*, dengan jumlah partikel sebanyak 1964. Meskipun kontribusinya lebih rendah dibandingkan *fragment*, keberadaan *film* masih cukup signifikan dibandingkan bentuk lainnya. Bentuk *fiber*, pelet, dan *foam* memiliki nilai CMPI yang relatif kecil dan termasuk dalam kategori minimum. Nilai CMPI masing-masing sebesar 0,0918 (1022 partikel), 0,0483 (538 partikel), dan 0,0004 (4 partikel).

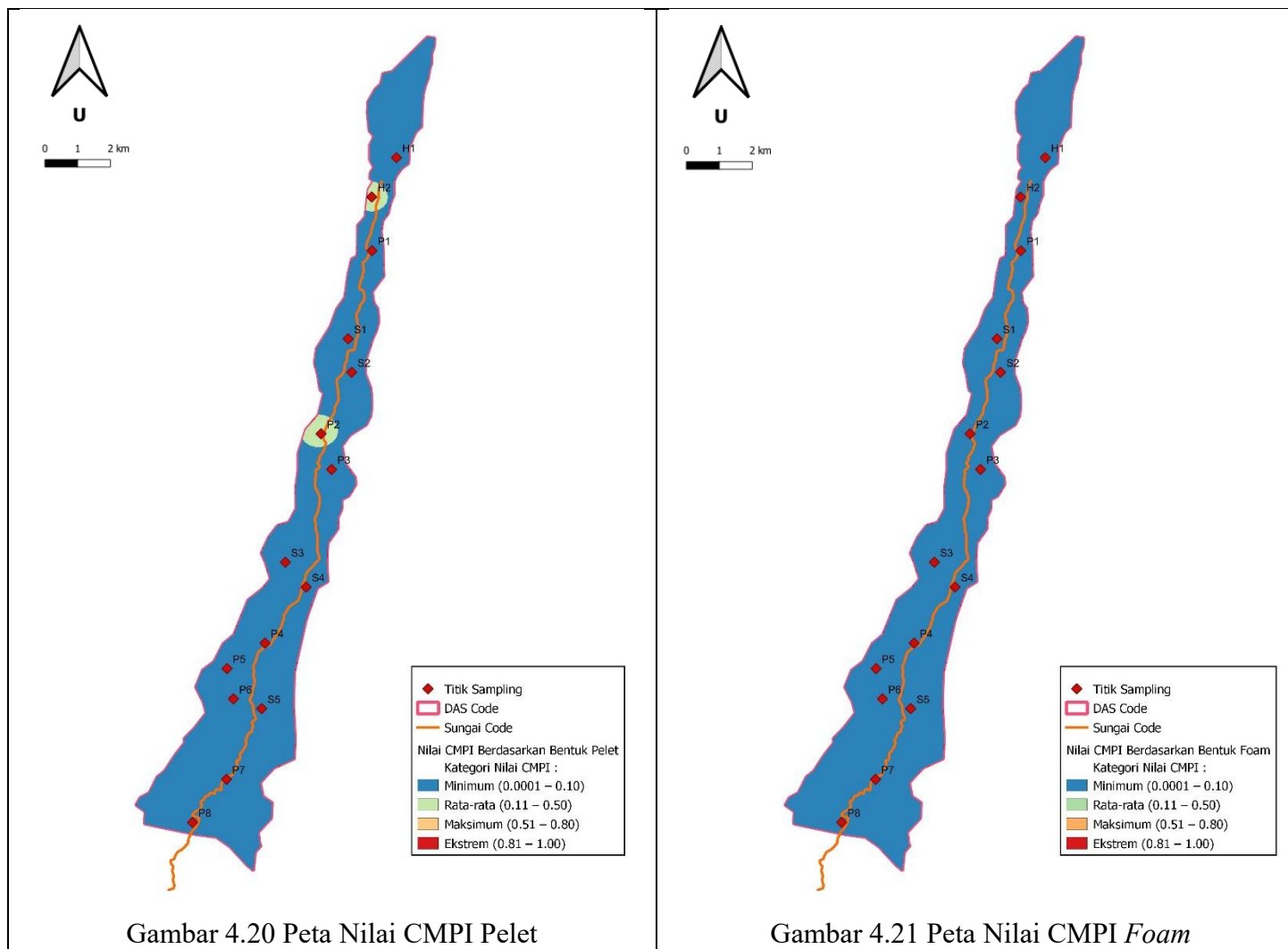
Berdasarkan nilai CMPI yang diperoleh, pengelolaan pencemaran mikroplastik dapat diarahkan pada pengendalian sumber pencemar yang dominan. Tingginya nilai CMPI pada bentuk *fragment* menunjukkan perlunya pengurangan sampah plastik domestik dan peningkatan pengelolaan sampah padat untuk mencegah terjadinya fragmentasi plastik di lingkungan. Selain itu, keberadaan mikroplastik berbentuk *film* mengindikasikan perlunya pengurangan penggunaan plastik sekali pakai seperti kantong plastik dan kemasan tipis. Ben-Haddad dkk. (2022) menyatakan bahwa pencemaran mikroplastik memerlukan penerapan strategi pengelolaan, peningkatan kesadaran masyarakat, serta pendekatan terpadu darat–laut untuk mengidentifikasi sumber, jalur distribusi, dan titik akumulasi mikroplastik di lingkungan.

4.4.5 Pemetaan CMPI Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Untuk melihat distribusi tingkat pencemaran mikroplastik berdasarkan nilai *Coefficient of Microplastic Impact* (CMPI), data yang telah diperoleh kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta sebaran. Pemetaan ini terdiri dari lima peta yang merepresentasikan nilai CMPI berdasarkan masing-masing bentuk mikroplastik, yaitu *fragment*, *film*, *fiber*, pelet, dan *foam*. Nilai CMPI yang ditampilkan pada peta merupakan nilai pada setiap titik sampling yang telah ditentukan, yaitu sebanyak 15 titik, sehingga mencerminkan variasi spasial tingkat pencemaran mikroplastik di lokasi penelitian. Nilai ini berbeda dengan nilai CMPI

total yang disajikan pada tabel sebelumnya, yang merupakan hasil akumulasi seluruh data. Dengan demikian, peta CMPI digunakan untuk melihat distribusi spasial tingkat pencemaran, sedangkan tabel CMPI digunakan untuk melihat kontribusi secara keseluruhan. Klasifikasi nilai CMPI pada peta dibagi ke dalam beberapa kategori, yaitu minimum (0,0001–0,1), rata-rata (0,11–0,5), maksimum (0,51–0,8), dan ekstrem (0,81–1), guna mempermudah interpretasi tingkat dampak mikroplastik pada setiap lokasi.





Berdasarkan peta distribusi nilai CMPI, bentuk *fragment* menunjukkan tingkat dampak pencemaran tertinggi dibandingkan bentuk mikroplastik lainnya. Pada bagian hulu (H1–H2), nilai CMPI *fragment* mencapai 1,00 yang termasuk kategori ekstrem pada kedua titik. Memasuki bagian tengah (S1–P3), nilai CMPI berkisar antara 0,41–0,99 dengan dominasi kategori maksimum hingga ekstrem. Sementara itu, pada bagian hilir (P4–P8), nilai CMPI berada pada rentang 0,47–0,82 yang sebagian besar termasuk kategori maksimum dan beberapa titik tergolong ekstrem. Tingginya nilai tersebut menunjukkan bahwa bentuk *fragment* menjadi tipe mikroplastik yang paling dominan memberikan tekanan pencemaran di wilayah penelitian.

Bentuk *film* dan *fiber* berada pada kategori minimum hingga rata-rata. Nilai CMPI *film* berkisar antara 0,013–0,372, sedangkan *fiber* berada pada rentang 0–0,434. Sebagian besar titik pengamatan pada kedua bentuk tersebut didominasi kategori minimum hingga rata-rata, baik pada bagian hulu, tengah, maupun hilir. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan *film* dan *fiber* relatif lebih rendah dibandingkan *fragment*, meskipun masih ditemukan secara merata di seluruh wilayah penelitian.

Sementara itu, bentuk pelet dan *foam* menunjukkan tingkat dampak paling rendah. Nilai CMPI pelet berada pada rentang 0–0,164 dengan dominasi kategori minimum pada hampir seluruh titik pengamatan. Adapun bentuk *foam* memiliki nilai CMPI sangat rendah, yaitu 0–0,00445 dan didominasi kategori minimum di seluruh wilayah penelitian. Rendahnya nilai CMPI pelet dan *foam* mengindikasikan bahwa kedua bentuk tersebut bukan merupakan jenis mikroplastik dominan di lokasi penelitian.

Secara keseluruhan, distribusi nilai CMPI menunjukkan bahwa mikroplastik bentuk *fragment* merupakan tipe yang paling dominan dan memberikan dampak pencemaran tertinggi dibandingkan bentuk lainnya. Sementara itu, bentuk *film* dan *fiber* cenderung berada pada kategori minimum hingga rata-rata, sedangkan pelet dan *foam* menunjukkan tingkat dampak yang rendah. Pola tersebut mengindikasikan bahwa sumber pencemaran mikroplastik di wilayah penelitian lebih didominasi oleh degradasi sampah plastik sekunder dibandingkan masuknya mikroplastik primer secara langsung. Menurut Zhang

(2017), mikroplastik sekunder terbentuk melalui proses fragmentasi sampah plastik berukuran besar akibat paparan radiasi UV, abrasi mekanik, dan pelapukan di lingkungan.

4.4.6 Identifikasi Polimer Mikroplastik Menggunakan FTIR

Identifikasi jenis polimer mikroplastik pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Metode ini digunakan untuk menentukan jenis material berdasarkan gugus fungsi yang ditunjukkan oleh puncak serapan pada spektrum inframerah. Setiap jenis polimer memiliki karakteristik spektrum yang berbeda, sehingga dapat digunakan untuk membedakan antara material plastik dan non-plastik.

Hasil analisis FTIR pada sampel mikroplastik ditampilkan dalam bentuk spektrum pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil analisis FTIR dan Gugus Fungsi Mikroplastik

Sampel	Score	Interpretasi Polimer	Gugus Fungsi Yang Teridentifikasi	Rentang
S1	632	Polyamide (Nylon)	N-H stretching	3300–3400 cm^{-1}
			C=O (amide I)	1627 cm^{-1} (1600–1700)
			N-H bending (amide II)	1540 cm^{-1} (1500–1600)
			C-N stretching	1200–1300 cm^{-1}
S2	602	Polyethylene Terephthalate (PET)	C=O (ester)	1701 cm^{-1} (1710–1730)
			C-O stretching	1076–1018 cm^{-1} (1100–1250)
			Aromatic C-H	800–900 cm^{-1}
P4	851	Polyester (PET dominan)	C=O (ester)	1712 cm^{-1} (1710–1730)
			C-O stretching	1242; 1095; 1018 cm^{-1} (1100–1250)
			Aromatic C-H	871; 721 cm^{-1} (700–900)
P5	854	Polyester (PET dominan)	C=O (ester)	1712 cm^{-1} (1710–1730)
			C-O stretching	1246; 1095; 1018 cm^{-1} (1100–1250)
			Aromatic C-H	721 cm^{-1} (700–900)
P8	832	Polyester (PET dominan)	C=O (ester)	1712 cm^{-1} (1710–1730)
			C-O stretching	1246; 1091; 1014 cm^{-1} (1100–1250)
			Aromatic C-H	867; 790; 717 cm^{-1} (700–900)

Berdasarkan hasil analisis FTIR yang ditampilkan pada Tabel 4.4, Nilai *score* pada hasil identifikasi FTIR menunjukkan tingkat kesesuaian antara spektrum sampel dengan spektrum referensi yang terdapat pada *library* FTIR. Semakin tinggi nilai *score*, maka semakin tinggi tingkat kemiripan spektrum

sampel terhadap polimer referensi sehingga hasil identifikasi dianggap semakin valid. Sebaliknya, nilai *score* yang lebih rendah menunjukkan tingkat kecocokan yang lebih kecil, namun masih dapat digunakan sebagai dasar identifikasi apabila gugus fungsi utama yang terdeteksi sesuai dengan karakteristik polimer referensi. Pada penelitian ini, nilai *score* berkisar antara 602–854 yang menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki tingkat kecocokan yang cukup baik hingga sangat baik terhadap polimer yang teridentifikasi.

Pada sampel S1, terlihat adanya puncak pada rentang 3300–3400 cm^{-1} yang menunjukkan gugus N–H *stretching*. Selain itu, terdapat puncak pada 1627 cm^{-1} dan 1540 cm^{-1} yang masing-masing mengindikasikan gugus C=O (*amide I*) dan N–H *bending* (*amide II*), serta puncak pada rentang 1200–1300 cm^{-1} yang berkaitan dengan C–N *stretching*. Berdasarkan tabel interpretasi FTIR oleh LibreTexts (2024), rentang serapan tersebut merupakan karakteristik umum dari *polimer polyamide (nylon)*, sehingga sampel S1 dapat diidentifikasi sebagai mikroplastik jenis *nylon*.

Pada sampel S2, terdapat puncak pada 1701 cm^{-1} yang menunjukkan keberadaan gugus karbonil C=O ester. Selain itu, puncak pada rentang 1076–1018 cm^{-1} menunjukkan adanya C–O *stretching*, sedangkan puncak pada rentang 800–900 cm^{-1} mengindikasikan keberadaan struktur aromatik. Berdasarkan tabel interpretasi FTIR oleh LibreTexts (2024), kombinasi gugus fungsi tersebut merupakan karakteristik umum dari polimer polyethylene terephthalate (PET), sehingga sampel S2 diidentifikasi sebagai PET.

Sementara itu, sampel P4, P5, dan P8 menunjukkan pola spektrum yang hampir sama. Ketiganya memiliki puncak utama di sekitar 1712 cm^{-1} yang merupakan gugus C=O ester, serta puncak pada rentang sekitar 1246–1014 cm^{-1} yang menunjukkan C–O *stretching*. Selain itu, terdapat puncak pada rentang 717–871 cm^{-1} yang merupakan ciri dari struktur aromatik. Berdasarkan tabel interpretasi FTIR oleh LibreTexts (2024), pola spektrum tersebut menunjukkan bahwa ketiga sampel didominasi oleh polimer polyester, khususnya polyethylene terephthalate (PET).

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa mikroplastik yang ditemukan didominasi oleh PET, dengan tambahan *nylon* pada kode sampel S1.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menyimpulkan berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan:

1. Mikroplastik terdeteksi pada 15 titik sampling di tanah sekitar Sungai Code segmen Kabupaten Sleman dengan total 11.168 partikel, yang menunjukkan bahwa pencemaran mikroplastik telah terdistribusi secara menyeluruh dan tidak terlokalisasi pada titik tertentu.
2. Pola distribusi mikroplastik menunjukkan keterkaitan yang jelas dengan tata guna lahan. Area permukiman memiliki kelimpahan tertinggi sebanyak 76,35 partikel/gram, dibandingkan sawah sebanyak 48,62 partikel/gram dan hutan sebanyak 57,55 partikel/gram, yang menegaskan bahwa aktivitas domestik dan kepadatan penduduk menjadi faktor dominan dalam peningkatan mikroplastik di lingkungan daratan.
3. Karakteristik mikroplastik yang didominasi oleh *fragment* (68,32%) dan warna hitam (69%) serta ukuran 40–300 μm menunjukkan bahwa mikroplastik yang ditemukan bukan berasal dari sumber primer, melainkan hasil degradasi lanjutan plastik makro. Hal ini diperkuat oleh nilai CMPI yang menempatkan *fragment* (0,683) dan warna hitam (0,689) dalam kategori maksimum.
4. Berdasarkan kelimpahan, distribusi spasial, serta karakteristik mikroplastik, pencemaran mikroplastik di DAS Code segmen Kabupaten Sleman dapat diidentifikasi sebagai pencemar yang berasal dari sumber non-titik (*non-point source*). Hal ini ditunjukkan oleh pola sebaran yang tidak merata, keterkaitan dengan penggunaan lahan, serta karakteristik mikroplastik yang mencerminkan proses transportasi dan degradasi melalui limpasan permukaan (*runoff*).

5.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan:

1. Perlu dilakukan pengambilan sampel dengan mempertimbangkan cuaca dan musim, untuk mengetahui pengaruh limpasan permukaan (runoff) terhadap distribusi mikroplastik.
2. Disarankan untuk memperbanyak jumlah titik sampling berdasarkan tata guna lahan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
3. Diperlukan ketelitian dan pemahaman yang baik ketika melakukan preparasi dan analisis sampel, sehingga dapat mengurangi faktor kesalahan dalam melakukan identifikasi mikroplastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abah, M. A., Olawale, O., Timothy, M., Timothy, N. C., Oyibo, O. N., Okpanachi, V., dkk. (2024). Effect of temperature on microplastic degradation in soil environment. *Asian Journal of Science, Technology, Engineering and Art*, 2(5), 677-691.
- Amelia, O. E., Suprayogi, D., & Nengse, S. (2025). Identifikasi jenis, warna, dan ukuran mikroplastik pada air dan sedimen di Sungai Buntung, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 17(1), 1–14.
- Ardiansyah, R. (2021). *Pemodelan daerah kekeruhan dan kelimpahan mikroplastik pada sedimen melayang di Sungai Krueng Aceh*.
- Asyanda, A. F. H. (2024). *Analisis kelimpahan mikroplastik pada air tanah di sekitar Daerah Aliran Sungai Code Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Ayuningtyas, D. A. P. (2024). *Analisis kandungan mikroplastik dan logam berat (Pb & Cu) di lahan pertanian sepanjang Sungai Code Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Azzuhra, H. I. (2022). *Pemodelan kualitas air permukaan sungai pada parameter TSS dan COD menggunakan software QUAL2Kw (studi kasus Sungai Winongo, Yogyakarta)*.
- Balai Penelitian Tanah. (2009). *Petunjuk teknis analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. <https://repository.pertanian.go.id>
- Ben-Haddad, M., Bouzid, S., Bouchouata, O., & Chafik, A. (2022). Microplastics pollution in sediments of Moroccan urban beaches: The Taghazout Coast as a case study. *Environmental Advances*, 9, 100242. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100242>
- Brus, D. J., & de Gruijter, J. J. (2013). Sampling designs for spatial prediction of environmental variables. *Geoderma*, 185–186, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.07.021>

- Damanik, D. A., Widada, S., & Widiaratih, R. (2024). Analisis konsentrasi dan sebaran mikroplastik di muara Sungai Bedahan, Wonokerto, Kabupaten Pekalongan. *Indonesian Journal of Oceanography*.
- de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental Science and Technology*, 52(17), 9656-9665.
- Deswati, Wisna, N. D., Zein, R., Tetra, O. N., Suparno, S., Pardi, H., & Suteja, Y. (2023). Preliminary study on microplastic pollution in water and sediment at the beaches of Pariaman City, West Sumatra, Indonesia. *AACL Bioflux*, 16(1), 381–397.
- Ghaisani, A. N. (2024). *Analisis kandungan mikroplastik pada sumber pencemar titik (point sources) di air Sungai Code*. Universitas Islam Indonesia.
- Grbić, J., Helm, P. A., Athey, S., & Rochman, C. M. (2020). Microplastics entering North American freshwater systems are derived from wastewater and stormwater. *Environmental Science & Technology*, 54(7), 3679–3687. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07195>
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2019). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
- Hengl, T., et al. (2017). Soil mapping and spatial sampling strategies: Understanding spatial heterogeneity for environmental assessment. *Geoderma*, 279, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.10.028>
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586, 127–141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- Hurley, R. R., Woodward, J. C., & Rothwell, J. J. (2018). Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide

- flooding. *Nature Geoscience*, 11(4), 251–257.
<https://doi.org/10.1038/s41561-018-0080-1>
- Ihenetu, S. C., Li, G., Mo, Y., & Jacques, K. J. (2024). Impacts of microplastics and urbanization on soil health: An urgent concern for sustainable development. *Green Analytical Chemistry*, 100095.
- International Atomic Energy Agency. (2004). *Soil sampling for environmental contaminants* (IAEA-TECDOC-1415). IAEA.
<https://www.iaea.org/publications/7113/soil-sampling-for-environmental-contaminants>
- LibreTexts. (2024). *Infrared spectroscopy absorption table*. Chemistry LibreTexts.
https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Reference/Reference_Tables/Spectroscopic_Reference_Tables/Infrared_Spectroscopy_Absorption_Table
- Li, J., Liu, H., Chen, J. P., & Yang, Y. (2023). Impacts of microplastics on soil microbial communities and ecosystem functions: A review. *New Contaminants*, 19, 100236.
- Marwadini, L. A. (2023). *Analisis kandungan mikroplastik dan logam berat (Cd, Cr) di lahan pertanian sepanjang Sungai Code Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Medyńska-Juraszek, A., Jandziś, U., & Kucharczak, E. (2022). Influence of different microplastic forms on pH and mobility of Cu and Pb in soil. *Molecules*, 27(6), 1744.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024). *Nonpoint source pollution*. National Ocean Service.
- Pangestika, R. (2024). *Identifikasi mikroplastik pada tanah di TPA Piyungan Bantul*. Universitas Islam Indonesia.
- Pambudi, A., Farid, M., & Nurdiansah, H. (2017). Analisa morfologi dan spektroskopi infra merah serat bambu betung (*Dendrocalamus asper*) hasil proses alkalisasi sebagai penguat komposit absorpsi suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 441–444.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24808>

- Pfeifer, N., Mandlbürger, G., Otepka, J., & Karel, W. (2014). OPALS—A framework for airborne laser scanning data analysis. *Computers, Environment and Urban Systems*, 45, 125–136.
- Prabowo, N. P. (2020). *Identifikasi keberadaan dan bentuk mikroplastik pada sedimen dan ikan di Sungai Code, D.I. Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Pratiwi, N. I., Syakti, A. D., & Retnaningsih, C. (2019). Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area (Ciwalengke River, Majalaya). *Environmental Pollution*.
- Putri, R. N., Sari, G. L., & Amanah, N. (2025). Identifikasi kelimpahan dan karakteristik fisik mikroplastik pada pengolahan air lindi TPST Bantargebang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 13(2), 20–28.
- Rangel-Buitrago, N., Arroyo-Olarte, H., Trilleras, J., Arana, V. A., Mantilla-Barbosa, E., Gracia, C. A., Mendoza, A. V., Neal, W. J., Williams, A. T., & Micallef, A. (2021). Microplastics pollution on Colombian Central Caribbean beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 170, 112685. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112685>
- Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
- Septiansyah, A., dkk. (2025). Analisis mikroplastik pada lahan sawah di sekitar TPAS Jalupang, Kabupaten Karawang.
- Sijin, L., Rongguang, L., & Xiaomei, Y. (2015). Use of grid-based monitoring points in land resource assessment.
- Siregar, A. (2004). Hidrologi DAS dan pengelolaan sumber daya air. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 1(2), 45–53.
- Somchai, B., Pranee, S., & Banyong, T. (2024). Effects of electrolytes and soil-to-suspension ratios on pH in acidic-coarse textured soil. *Indian Journal of Agricultural Research*, 58(1), 120–125. <https://arccjournals.com/journal/indian-journal-of-agricultural-research/AF-785>
- Sulistyo, E. N. (2020). *Identification of the existence and type of microplastic in Code River fish, Special Region of Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.

- Sulistiyowati, L., Nurhasanah, E. R., & Cordova, M. R. (2021). Occurrence and abundance of microplastics in surface water of the midstream and downstream of the Cisadane River, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 790, 148223.
- Susanto, S., Pratikto, H., Winarto, S., & Siswanto, E. (2024). Pemetaan Curah Hujan dengan Metode Inverse Distance Weighting (IDW) Kabupaten Kediri. *Jurnal Engineering*, 15(1), 44–55.
- Syahril. (2016). Pelestarian lingkungan dan mitigasi bencana. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan & Mitigasi Bencana* (hlm. 42–49). Pekanbaru.
- Tahitu, J. C., dkk. (2026). Penerapan Metode Inverse Distance Weighted (IDW) untuk Interpolasi Curah Hujan Kabupaten Langkat. *Jurnal Teknologi Informasi*.
- Talbot, R., & Chang, H. (2022). Microplastics in freshwater: A global review of factors affecting spatial and temporal variations. *Environmental Pollution*, 292, 118393. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118393>
- Utami, I., & Agustina. (2021). Deteksi pencemaran mikroplastik pada air lindi di TPA Piyungan Yogyakarta. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*.
- Xu, L., Wang, K., Zhang, Y., Wang, Y., Zhang, R., Chen, W., & Wang, J. (2022). Effects of land use and landscape on the occurrence and distribution of microplastics in soil, China. *Science of the Total Environment*, 833, 155106.
- Yuniarto, A., Hadibarata, T., & Kristanti, R. A. (2025). Unraveling microplastic presence in freshwater and sediment of Rejoso River, Indonesia. *Environmental Quality Management*, 35(1), e70149.
- Yona, D., Sari, S. H. J., Iranawati, F., Bachri, S., & Ayuningtyas, W. C. (2019). Microplastics in the surface sediments from the eastern waters of Java Sea, Indonesia. *F1000Research*, 8, 98. <https://doi.org/10.12688/f1000research.17103.1>.
- Zhao, T., Lozano, Y. M., & Rillig, M. C. (2021). Microplastics increase soil pH and decrease microbial activities as a function of microplastic shape,

polymer type, and exposure time. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 675803.

Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C. B., Mititelu, M., Neacșu, S. M., Negrei, C., Moroșan, E., & Preda, O. T. (2023). Microplastics: A real global threat for environment and food safety: A state of the art review. *Nutrients*, 15(3), 6

LAMPIRAN

Lampiran 1 (Dokumentasi)



Lampiran 2 (Data Penelitian)

a. Total Mikroplastik

Kode Sampel	Total MPs	Kelimpahan MPs (Partikel/gram)
H1	825	82,5
H2	326	32,6
Rerata H	575,5	57,55
S1	132	13,2
S2	899	89,9
S3	530	53
S4	437	43,7
S5	433	43,3
Rerata S	486,2	48,62
P1	530	53
P2	512	51,2
P3	537	53,7
P4	1453	145,3
P5	615	61,5
P6	1478	147,8
P7	1198	119,8
P8	1263	126,3
Rerata P	948,25	94,825

b. Kelimpahan MPs berdasarkan bentuk (partikel/gram)

Sampel/Bentuk	Fragmen t	Film	Serat/Fiber	Pelet	Foam
H1	74,3	1	2,6	4,6	0
H2	23,2	4	1,6	3,8	0
Rerata H	48,75	2,5	2,1	4,2	0
S1	12,8	0,4	0	0	0
S2	56,7	24,4	2,8	5,6	0,4
S3	21,7	8,3	23	0	0
S4	31	1,8	5,1	5,8	0
S5	28	10,2	5,1	0	0
Rerata S	30,04	9,02	7,2	2,28	0,08
P1	52,4	0,6	0	0	0
P2	48,5	1,5	1,2	0	0
P3	40,9	8,4	0	4,4	0
P4	79,4	54,1	5,2	6,6	0
P5	30,3	10,7	15,2	5,3	0
P6	70,2	53,7	21,2	2,7	0
P7	98,2	7,3	6,3	8	0
P8	94,9	10,1	14,2	7,1	0
Rerata P	64,35	18,30	7,91	4,26	0

c. Persentase Kelimpahan MPs berdasarkan Bentuk

Kode/Bentuk	Fragment	Film	Serat/Fiber	Pelet	Foam
H1	71,17%	1,21%	3,15%	5,58%	0,00%
H2	28,12%	4,85%	1,94%	4,61%	0,00%
Rerata H	49,64%	3,03%	2,55%	5,09%	0,00%
S1	96,97%	3,03%	0,00%	0,00%	0,00%
S2	63,07%	27,14%	3,11%	6,23%	0,44%
S3	40,94%	15,66%	43,40%	0,00%	0,00%
S4	70,94%	4,12%	11,67%	13,27%	0,00%
S5	64,67%	23,56%	11,78%	0,00%	0,00%
Rerata S	67,32%	14,70%	13,99%	3,90%	0,09%
P1	98,87%	1,13%	0,00%	0,00%	0,00%
P2	94,73%	2,93%	2,34%	0,00%	0,00%
P3	76,16%	15,64%	0,00%	8,19%	0,00%
P4	54,65%	37,23%	3,58%	4,54%	0,00%
P5	49,27%	17,40%	24,72%	8,62%	0,00%
P6	47,50%	36,33%	14,34%	1,83%	0,00%
P7	81,97%	6,09%	5,26%	6,68%	0,00%
P8	75,14%	8,00%	11,24%	5,62%	0,00%
Rerata P	72,28%	15,59%	7,69%	4,44%	0,00%

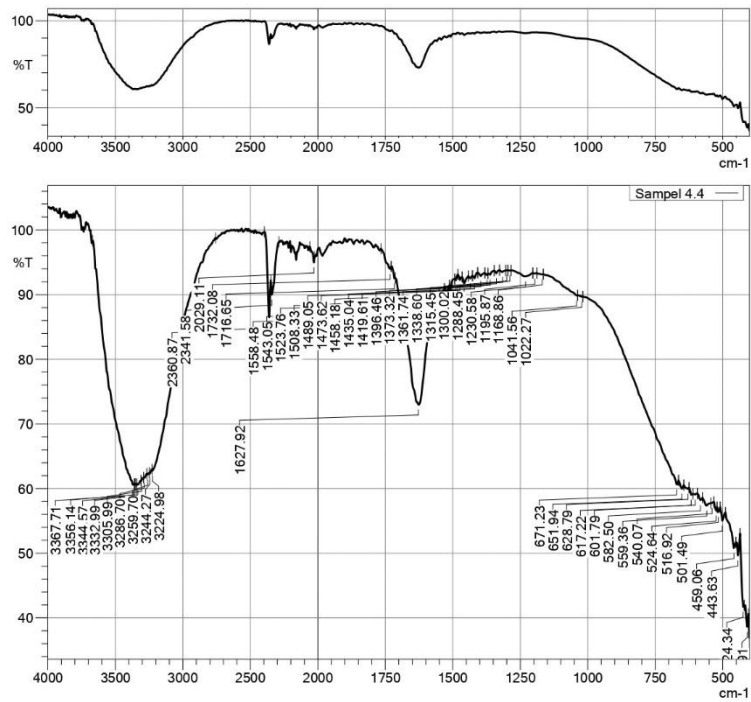
d. Kelimpahan MPs berdasarkan warna (partikel/gram)

Sampel/Warna	Hitam	Hijau	Merah	Biru	Transparan	Kuning	Coklat
H1	77,00	0,20	0,00	0,50	2,70	0,20	1,90
H2	25,00	0,20	0,20	0,20	2,90	1,90	2,20
Rerata H	51,00	0,20	0,10	0,35	2,80	1,05	2,05
S1	10,80	0,90	0,90	0,50	0,10	0,00	0,00
S2	59,70	0,20	0,30	0,70	26,50	0,30	2,20
S3	22,50	0,40	2,40	2,10	25,20	0,40	0,00
S4	35,70	0,20	0,70	1,30	3,80	0,00	2,00
S5	28,50	0,20	0,10	0,30	13,60	0,60	0,00
Rerata S	31,44	0,38	0,88	0,98	13,84	0,26	0,84
P1	44,20	4,70	0,20	3,80	0,10	0,00	0,00
P2	48,50	0,10	0,10	0,50	2,00	0,00	0,00
P3	42,50	0,10	0,10	0,20	8,00	0,20	2,60
P4	67,30	0,50	0,50	16,40	58,10	0,00	2,50
P5	34,20	0,80	2,90	1,20	20,00	0,10	2,30
P6	73,20	1,00	2,10	1,70	69,50	0,60	1,10
P7	102,50	1,70	1,20	2,10	8,90	0,10	3,30
P8	99,70	2,00	1,90	2,80	16,50	0,50	2,90
Rerata P	64,01	1,36	1,13	3,59	22,89	0,19	1,84

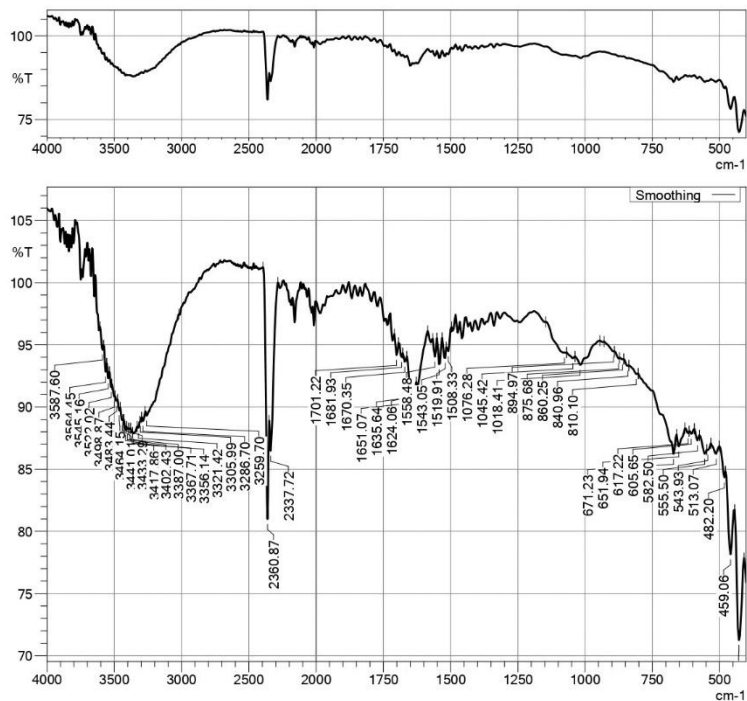
e. Persentase Kelimpahan MPs berdasarkan warna

Kode/Warna	Hitam	Hijau	Merah	Biru	Transparan	Kuning	Coklat
H1	93,33%	0,24%	0,00%	0,61%	3,27%	0,24%	2,30%
H2	76,69%	0,61%	0,61%	0,61%	8,90%	5,83%	6,75%
Rerata H	85,01%	0,43%	0,31%	0,61%	6,08%	3,04%	4,53%
S1	83,40%	8,87%	0,38%	7,17%	0,19%	0,00%	0,00%
S2	81,82%	6,82%	6,82%	3,79%	0,76%	0,00%	0,00%
S3	66,41%	0,22%	0,33%	0,78%	29,48%	0,33%	2,45%
S4	94,73%	0,20%	0,20%	0,98%	3,91%	0,00%	0,00%
S5	79,14%	0,19%	0,19%	0,37%	14,90%	0,37%	4,84%
Rerata S	81,10%	3,26%	1,58%	2,62%	9,85%	0,14%	1,46%
P1	42,45%	0,75%	4,53%	3,96%	47,55%	0,75%	0,00%
P2	81,69%	0,46%	1,60%	2,97%	8,70%	0,00%	4,58%
P3	46,32%	0,34%	0,34%	11,29%	39,99%	0,00%	1,72%
P4	55,61%	1,30%	4,72%	1,95%	32,52%	0,16%	3,74%
P5	48,58%	0,68%	1,42%	1,15%	47,02%	0,41%	0,74%
P6	65,82%	0,46%	0,23%	0,69%	31,41%	1,39%	0,00%
P7	85,56%	1,42%	1,00%	1,75%	7,43%	0,08%	2,75%
P8	78,94%	1,58%	1,50%	2,22%	13,06%	0,40%	2,30%
Rerata P	63,12%	0,87%	1,92%	3,25%	28,46%	0,40%	1,98%

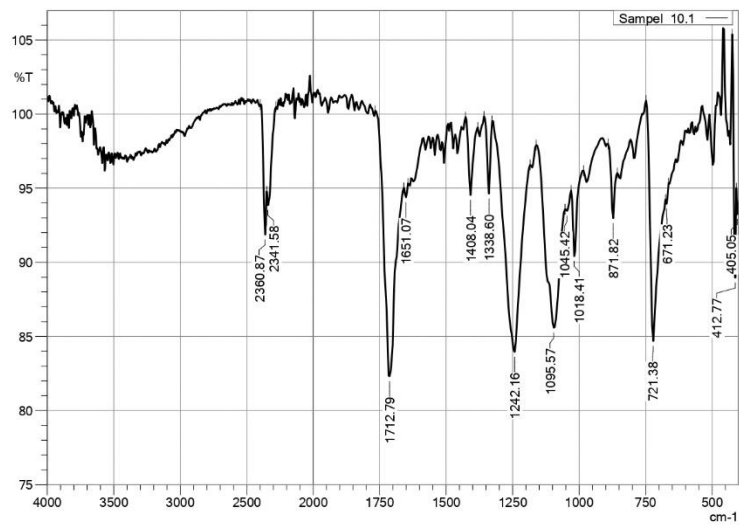
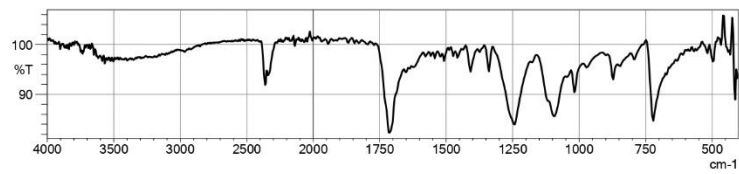
Lampiran 3 (Hasil Uji FTIR)



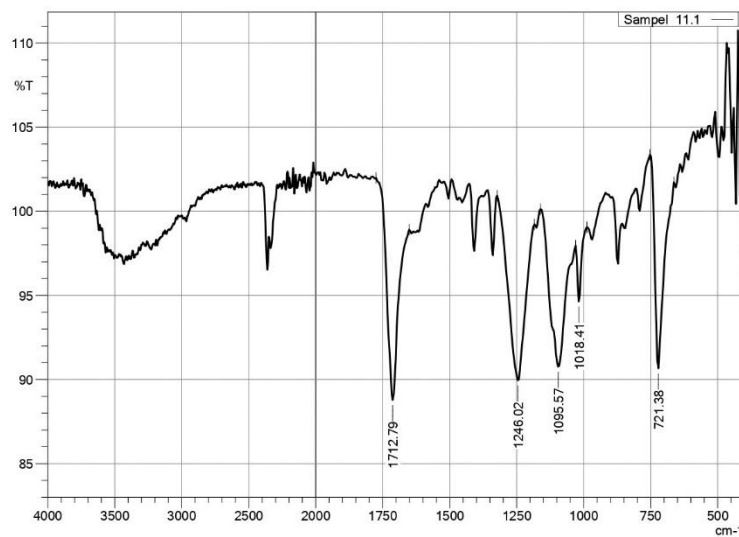
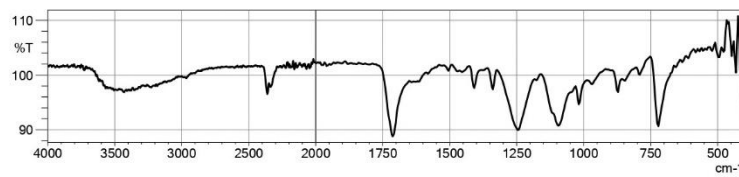
Hasil uji S1 (Sawah)



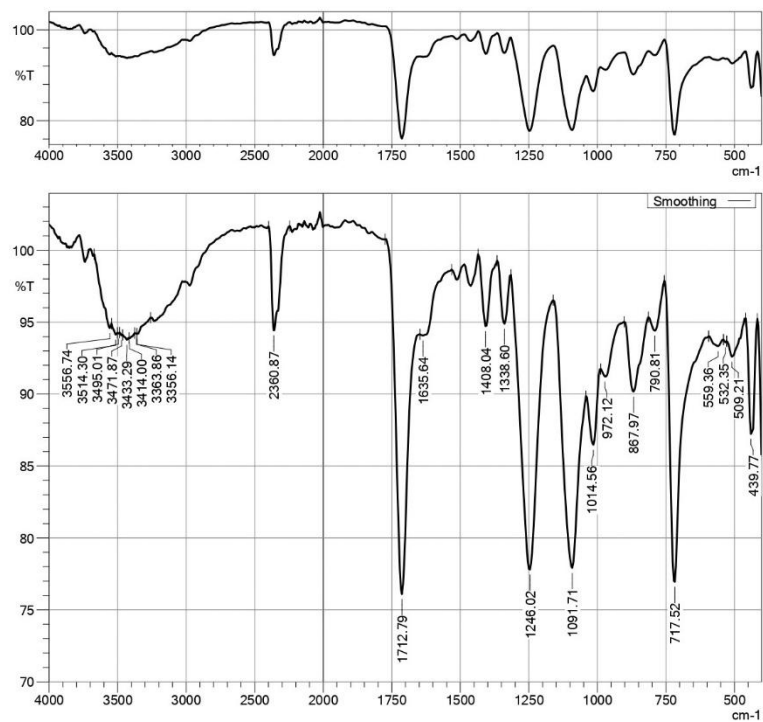
Hasil uji S2 (sawah)



Hasil uji P4 (Permukiman)



Hasil Uji P5 (Permukiman)



Hasil Uji P8 (permukiman)

RIWAYAT HIDUP



Muhammad Rafii'ul Akhlaq, lahir di Yogyakarta, 11 Mei 2003 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan SD Muhammadiyah Kauman, Yogyakarta, Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 16 Yogyakarta dan melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Kasihan, Bantul. Penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Selama menjalani Studi perkuliahan, Penulis mengikuti Kepanitiaan kegiatan kemahasiswaan di tingkat Fakultas dan Program Studi.