

TUGAS AKHIR
ANALISIS KANDUNGAN MIKROPLASTIK DAN
LOGAM BERAT (Cd, Cr) DI LAHAN PERTANIAN
SEPANJANG SUNGAI CODE YOGYAKARTA

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



PUTRI REGINA MARWADINI
20513285

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

TUGAS AKHIR
**ANALISIS KANDUNGAN MIKROPLASTIK DAN LOGAM BERAT (Cd,
Cr) DI LAHAN PERTANIAN SEPANJANG SUNGAI CODE
YOGYAKARTA**

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



PUTRI REGINA MARWADINI
20513285

Disetujui
Dosen Pembimbing

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.,
NIK. 155131313

Tanggal: 16/08/2024

Mengetahui
Ketua prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T. M.Sc. (Res.Eng), Ph.D
NIK. 045130401

Tanggal: 16/08/2024

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KANDUNGAN MIKROPLASTIK DAN LOGAM BERAT (Cd,
Cr) DI LAHAN PERTANIAN SEPANJANG SUNGAI CODE
YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh tim penguji

**Hari: Jum'at
Tanggal: 16 Agustus 2024**

**Disusun Oleh:
PUTRI REGINA MARWADINI
20513285**

Tim Penguji

Dr. Suphia Rahmawati, ST., M.T.

() 16/8²⁴

Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.

() 16.08.2024

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

() 16.08.2024

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 19 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,



Putri Regina Marwadini
20513285

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Kandungan Mikroplastik dan Logam Berat (Cd, Cr) di Lahan Pertanian Sepanjang Sungai Code, Yogyakarta**”. Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Strata satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Dalam pengerjaan laporan Tugas Akhir penulis sering mengalami dan menjalani berbagai rintangan suka maupun duka, namun akhirnya penulis dapat melewati semua rintangan tersebut berkat diberikan bimbingan, dukungan, semangat, dan dorongan dari semua pihak, maka dengan ketulusan hati yang paling dalam penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmatnya, kesehatan dan kelancaran sehingga penulis bias mengerjakan dan menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbng Tugas Akhir yang turut memberikan bimbingan, bantuan materil, masukan metode kerja dalam proses pengambilan sampel, serta masukan metode pengujian dalam pengujian sampel.
3. Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang turut memberikan arahan dan masukan terhadap penyusunan laporan tugas akhir.
4. Kedua orang tua penulis, untuk beliau berdualah tugas akhir ini penulis persembahkan. Terima kasih atas segala kasih sayang yang diberikan dalam membesarkan dan membimbing penulis selama ini sehingga penulis dapat terus berjuang dalam meraih mimpi dan cita-cita.

Kesuksesan dan segala hal baik yang kedepannya akan penulis dapatkan adalah karena dan untuk kalian berdua.

5. Saudara-saudara penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan kepercayaan kepada penulis selama kuliah hingga penulisan laporan ini selesai.
6. Seluruh dosen, *staff*, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia karena telah memberikan pengajaran dan pengalaman selama kuliah sehingga ilmu yang telah penulis peroleh dapat bermanfaat untuk penyusunan laporan ini.
7. Seluruh staff Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan masukan dalam pengujian sampel.
8. Teman – teman Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2020.
9. Lulu Maharani sebagai *partner* tugas akhir mikroplastik di lahan pertanian yang telah banyak membantu dan bertukar ide serta pikiran agar tugas akhir ini segera selesai.
10. Rekan seperjuangan Mikroplastik dalam proses pengerjaan tugas akhir, yaitu Faradiva, Aufi, Nadhifa, Salma, dan Sani yang saling membantu menyelesaikan penelitian ini dari awal hingga akhir.
11. Sahabat sekaligus saudara, Keisya, Rara, Fatur dan Daru. Terima kasih atas kenangan indah bersama kalian selama ini.
12. Sahabat Rencana Liburan, khususnya Adzraa, Reky, Aqma, Ismi dan Sultan. Terima kasih karena telah hadir memberikan apresiasi, tempat berkeluh kesah dan menghiasi kehidupan perkuliahan penulis. Waktu kebersamaan bersama kalian adalah karunia yang diberikan Allah SWT. Semoga kebaikan akan selalu menyertai kalian.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
14. Diri saya sendiri, yang telah mampu kooperatif dalam mengerjakan tugas akhir ini. Terima kasih karena selalu berpikir positif ketika

keadaan sempat tidak berpihak, dan selalu berusaha mempercayai diri sendiri, hingga akhirnya diri saya mampu membuktikan bahwa saya bisa mengandalkan diri sendiri.

Penulis menyadari kekurangan yang terdapat di dalam laporan tugas akhir ini serta tidak luput dari kesalahan dan keterbatasan ilmu pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kemajuan penulis dan kelengkapan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Billahi taufiq wal hidayah,

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 19 Agustus 2024
Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Putri Regina Marwadini', written in a cursive style.

Putri Regina Marwadini

ABSTRACT

PUTRI REGINA MARWADINI. *Analysis of Microplastic Content and Heavy Metals (Cd, Cr) in Agricultural Land along Code River, Yogyakarta. Supervised by Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.*

The presence of microplastics in farmland soil is a serious problem and requires more attention due to the various activities of farmers on agricultural land. This study aims to determine the characteristics of microplastics based on the number, type, and color in agricultural soil along the Code River. In addition, it is also to determine the relationship between microplastics and heavy metals in agricultural soil along the Code River. This research refers to the National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) method on sediment samples. In the sample analysis, a microscope was used to count the number and classify the types of microplastics, namely Fragments, Fiber, Film, and Pellets. In addition, this instrument is used to analyze the color of the observed microplastics, namely blue, red, green, yellow, black, gray/transparent, pink, brown and orange. In the polymer analysis using FT-IR Spectrophotometry, 5 polymers were found to be read in the soil samples, then the 5 closest polymers were selected, namely Nylon, Polypropylene (PP), Polyvinyl Chloride (PVC), Polystyrene (PS) and Low Density Polyethylene (LDPE). The average concentration of heavy metal Cr is greater than that of heavy metal Cd.

Keywords: *Agricultural Land, Heavy Metals, Microplastics, Code River, Soil.*

ABSTRAK

PUTRI REGINA MARWADINI. Analisis Kandungan Mikroplastik dan Logam Berat (Cd, Cr) di Lahan Pertanian Sepanjang Sungai Code, Yogyakarta. Dibimbing oleh Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

Keberadaan mikroplastik pada tanah lahan pertanian menjadi permasalahan yang cukup serius dan memerlukan perhatian lebih karena berbagai aktivitas petani di lahan pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis, dan warna pada tanah pertanian di sepanjang Sungai Code. Selain itu juga untuk mengetahui hubungan antara mikroplastik dan logam berat pada tanah pertanian di sepanjang Sungai Code. Penelitian ini mengacu pada Metode National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) pada sampel sedimen. Pada analisis sampel, mikroskop digunakan untuk menghitung jumlah dan mengklasifikasikan jenis mikroplastik, yaitu Fragmen, Fiber, Film, dan Pelet. Selain itu, instrument ini digunakan untuk menganalisis warna mikroplastik yang diamati, yaitu warna biru, merah, hijau, kuning, hitam, abu-abu/transparan, merah muda, coklat dan oren. Dalam analisis polimer menggunakan Spektrofotometri FT-IR ditemukan 5 polimer yang terbaca pada sampel tanah, kemudian dipilih 5 polimer yang paling mendekati yaitu Nylon, Polypropylene (PP), Polyvinyl Chloride (PVC), Polystyrene (PS) and Low Density Polyethylene (LDPE). Rata-rata konsentrasi logam berat Cr lebih besar dari Logam Berat Cd.

Kata Kunci: Lahan Pertanian, Logam Berat, Mikroplastik, Sungai Code, Tanah.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mikroplastik	5
2.2 Keterkaitan Mikroplastik dan Logam Berat.....	7
2.3 Mikroplastik dan Logam Berat di Lahan Pertanian	8
2.4 Dampak Mikroplastik dan Logam Berat di Lahan Pertanian.....	10
2.5 Penelitian Terdahulu	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Tahap Penelitian	15
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	16
3.3 Pengumpulan Data	17
3.3.1 Data Sekunder.....	17
3.3.2 Data Primer	19
3.4 Analisis Sampel	20
3.4.1 Preparasi Sampel Mikroplastik di Tanah	21
3.4.2 Analisis Sampel Mikroplastik di Tanah	24

3.4.3 Pengujian Logam Berat	27
3.4.4 Analisis Sampel Logam Berat dengan SSA.....	28
3.5 Analisis Data	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Deskripsi Wilayah Pengambilan Sampel.....	31
4.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah dan Kelimpahan	36
4.3 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis	40
4.4 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Warna.....	46
4.5 Identifikasi Mikroplastik Dengan FT-IR	49
4.6 Identifikasi Kandungan Logam Berat di Tanah dan Mikroplastik	54
4.6.1 Hasil dan Analisis Logam Kadmium (Cd).....	54
4.6.2 Hasil dan Analisis Logam Kromium (Cr).....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	72
RIWAYAT HIDUP	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Mikroplastik	5
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel	16
Tabel 3. 2 Standar Acuan dan Metode yang Digunakan	18
Tabel 3.3 Acuan Peak Hasil FT-IR	25
Tabel 4.1 Deskripsi Wilayah Pengambilan Sampel	31
Tabel 4.5 Hasil Jenis Polimer Dengan FTIR	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Interaksi Logam Berat dan Mikroplastik	8
Gambar 2.2 Sumber Mikroplastik di Tanah	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Peta Titik Lokasi Pengambilan Sampel.....	16
Gambar 3.3 Sketsa Pengambilan Sampel.....	20
Gambar 3.4 Proses Pengambilan Sampel.....	20
Gambar 3.5 Proses Pengeringan Sampel Dengan Oven	21
Gambar 3.6 Proses <i>Density Separation</i>	22
Gambar 3.7 Proses WPO.....	23
Gambar 3.8 Proses Penyaringan	24
Gambar 3.9 Analisis Sampel dengan Mikroskop	25
Gambar 3.10 Analisis Jenis Polimer Mikroplastik dengan FTIR	27
Gambar 3.11 Proses Destruksi Logam Berat	28
Gambar 3.12 Analisis Kandungan Logam Berat dengan SSA.....	29
Gambar 4.1 Grafik Mikroplastik Berdasarkan Jumlah	37
Gambar 4.2 Grafik Kelimpahan Mikroplastik	37
Gambar 4.3 Contoh Pupuk Yang Digunakan	39
Gambar 4.4 Penumpukan Sampah di Lahan Pertanian.....	39
Gambar 4.5 Mikroplastik Jenis Fragmen	40
Gambar 4.6 Mikroplastik Jenis Fiber.....	41
Gambar 4.7 Mikroplastik Jenis Pelet	42
Gambar 4.8 Mikroplastik Jenis Film.....	43
Gambar 4.9 Grafik Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Jenis	44
Gambar 4.10 Persentase Mikroplastik Berdasarkan Jenis	45
Gambar 4.11 Jumlah Warna Pada Mikroplastik.....	46
Gambar 4.12 Persentase MPS Berdasarkan Warna.....	46
Gambar 4.13 Jumlah Warna di Setiap Titik Sampling	47
Gambar 4.14 Warna pada Mikroplastik	49

Gambar 4.15 Persentase Jenis Polimer Mikroplastik.....	53
Gambar 4.16 Konsentrasi Logam Cd pada Tanah dan Sampel Mikroplastik	55
Gambar 4.17 Hasil Rasio Logam Berat Cd.....	57
Gambar 4.18 Konsentrasi Logam Cr pada Tanah dan Sampel Mikroplastik.....	58
Gambar 4.19 Hasil Rasio Logam Berat Cr	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik telah membawa era kehidupan sekali pakai, namun pada saat yang sama juga membawa permasalahan pencemaran lingkungan (Wahl dkk., 2021). Plastik yang dilepaskan ke lingkungan dapat terdegradasi melalui proses fisik dan kimia atau aktivitas mikroba, sehingga menghasilkan mikroplastik. Menurut Administrasi Kelautan dan Atmosfer Nasional AS (NOAA) Mikroplastik merupakan fragmen dari plastik yang ukurannya kurang dari 5 mm atau sekitar 0,20 inci. Mikroplastik banyak ditemukan di lingkungan perairan seperti sungai dan laut. Namun, selain sungai dan laut salah satu sumber mikroplastik dapat berasal dari tanah khususnya dari lahan pertanian.

Sebagai salah satu bagian kecil dari plastik, mikroplastik mulai terakumulasi dan bermigrasi dalam jumlah besar di dalam tanah sehingga telah menjadi masalah baru. Dalam beberapa tahun terakhir, para ilmuwan telah menjelaskan bagaimana tanah pertanian terkena pupuk atau mulsa plastik yang membawa mikroplastik masuk ke tanah pertanian (van Schothorst dkk., 2021). Akibatnya, tanah pertanian menjadi sumber dan penyerap mikroplastik. Mikroplastik akan berpindah dari permukaan tanah menuju lapisan yang lebih dalam dimana akan terakumulasi secara perlahan kemudian menyebar lebih jauh masuk ke lingkungan dengan bantuan air maupun hewan.

Permasalahan mikroplastik yang terjadi pada lahan pertanian adalah praktek penggunaan bahan kimia secara berlebih oleh petani. Kondisi tanah akan terancam ketika kegiatan pertanian mulai menggunakan bahan-bahan yang mengandung mikroplastik ke dalam lingkungan tanah pertanian. Mikroplastik diketahui berbahaya bagi biota tanah karena berkurangnya biomassa, peningkatan kematian biota tanah, mempengaruhi beberapa fungsi tanah dan sifat tanah (Huerta Lwanga dkk., 2016). Sementara itu, penggunaan pupuk dan pestisida kimia selama terus-menerus dalam periode waktu lama akan

meningkatkan pencemaran lahan pertanian dan produk pertaniannya karena peningkatan konsentrasi logam berat di dalamnya. Pupuk dan beberapa pestisida menjadi sumber logam berat seperti kadmium (Cd), Nikel (Ni), timbal (Pb), kobal (Co), dan kromium (Cr).

Penelitian atau studi terkait mikroplastik telah banyak dilakukan terhadap berbagai sampel penelitian seperti air laut (Pamungkas et al., 2022), air sungai (Maulana, 2022), sedimen pantai (Islami et al., 2020), udara (Fathulloh et al., 2021) dan ikan (Aryani et al., 2023). Tetapi penelitian terhadap keberadaan mikroplastik pada sampel berupa tanah masih minim dilakukan di Indonesia. Penelitian terkait mikroplastik pada tanah khususnya lahan pertanian mulai dilakukan di China (Yang et al., 2022). Selain keberadaan mikroplastik di tanah, penelitian terkait hubungan antara mikroplastik dan logam berat di tanah pertanian sangatlah jarang ditemukan di Indonesia.

Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki 4 sungai besar yaitu Sungai Gajahwong, Sungai Manunggal, Sungai Winonogo dan Sungai Code. Keberadaan Sungai Code yang melintas ditengah kota tentunya memiliki kebermanfaatan bagi masyarakat sekitar. Sungai Code dimanfaatkan sebagai sumber air minum, untuk keperluan mandi dan mencuci, maupun sumber pengairan lahan pertanian daerah Sleman dan Bantul. Kegunaan Sungai Code sebagai sumber pengairan lahan pertanian memiliki kemungkinan masuknya mikroplastik dan logam berat ke dalam lahan pertanian disekitar Sungai Code. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi terkait konsentrasi maupun hubungan antara mikroplastik dan logam berat di tanah pertanian sepanjang Sungai Code.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang disusun terkait penelitian analisis kandungan mikroplastik dan logam berat (Cd, Cr) di lahan pertanian sepanjang Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta. Maka didapatkan perumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

- 1) Bagaimana karakteristik fisik mikroplastik yang terkandung dalam tanah pertanian sepanjang Sungai Code?
- 2) Bagaimana hubungan antara logam berat yang terkandung dalam tanah dan mikroplastik pada lahan pertanian sepanjang Sungai Code?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Mengetahui karakteristik mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis, dan warna pada tanah pertanian di sepanjang Sungai Code
- 2) Mengetahui hubungan antara logam berat yang terkandung dalam tanah dan mikroplastik pada lahan pertanian sepanjang Sungai Code

1.4 Manfaat Penelitian

- 1) Gambaran mikroplastik dan logam berat yang ada dalam tanah pertanian dapat memberikan pengetahuan dan informasi kepada masyarakat khususnya petani terkait mikroplastik dan logam berat.
- 2) Sebagai informasi agar masyarakat ikut andil dalam menjaga lingkungan, khususnya penggunaan plastik dan pengelolaan sampah di lahan pertanian sehingga pencemaran mikroplastik dapat diminimalisir.
- 3) Hasil penelitian sebagai referensi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan di masa mendatang.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Ruang Lingkup Materi

Pada penelitian ini membahas terkait keberadaan mikroplastik pada sedimen atau tanah pertanian dengan menggunakan metode *Wet Peroxide Oxidation* (WPO). Jenis mikroplastik yang akan diidentifikasi adalah *pellet*, *fragment*, *fiber*, dan *film*. Warna mikroplastik yang diamati adalah hitam, biru, abu-abu/transparan, merah, hijau, pink, kuning, coklat dan lainnya. Selain itu dilakukan analisis kandungan logam berat Cd dan Cr pada tanah yang mengandung mikroplastik terbanyak.

2) Ruang Lingkup Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada daerah lahan pertanian seperti sawah dan perkebunan di sepanjang Sungai Code, D.I.Yogyakarta mulai dari Sleman hingga Bantul. Penelitian akan dilakukan selama 4 bulan terhitung dari bulan Maret 2024 - Juni 2024.

3) Ruang Lingkup Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah atau sedimen dilakukan menggunakan alat grab sampler atau sekop berbahan kayu pada lahan pertanian dengan jarak 50-100 meter di sepanjang Sungai Code dari Sleman hingga Bantul.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

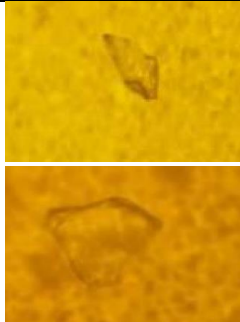
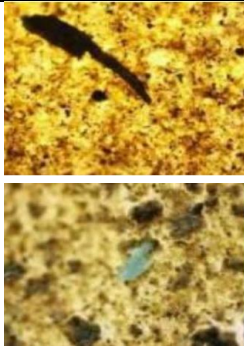
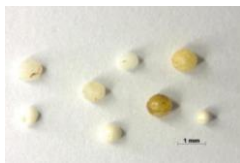
2.1 Mikroplastik

Fragmen plastik yang memiliki ukuran diameter kurang dari 5 mm disebut dengan mikroplastik. Mikroplastik digolongkan menjadi dua macam jenis mikroplastik yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah partikel berukuran kecil yang dibuat dan diproduksi untuk dijadikan sebagai bahan dalam memenuhi kebutuhan pembuatan kosmetik dan serat untuk pakaian (Ekosafitri dkk., 2015), Sedangkan untuk mikroplastik sekunder diartikan sebagai hasil dari perubahan plastik yang memiliki ukuran besar menjadi bentuk ukuran yang lebih kecil (Browne, 2015).

Secara umum mikroplastik menurut ciri morfologinya diklasifikasikan menjadi 3 yaitu ukuran, warna dan jenis. Ukuran mikroplastik merupakan faktor penting karena keterkaitannya terhadap jangkauan pengaruh yang berdampak terhadap organisme. Mikroplastik mempunyai potensi untuk terlepas dengan cepat apabila memiliki permukaan yang lebih luas dan lebih besar daripada volume rasio dari partikel kecil (Lusher dan Peter, 2017). Jenis mikroplastik beragam yaitu berupa pelet, fragment, fiber, film, filament dan foam (Juao Frias dkk., 2018). Warna mikroplastik yang sering ditemukan adalah hitam, biru, merah, cokelat, putih, hijau dan warna dengan dominasi hitam. Rata-rata warna mikroplastik adalah transparan 34%, biru 29%, hitam 20%, kuning 2%, dan merah 14% (Fitriyah et al., 2022).

Karakteristik mikroplastik sangat beragam termasuk ukuran, bentuk, warna, dan jenis. Bentuk dari mikroplastik berupa fragment, fiber, pellet dan film. Sementara untuk warna partikel mikroplastik didominasi oleh hitam dan biru, dengan warna coklat, putih, merah, hijau, kuning, dan ungu yang lebih sedikit (Pamungkas et al., 2022). Jenis jenis dari mikroplastik dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Mikroplastik

Jenis Mikroplastik	Bentuk	Keterangan	Referensi
Fiber atau Filament		Tipe mikroplastik ini banyak ditemukan di daerah pesisir dengan masyarakat bermata pencaharian nelayan. Mikroplastik jenis ini sering dimanfaatkan dalam pembuatan pakaian, tali dan berbagai jenis alat pancing dan jaring.	Widianarko dan Inneke, (2018)
Film		Merupakan jenis polimer plastik sekunder yang berasal dari fragmentasi kantong plastik maupun plastik kemasan dengan densitas rendah.	Widianarko dan Inneke, (2018)
Fragmen		Mikroplastik jenis ini berasal dari buangan limbah atau sampah pertokoan, warung makan dan sebagainya. Sampah tersebut terurai menjadi bagian kecil sehingga membentuk fragmen.	Widianarko dan Inneke, (2018)
Butiran		Tipe Mikroplastik yang berbentuk butiran dan berwarna putih atau cokelat padat. Umumnya berasal dari pabrik plastik.	Virsek dkk., (2016)

Film merupakan jenis yang hampir mirip dengan fragmen tetapi jenis ini lebih tipis dan kecil dengan panjang rata rata antara 190 μm – 1390 μm dan luas areanya antara 950 μm - 19000 μm . Fiber merupakan mikroplastik dengan bentuk serpihan kecil dan memiliki panjang rata rata antara 250 μm - 550 μm , sedangkan foam merupakan jenis mikroplastik yang sering dikenal dengan polystyrene. Jenis ini merupakan mikroplastik dengan banyak serat menyerupai busa dan biasanya

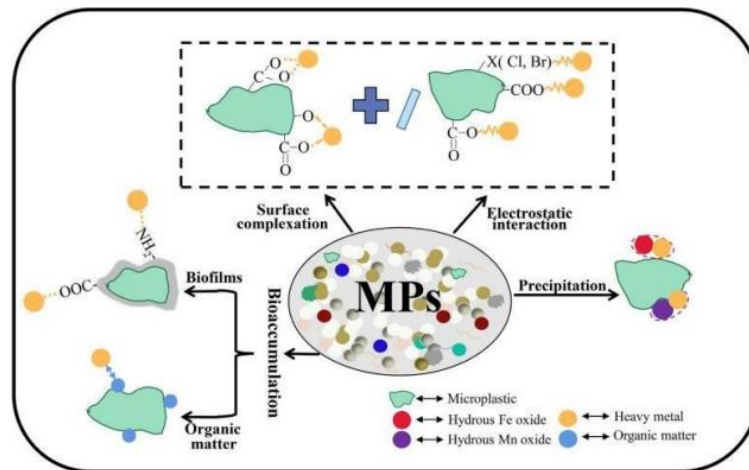
berbentuk lembaran tipis dengan ukuran 100 – 1000 μm . Jenis pelet merupakan jenis mikroplastik berbentuk bulat tipis dengan densitas yang sangat rendah sehingga biasanya jenis ini sering ditemukan pada permukaan perairan. Jenis ini mempunyai luas area berkisar antara 100 – 1000 μm (Hiwari dkk, 2019).

2.2 Keterkaitan Mikroplastik dan Logam Berat

Logam berat termasuk ke salah satu pencemar yang keberadaannya di alam semakin meningkat setiap tahunnya. Logam berat dapat mempunyai efek berbahaya pada kesehatan manusia, itulah mengapa logam berat sering digambarkan beracun. Senyawa ini tidak mudah hancur di alam dan tidak berubah menjadi bentuk lain. Meskipun logam berat merupakan unsur yang dihasilkan oleh aktivitas kerak bumi, konsentrasinya disebabkan oleh aktivitas antropogenik. Logam berat muncul secara alami di kerak bumi akibat hasil dari peambangan, baik sebagai logam bebas maupun dalam bentuk logam organik atau anorganik.

Logam memiliki kecenderungan mudah mengikat material hingga mengendap di dasar perairan dan bercampur dengan sedimen sehingga berakibat menjadi pencemar lingkungan. Dari segi toksikologi, logam berat ada dua macam yaitu, logam berat non esensial dan logam berat esensial. Adanya logam berat non esensial pada organisme hidup dapat bersifat racun, seperti logam merkuri, timbal, kadmium, kromium dan lainnya. Di sisi lain, keberadaan sejumlah logam esensial diperlukan untuk organisme hidup, contohnya antara lain seng, besi, kobalt, tembaga dan mangan. Logam berat esensial umumnya diperlukan bagi organisme tetapi jika dalam jumlah yang berlebihan ini dapat menimbulkan efek buruk (Palar, 1994).

Logam berat memiliki bioavailabilitas yang mempengaruhi interaksi dengan partikel lain. Salah satu logam berat dapat berasosiasi dengan mikroplastik. Logam berat akan teradsorpsi pada permukaan mikroplastik. Kombinasi ini mempunyai dampak yang lebih berbahaya terhadap lingkungan.



Gambar 2.1 Interaksi Logam Berat dan Mikroplastik

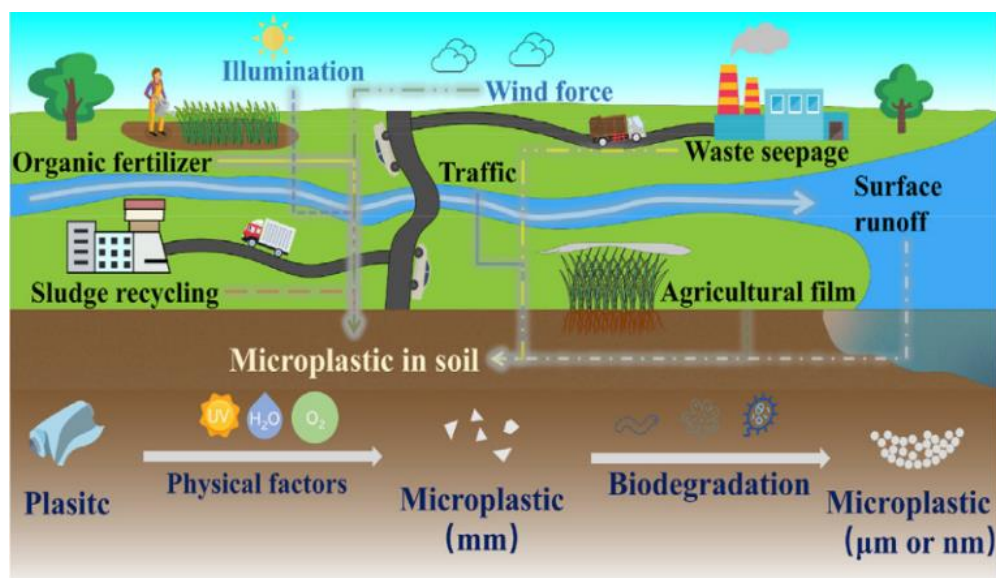
Sumber : Cao dkk., (2021)

Asosiasi antara logam berat dan mikroplastik terjadi secara langsung dan tidak langsung. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi asosiasi logam berat dan mikroplastik. Faktor tersebut diantaranya adalah karakteristik mikroplastik seperti ukuran, jenis polimer, bentuk dan luas permukaan. Pengaruh lain juga berasal dari logam berat itu sendiri, seperti konsentrasi dan tipe dari logam berat. Lingkungan juga mempunyai pengaruh terhadap interaksi tersebut, terutama salinitas, pH, konsentrasi logam berat di lingkungan sekitar (Cao dkk., 2021). Mikroplastik berinteraksi dengan logam berat melalui proses sedimentasi, adsorpsi, dan desorpsi. Dalam proses ini, oksida Fe dan Al serta bahan organik membantu proses asosiasi antara mikroplastik dan logam (Islam et al., 2023).

2.3 Mikroplastik dan Logam Berat di Lahan Pertanian

Tanah pada lahan pertanian yang terkontaminasi mikroplastik merupakan suatu keadaan darurat dan perlu untuk ditangani. Penyebaran dan persistensi mikroplastik di lahan pertanian telah menjadi ancaman bagi manusia. Mikroplastik pada lahan pertanian bersumber dari limbah plastik, pupuk dan pestisida, serta pemecahan plastik makro menjadi partikel kecil oleh cuaca dan proses alami seperti radiasi ultraviolet, pelapukan, suhu tinggi, siklus pencairan-pembekuan, dan proses

biologis organisme tanah. Selain itu, kegiatan pengolahan sampah plastik yang tidak benar oleh petani maupun masyarakat sekitar juga dapat menyebabkan masuknya mikroplastik di lahan pertanian. Penggunaan besar-besaran plastik di bidang pertanian baik secara langsung seperti penggunaan tali, jaring dan pipa irigasi atau tidak langsung seperti pembuangan limbah yang tidak memadai, irigasi dengan air limbah, penggunaan tanah dengan kompos adalah penentu utama mikroplastik yang menyebar di tanah pertanian dengan potensi transfer ke makanan (FAO, 2021; Javed dkk., 2023).



Gambar 2.2 Sumber Mikroplastik di Tanah

Sumber : W. Fan dkk. (2023)

Sumber logam berat terdapat secara alami di alam dan dihasilkan dari kegiatan pertanian dan non pertanian. Sekalipun sektor industri dianggap sebagai penyumbang utama pencemaran lingkungan oleh logam berat, peran sektor pertanian tidak dapat diabaikan begitu saja. Sumber bahan yang dapat mencemari tanah dan berkontribusi terhadap akumulasi logam berat dalam tanah antara lain pupuk anorganik, pupuk organik, limbah kota/pabrik baik berupa padatan maupun air yang masuk ke lahan sawah, pestisida, limbah hasil pertambangan, dan udara buangan industri (Wuana dan Okieimen, 2011).

Pupuk yang berasal dari pestisida salah satunya merupakan sumber logam berat seperti kadmium (Cd), kobal (Co), nikel (Ni), timbal (Pb), dan kromium (Cr). Penelitian yang dilakukan oleh Dewi dkk (2022) menyampaikan bahwa terdapat 11 pestisida dari golongan organofosfat, avermektin, pirol, piretroid, karbamat, ditiokarbamat, triazol, imidazole, dan glisin mengandung logam berat seperti Pb dan Cd. Selain itu, sebuah hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara mikroplastik dan logam berat (Palupi, 2023).

2.4 Dampak Mikroplastik dan Logam Berat di Lahan Pertanian

Penggunaan plastik dalam pertanian telah meningkat secara signifikan beberapa tahun terakhir. Mikroplastik yang berada di Lahan pertanian tentunya memiliki dampak yang mencakup aspek lingkungan, pertanian dan kesehatan. Paparan mikroplastik pada tanah di lahan pertanian dapat berakibat terjadinya penurunan kualitas produk pertanian. Mikroplastik yang sering ditemukan pada lahan pertanian adalah jenis fragmen dan film (Sutanhaji et al., 2021).

Keberadaan mikroplastik pada lahan pertanian menjadi suatu perhatian utama karena memiliki dampak negatif pada ekosistem tanah dan pertumbuhan tanaman yang dapat mempengaruhi kualitas hasil produksi pertanian. Kontaminasi mikroplastik pada lahan pertanian dapat sangat bervariasi sesuai dengan sistem tanam. Mikroplastik dapat memiliki efek langsung dan tidak langsung pada sistem tanah pertanian. Mereka dapat secara langsung mengubah bentuk fisik-kimia serta biologis tanah, merubah parameter tanah seperti pH, agregasi tanah, porositas, unsur hara dan aktivitas mikroba (Huang dkk., 2022). Perubahan yang terjadi pada parameter tanah tentu akan mempengaruhi kualitas dan kesuburan tanah, yang pada akhirnya akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan serapan unsur hara. Keberadaan mikroplastik pada tanah akan menimbulkan akumulasi untuk tanaman dan mikroba tanah. Penelitian yang dilakukan Nizzetto dkk (2016) mengatakan bahwa mikroplastik mampu terakumulasi di tanah pertanian karena terbawa oleh aliran air hujan, sungai maupun danau yang mengairi lahan pertanian dan mampu mengancam organisme yang hidup di tanah. Organisme tanah seperti cacing dan mikroorganisme dapat secara tidak sengaja mengonsumsi mikroplastik bersamaan dengan bahan organik lain, hal

ini dapat mengganggu siklus nutrisi dan keteraturan ekosistem tanah (Huerta Lwanga dkk., 2016).

Paparan mikroplastik pada manusia saat ini masih dalam proses penelitian. Tetapi beberapa bukti menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan bagi manusia. Salah satu alasan mengapa hal itu dapat terjadi karena mikroplastik mampu membawa zat kimia berbahaya, seperti polutan organik persisten (POP) dan logam berat, mereka mampu teradsorpsi di permukaan mikroplastik (Rochman dkk., 2013). Mikroplastik yang terkontaminasi zat berbahaya dapat terakumulasi pada tubuh manusia sehingga menyebabkan efek toksik dan merusak sistem hormonal, gangguan neurologis dan kanker (Wright dkk., 2020).

Mikroplastik memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai pembawa kontaminan lain. Dalam kasus pada tanah di pertanian ini dapat berupa interaksi yang signifikan antara mikroplastik dan logam berat (Li dan Wang, 2023; Ivy dkk., 2023). Di satu sisi, struktur dan karakteristik kimia dari mikroplastik dapat mengubah ketersediaan hayati dan toksisitas logam. Misalnya, plastik yang dapat terurai secara alami dapat menyerap lebih banyak logam berat dibandingkan dengan plastik konvensional, karena tingkat degradasinya yang cepat dan perubahan gugus fungsi (Fan dkk., 2022).

Jika logam Cd masuk ke dalam tanaman lalu konsentrasinya melebihi ambang batas maka akan mengganggu proses fotosintesis pada tanaman sehingga proses pertumbuhan dan reproduksi tanaman akan terganggu (Fahrudin, 2018). Sementara logam Cr pada tanaman bisa menghambat perkecambahan biji, pertumbuhan, metabolisme nitrogen, sintesis klorofil, dan fotosintesis, serta menyebabkan penurunan biomassa tanah (USEPA 1998; Del Real dkk., 2020; Qin dkk., 2024). Lahan pertanian yang terkontaminasi oleh mikroplastik dan logam berat selain dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman juga dapat menghambat proses fotosintesis dan penurunan kualitas hasil pertanian. Pada produk pangan yang telah terkontaminasi kemudian dikonsumsi oleh manusia dalam waktu lama akan terakumulasi pada jaringan tubuh dan akhirnya akan berpengaruh buruk bagi kesehatan manusia.

2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah (Tabel 2.2) yang merupakan tabel peneilitan terdahulu mengenai penelitian mikroplastik yang terdapat pada tanah atau sedimen yang dilakukan diberbagai tempat di Indonesia maupun di Asia.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Referensi	Hasil Penelitian
(B. Long dkk, 2023)	Penelitian ini menyelidiki sumber polusi mikroplastik pada tanah pertanian. Ditemukan mulsa film plastik. Mulsa diketahui memiliki dampak langsung yang terbatas terhadap akumulasi mikroplastik. Penelitian menunjukkan adanya korelasi positif antara residu makroplastik dan intensitas penggunaan film mulsa, namun tidak ada korelasi signifikan antara residu makroplastik dan mikroplastik. Temuan ini menekankan perlunya penelitian lebih lanjut untuk lebih memahami sumber mikroplastik di tanah pertanian dan mengembangkan strategi mitigasi yang efektif untuk meminimalkan potensi risiko yang ditimbulkannya terhadap agroekosistem .
(Meizoso-regueira dkk., 2024)	Studi ini menunjukkan peningkatan eksponensial secara umum dalam akumulasi mikroplastik di tanah pertanian dengan pengaplikasian pupuk sebagai sumber yang mempercepat peningkatan mikroplastik dan prediksi konsentrasi mikroplastik di masa depan. Studi ini memperkirakan bahwa dalam 50 dan 100 tahun dari sekarang, tanah yang diberi pupuk diperkirakan akan mencapai konsentrasi mikroplastik masing-masing 168,9 mg/kg ⁻¹ (95% CI: 60,32-473,09) dan 1159 mg kg ¹ (95% CI: 200,49-6699,8).
(Lwanga dkk., 2023)	Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelimpahan, distribusi, dan jenis mikroplastik yang ada di tanah pertanian, air, debu di udara, dan sedimen parit. Kesehatan tanah juga dinilai dengan menggunakan kelimpahan dan keanekaragaman makroinvertebrata tanah. Enam belas lahan dievaluasi, 6 di antaranya telah terpapar lebih dari 5

	tahun penggunaan kompos, 5 terpapar setidaknya 5 tahun penggunaan mulsa plastik, dan 5 tidak terpapar manajemen (kontrol) tertentu dalam 5 tahun terakhir.
(Yang et al., 2022)	Temuan penelitian terbaru tentang efek mikroplastisitas tanah terhadap sifat tanah, tanaman, hewan, dan mikroorganisme. Metode analisis mikroplastik di tanah dapat mengacu pada metode analisis mikroplastik sedimen akuatik, karena tanah dan sedimen akuatik serupa. Melalui rangkuman dan analisis jurnal terkait, artinya ini mengulas distribusi, sumber, migrasi, pengaruh, dan metode analisis mikroplastik tanah. Jurnal ini juga menganalisis secara kritis kekurangan dalam studi mikroplastik di ekosistem tanah, dan memberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.
(Fan et al., 2023)	Di seluruh dunia, polusi mikroplastik di tanah telah menarik banyak perhatian. Kemajuan dan perspektif dalam pemisahan dan deteksi mikroplastik tanah layak untuk ditinjau dan didiskusikan secara komprehensif. Dijelaskan terkait sumber, distribusi dan metode pemisahan fisik.
(Grifoni et al., 2024)	Dalam penelitian ini menguji efek pada parameter tanah dan tanaman dari dua MP yang umum digunakan, yaitu polietilena dan asam polilaktat polimer yang berhubungan dengan arsenik (As). Selada digunakan sebagai tanaman model percobaan yang berlangsung selama 60 hari. Mikroplastik dan As masing-masing menjelaskan 12% dan 47% dari total varians, sementara interaksinya menjelaskan 21%, menunjukkan dampak toksik yang lebih tinggi dari As daripada MPs.
(Dewi dkk., 2023)	Pada penelitian ini diketahui bahwa lahan pertanian di Kabupaten Wonosobo pada praktek kegiatan pertanian tidak terlepas dari penggunaan pupuk anorganik dan pestisida kimia terus menerus sehingga terjadi kontaminasi logam berat di lahan pertanian. Limbah industri di sekitar lahan pertanian yang masuk ke badan air diketahui sebagai penyebab akumulasi logam berat di tanah karena sumber irigasi. Penelitian

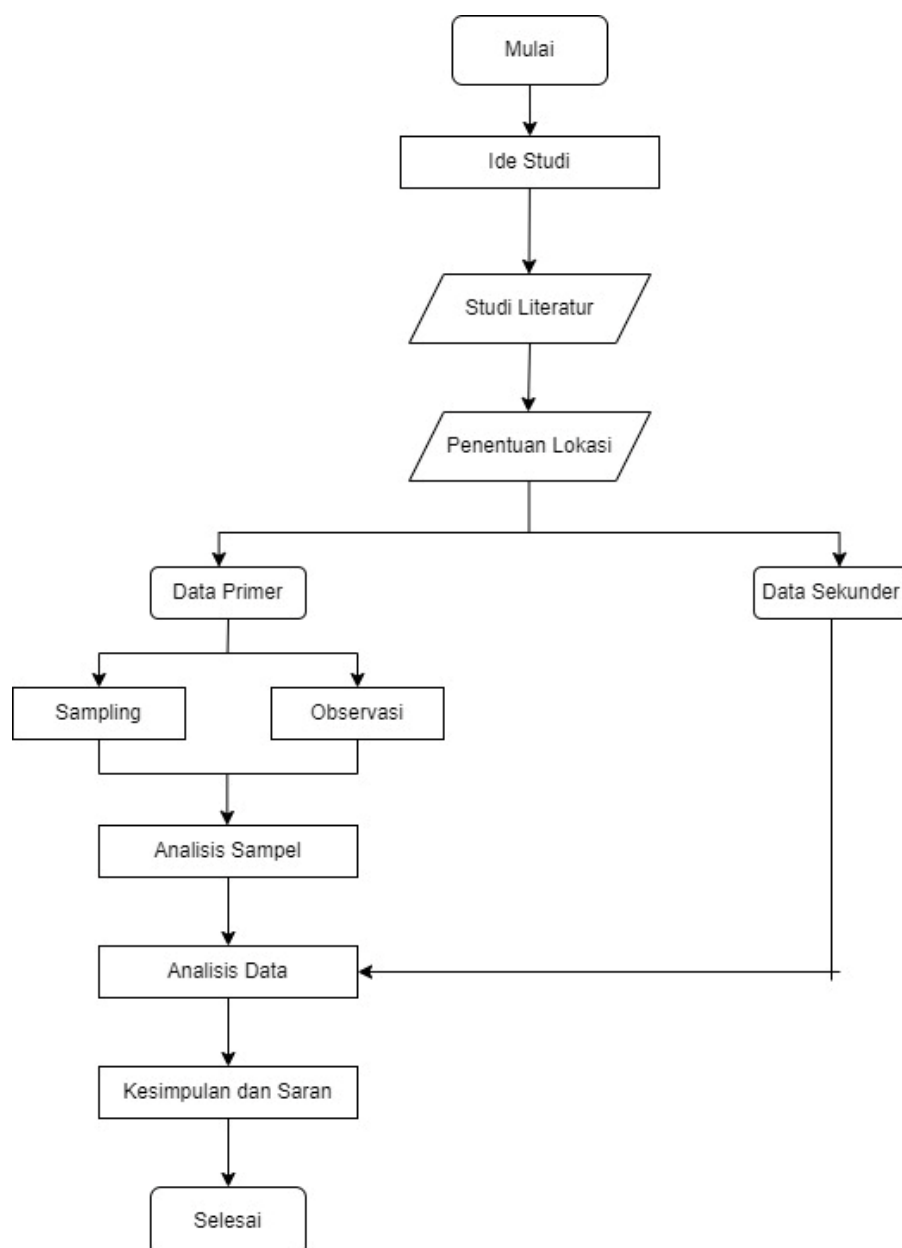
	ini bertujuan untuk menentukan sebaran kandungan logam berat Pb, Cd, Ni, Co, Cr, dan As di lahan pertanian Kabupaten Wonosobo.
(Hindarwati dkk., 2023)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengkaji kontaminan logam berat seperti Pb, Cd, dan Cu pada tanah dan gabah serta produktivitas padi dari berbagai pemupukan. Hasil penelitian menunjukkan terdapat semua peningkatan kandungan logam berat Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺ pada tanah.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

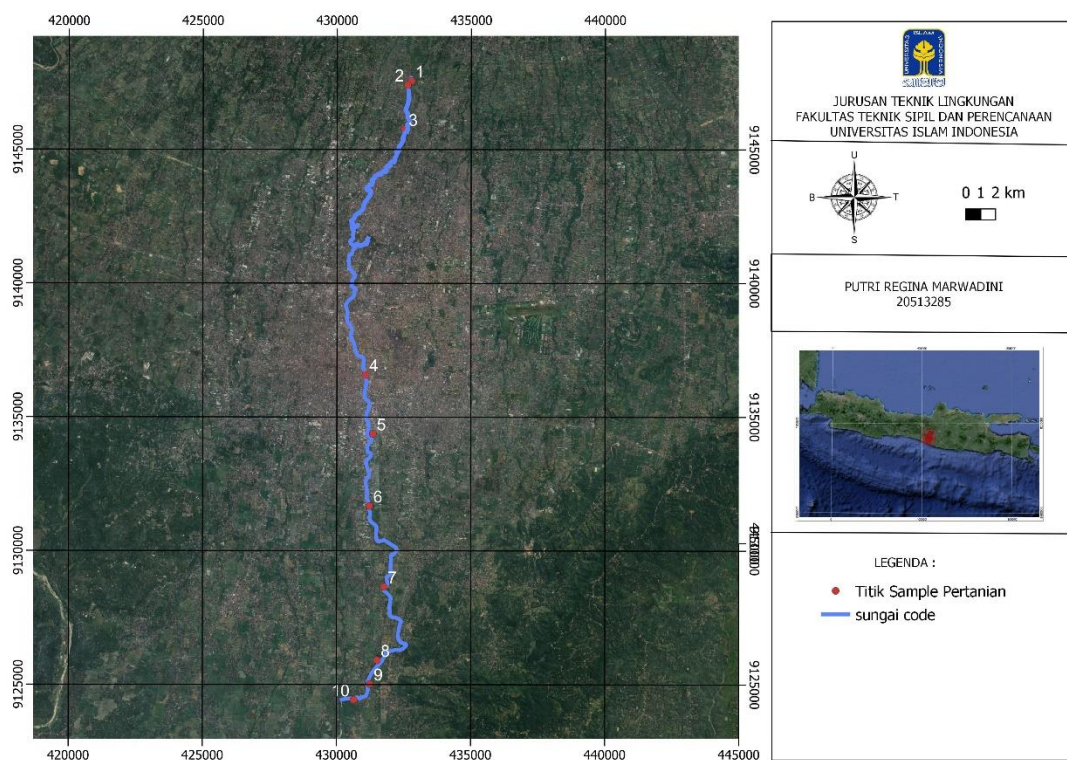
Berikut merupakan Diagram alir proses penelitian yang ditunjukkan seperti pada gambar (Gambar 3.1) dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Maret 2024. Sampling tanah atau sedimen dilakukan di lahan pertanian sepanjang Sungai Code. Lokasi pengambilan sampel terdiri 10 titik. Pemilihan titik berdasarkan oleh adanya aktivitas pertanian di sekitar Sungai Code di lihat menggunakan *Google Earth*. Setelah itu titik yang sudah dipilih diolah hingga menjadi peta titik lokasi pengambilan sampel menggunakan aplikasi QGIS atau *Quantum Geographic Information System* versi 3.20.3. Titik sampling dibagi menjadi 3 zona yaitu Kab. Sleman, Kota Yogyakarta dan Kab. Bantul. Adapun lokasi dan waktu pelaksanaan sampling adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Peta Titik Lokasi Pengambilan Sampel

Tabel 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Titik Sampling	Lokasi	Garis Lintang dan Bujur	Waktu Sampling
1	Prumpung, Sardonoarjo	7°42'41.48"S 110°23'24.82"E	8 Maret 2024
2	Tambak Rejo, Sariharjo	7°42'44.60"S 110°23'21.47"E	8 Maret 2024
3	Ngentak, Sunduharjo	7°43'44.25"S 110°23'15.89"E	8 Maret 2024
4	Jl. Taman Siswa, Wirogunan	7°48'40.30"S 110°22'28.86"E	8 Maret 2024
5	Sorosutan, Kec Umbulharjo	7°49'53.50"S 110°22'37.32"E	8 Maret 2024
6	Glagah Kidul, Tamanan	7°51'20.14"S 110°22'33.89"E	10 Maret 2024
7	Cembing, Trimulyo	7°53'1.33"S 110°22'51.67"E	10 Maret 2024
8	Kiyaran, Sumberagung	7°54'27.74"S 110°22'43.06"E	10 Maret 2024
9	Dukuh, Kb. Agung	7°54'56.07"S 110°22'34.68"E	10 Maret 2024
10	Karangtalun, Kec Imogiri	7°55'14.69"S 110°22'13.05"E	10 Maret 2024

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini dikumpulkan dari sumber lain yang sudah dipublikasi maupun regulasi atau acuan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini studi literatur dilakukan dengan membaca dan mencatat beberapa literatur terbaru yang berkaitan dengan penelitian ini. Terdapat literatur yang digunakan yaitu penelitian *Impact of plastic film mulching on microplastic in farmland soils in Guangdong province, China* oleh B. Long (2023) yang membahas tentang sumber dan akumulasi mikroplastik di tanah lahan pertanian. Pada penelitian ini ditemukan mikroplastik yang menunjukkan

kelimpahan rata-rata sebesar 22.675 partikel/kg tanah. Selanjutnya penelitian *Sources and identification of microplastics in soils* oleh Fan dkk (2023). Pada penelitian yang dilakukan oleh Fan dkk (2023) menjelaskan bahwa sumber dan distribusi mikroplastik di tanah berasal dari penggunaan plastik di pertanian, penggunaan pupuk jangka panjang, limpasan permukaan dan irigasi. Metode pada penelitian ini dimulai dari pemisahan fisik seperti *density separation*, *electro-static separation*, *oil extraction* dan *pressurized liquid extraction*. Kemudian metode ekstraksi kimia seperti *acid digestion*, *alkaline digestion*, *hydrogen peroxide and Fenton reagent oxidation*, dan *enzymatic hydrolysis* untuk tanah. Selanjutnya, teknologi pendeteksian mikroplastik tanah melalui mikroskop, spektroskopi, spektrometri massa, analisis termogravimetri, kalorimetri pemindaian diferensial, spektroskopi foto-elektron sinar X, dan resonansi magnetik nuklir juga dijelaskan.

Untuk standar acuan dan metode yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada (Tabel 3.2) berikut :

Tabel 3. 2 Standar Acuan dan Metode yang Digunakan

Parameter	Acuan	Metode	Pengukuran
Mikroplastik	NOAA (<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>)	Metode <i>density separation</i> dengan menggunakan larutan garam atau larutan NaCl. Selanjutnya Proses <i>Wet Peroxide Oxidation</i> (WPO) adalah metode yang digunakan untuk mencerna bahan organik dan memisahkan mikroplastik dari kontaminan lain dalam sampel.	Laboratorium
Logam Berat :			
Kadmium (Cd)	SNI 06-6992.4-2004.	Destruksi asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	Laboratorium
Kromium (Cr)	SNI 06-6989.17-2004.	Destruksi asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	Laboratorium

3.3.2 Data Primer

Sebelum dilakukan pengambilan data primer, dilakukan proses observasi dan wawancara dengan para petani sehingga mendapatkan informasi berupa jenis tanaman, sumber air irigasi, dan kondisi lingkungan sekitar lahan pertanian. Sampel yang diambil merupakan tanah atau sedimen yang berada di lahan pertanian sepanjang Sungai Code, Yogyakarta dimulai dari bagian hulu sungai yaitu di Kabupaten Sleman, lalu ke bagian tengah yaitu di Kota Yogyakarta dan pada bagian hilir yaitu pada Kabupaten Bantul. Sampel akan diambil pada saat pagi hingga sore hari.

Mikroplastik biasanya terakumulasi di lapisan atas tanah karena dapat terbawa oleh air hujan, angin, irigasi, pemupukan dan proses lainnya yang terjadi disekitar lahan pertanian. Oleh karena itu, disarankan pengambilan sampel berkisar pada 5-10 cm dari permukaan tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada titik pengambilan sampel yang telah ditentukan. Untuk mengambil sampel ini menggunakan sekop berbahan kayu. Pengambilan sampel tanah di sawah dilakukan sebanyak 5 kali, yaitu 2 kali di tepi kiri, 1 kali di bagian tengah sawah dan 2 kali di tepi kanan agar mendapatkan hasil representatif pada titik pengambilan sampel yang telah ditentukan. Sampel akan diambil dengan cara mengambil tanah atau sedimen yang berada pada lahan pertanian menggunakan *grab sampler* atau sekop sedalam 5 – 10 cm (Hidalgo-Ruz dkk., 2012). Sampel tanah dimasukkan ke ember kemudian dihomogenkan. Untuk penyimpanan sampel, tanah yang telah homogen dimasukkan ke dalam *Alumunium Pouch*. Pengawetan tidak perlu dilakukan karena karakteristik mikroplastik yang lama terdegradasi tidak memerlukan perlakuan khusus.



Gambar 3.3 Sketsa Pengambilan Sampel



Gambar 3.4 Proses Pengambilan Sampel

3.4 Analisis Sampel

Terdapat tiga prosedur pada analisis sampel dimulai dari analisis mikroplastik di tanah yang sesuai dengan acuan dari *National Oceanic and*

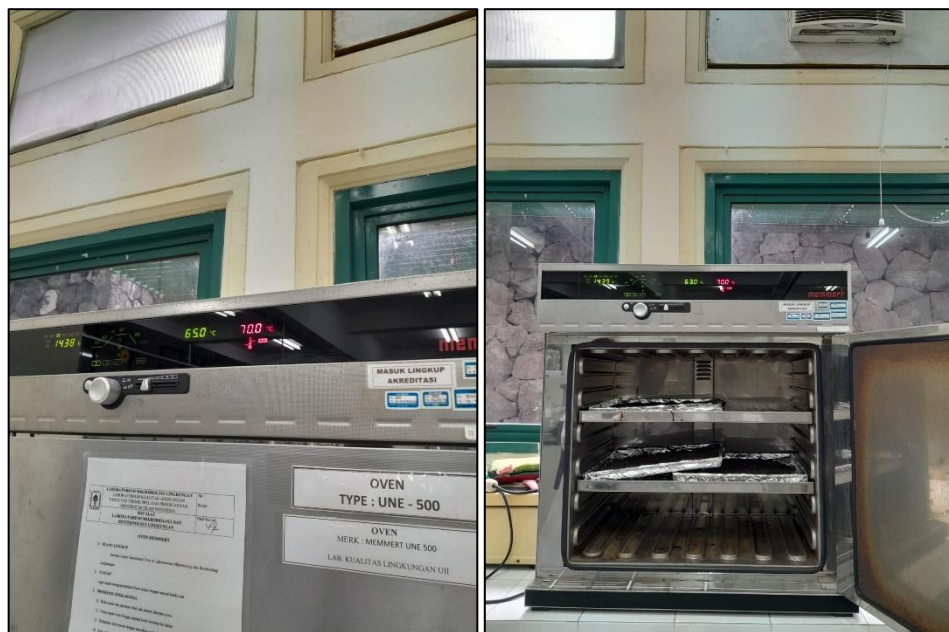
Atmospheric Administration (NOAA) tentang *Laboratory Methods for The Analysis of Microplastic in The Marine Environment* yang dimodifikasi, analisis logam berat di tanah dan analisis logam berat di sampel mikroplastik.

3.4.1 Preparasi Sampel Mikroplastik di Tanah

Sebelum sampel dilakukan pengujian di laboratorium, sampel perlu dilakukan preparasi terlebih dahulu yang meliputi tahap seperti pengeringan sampel, *density separation*, *Wet Peroxide Oxidation* (WPO), dan penyaringan sampel.

1. Pengeringan Sampel Tanah Pertanian

Preparasi sampel tanah pertanian dimulai dari mengeringkan sampel tanah atau sedimen dengan oven pada suhu 65°C sebanyak 500 gram hingga kering. Kedua, sampel yang sudah dioven disaring menggunakan ayakan mesh 5 mm. Penyaringan dilakukan untuk mengurangi volume sedimen serta memilah sedimen makro.



Gambar 3.5 Proses Pengeringan Sampel Dengan Oven

2. *Density Separation*

Tahap selanjutnya adalah diambil sedimen kering sebanyak 100 gram dan ditempatkan ke erlenmeyer 500 mL lalu tambahkan larutan NaCl jenuh sebanyak 200 ml untuk dilakukan tahap pemisahan densitas (*density separation*) antara mikroplastik dengan sedimen. Sampel diaduk menggunakan batang kaca selama 2 menit dan diamkan selama 24 jam. Setelah didiamkan, Sampel yang sudah diproses dapat dilakukan pada tahapan WPO.

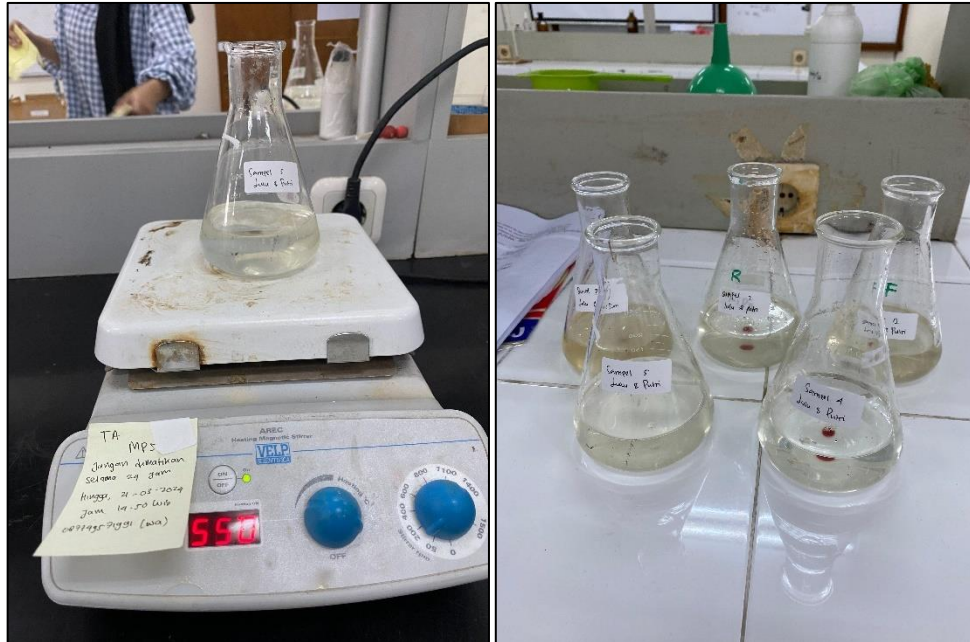


Gambar 3.6 Proses *Density Separation*

3. *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

Proses WPO dilakukan pada sampel yang telah didiamkan sebelumnya untuk mengeliminasi kandungan organik yang terdapat pada sampel tanah. Pada tahap ini bahan yang digunakan adalah larutan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) 30%. Larutan H_2O_2 sebanyak 20 ml dimasukkan pada sampel 100 ml lalu dipanaskan dengan hotplate stirrer pada suhu 60°C dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam. Proses WPO selama 24 jam ini merupakan modifikasi dari metode NOAA agar dapat menghancurkan zat organik secara lebih optimal. Sehingga, tidak perlu

adanya pengulangan proses WPO dengan melakukan penambahan larutan dan pengadukan setiap 30 menit seperti instruksi pada NOAA.



Gambar 3.7 Proses WPO

4. Penyaringan

Sampel yang telah melalui berbagai tahap preparasi sebelumnya agar dapat dilakukan pengujian, maka sampel dapat melalui proses penyaringan. Sampel akan disaring dengan kertas saring *Glass Micro Fiber (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047* dan menggunakan bantuan *vacuum pump* agar dapat mempercepat proses penyaringan. Sampel disaring oleh alat vacuum melalui kertas saring dari sampel yang telah melalui proses WPO. Hal ini dikarenakan proses penyaringan hanya mengambil mikroplastik yang telah mengapung pada sampel. Kemudian, sampel yang sudah disaring dapat dikeringkan dan didiamkan di cawan petri sebelum memasuki tahap analisis sampel.



Gambar 3.8 Proses Penyaringan

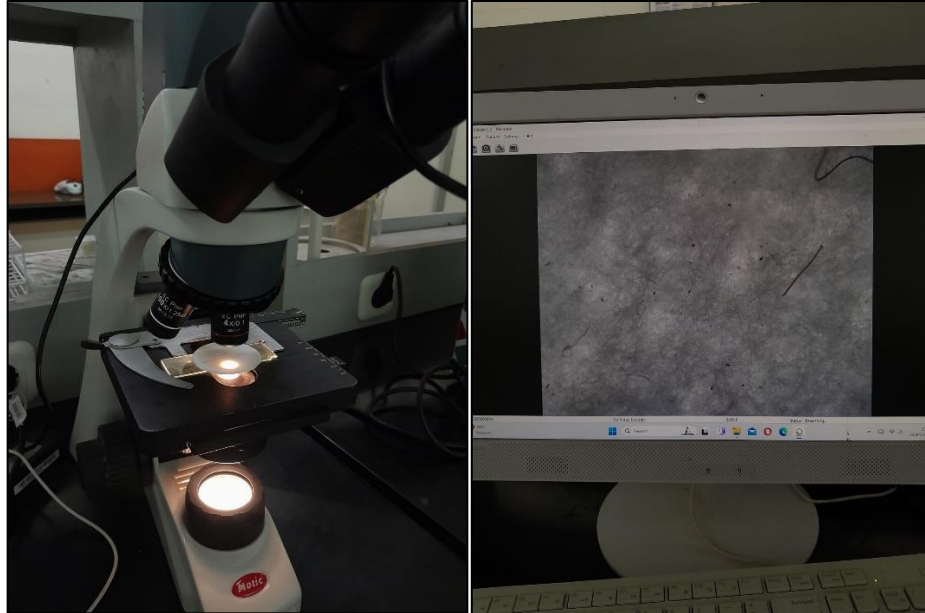
3.4.2 Analisis Sampel Mikroplastik di Tanah

Analisis sampel dilakukan setelah melalui proses preparasi sebelumnya, pengujian sampel akan dilakukan analisa sampel menggunakan beberapa alat, seperti Mikroskop, *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan pengujian logam dengan *Atomic Absorption Spectrofotometry* (AAS). Pengujian sampel menggunakan alat – alat ini berfungsi untuk melihat kandungan mikroplastik pada sampel berdasarkan jumlah, karakteristik fisik, dan gugus fungsinya. Selain itu, juga untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang terdapat pada sampel.

1. Mikroskop

Analisis sampel menggunakan mikroskop dilakukan dengan meletakkan sampel diatas kaca preparat dan mengatur perbesaran mikroskop mulai dari 4x, 10x, 40x dan 100x. Kemudian, fokus diatur agar dapat melihat sampel dengan jelas. Sampel dilihat dan diamati disesuaikan dengan kuadran yang telah digambar pada sampel. Hasil pengamatan

menggunakan mikroskop dapat berupa jumlah, jenis dan warna mikroplastik.



Gambar 3.9 Analisis Sampel dengan Mikroskop

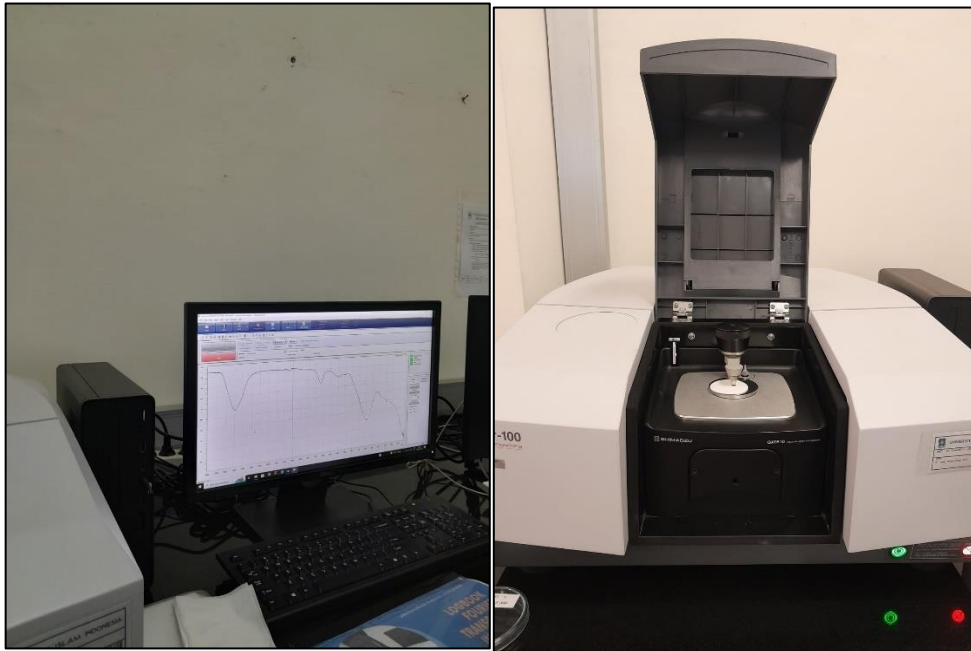
2. *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)*

Pengamatan sampel menggunakan FT-IR bertujuan untuk mengetahui unsur kimia yang terkandung pada mikroplastik. Penggunaan FT-IR dimulai dari menempatkan sampel ke dalam *Sample Compartement*. Kemudian, detektor pada FT-IR diputar hingga menempel pada sampel. Setelahnya, sampel dibaca melalui sinar inframerah yang ditransmisikan dari permukaan sampel. Sinar yang dipantulkan akan menuju detektor untuk pengukuran akhir dan mengubah sinar menjadi sinyal listrik yang dapat direkam oleh recorder. Hasil pengukuran FT-IR dapat berupa grafik intensitas (Pambudi dkk., 2017). Setelah diperoleh hasil FT-IR yang berupa grafik peak, maka dilakukan penyamaan dengan peak acuan dari penelitian Veerasingam dkk (2021) seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Acuan Peak Hasil FT-IR

No	Jenis Polimer	Characteristic Peaks (cm ⁻¹)	Assignment
1	Nylon	3298	N-H stretching

No	Jenis Polimer	Characteristic Peaks (cm ⁻¹)	Assignment
		2932 2858 1634 1538 1464 1372 1274 1199 687	CH stretching CH stretching C = O stretching NH bending, C-N bending CH ₂ bending CH ₂ bending NH bending, C-N stretching CH ₂ bending NH bending, C=O bending
2	Polypropylene	2950 2915 2838 1455 1377 1166 997 972 840 808	C-H stretching C-H stretching C-H stretching CH ₂ bending CH ₂ bending CH bending, CH ₃ rocking C-C stretching CH ₃ rocking, CH ₃ bending CH bending CH ₃ rocking, C-C stretching, CH ₂ rocking, C-CH ₃ stretching CH ₂ rocking, C-C stretching, C-CH stretching
3	Polystyrene	3024 2847 1601 1492 1451 1027 694 537	Aromatic C-H stretching C-H stretching Aromatic ring stretching Aromatic ring stretching CH ₂ bending Aromatic CH bending Aromatic CH out-of-plane bending Aromatic ring out-of-plane bending
4	Low Density Polyethylene (LDPE)	2915 2845 1467 1462 1377 730 717	C-H stretching C-H stretching CH ₂ bending CH ₂ bending CH ₂ bending CH ₂ rocking CH ₂ rocking
5	Polyvinyl Chloride (PVC)	1427 1331 1255 1099 966 616	CH ₂ bending CH bending CH bending C-C stretching CH ₂ rocking C-Cl stretching

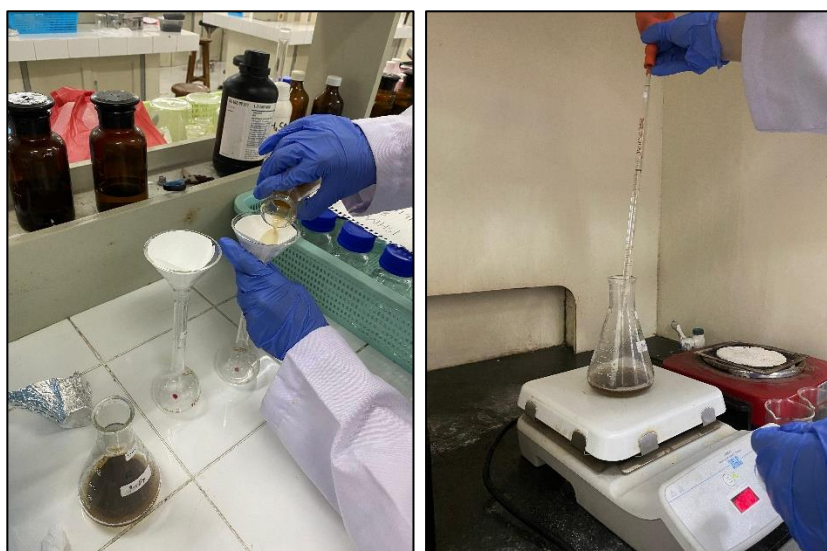


Gambar 3.10 Analisis Jenis Polimer Mikroplastik dengan FT-IR

3.4.3 Pengujian Logam Berat

Untuk sampel penentuan kadar logam berat di tanah atau sedimen berdasar pada SNI 06-6992.4-2004. Tahapan pertama adalah sebanyak 5 gram sampel yang telah homogen dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 mL. Ditambahkan dengan 25 mL akuades kemudian diaduk dengan batang pengaduk. Selanjutnya, tambahkan 5-10 mL HNO_3 pekat dan diaduk hingga bercampur rata. Kemudian dipanaskan pada suhu 105-120 °C. Larutan dipanaskan sampai volume sampel tersisa 10 mL, kemudian diangkat dan didinginkan. Larutan selanjutnya ditambahi dengan 5 mL HNO_3 pekat dan 1-3 mL HClO_4 tetes demi tetes lalu dipanaskan kembali. Apabila timbul asap putih, pemanasan dilanjutkan selama ± 30 menit. Sampel kemudian didinginkan dan disaring dengan kertas saring whatman 40 (pori 8,0 μm) secara kuantitatif. Filtrat sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades sampai tepat tanda batas. Sampel siap diukur dengan spektrofotometer serapan atom (Marlinda et al., 2020).

Untuk sampel logam yang terabsorpsi pada mikroplastik dilakukan menggunakan proses yang sama seperti proses penentuan kadar logam di tanah atau sedimen. Dimulai dari sampel kertas saring mikroplastik digunting menjadi kecil dan dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 mL, lalu ditambahkan 5-10 mL HNO_3 pekat dan diaduk hingga bercampur kemudian dipanaskan pada suhu 105-120 °C. Larutan dipanaskan sampai volume sampel tersisa 10 mL, kemudian ditambahi dengan 5 mL HNO_3 pekat dan 1-3 mL HClO_4 tetes demi tetes lalu dipanaskan kembali. Apabila timbul asap putih, pemanasan dilanjutkan. Kemudian sampel didinginkan dan disaring dengan kertas saring whatman 40 secara kuantitatif. Filtrat sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades sampai tepat tanda batas (Palupi, 2023).



Gambar 3.11 Proses Destruksi Logam Berat

3.4.4 Analisis Sampel Logam Berat dengan SSA

Prosedur cara kerja pada penelitian untuk analisis konsentrasi logam menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada tahap pembacaan konsentrasi logam pada sampel. Karena logam yang akan dianalisis konsentrasinya meliputi logam Cd dan Cr, maka terdapat sedikit perbedaan dalam pembacaan menggunakan alat SSA. Perbedaan antara pembacaan logam berat tersebut hanya terdapat pada panjang gelombang yang dipakai tiap logam berat yang akan

dianalisis menggunakan SSA. Untuk panjang gelombang Cd dengan panjang gelombang 228,8 nm, dan untuk pengukuran Cr menggunakan panjang gelombang 357,9 nm. Karena pada dasarnya prinsip dari cara kerja SSA adalah menembakkan cahaya dari lampu katoda dengan panjang gelombang yang ditentukan, yang kemudian akan diserap oleh atom logam.



Gambar 3.12 Analisis Kandungan Logam Berat dengan SSA

3.5 Analisis Data

Hasil pengamatan akan dianalisis secara deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan dengan mendeskripsikan keberadaan dan kelimpahan mikroplastik berdasarkan jenis, warna, jumlah mikroplastik dan jenis polimer mikroplastik menggunakan instrumen FTIR pada masing-masing lokasi. Data yang akan disajikan berupa grafik dari jumlah, bentuk, warna dan jenis polimer. Rumus perhitungan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & \text{Jumlah Mikroplastik} \left(\frac{\text{Partikel}}{100\text{gr Sedimen Kering}} \right) \\ &= \frac{\text{Jumlah Mikroplastik pada Sedimen (Partikel)}}{100\text{gr Sedimen Kering (gram)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Kelimpahan Mikroplastik} \left(\frac{\text{Partikel}}{\text{kg}} \right) \\ &= \frac{\text{Jumlah Mikroplastik pada Sedimen (Partikel)}}{100 \text{ gr Sedimen Kering (gram)}} \end{aligned}$$

Selain itu, warna dan jenis mikroplastik yang beragam dapat dianalisis dengan melakukan perhitungan presentase jenis dan warna dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Jumlah Partikel atau Warna (Partikel)}}{\text{Jumlah Keseluruhan Partikel Jenis atau Warna (Partikel)}} \times 100\%$$

Untuk menganalisis kandungan logam berat perlu dilakukan analisis data menggunakan alat SSA yang bertujuan untuk mengukur kandungan logam berat. Hasil dari pengujian tersebut akan dibuat menjadi kurva kalibrasi sehingga mendapatkan persamaan garis regresi dimana perhitungan konsentrasi dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{konsentrasi logam} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = C \times fp$$

Keterangan:

C = konsentrasi yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

fp = faktor pengenceran

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Wilayah Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan pada 10 titik lahan pertanian sepanjang Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sungai Code memiliki Panjang keseluruhan sebesar 41 Kilometer dengan melintasi tiga Kabupaten/Kota, diantaranya adalah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul (BPLH, 2014). Selain dimanfaatkan sebagai sumber air kebutuhan sehari-hari, Sungai Code juga dapat memenuhi kebutuhan Masyarakat khususnya petani sebagai sumber air untuk irigasi pertanian pada lahan yang berlokasi disekitar Sungai (Askar Khalid, 2014). Berdasarkan Gambar 3.2 Lokasi pengambilan sampel sudah dibagi sesuai dengan tata guna lahan dimulai dari zona hulu, tengah, serta hilir. Pada lokasi tersebut jenis sampel yang diambil berupa tanah pertanian atau perkebunan.

Tabel 4.1 Deskripsi Wilayah Pengambilan Sampel

Titik Sampel	Dokumentasi	Deskripsi Lokasi
1		- Dikelilingi oleh pemukiman warga. - Dekat dengan peternakan ayam, warung makan dan pabrik pembuatan sarung tangan. - Tanaman yang ditanam hanya padi saja - Penggunaan pupuk dan pestisida digunakan selama 20 hari sekali - Dalam setahun dilakukan 2 kali penanaman padi - Sumber air untuk mengairi sawah berasal dari Sungai Code.

Titik Sampel	Dokumentasi	Deskripsi Lokasi
2		- Dekat dengan pemukiman warga dan fasilitas Pendidikan. - Petani yang memiliki lahan pertanian titik 2 ini memproduksi pupuk sendiri disebuah gudang dekat dengan lahan pertanian. - Jenis tanaman yang ditanam adalah cabe, padi, ketela dan singkong. - Waktu tanam yang diperlukan bervariasi tergantung pada jenis tanaman yang ditanam saat itu, namun dalam setahun bisa dilakukan 3 kali penanaman. - Penggunaan pupuk dan pestisida pada titik 2 digunakan hanya seperlunya.
3		- Lahan perkebunan jambu. - Penggunaan pupuk setiap 6 bulan sekali dan pestida sangat minim digunakan karena hanya seperlunya. - Waktu tanam yang diperlukan sekitar 5 bulan, dan penanaman dilakukan sepanjang tahun. - Sumber air yang mengairi berasal dari Sungai Code dan air sumur. - Titik pengambilan sampel ini dekat dengan pemukiman warga.

Titik Sampel	Dokumentasi	Deskripsi Lokasi
4		- Pemukiman yang sangat padat. - Jenis tanaman yang ditanam hanya padi. - Penggunaan pupuk hanya 1 kali dalam sekali tanam sementara pestisida diperlukan apabila terdapat hama tanaman. - Diperlukan waktu selama 4 bulan hingga panen, tanaman ditanam sebanyak 2 kali dalam setahun. - Sumber air berasal dari Sungai Code.
5		- Titik pengambilan sampel tepat disamping rumah warga karena merupakan lahan pertanian milik pribadi. - Terdapat pemukiman warga yang sangat padat dengan akses jalan sangat kecil. - Jenis tanaman hanya padi. - Penggunaan pestisida seperlunya saja dan pupuk digunakan 2 kali dalam sekali tanam. - Waktu tanam yang diperlukan selama 4 bulan dan dilakukan penanaman 2 kali dalam setahun. - Sumber air berasal dari Sungai Code.

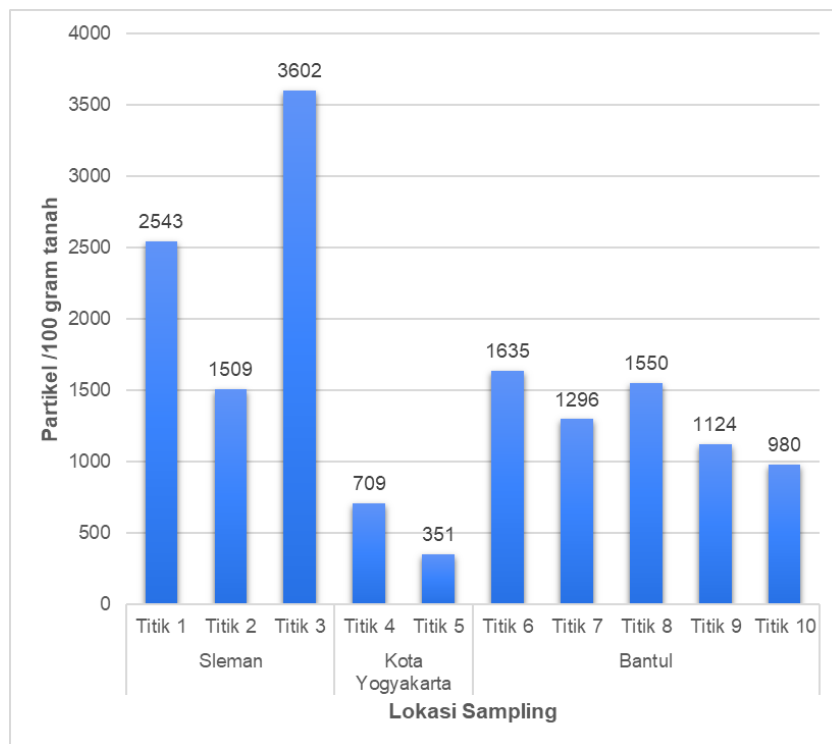
Titik Sampel	Dokumentasi	Deskripsi Lokasi
6		- Dekat dengan pemukiman warga dan tempat pemancingan. - Lingkungan pemukiman warga cukup bersih tetapi air untuk pengairan lahan pertanian terlihat keruh. - Air yang digunakan berasal dari Sungai Code. - Jenis tanaman yang ditanam adalah padi dengan lama waktu tanam selama 3 bulan 10 hari. - Penanaman dilakukan selama 3 kali. - Untuk penggunaan pupuk digunakan selama 2 kali dalam sekali tanam, sementara penggunaan pestisida hanya jika dibutuhkan.
Titik 7		- Merupakan lahan pertanian yang sangat luas dan berada jauh dari pemukiman warga. - Aliran irigasi yang mengalir juga cukup baik dan berasal dari Sungai Code. - Tanaman hanya berupa padi. - Penggunaan pupuk dalam sekali tanam adalah 2 kali dan penggunaan pestisida hanya jika diperlukan. - Dalam setahun dilakukan 2 kali penanaman untuk padi dan waktu tanam yang diperlukan berkisar 90-100 hari.

Titik Sampel	Dokumentasi	Deskripsi Lokasi
8		- Dominan padi dengan waktu tanaman selama 3 sampai 4 bulan. - Dalam setahun dilakukan 2 kali penanaman. - Penggunaan pestisida hanya menggunakan seperlunya apabila terjadi hama tanaman, sementara pupuk digunakan 2 kali dalam sekali tanam. - Air untuk mengairi lokasi sampling berasal dari Sungai Code.
9		- Berada dekat dengan pemukiman warga. - Tanaman adalah padi dengan waktu tanam selama 4 bulan dan dalam setahun penanaman dilakukan sebanyak 2 kali. - Sumber air yang mengairi berasal dari Sungai Code. - Penggunaan pupuk urea dilakukan sebanyak 2 kali sementara pupuk gabungan hanya sekali. Penggunaan pestisida hanya seperlunya.

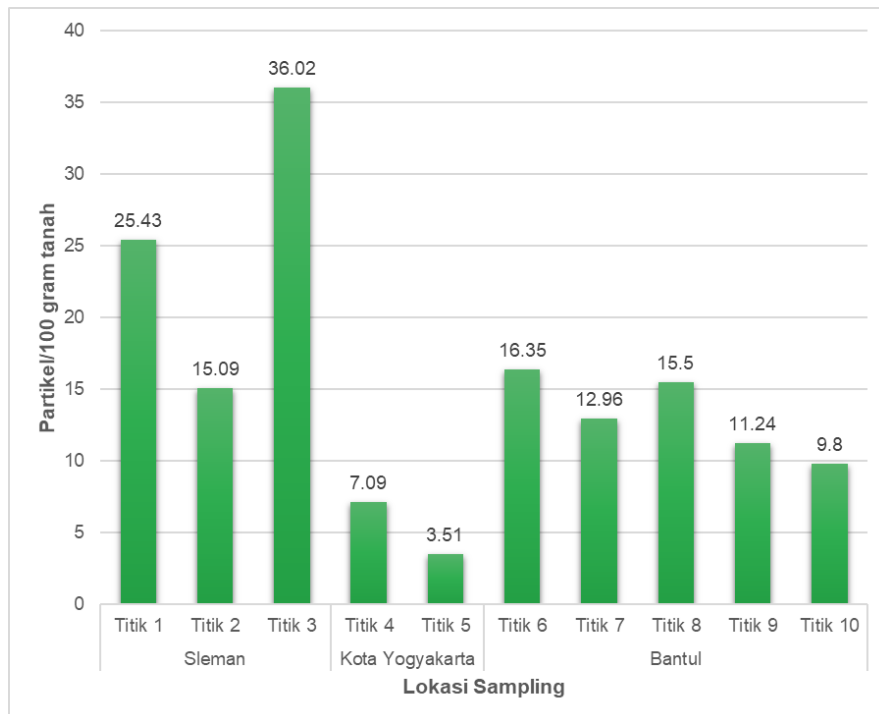
Titik Sampel	Dokumentasi	Deskripsi Lokasi
10		- Lahan pertanian pada titik ini cukup luas dan dekat dengan Sungai Code sebagai sumber pengairan. - Lokasi ini dekat dengan Museum Tani Jawa Indonesia. - Tanaman yang ditanam adalah padi - Penggunaan pupuk dalam sekali tanam 2 kali dan pestisida seperlunya. - Waktu tanam selama 4 bulan atau 120 hari. - Dalam setahun dilakukan penanaman sebanyak 2 kali.

4.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah dan Kelimpahan

Berikut merupakan hasil pengamatan dan perhitungan mikroplastik pada tanah pertanian yang menunjukkan hasil pada setiap titik pengambilan sampel ditunjukkan pada (Gambar 4.1) dan (Gambar 4.2).



Gambar 4.1 Grafik Mikroplastik Berdasarkan Jumlah



Gambar 4.2 Grafik Kelimpahan Mikroplastik

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa hampir diseluruh titik sampling sudah tercemar oleh mikroplastik. Terdapat kenaikan dan penurunan jumlah mikroplastik pada setiap titik pengambilan sampel. Hal ini dikarenakan perbedaan luas lahan pertanian, aktivitas masyarakat maupun petani yang berbeda pada setiap titik. Jumlah mikroplastik pada titik 3 sangat tinggi dibandingkan dengan titik 1 dan 2. Hal ini karena lokasi pengambilan sampel pada titik 3 merupakan perkebunan jambu yang menggunakan plastik dalam proses bercocok tanam. Selain itu, titik ini sudah dekat dengan daerah perkotaan sehingga pemukiman sekitar mulai padat. Sementara titik 4 dan 5 memiliki jumlah mikroplastik cenderung sedikit dibanding titik lainnya karena titik tersebut berada di daerah perkotaan dengan luas lahan pertanian tidak terlalu besar dan tidak adanya penggunaan mulsa plastik pada proses bercocok tanam. Sementara titik 6 dan 8 yang berada di Kab. Bantul adalah titik dengan jumlah mikroplastik terbanyak dibandingkan titik 7, 9 dan 10. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas yang dekat pada lahan pertanian, Titik 6 dan 8 sangat dekat dengan pemukiman warga dan memiliki luas lahan pertanian besar karena berada di pinggiran kota.

Sementara Gambar 4.2 menjelaskan bahwa kelimpahan mikroplastik pada sampel tanah yang paling tinggi adalah Titik 3 sebesar 36,02 partikel/100 gr sampel tanah. Sedangkan kelimpahan mikroplastik pada sampel tanah yang paling rendah adalah Titik 5, yaitu sebesar 3,51 partikel/100 gr sampel tanah. Perbedaan kelimpahan mikroplastik yang ditemukan berkaitan dengan jenis penggunaan lahan dan sumber mikroplastik di lokasi pengambilan sampel.

Salah satu sumber mikroplastik berasal dari limbah atau sampah dari sisa penggunaan pupuk yang tidak diolah dengan baik. Berdasarkan hasil wawancara dan observasi rata-rata sampah pada lahan pertanian hanya ditumpuk kemudian dibakar. Sementara itu, penggunaan pupuk seperti pupuk urea, NPK, KCL dan kompos organik menggunakan wadah atau karung berbahan kertas atau plastik.



Gambar 4.3 Contoh Pupuk Yang Digunakan



Gambar 4.4 Penumpukan Sampah di Lahan Pertanian

Selain penggunaan pupuk yang menjadi limbah atau sampah penghasil mikroplastik. Air irigasi merupakan salah satu sumber masuknya mikroplastik pada lahan pertanian disetiap titik sampling. Air irigasi yang mengandung mikroplastik akan langsung masuk ke dalam tanah. Salah satunya air permukaan, terutama dari sungai yang juga merupakan sumber air irigasi utam untuk lahan pertanian (Yan dan Yang, 2023). Rata-rata air irigasi yang digunakan untuk mengairi lahan pertanian di titik sampling berasal dari Sungai Code, karena letak lahan pertanian yang memang berada dekat dengan sungai. Penelitian yang dilakukan oleh

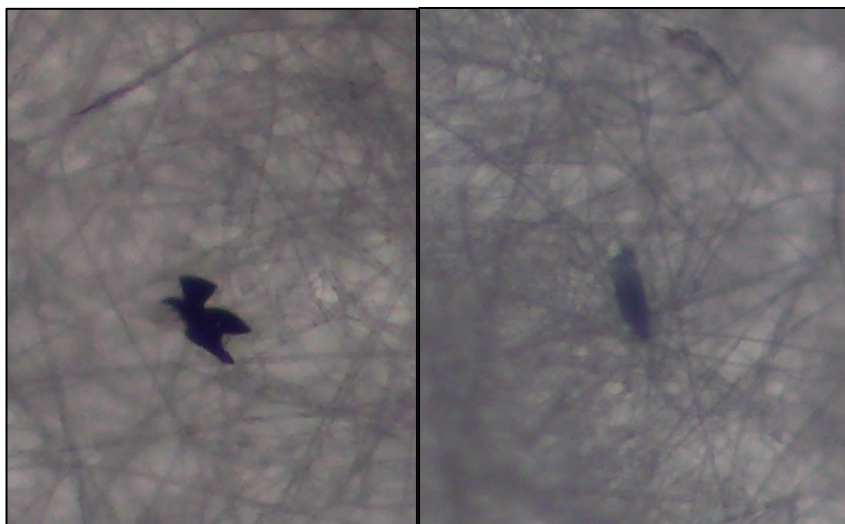
Syachbudi (2020) menyimpulkan bahwa ditemukan mikroplastik pada sampel air yang berasal dari Sungai Code. Sehingga, Sungai Code yang dekat dengan lahan pertanian memiliki potensi sebagai salah satu pencemar mikroplastik dari penggunaan air irigasi.

4.3 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Berdasarkan dari hasil pengamatan yang dilakukan, diketahui bahwa jenis mikroplastik yang ditemukan adalah sebagai berikut.

1. Fragmen

Mikroplastik jenis fragmen adalah bentuk mikroplastik yang terbentuk dari produk berbahan plastik yang berusia lama dan telah mengalami pecahan dari benda-benda plastik yang lebih besar, seperti botol plastik, kantong plastik, wadah makanan, dan alat transportasi. Bentuk ini dapat berasal dari berbagai sumber seperti limbah domestik dan industri, serta produk berbahan sintetis seperti tali, jaring dan kain sintetis (Ambarsari & Anggiani, 2022).



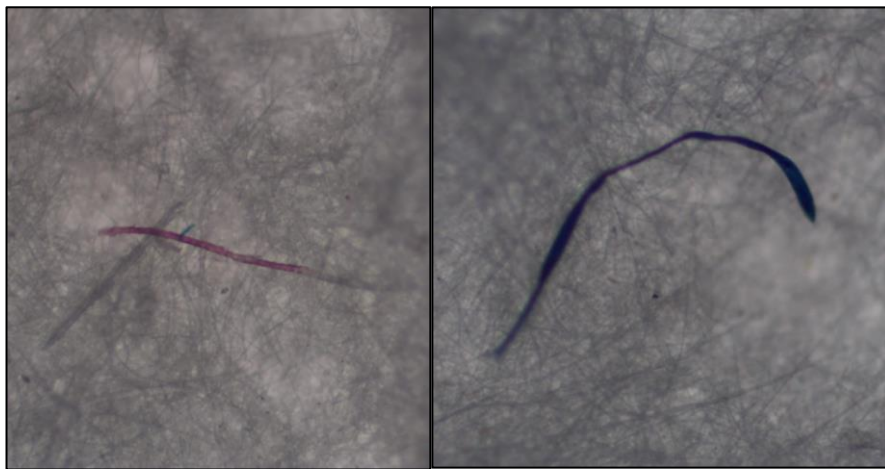
Gambar 4.5 Mikroplastik Jenis Fragmen

Pada Gambar 4.5 diatas, terlihat mikroplastik dengan jenis fragmen memiliki bentuk yang tidak beraturan dan warna yang pekat. Fragmen yang ditemukan pada penelitian ini berasal dari kegiatan bertani menggunakan tali atau jaring dan aktivitas masyarakat sekitar yang memungkinkan

menghasilkan sampah plastik sehingga plastik terdegradasi menjadi mikroplastik kemudian masuk ke dalam tanah pertanian.

2. Fiber

Jenis fiber merupakan mikroplastik yang terbuat dari bahan plastik yang digunakan dalam tekstil seperti pakaian, karpet dan peralatan rumah tangga. Serat yang dimilikinya dapat terlepas dari produk sehingga tercemar ke lingkungan (Geyer, 2017).

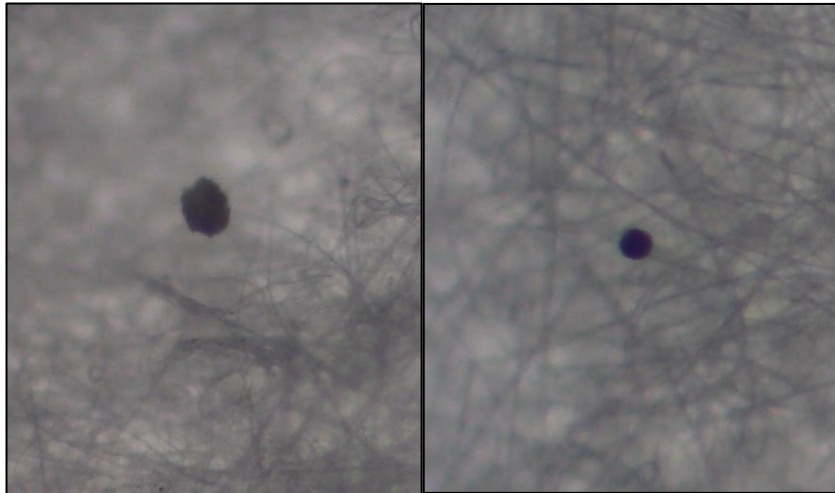


Gambar 4.6 Mikroplastik Jenis Fiber

Berdasarkan Gambar 4.6 diatas, terlihat mikroplastik dengan jenis fiber berbentuk memanjang serta berwarna merah muda dan biru. Pada penelitian ini, fiber yang ditemukan berasal dari proses kegiatan bertani seperti penggunaan tali, jaring dan pakaian pada orang-orangan sawah. Fiber ditemukan dalam tanah pertanian karena adanya proses pengendapan.

3. Pelet

Mikroplastik pelet merupakan bentuk awal mikroplastik yang digunakan dalam pembuatan produk plastik. Pelet plastik biasanya digunakan sebagai bahan baku dalam produksi berbagai produk plastik seperti botol, wadah makanan, dan tas belanja. Butiran mikroplastik dapat terlepas selama pengangkutan atau penanganan dan masuk ke lingkungan melalui sungai atau saluran air.

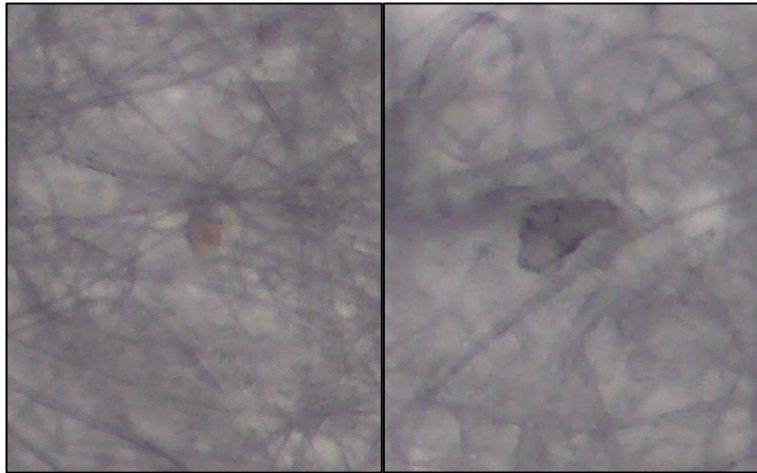


Gambar 4.7 Mikroplastik Jenis Pelet

Pada Gambar 4.7 diatas, Mikroplastik berjenis pelet memiliki bentuk bulat sempurna dan berwarna hitam pekat. Pelet yang ditemukan pada lahan pertanian berasal dari aliran sungai yang berfungsi sebagai irigasi lahan pertanian dan sampah yang dihasilkan selama kegiatan bertani. Selain itu botol dan wadah makanan yang dibuang sembarangan disekitar lahan pertanian menjadi penyebab masuknya mikroplastik jenis pelet ke tanah.

4. Film

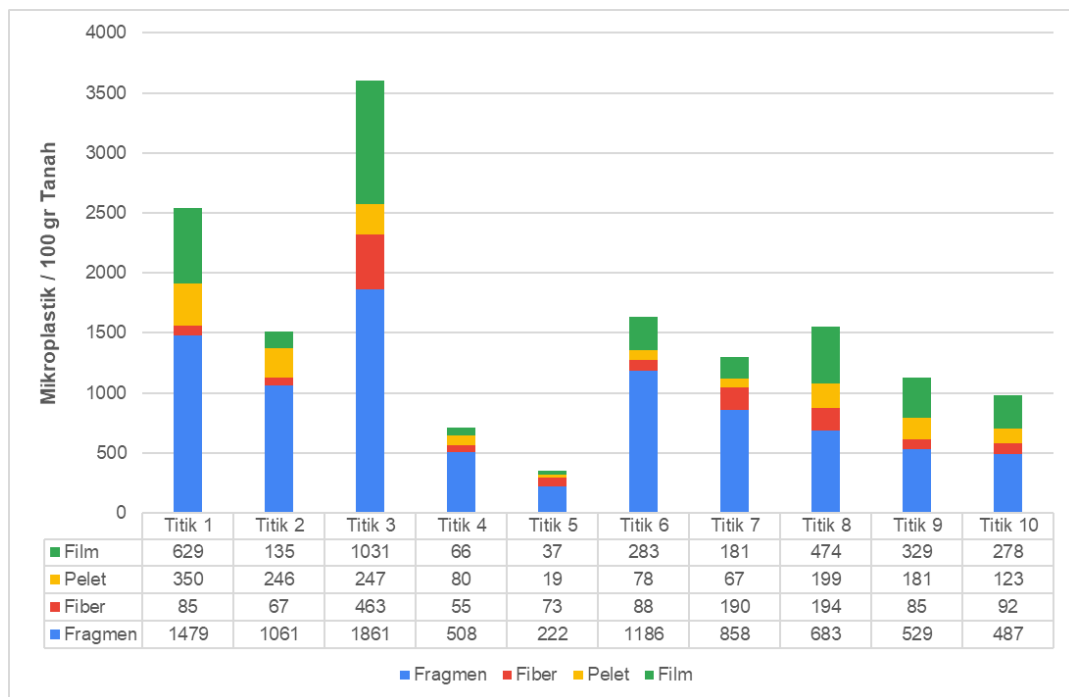
Film adalah salah satu jenis mikroplastik yang bentuknya mirip dengan serpihan atau lembaran plastik, namun memiliki warna yang lebih transparan. Jenis film banyak ditemukan di perairan dan sedimen akibat aktivitas masyarakat seperti penggunaan kantong plastik (Ambarsari & Anggiani, 2022).



Gambar 4.8 Mikroplastik Jenis Film

Pada Gambar 4.8 diatas, dapat dilihat bahwa mikroplastik dengan jenis film yang berwarna kekuningan dan transparan. Jenis flm yang ditemukan pada pengamatan ini berasal dari sampah plastik proses bertani maupun akibat aktivitas masyarakat sekitar lahan pertanian sehingga sampah masuk ke dalam tanah pertanian dan terdegradasi menjadi plastik yang berukuran lebih kecil.

Segala jenis mikroplastik yang terlihat di bawah mikroskop dilakukan perhitungan jenis-jenis mikroplastik. Pengamatan tersebut diklasifikasikan berdasarkan jenis mikroplastik dan lokasi pengambilan sampel dicatat menggunakan grafik kelimpahan mikroplastik berdasarkan jenis. Grafik hasil pengamatan menurut jenis mikroplastik dapat dilihat pada (Gambar 4.9).

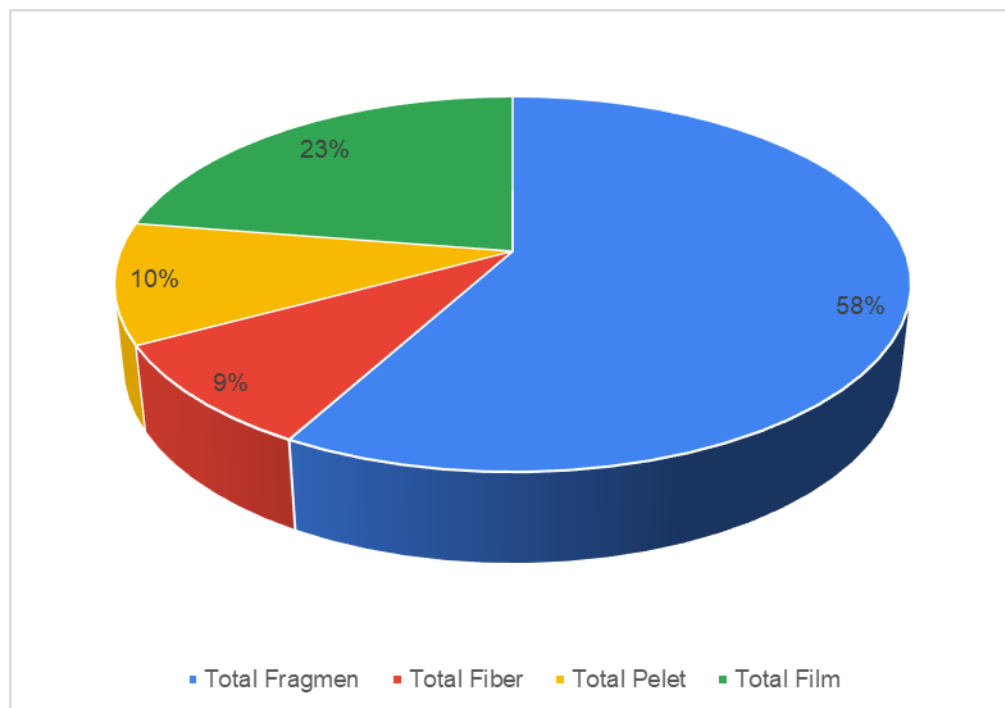


Gambar 4.9 Grafik Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Pada grafik yang ditunjukkan Gambar 4.9 menjelaskan jenis mikroplastik pada setiap titik sampling. Dapat dilihat bahwa di titik 3 merupakan titik yang memiliki jumlah mikroplastik berjenis fragmen paling banyak dibandingkan titik yang lain sehingga menjadikan titik 3 sebagai titik dengan jumlah mikroplastik terbanyak. Titik 3 ini adalah lahan perkebunan jambu yang dalam proses bercocok tanamnya menggunakan plastik, selain itu titik ini dekat dengan pemukiman warga sehingga dipastikan banyak aktivitas masyarakat sekitar yang dapat memicu masuknya mikroplastik pada titik 3. Sementara itu, mikroplastik berjenis film adalah jenis kedua terbanyak yang ditemukan secara merata pada setiap titik. Penyebabnya bisa dari banyaknya sampah kantong plastik yang tidak diolah secara benar oleh para petani dan masyarakat sekitar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Zhang dkk., (2015) menyebutkan bahwa bentuk atau morfologi dari mikroplastik mampu menunjukkan produk asal dari mikroplastik yang telah terdegradasi. Fragmen dan film adalah jenis yang paling banyak ditemukan pada setiap titik sampling karena kedua jenis tersebut mempunyai densitas yang rendah sehingga penyebarannya bisa lebih cepat

(Hidalgo-Ruz dkk., 2012). Selain fragmen dan film, ditemukan juga jenis pelet dan fiber pada setiap titik sampling dengan jumlah yang tidak terlalu banyak. Hal ini disebabkan oleh densitas pelet yang cenderung mudah tenggelam di air sehingga lebih banyak ditemukan di dasar perairan dibandingkan dengan tanah (Elsa dkk., 2019). Sementara fiber cenderung mudah mengapung sehingga lebih banyak ditemukan pada permukaan air (Fauziyah, 2020).

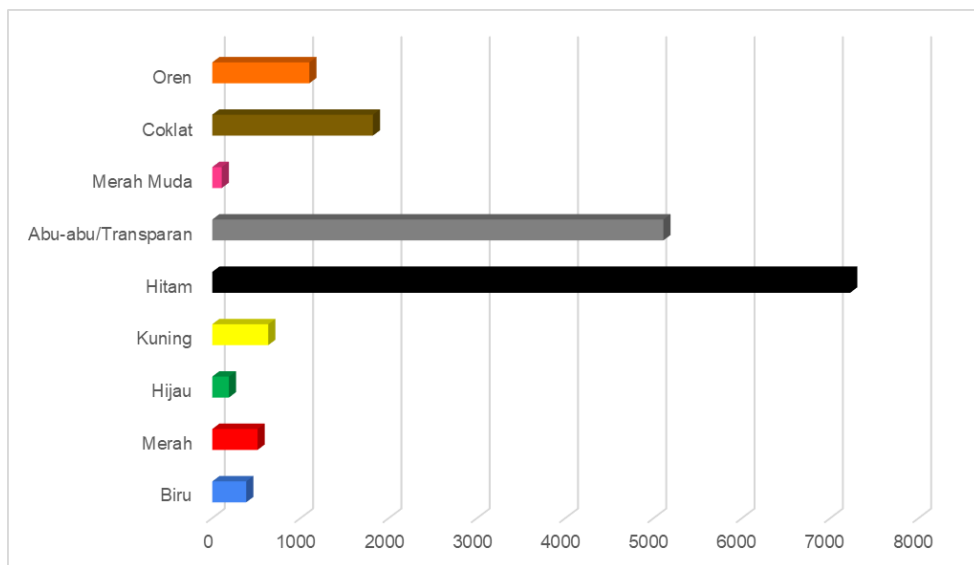


Gambar 4.10 Persentase Mikroplastik Berdasarkan Jenis

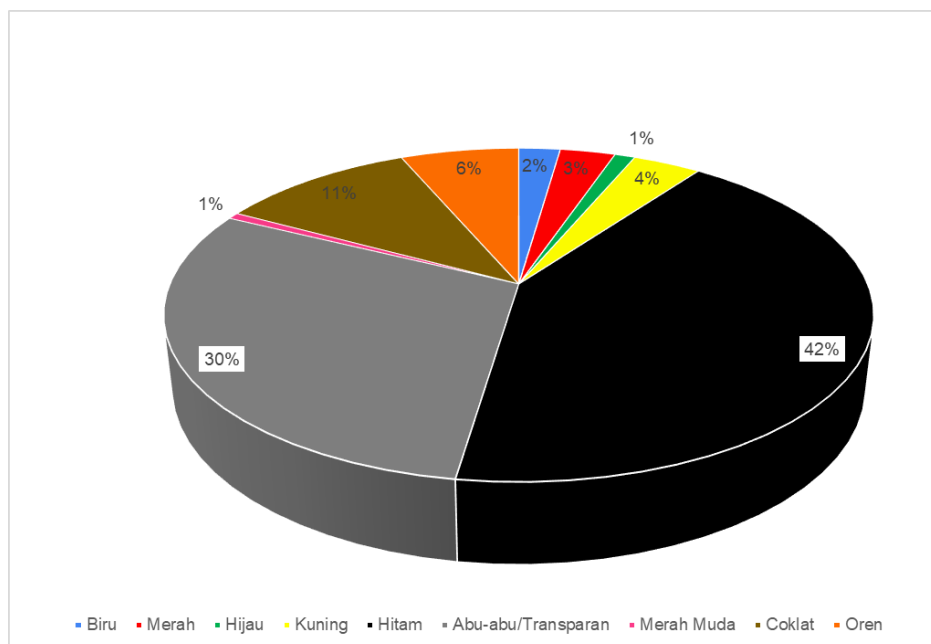
Berdasarkan Gambar 4.10, jumlah jenis mikroplastik pada sampel tanah pertanian yang ditemui adalah Fragmen, Fiber, Pelet dan Film. Mikroplastik berjenis Fragmen adalah jenis mikroplastik terbanyak yang ditemukan pada sampel tanah pertanian dengan persentase sebesar 58%. Selanjutnya, mikroplastik jenis film adalah jenis terbanyak kedua dengan persentase sebesar 23%. Jenis yang paling sedikit adalah jenis pelet sebesar 10% dan fiber sebesar 9%. Berdasarkan penelitian dari Heinze dkk (2024), kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada tanah berdasarkan jenis adalah jenis fragmen yaitu sebesar 86,8% dan yang paling kecil adalah jenis fiber yaitu sebesar 13,2%.

4.4 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Warna

Perhitungan mikroplastik pada setiap titik ditemukan beberapa warna yang ditemui yaitu biru, merah, hijau, kuning, hitam, abu-abu/transparan, merah muda, coklat dan oren. Warna pada mikroplastik yang ditemukan dapat dilihat pada (Gambar 4.11) dan (Gambar 4.12).

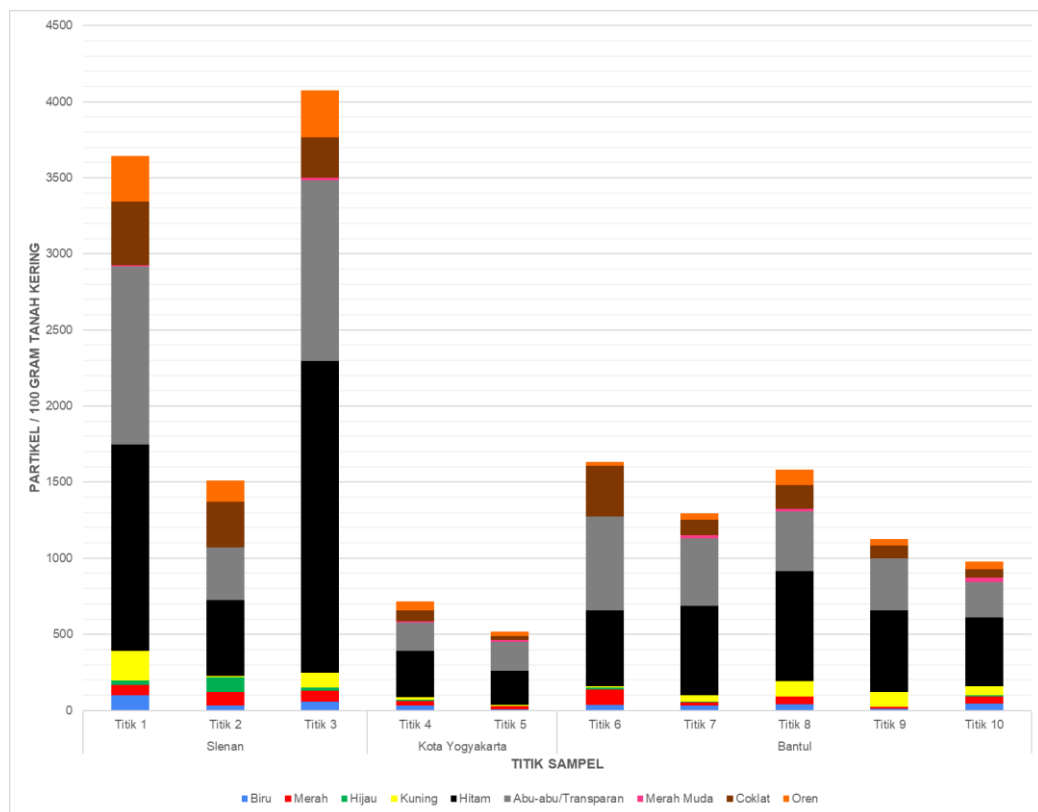


Gambar 4.11 Jumlah Warna Pada Mikroplastik



Gambar 4.12 Persentase MPS Berdasarkan Warna

Dapat dilihat bahwa warna hitam menjadi warna yang paling banyak jumlahnya dibandingkan warna yang lain yaitu sebesar 42% atau sebanyak 7632 partikel, kemudian warna abu-abu/transparan dengan persentase sebesar 29% atau sebanyak 5395 partikel. Kedua warna ini menjadi yang paling mendominasi disetiap titik pengambilan sampel. Sedangkan warna merah muda menjadi warna yang paling sedikit sekitar 1% atau 109 partikel.

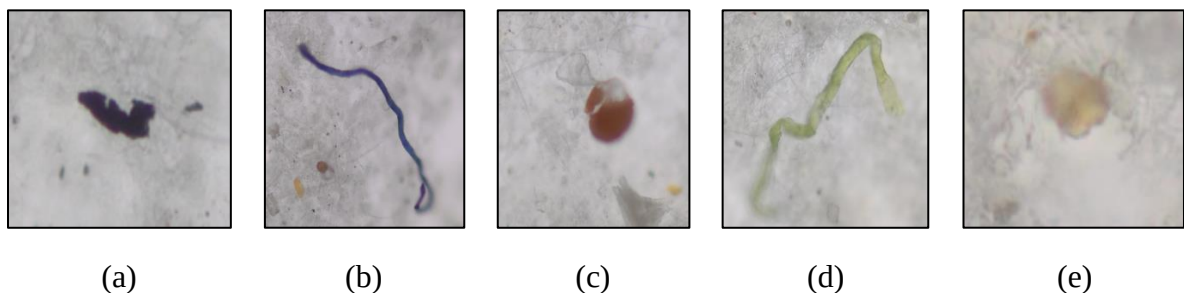


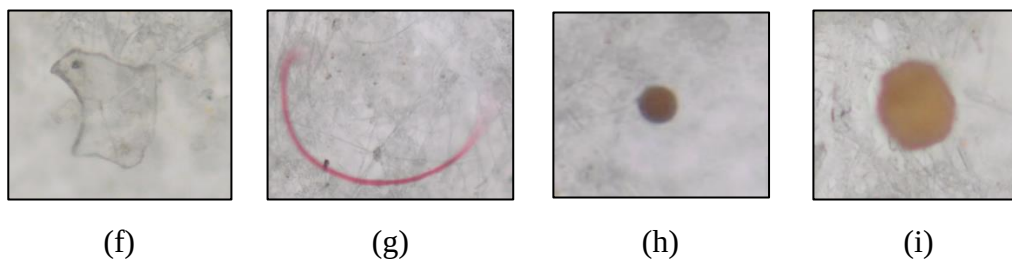
Gambar 4.13 Jumlah Warna di Setiap Titik Sampling

Pada grafik diatas terlihat jumlah warna mikroplastik yang beragam pada setiap titik sampel. Warna pada mikroplastik dapat berbeda karena disebabkan oleh lamanya terpapar oleh radiasi sinar UV, dan banyaknya kontaminan yang terserap pada mikroplastik tersebut (Sarkar dkk., 2020). Warna hitam adalah yang paling umum ditemukan dan jumlahnya banyak. Tingginya serapan mikroplastik hitam terhadap polutan dapat mempengaruhi struktur permukaan mikroplastik tersebut. Mikroplastik berwarna hitam dapat menyerap ion logam dan bahan organik serta

pengotor lainnya dengan baik. Warna mikroplastik bisa disebabkan oleh akumulasi logam berat (Hiwari dkk., 2019). Logam berat yang terkandung didalam plastik juga mempengaruhi warna pada mikroplastik saat mengalami degradasi (Massos & Turner, 2017). Hampir setiap mikroplastik yang ditemui berwarna gelap. Selain warna hitam, warna transparan di setiap titik pengambilan sampel juga cukup banyak. Mikroplastik berwarna transparan berasal dari plastik asal yang baru terdegradasi serta plastik yang sudah lama terdegradasi dan luntur (Ridlo et al., 2020). Selanjutnya, warna yang ditemukan pada masing-masing titik sampling adalah warna cokelat, oren, kuning dan lainnya. Warna merah muda adalah warna yang paling sedikit ditemukan pada setiap titik sampling. Hal ini karena warna merah muda merupakan warna yang tidak umum digunakan dalam proses produksi plastik (Salsabila dkk., 2023). Sebagian besar mikroplastik yang ditemukan berasal dari produk plastik seperti kemasan, botol dan serat tekstil yang cenderung memiliki warna lebih gelap.

Keragaman warna di mikroplastik sendiri disebabkan oleh kombinasi dari keadaan lingkungan, jenis, sumber mikroplastik dan tingkat penggunaan mikroplastik. Sebuah studi yang diterbitkan oleh *Environmental Science & Technology* mengatakan bahwa Indonesia adalah salah satu negara dengan tingkat konsumsi mikroplastik tertinggi di dunia (Rindi S, 2024). Sehingga faktor-faktor yang telah disebutkan memiliki kontribusi pada variasi warna yang terlihat dalam mikroplastik.





Gambar 4.14 Warna pada Mikroplastik

(a) Hitam, (b) Biru, (c) Merah, (d) Hijau, (e) Kuning, (f) Abu/Transparan, (g) Merah Muda, (h) Cokelat, (i) Oren

4.5 Identifikasi Mikroplastik Dengan FT-IR

Analisis karakteristik kimiawi mikroplastik dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometri *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (Spektrofotometri FT-IR). Tujuan dari instrumen ini adalah untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada pada setiap sampel yang diteliti guna memetakan jenis gugus fungsi yang ada pada mikroplastik. Sampel yang telah melalui proses pengamatan mikroskop dinetralkan dengan akuades dan sampel dianalisis dengan spektrofotometri FT-IR. Analisis sampel pada FT-IR ini diamati melalui mikroskop berdasarkan kuadran yang digambar pada kertas saring. Kuadran yang dianalisis dipilih berdasarkan kuadran dengan jumlah mikroplastik terbanyak pada setiap sampel. Berikut dapat dilihat pada (Tabel 4.2) hasil grafik peak dan peak acuan sebagai dasar menentukan jenis polimer sesuai dengan (Tabel 3.3) dari identifikasi menggunakan alat FT-IR.

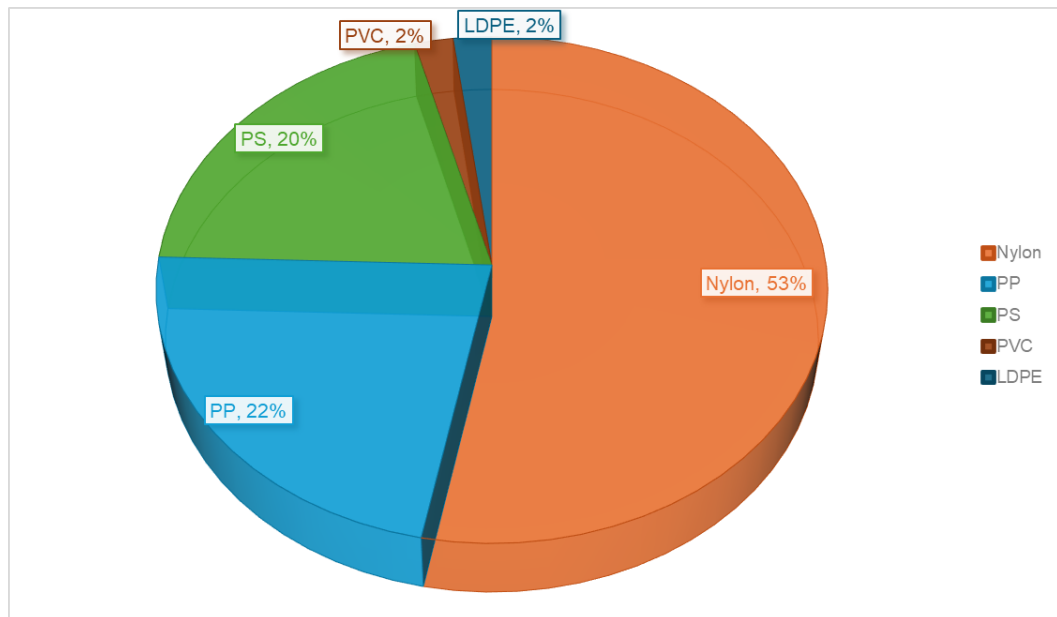
Tabel 4.2 Hasil Jenis Polimer Dengan FTI-R

Titik Sampel	Peak (cm^{-1})	Peak Acuan (cm^{-1})	Dugaan Jenis Polimer
Titik 1	3402,43	3298	Nylon
	3390,86	3298	Nylon

Titik Sampel	Peak (cm ⁻¹)	Peak Acuan (cm ⁻¹)	Dugaan Jenis Polimer
	1635,64	1634	Nylon
	995,27	997	Polypropylene
Titik 2	3387,00	3298	Nylon
	1635,64	1634	Nylon
	987,55	972	Polypropylene
	578,64	537	Polystyrene
	540,07	537	Polystyrene
Titik 3	3387,00	3298	Nylon
	3371,57	3298	Nylon
	1635,64	1634	Nylon
	1029,99	1027	Polystyrene
	783,10	730	Low Density Polyethylene
	528,50	537	Polystyrene
	516,92	537	Polystyrene
	505,35	537	Polystyrene
Titik 4	3390,86	3298	Nylon
	1635,64	1634	Nylon
	1195,87	1199	Nylon

Titik Sampel	Peak (cm ⁻¹)	Peak Acuan (cm ⁻¹)	Dugaan Jenis Polimer
	1145,72	1166	Polypropylene
	999,13	997	Polypropylene
	540,07	537	Polystyrene
Titik 5	1635,64	1634	Nylon
	1396,46	1377	Polypropylene
	987,55	997	Polypropylene
	671,23	687	Nylon
	540,07	537	Polystyrene
Titik 6	3383,14	3298	Nylon
	1635,64	1634	Nylon
	995,27	997	Polypropylene
	663,51	687	Nylon
	532,35	537	Polystyrene
Titik 7	3394,72	3298	Nylon
	3383,14	3298	Nylon
	1635,64	1634	Nylon
	995,72	997	Polypropylene
	509,21	537	Polystyrene

Titik Sampel	Peak (cm ⁻¹)	Peak Acuan (cm ⁻¹)	Dugaan Jenis Polimer
Titik 8	3375,43	3298	Nylon
	1635,64	1634	Nylon
	995,27	997	Polypropylene
Titik 9	3398,57	3298	Nylon
	3383,14	3298	Nylon
	995,27	997	Polypropylene
Titik 10	3394,72	3298	Nylon
	3383,14	3298	Nylon
	1635,64	1634	Nylon
	995,27	997	Polypropylene
	632,65	616	Polyvinyl Chloride (PVC)



Gambar 4.15 Persentase Jenis Polimer Mikroplastik

Pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.15 diatas terlihat bahwa jenis polimer yang ditemukan pada titik 1 hingga titik 10 masing-masing memiliki polimer berbeda. Hal ini karena tiap sampel memiliki jenis polimer yang berbeda, sesuai dengan jenis mikropastik yang terdapat pada kertas saring. Dari hasil analisis terdapat jenis polimer mikroplastik seperti Nylon, Polypropylene (PP), Polyvinyl Chloride (PVC), Polystyrene (PS) dan Low Density Polyethylene (LDPE). Berikut merupakan penjelasan terkait jenis polimer yang ditemukan:

1. Nylon

Nylon merupakan jenis polimer sintetis yang termasuk pada golongan polimer poliamida. Nylon adalah polimer berbentuk serat yang kuat, ringan dan tahan terhadap tegangan sehingga penggunaan nylon sering pada pembuatan tali jaring, tenda, jas hujan, pembuatan serat sintesis, dan lainnya. Hasil analisis FT-IR menunjukkan adanya polimer Nylon dengan rentang puncak serapan antara 3402.43 cm^{-1} dan 663.51 cm^{-1} .

2. Polypropylene

Jenis polimer Polypropylene (PP) pada mikroplastik biasanya ditemukan dalam bentuk fragmen dan fiber (Seprandita dkk, 2022). PP

bersumber dari wadah plastik, botol shampoo, sedotan, tutup botol dan produk rumah tangga (Budiarti E.C, 2021). Hasil analisis FT-IR menunjukkan adanya polimer PP pada puncak serapan 1396.36 cm^{-1} , 1145.72 cm^{-1} , 999.13 cm^{-1} , 995.72 cm^{-1} , 995.27 cm^{-1} , dan 987.55 cm^{-1} .

3. Polyvinyl Chloride

Polyvinyl Chloride atau PVC adalah jenis polimer sintesis. PVC memiliki sifat lunak sehingga digunakan dalam pembuatan selang air, pipa, selaput dan container. Bentuk PVC dapat berupa fragmen, fiber dan pelet (Nur Faujiah dkk, 2022). Polimer PVC ditemukan pada hasil analisis FT-IR pada puncak serapan 632.65 cm^{-1} .

4. Polystyrene

Polystyrene adalah salah satu jenis polimer mikroplastik yang paling banyak ditemukan di lingkungan dari sampah plastik kemasan makanan dan minuman. Selain itu, polystyrene biasa digunakan pada pembuatan *furniture*, pelapis kayu, wadah penyimpanan dan kemasan. Hasil analisis FT-IR menunjukkan adanya polimer PS dengan puncak serapan 1029.99 cm^{-1} , 578.64 cm^{-1} , 540.07 cm^{-1} , 532.35 cm^{-1} , 528.50 cm^{-1} , 516.92 cm^{-1} , 509.21 cm^{-1} , dan 505.35 cm^{-1} .

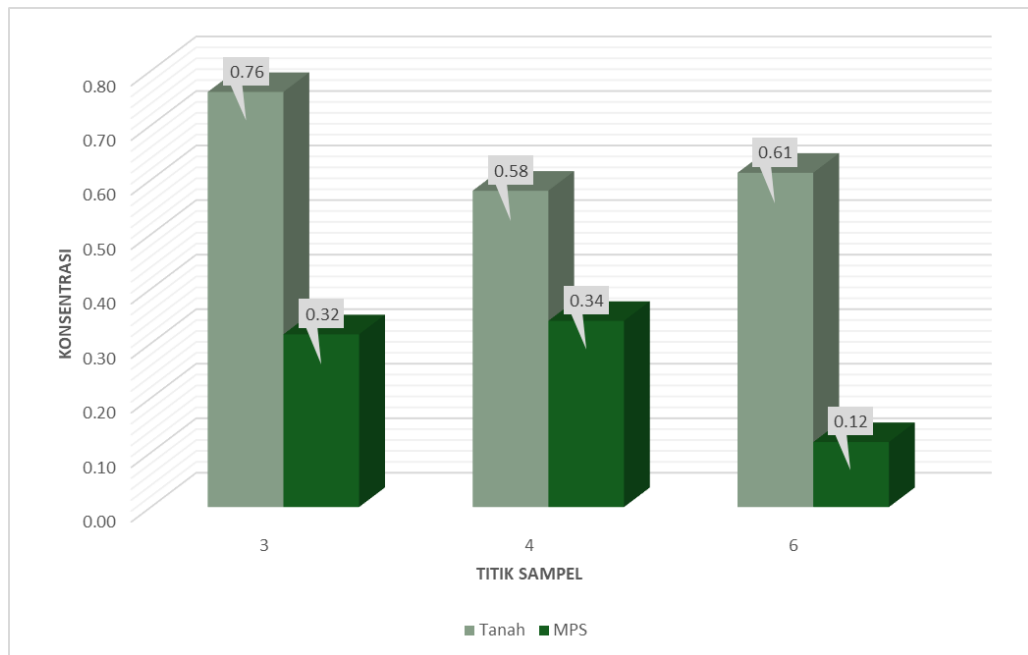
5. Low Density Polyethylene

Low Density Polyethylene (LDPE) adalah jenis polimer mikroplastik yang berasal dari penggunaan kantong plastik dan plastik makanan ringan (Budiarti E.C, 2021). Polimer mikroplastik LDPE ditemukan pada uji FT-IR dengan puncak serapan 783.10 cm^{-1} .

4.6 Identifikasi Kandungan Logam Berat di Tanah dan Mikroplastik

4.6.1 Hasil dan Analisis Logam Kadmium (Cd)

Berikut merupakan hasil pengukuran konsentrasi logam Kadmium (Cd) pada tanah dan sampel mikroplastik di lahan pertanian sepanjang Sungai Code yang tersaji pada (Gambar 4.16).



Gambar 4.16 Konsentrasi Logam Cd pada Tanah dan Sampel Mikroplastik

Berdasarkan grafik konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) diatas, Kandungan logam Cd pada tanah pertanian memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel mikroplastik. Konsentrasi Logam Cd di tanah paling banyak ditemukan pada Titik 3 dengan konsentrasi 0.76 mg/kg dan merupakan perkebunan jambu. Berdasarkan hasil survey dan wawancara oleh para pekerja kebun, jenis pupuk yang digunakan adalah pupuk kandang, urea, dan NPK. Diketahui bahwa pupuk berjenis urea dan NPK adalah pupuk berbahan kimia, pemakaian pupuk kimia secara intensif dan terus menerus akan meningkatkan konsentrasi logam berat dalam tanah, dari hasil survey diketahui bahwa titik 3 melakukan praktik penanaman sepanjang tahun. Penggunaan pestisida juga dilakukan pada titik ini apabila terjadi serangan hama, diketahui jenis pestisida yang dipakai adalah insektisida. Insektisida dapat mengandung logam berat Cd (Winarmadani, 2019).

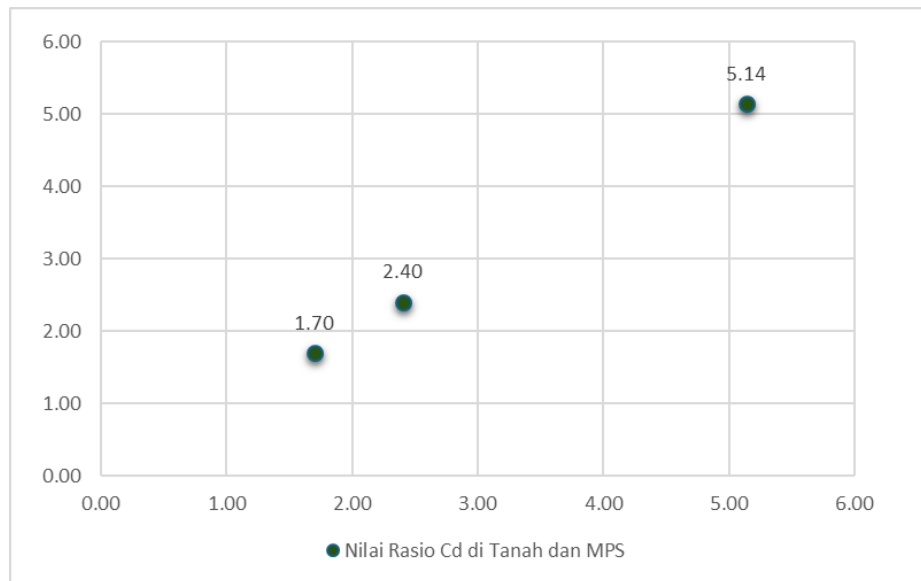
Selanjutnya titik 4 dengan konsentrasi 0.58 mg/kg dan merupakan sawah dengan jenis tanaman padi. Pupuk yang digunakan merupakan urea dan NPK sehingga menjadi salah satu sumber masuknya logam Cd ke dalam tanah pertanian. Diketahui pada titik ini pestisida hanya digunakan ketika muncul hama pada

tanaman. Waktu penanaman dilakukan selama 2 kali dalam setahun sehingga konsentrasi logam berat Cd tidak sebesar pada titik 3. Sementara titik 6 memiliki konsentrasi sebesar 0.61 mg/kg dan jenis tanaman yang ditanam adalah padi. Pada titik ini dilakukan 3 kali penanaman selama setahun dan penggunaan pupuk yang lebih sering dibandingkan dengan titik 4, sehingga konsentrasi logam Cd pada titik ini jika dibandingkan dengan titik 4 lebih tinggi karena waktu penanaman yang lebih banyak sehingga penggunaan pupuk dan pestisida menjadi lebih tinggi.

Hasil konsentrasi untuk sampel mikroplastik ditemukan pada Titik 3 sebesar 0,32 mg/kg. Pada titik 3 mikroplastik hanya berasal dari perkebunan jambu yang menggunakan plastik dalam proses bercocok tanam. Diketahui bahwa jenis polimer dapat menjadi faktor masuknya logam berat ke dalam mikroplastik. Pada titik 3 jenis polimer yang ditemui adalah Nylon, Polystrene dan Low Density Polyethylene yang efektif dalam mengadsorpsi logam berat termasuk logam Cd (Sugandi dkk., 2021). Bentuk mikroplastik fragmen juga banyak pada titik 3, sehingga banyaknya mikroplastik bentuk fragmen menjadi faktor adsorpsi logam Cd ke dalam mikroplastik (Ling Ding dkk., 2019).

Selanjutnya konsentrasi titik 4 sebesar 0.34 mg/kg. Pada titik 4 mikroplastik bersumber dari sampah plastik dan penggunaan terpal untuk menutupi tanah ketika selesai panen. Titik 4 memiliki jenis polimer Nylon dan Polypropylene. Kedua jenis polimer tersebut efektif dalam mengadsorpsi logam Cd pada tanah. Bentuk fragmen juga menjadi bentuk yang mendominasi pada titik ini sehingga sebagai salah satu faktor adanya konsentrasi logam Cd pada titik ini. Sementara itu pada titik 6 diketahui konsentrasi logam berat sebesar 0.12 mg/kg dan menjadikan titik ini sebagai konsentrasi logam Cd terendah. Faktor yang mempengaruhi adalah karakteristik mikroplastik seperti jenis polimer dan bentuk. Jenis polimer pada titik 6 yang ditemui adalah Nylon dan Polypropylene, sementara untuk bentuk yang ditemui terbanyak adalah Fragmen.

Setelah mendapatkan hasil konsentrasi logam di tanah dan mikroplastik, dilakukan perhitungan rasio logam berat dengan membandingkan konsentrasi Logam Cd di tanah dan pada sampel mikroplastik. Hasil perhitungan rasio pada titik 3, 4, dan 6 dapat dilihat pada (Gambar 4.17) berikut.

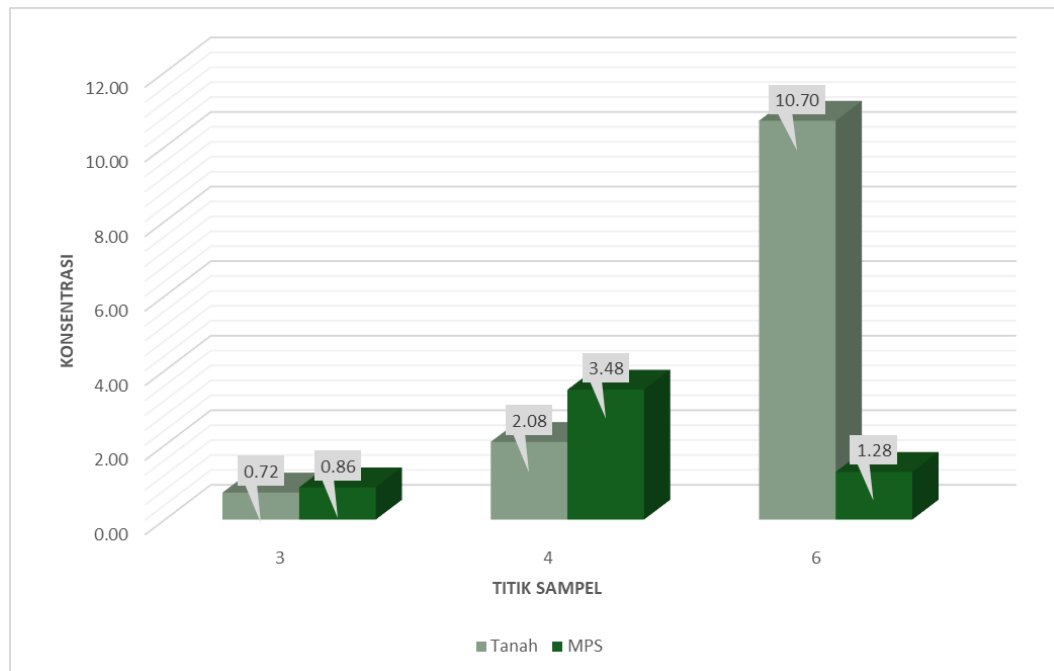


Gambar 4.17 Hasil Rasio Logam Berat Cd

Hasil rasio yang ditampilkan pada Gambar 4.17 bertujuan untuk mengetahui berapa nilai perbandingan antara logam Cd di tanah maupun sampel mikroplastik. Hasil rasio menunjukkan nilai positif dan cukup besar yang berarti logam Cd pada mikroplastik dipengaruhi oleh logam Cd pada tanah. Konsentrasi logam Cd pada setiap titik terlihat bervariasi, selain karena faktor-faktor yang telah disebutkan, terdapat juga faktor lain yang menjadi penyebab bervariasinya konsentrasi logam Cd. Sebaran konsentrasi logam berat seperti Cd dalam tanah bergantung pada proses lain seperti tingkat lalu lintas, penggunaan lahan, jenis vegetasi, jenis tanah, pH, topografi, penggunaan lahan dan curah hujan (Dong dkk., 2021; Rawat dkk., 2019; Aflizar dkk., 2018).

4.6.2 Hasil dan Analisis Logam Kromium (Cr)

Logam Cr adalah salah satu logam berat yang digunakan sebagai bahan baku kegiatan industri seperti penyamakan kulit, pembakaran minyak, dan pewarnaan tekstil (Christian et al., 2019). Hasil perhitungan konsentrasi logam Cr di tanah dapat dilihat pada (Gambar 4.18).



Gambar 4.18 Konsentrasi Logam Cr pada Tanah dan Sampel Mikroplastik

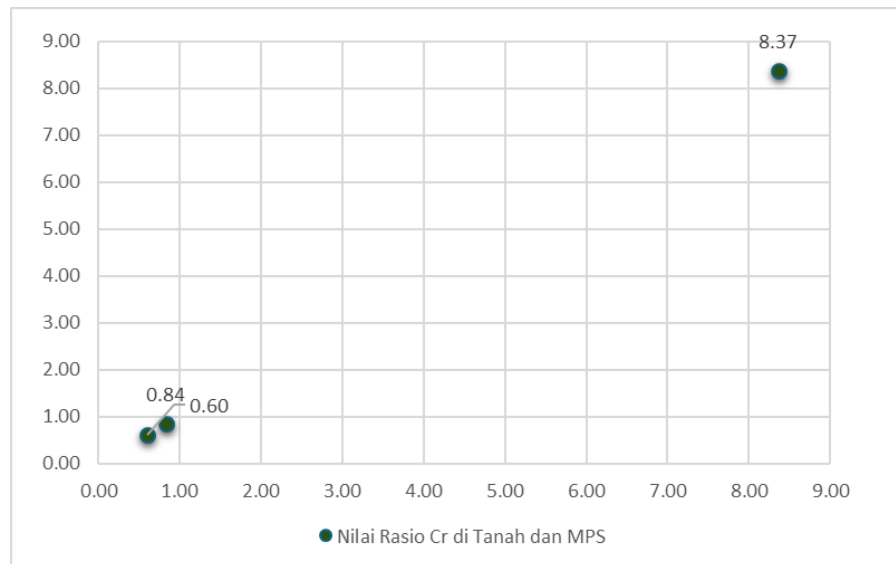
Pada Gambar 4.18 diketahui bahwa kandungan Cr yang ada di dalam tanah secara berturut-turut adalah 0.72 mg/kg, 2.08 mg/kg dan 10.7 mg/kg. Untuk sampel mikroplastik berturut-turut adalah 0.86 mg/kg, 3.48 mg/kg, dan 1.28 mg/kg. Kandungan terbesar Cr pada tanah terdapat di titik 6, sementara kandungan terbesar Cr pada sampel mikroplastik terdapat pada sampel titik 4.

Logam berat Cr masuk ke tanah melalui pupuk dan pestisida yang mengandung Cr. Logam Cr dapat menyebar ke tanah melalui proses aktivitas pada pertanian (Marselius et al., 2021) dan juga penggunaan air irigasi. Cr dalam air irigasi dapat juga menyebar ke tanah melalui proses perkolasi (Rohmawati et al., 2018). Masuknya logam Cr di tanah pertanian kemungkinan besar disebabkan oleh pengairan yang terus menerus dengan air yang terkontaminasi atau unsur hara tanah yang terkumpul (Montazeri et al., 2023). Pada titik 4 dan 6 diketahui pengairan irigasi berasal dari Sungai Code. Berdasarkan penelitian Almira Dianty (2019) menyatakan bahwa air Sungai Code sudah mengalami pencemaran logam kromium dan telah melebihi standar baku mutu lingkungan. Hal ini merupakan penyebab ditemukan konsentrasi logam Cr yang cukup tinggi pada tanah di titik 4 dan 6.

Sementara titik 3 menggunakan air sumur sebagai sumber pengairan perkebunan jambu.

Sementara logam Cr pada mikroplastik selain berasal dari proses absorpsi dari tanah juga bersumber dari sampah plastik atau penggunaan bahan plastik yang menggunakan bahan mengandung Cr. Logam Cr dapat terdapat dalam bahan *additive* yang digunakan dalam proses pembuatan plastik, tetapi tidak sebagai bahan utama dalam proses polimerisasi (Wahyono Hadi et al., 2019). Bahan *additive* ini dapat berupa zat pewarna dalam proses pembuatan plastik dan stabilizer untuk perlindungan plastik dari kerusakan oleh sinar uv, oksidasi dan suhu ekstrim. Penelitian yang dilakukan oleh Yusron dkk. (2021) menjelaskan bahwa jenis mikroplastik fiber dan film lebih efektif dalam mengabsorpsi logam Cr.

Setelah mendapatkan hasil konsentrasi logam di tanah dan mikroplastik, dilakukan perhitungan rasio logam berat dengan membandingkan konsentrasi Logam Cr di tanah dan pada sampel mikroplastik. Hasil perhitungan rasio pada titik 3, 4, dan 6 dapat dilihat pada (Gambar 4.19) berikut.



Gambar 4.19 Hasil Rasio Logam Berat Cr

Hasil rasio menunjukkan nilai positif dengan hasil besar maupun kecil tergantung pada konsentrasi antara tanah dan sampel mikroplastik. Hal ini berarti logam Cr pada mikroplastik dipengaruhi oleh logam Cr pada tanah. Dapat dilihat bahwa konsentrasi setiap titik sangat bervariasi. Hal ini terjadi karena masuknya

logam Cr pada tanah juga dapat berasal dari sumber antropogenik, kotoran hewan yang ditambahkan untuk pemupukan, dan pupuk anorganik (Shan dkk., 2013; Yang dkk., 2020).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah mikroplastik pada titik di Sleman berturut-turut sebesar 2543 partikel/100 gram, 1509 partikel/100 gram dan 3602 partikel/100 gram. Sementara titik di Kota Yogyakarta berturut-turut sebesar 709 partikel/100 gram dan 351 partikel/100 gram. Sementara titik di Bantul berturut-turut sebesar 1635 partikel/100 gram, 1296 partikel/100 gram, 1550 partikel/100 gram, 1124 partikel/100 gram dan 980 partikel/100 gram. Selanjutnya adalah mikroplastik berdasarkan jenis yang ditemukan terbanyak sampai yang tersedikit berturut-turut sebagai berikut, Fragmen sebesar 58%, film sebesar 23%, pelet sebesar 10% dan fiber sebesar 9%. Terakhir adalah mikroplastik berdasarkan warna dengan adalah biru sebesar 2%, merah 3%, hijau 1%, kuning 4%, hitam 42%, abu-abu/transparan 30%, merah muda 1%, coklat 11% dan oren 6%.
2. Jenis polimer mikroplastik yang ada pada tanah lahan pertanian adalah Nylon, Polypropylene (PP), Polyvinyl Chloride (PVC), Polystyrene (PS) dan Low Density Polyethylene (LDPE).
3. Konsentrasi logam berat di sampel mikroplastik lebih rendah dibandingkan konsentrasi logam berat pada tanah.
4. Rerata konsentrasi logam berat yang terdeteksi berturut-turut yaitu $Cr > Cd$.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yaitu untuk lebih memperhatikan penggunaan kertas saring pada pengujian

mikroplastik dan logam berat, sebaiknya menggunakan kertas saring alumina karena kemudahan dalam mengidentifikasi karakteristik fisik mikroplastik dan kemudahannya pada saat destruksi logam. Lebih memperhatikan lagi luas lokasi sampel yang akan diambil serta waktu dan kondisi lapangan ketika pengambilan sampel uji, hal tersebut karena dapat mempengaruhi jumlah, jenis dan warna pada mikroplastik. Selain itu, tanaman yang terdapat pada lahan pertanian lebih diperbanyak jenisnya agar bisa dijadikan perbandingan. Untuk pengujian hubungan antara logam berat di tanah dan mikroplastik, sampel yang diuji sebaiknya lebih banyak agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aflizar, C.I., Alarima, C.I. and Masunaga, T. 2018. Effect of soil erosion and topography on distribution of cadmium (Cd) in Sumani watershed, West Sumatra, Indonesia. MATEC Web Conference vol. 229.
- Almira Dianty, F. (2019). *Analisis Uptake dan Depurasi Logam Kromium (Cr) dan Timbal (Pb) Terhadap Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Menggunakan Air Sungai Code, Yogyakarta Analysis of Uptake and Depuration of Chromium (Cr) and Lead (Pb) Metals on Tilapia (Oreochromis niloticus) Using Code River Water, Yogyakarta.*
- Ambarsari, D. A., & Anggiani, M. (2022). Kajian Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen di Wilayah Perairan Laut Indonesia. *Oseana*, 47(1), 20–28.
- Aryani, D., Hasanah, A. N., Radityani, F. A., Faustine, D., Nuryadin, E., & Azkia, L. I. (2023). Habitus Aquatica Karakteristik mikroplastik pada ikan layang (*Decapterus ruselli*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Pasar Rau , Kota Serang Microplastic characteristics of indian scad (*Decapterus ruselli*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquatic Resources and Fisheries Management*, 4(1), 1–7.
- BPLH. (2014). Laporan SLHD Kota Yogyakarta. Yogyakarta: Pemerintah Kota Yogyakarta.
- B. Long dkk, 2023. Impact of plastic film mulching on microplastic in farmland soils in Guangdong province, China.
- Badan Pusat Statistik Provinsi D.I Yogyakarta. (2023). *Badan Pusat Statistik Yogyakarta Dalam Angka*. lvi + 704 halaman.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. Air dan limbah-bagian 4 : Cara Uji Kadmium (Cd) Secara Destruksi Asam Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Nyala. SNI 06-6992.4-2004. Hal. 3-6.
- Badan Standardisasi Nasional. Cara uji krom total (Cr-T) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) nyala. SNI 06-6989.17-2009
- Browne, M. A. 2015. Sources and Pathways of Microplastics to Habitats. Marine Anthropogenic Litter. Springer International Publishing. 229–244.

- Cao, Y., Zhao, M., Ma, X., Song, Y., Zou, S., Li, H., & Deng, W. (2021). A Critical Review On The Interactions Of Microplastics With Heavy Metals: Mechanism And Their Combined Effect On Organisms And Humans. *Science of The Total Environment*, 788 (1) : 2-8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147620>
- Christian, S., Wahyu Irawati,), Pendidikan, F. I., & Biologi, P. (2019). Uji Resistensi Isolat Khamir yang Diisolasi dari Limbah Industri di Rungkut. *Jurnal Bioeksperimen*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795>
- Cordova, M.R., Hadi, T.A & Prayudha, B. 2018. Occurrence and abundance of microplastics incoral reef sediment: a case study in Sekotong, Lombok-Indonesia. *AES Bioflux*. 10(1):23-19. doi: 10.5281/zenodo.1297719
- Del Real, A.P., Pérez-Sanz, A., García-Gonzalo, P., Castillo-Michel, H., Gismera, M., Lobo, M., 2020. Evaluating Cr behaviour in two different polluted soils: mechanisms and implications for soil functionality. *J. Environ. Manag.* 276, 111073.
- Dewi, T., Handayani, C. O., Hidayah, A., & Sukarjo, S. (2023). Sebaran Konsentrasi Logam Berat Di Lahan Pertanian Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(2), 515–521. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.2.35>
- Dewi, T., Martono, E., Hanudin, E. and Harini, R. 2022. Impact of agrochemicals application on lead and cadmium concentrations in shallot fields and their remediation with biochar, compost, and botanical pesticides. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1109:012050.,doi:10.1088/1755- 1315/1109/1/012050.
- Dong, Y., Liu, S., Sun, Y., Liu, Y. and Wang, F. 2021. Effects of landscape features on the roadside soil heavy metal distribution in a tropical area
- Ekosafitri, K.H., Rustiadi, E. & Yulianda, F. 2015. Pengembangan Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Tengah Berdasarkan Infrastruktur Daerah. *Jurnal Perencanaan dan Pembangunan Wilayah Perdesaan*, 1(2):145-157.
- Elsa, S. P., Fauzi, M., & Adriman. (2019). Type and density of microplastic at the coast area of Manggung Village, Pariaman, West Sumatera Province. *Jurnal Online Mahaiswa Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan*, 6(2), 1–10.

- Fahrudin A, 2018. Pengaruh Jenis Bioaktivator terhadap Laju Dekomposisi Serasah Daun Jati (*Tectona granis* L) di Wilayah Kampus UNHAS. *Jurnal Biologi Makassar*; 3(2): 31-42.
- Fan, P., Yu, H., Xi, B., Tan, W., 2022. A review on the occurrence and influence of biodegradable microplastics in soil ecosystems: are biodegradable plastics substitute or threat? *Environ. Int.* 163, 107244 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107244>.
- Fan, W., Qiu, C., Qu, Q., Hu, X., Mu, L., Gao, Z., & Tang, X. (2023). Sources and identification of microplastics in soils. *Soil & Environmental Health*, 1(2), 100019. <https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100019>
- Fathulloh, M. Z., Minanurrohman, M. R., & Mahmudah, R. (2021). False Solution Plastic Managemen. *Environmentall Pollution Journal*, 1(3), 208–216. <https://ecotonjournal.id/index.php/epj>
- Fauziyah. (2020). Karakteristik Mikroplastik pada Saluran Gastrointestinal Ikan Pelagis dan Demersal di Perairan Laut Tuban, Jawa Timur. 1–121.
- Fitriyah, A., Syafrudin, S., & Sudarno, S. (2022). Identifikasi Karakteristik Fisik Mikroplastik di Sungai Kalimas, Surabaya, Jawa Timur. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 350–357. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.350-357>
- FAO, 2021. Assessment of Agricultural Plastics and Their Sustainability. A Call for Action. Rome.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), el700782
- Grifoni, M., Pellegrino, E., Arrighetti, L., Bronco, S., Pezzarossa, B., & Ercoli, L. (2024). Interactive impacts of microplastics and arsenic on agricultural soil and plant traits. *Science of the Total Environment*, 912(December 2023), 169058. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169058>
- Heinze, W. M., Steinmetz, Z., Klemmensen, N. D. R., Vollertsen, J., & Cornelis, G. (2024). Vertical distribution of microplastics in an agricultural soil after long-term treatment with sewage sludge and mineral fertiliser. *Environmental Pollution*, 356. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124343>

- Hidalgo-Ruz, V., L. Gutow, R.C. Thompson, M. Thiel. 2012. Microplastics In The Marine Environment: A Review Of The Methods Used For Identification And Quantification. *Environmental Science and Technology*, 46 : 3060 - 3075.
- Hindarwati, Y., Soeprbowati, T. R., Izzati, M., & Hadiyanto, H. (2023). Kontaminan Logam Berat (Pb, Cd, dan Cu) pada Tanah dari Pemupukan Berbasis Jerami Padi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 8–14. <https://doi.org/10.14710/jil.21.1.8-14>
- Hiwari, H., Purba, N.P., Ihsan, Y.N., Yuliadi, L.P.S. dan Mulyani, P.G. (2019). Kondisi Sampah Mikroplastik di Permukaan Air Laut Sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Pros Sem Nas Masy Biodiversity Indonesia*, 5(2) : 165-171.
- Huang, D., Wang, X., Yin, L., Chen, S., Tao, J., Zhou, W., Chen, H., Zhang, G., Xiao, R., 2022. Research progress of microplastics in soil-plant system: ecological effects and potential risks. *Sci. Total Environ.* 812, 151487 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151487>.
- Huerta Lwanga, E., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Salanki, ´ T., Van Der Ploeg, M., Besseling, E., Koelmans, A.A., Geissen, A., 2016. Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environ. Sci. Technol.* 50 (5), 2685–2691. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05478>.
- Islami, M. D., Elizal, E., & Siregar, Y. I. (2020). Distribution of Microplastic at Sediments in the Coast of Bungus Bay Padang West Sumatera Province. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 1(1), 7–15. <https://doi.org/10.31258/jocos.1.1.7-15>
- Islam, M. S., Islam, A. R. M. T., Ismail, Z., Ahmed, M. K., Ali, M. M., Kabir, M. H., Ibrahim, K. A., Al-Qthanin, R. N., & Idris, A. M. (2023). Effects of microplastic and heavy metals on coral reefs: A new window for analytical research. Dalam *Heliyon* (Vol. 9, Nomor 11). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22692>
- Ivy, N., Bhattacharya, S., Dey, S., Gupta, K., Dey, A., Sharma, P., 2023. Effects of microplastics and arsenic on plants: interactions, toxicity and environmental implications. *Chemosphere* 338, 139542. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139542>.

- Javed, Q., Sun, J., Rutherford, S., Li, J., Iqbal, B., Xiang, Y., Ren, G., He, F., Pan, L., Bo, Y., Khattak, W.A., Du, D., 2023. Soil pollution and the invasion of congener *Sphagneticola* in crop lands. *J. Environ. Manag.* 340, 118013 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.11801>
- João Frias., Nash, R., Pagter, E., and O'Connor, I. 2018. *Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments*. JPI-Oceans BASEMAN project.
- Li, K., Wang, F., 2023. Global hotspots and trends in interactions of microplastics and heavy metals: a bibliometric analysis and literature review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 30, 93309–93322. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29091-7>.
- Ling, D., Mao, R. Fan., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., Yang, C. 2019. Microplastics in Surface Waters and Sediments of the Wei River, in the Northwest of China. *Science of the Total Environment* 667:427-434.
- Luo, L., Zhou, Q., Zhang, H., Pan, X., Tu, C., Li, L., Yang, J., 2018. Pay attention to research on microplastic pollution in soil for prevention of ecological and food chain risks. *Bull. Chin. Acad. Sci.* 33, 1021–1030.
- Lusher, A. L., Peter H & Jeremy M. (2017). *Microplastics in Fisheries and Aquaculture*. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Lusher, A., Hollman, P. A., & Mendoza-Hill, J. (2017). Microplastics in fisheries and Aquaculture. In *Food and Agriculture Organization of The United Nations*.
- Lusher, A.L., Welden, N.A., Sobral, P. & Cole, M. 2017. Sampling, Isolating, and Identifying Microplastics Ingested by Fish and Invertebrates. *Anal Methods*, 9:1346- 1360. doi: 10.1039/ c6ay02415g
- Lwanga, E. H., van Roshum, I., Munhoz, D. R., Meng, K., Rezaei, M., Goossens, D., Bijsterbosch, J., Alexandre, N., Oosterwijk, J., Krol, M., Peters, P., Geissen, V., & Ritsema, C. (2023). Microplastic appraisal of soil, water, ditch sediment and airborne dust: The case of agricultural systems. *Environmental Pollution*, 316(P1), 120513. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120513>
- Marlinda, A., Elvyra, R., & Budijono. (2020). Kandungan Logam Berat Pb pada Air, Sedimen, Insang, dan Hati Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*) di Danau Lubuk Siam Kecamatan Siak Hulu Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Berkala Perikanan Terubuk*, 48(2), 451–465.

- Marselius, B., Laoli, S., & Kisworo, D. R. (2021). AKUMULASI PENCEMAR KROMIUM (Cr) PADA TANAMAN PADI DI SEPANJANG KAWASAN ALIRAN SUNGAI OPAK, KABUPATEN BANTUL Accumulation of Chrom (Cr) Contaminant in Rice Plant Around The Area Opak River Flow, Bantul Regency. In Biospecies (Vol. 14, Issue 1).
- Massos, A., & Turner, A. (2017). Cadmium, lead and bromine in beached microplastics *. Environmental Pollution, 227, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.034>
- Maulana, A. M. I. (2022). Identifikasi kelimpahan mikroplastik Sungai Batanghari wilayah nipah Panjang kabupaten tanjung jabung timur.
- Meizoso-regueira, T., Fuentes, J., Cusworth, S. J., & Rillig, M. C. (2024). Prediction of future microplastic accumulation in agricultural soils ☆. Environmental Pollution, 359(April), 124587. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124587>
- Montazeri, A., Chahkandi, B., Gheibi, M., Eftekhari, M., Wactawek, S., Behzadian, K., & Campos, L. C. (2023). A novel AI-based approach for modelling the fate, transportation and prediction of chromium in rivers and agricultural crops: A case study in Iran. Ecotoxicology and Environmental Safety, 263. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115269>
- Ng, K.L., Obbard, J.P., 2006. Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. Mar. Pollut. Bull. 52, 761–767. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.11.017>.
- NOAA, Marine Debris Program. 2015. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in The Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments
- Nordberg, G.F., Akesson, A., Nogawa, K., & Noordberg M. (2022). Handbook on the Toxicology of Metals. 5th Ed. Academic Press : Cambridge.
- Nur Faujiah, I., Ira Ryski Wahyuni, D., Kunci, K., Minum Kemasan, A., & Minum Isi Ulang, A. (2022). Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021. Gunung Djati Conference Series, 7.
- Palar, H., 1994, Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, hal 10-11; 74-75, Rineka Cipta, Jakarta.
- Palupi, F. R. (2023). *Pencemaran Mikroplastik di Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta: Akumulasi pada Ikan, Interaksi Logam Berat (Pb dan Cd), dan*

- 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>
- Pamungkas, N. A. G., Hartati, R., Redjeki, S., Riniatsih, I., Suprijanto, J., Supriyo, E., & Widianingsih, W. (2022). Karakteristik Mikroplastik pada Sedimen dan Air laut di Muara Sungai Wulan Demak. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 421–431. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i3.14923>
- Qin, C., Lian, H., Alqahtani, F.M., Ahanger, M.A., 2024. Chromium mediated damaging effects on growth, nitrogen metabolism and chlorophyll synthesis in tomato can be alleviated by foliar application of melatonin and jasmonic acid priming. *Sci. Hortic.* 323, 112494.
- Rawat, K.S., Kumar, R. and Singh, S.K. 2019. Topographical distribution of cobalt in different agro-climatic zones of Jharkhand state, India. *Geology, Ecology, and Landscapes* 3(1):14-21.
- Ridlo, A., Ario, R., Ayyub, A. M., Supriyanti, E. dan Sedjati, S., Mikroplastik pada Kedalaman Sedimen yang Berbeda di Pantai Ayah Kebumen Jawa Tengah, *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3), pp. 325-332, 2020.
- Rindi, S (2024) Studi: Indonesia Paling Banyak Konsumsi Mikroplastik di Dunia. Online at <https://www.cnbcindonesia.com/lifestyle/20240603074725-33-543204/studi-indonesia-paling-banyak-konsumsi-mikroplastik-di-dunia>
- Rochman, C.M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S.J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3, 3263.
- Rohmawati, S. M., Sutarno, S., & Mujiyo, M. (2018). HUBUNGAN JUMLAH LOGAM KROMIUM (Cr) PADA AIR IRIGASI, TANAH SAWAH DAN GABAH DI KAWASAN INDUSTRI DI KECAMATAN KEBAKKRAMAT KABUPATEN KARANGANYAR. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 32(1), 14. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v32i1.15898>
- Salsabila, S., Indrayanti, E., & Widiarati, R. (2023). Karakteristik Mikroplastik Di Perairan Pulau Tengah, Karimunjawa. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(4), 99–108. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i4.15420>
- Sarkar, D. J., Sarkar, S. Das, Manna, R. K., Samanta, S., & Das, B. K. (2020). Microplastics pollution: An emerging threat to freshwater aquatic ecosystem

- of India. Journal of the Inland Fisheries Society of India, 52(1), 005.
<https://doi.org/10.47780/jifsi.52.1.2020.106513>
- Seprandita, C. W., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2022). Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Zona Pemukiman, Zona Pariwisata dan Zona Perlindungan Kepulauan Karimunjawa, Jepara. Buletin Oseanografi Marina, 11(1), 111–122. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.30189>
- Shan, Y., Tysklind, M., Hao, F., Ouyang, W., Chen, S. and Lin, C. 2013. Identification of sources of heavy metals in agricultural soils using multivariate analysis and GIS. Journal of Soils and Sediments 13:720-729, doi:10.1007/s11368-012-0637-3.
- Sugandi, D., Agustiawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., & Wahyuni, N. (2021). Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak. *POSITRON*, 11(2), 112. <https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.49355>
- Sutanhaji, A. T., Rahadi, B., & Firdausi, N. T. (2021). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Permukaan di Sungai Metro, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 74–84. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.3>
- Syachbudi, R. R. (2020). *IDENTIFIKASI KEBERADAAN DAN BENTUK MIKROPLASTIK PADA AIR DAN IKAN DI SUNGAI CODE, D.I YOGYAKARTA*.
- USEPA, 1998. Toxicological Review of Hexavalent Chromium. USEPA, Assessment, (US Environmental Protection Agency). National Center for Environment
- van Schothorst, B., Beriot, N., Huerta Lwanga, E., Geissen, V., 2021. Sources of light density microplastic related to two agricultural practices: the use of compost and plastic mulch. *Environments* 8 (4), 36. <https://doi.org/10.3390/environments8040036>.
- Veerasingam, S., Vethamony, P., Aboobacker, V.M., Giraldez, A. E., Dib, S., & Al-Khayat, J.A. (2021). Factors influencing the vertical distribution of microplastics in the beach sediments around the Ras Rakan Island, Qatar. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(26): 34259–34268. doi: 10.1007/s11356-020-12100-4.
- Virsek M. K, A. Palatinus, S. Koren, M. Peterlin, A. Krzan. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *Journal of Visualized Experiments*. 118: 55161

- Wahl, A., et al., 2021, Nano plastic occurrence in a soil amended with plastic debris. 262, 127784.
- Wahyono Hadi, I., Magister Teknik Lingkungan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, P., & Dan Kebumihan, L. (2019). STUDI PENURUNAN KADAR LOGAM KROMIUM (Cr) DALAM LIMBAH BUATAN ELEKTROPLATING MENGGUNAKAN METODE PRESIPITASI DAN ADSORPSI MADALENA DA COSTA 03211650010010 DOSEN PEMBIMBING.
- Widianarko, Budi, and Inneke Hantoro. 2018. Mikroplastik Mikroplastik Dalam Seafood Seafood Dari Pantai Utara Jawa. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata. www.unika.ac.id.
- Winarmadani, S. (2019). *ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT (Pb, Cd, Cu dan Fe) PADA TANAH DI RAWA PENING KABUPATEN SEMARANG JAWA TENGAH*.
- Wright, S.L., Thompson, R.C., & Galloway, T.S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- Wuana, R.A and Okieimen, F.E. 2011. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *International Scholarly Research Network (ISRN) Ecology* 2011, Article ID 402647. Doi:10.5402/2011/402647.
- Yusron, M., Muhammad, D., & Jaza', A. (n.d.). Analisis Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik serta Pencemaran Logam Berat pada Hulu Sungai Bengawan Solo □. <http://journal.ecoton.or.id/index.php/EPJ>
- Yan, Y. chen, & Yang, Z. fang. (2023). Sources, distribution, behavior, and detection techniques of microplastics in soil: A review. In *China Geology* (Vol. 6, Issue 4, pp. 695–715). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.31035/cg2023042>
- Yang, S., Qu, Y., Ma, M., Liu, L., Wu., H., Liu, Q., Gong, Y., Chen, Y and Wu, Y. 2020. Comparison of the concentrations, sources, and ditributions of heavy metal (loid)s in agricultural soil of two provinces in the Yangtze River Delta, China. *Environmental Poolution* 264: 114688, doi:10.1016/j.envpol.2020.114688.
- Yang, H., Yumeng, Y., Yu, Y., Yinglin, H., Fu, B., & Wang, J. (2022). Distribution, sources, migration, influence and analytical methods of microplastics in soil ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 243(July), 114009. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114009>

LAMPIRAN

1. Proses Pengambilan Sampel Tanah Pertanian



Lampiran 1. Proses Pengambilan Sampel Tanah

2. Proses Preparasi Sampel



Lampiran 2 Proses Preparasi Sampel

3. Tabel Pembacaan Logam Berat

Sample	Conc. (μ /ml)	Mean Abs
Standard 1	0.05	0.0100

Standard 2	0.10	0.0203
Standard 3	0.20	0.0476
Standard 4	0.30	0.0749
Standard 5	0.50	0.1240
Standard 6	0.80	0.1940
Standard 7	1.00	0.2506
Standard 8	2.00	0.4820
Slope		0.243028
Intersept		0.000052
STEYX		0.004198
LoD		0.051824

Sample	Conc. (μ /ml)	Mean Abs
Standard 1	0.20	0.0068
Standard 2	0.30	0.0095
Standard 3	0.50	0.0194
Standard 4	0.80	0.0290
Standard 5	2.00	0.0780
Slope		0.039708
Intersept		-0.001638
STEYX		0.001091
LoD		0.082423

Lampiran 3.1 Tabel Hasil AAS Logam Berat Cd dan Cr

Konsentrasi Cd pada Sampel Tanah						
No	Kode	Y = Abs	Conc.(mg/l)	Pengenceran	Konsentrasi Sesungguhnya (mg/l)	Konsentrasi (mg/kg)
1	Tanah 3	0.0093	0.038054819	1	0.038054819	0.76
2	Tanah 4	0.0071	0.029002352	1	0.029002352	0.58
3	Tanah 6	0.0075	0.030648255	1	0.030648255	0.61

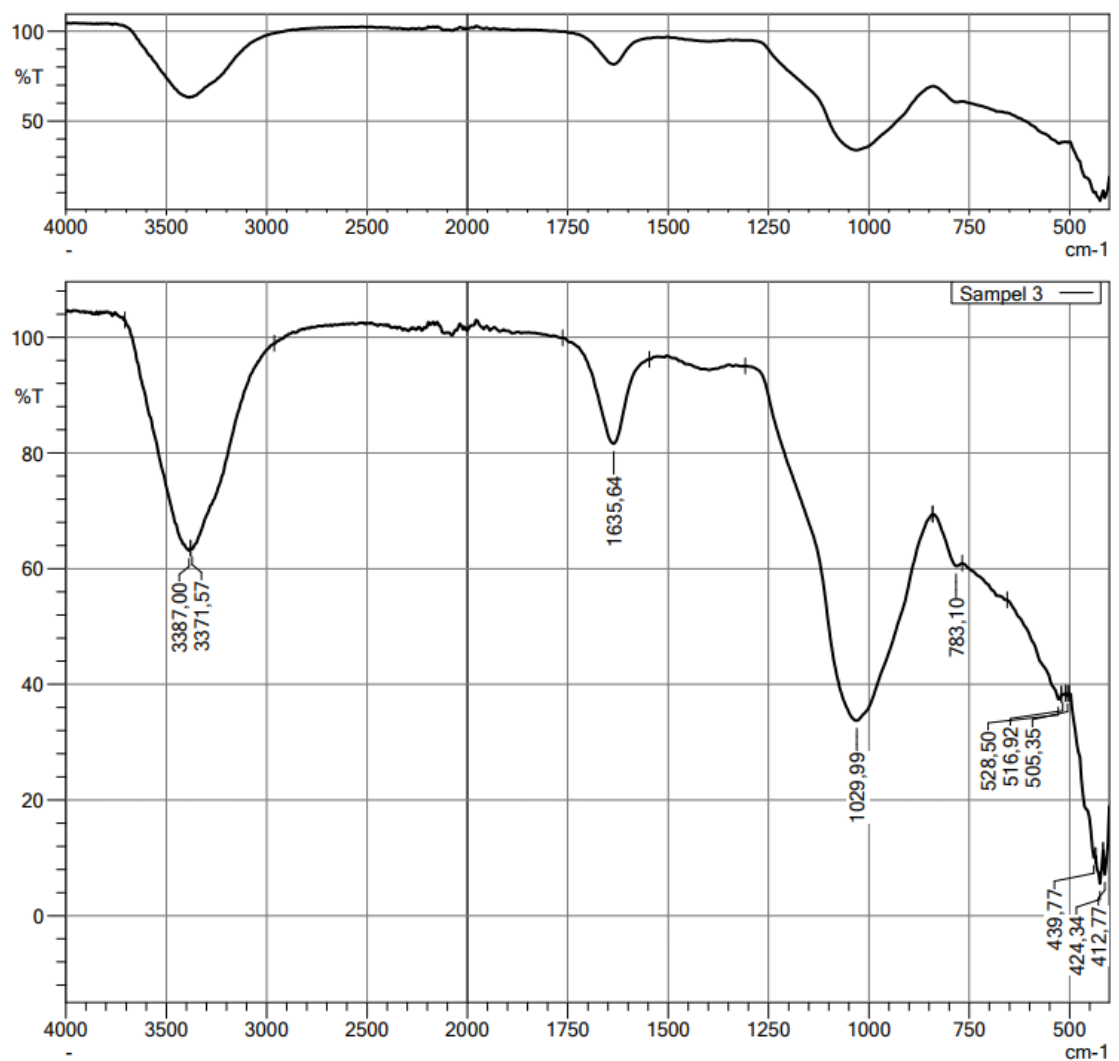
Konsentrasi Cd pada Sampel Mps						
No	Kode	Y = Abs	Conc.(mg/l)	Pengenceran	Konsentrasi Sesungguhnya (mg/l)	Konsentrasi (mg/kg)
1	MPS 3	0.0039	0.015835127	1	0.015835127	0.32
2	MPS 4	0.0042	0.017069555	1	0.017069555	0.34
3	MPS 6	0.0015	0.005959709	1	0.005959709	0.12

Konsentrasi Cr pada Sampel Tanah						
No	Kode	Y = Abs	Conc.(mg/l)	Pengenceran	Konsentrasi Sesungguhnya (mg/l)	Konsentrasi (mg/kg)
1	Tanah 3	-0.0002	0.03622103	1	0.03622103	0.72
2	Tanah 4	0.0025	0.104216967	1	0.104216967	2.08
3	Tanah 6	0.0196	0.534857899	1	0.534857899	10.70

Konsentrasi Cr pada Sampel Mps						
No	Kode	Y = Abs	Conc.(mg/l)	Pengenceran	Konsentrasi Sesungguhnya (mg/l)	Konsentrasi (mg/kg)
1	MPS 3	0.0031	0.119327175	1	0.119327175	2.39
2	MPS 4	0.0083	0.250282312	1	0.250282312	5.01
3	MPS 6	0.0009	0.063923079	1	0.063923079	1.28

Lampiran 3.2 Tabel Perhitungan Konsentras Logam Berat Cd dan Cr

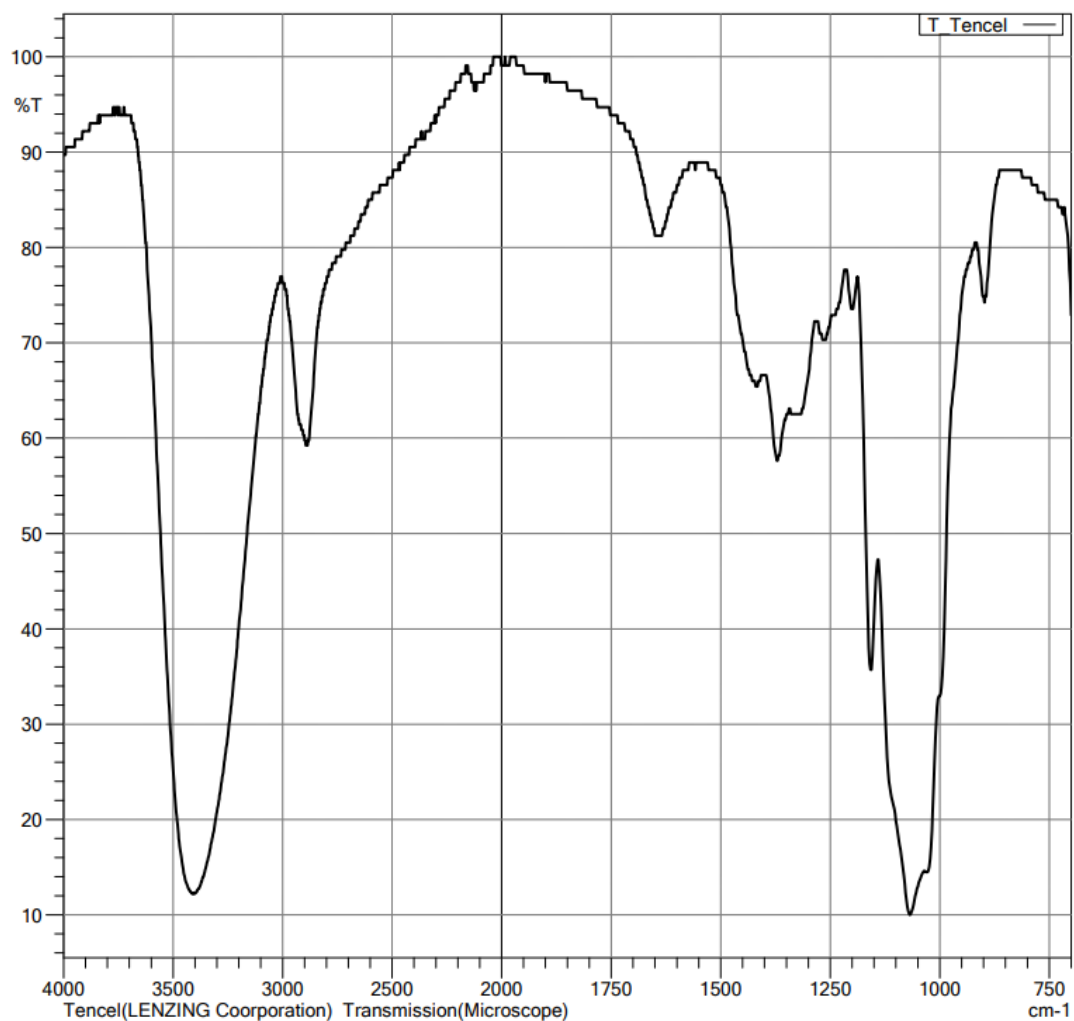
4. Hasil Analisis Menggunakan Spektrofotometri FT-IR



Lampiran 4.1 Hasil Grafik Polimer yang Terbaca

	Score	Library	Name	Comment
1	793	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Coorporation) Transmission(Microscope)
2	780	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
3	776	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
4	774	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Coorporation) DuraSamplIR-II
5	771	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSamplIR-II
6	770	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)
7	766	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene	Polyacetylene DuraSamplIR-II
8	764	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
9	764	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSamplIR-II
10	763	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSamplIR
11	761	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSamplIR-II
12	758	27 - T-Polymer2	Polyacetylene	Polyacetylene Transmission(Microscope)
13	753	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20% Methoxyl) DuraSamplIR-II
14	748	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSamplIR-II
15	735	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSamplIR-II
16	729	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSamplIR-II
17	723	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
18	721	22 - T-Polymer2	Soy Bean Powder	Protein(Soy Bean Powder) Transmission(Microscope)
19	720	22 - ATR-Polymer2	D_Protein2	Protein(Soy Bean Powder) DuraSamplIR-II
20	707	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
21	705	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
22	700	7 - ATR-Polymer2	D_Cellulose1	Hydroxypropylcellulose(HPC) DuraSamplIR-II
23	699	138 - ATR-Polymer2	D_Polyacrylamide-2	Polyacrylamide(Carboxyl modified)(Low carboxyl content) DuraSamplIR-II
24	698	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
25	697	131 - T-Polymer2	T_Polyacrylamide-1	Polyacrylamide(non-ionic) Transmission(Microscope)
26	696	21 - ATR-Polymer2	D_Protein1	Protein(Human Hair) DuraSamplIR-II
27	691	137 - ATR-Polymer2	D_Polyacrylamide-1	Polyacrylamide(non-ionic) DuraSamplIR-II
28	688	109 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Cellulose	Hydroxypropyl Cellulose DuraSamplIR-II
29	684	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSamplIR-II
30	680	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected

Lampiran 4.2 Hasil Grafik Polimer yang Terbaca



Lampiran 4.3 Hasil Grafik Polimer dengan Skor Tertinggi

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	412,77	7,14	6,03	416,62	401,19	1374,429	63,842	
2	424,34	5,56	5,36	435,91	416,62	1774,011	54,127	
3	439,77	10,07	1,98	501,49	435,91	5001,899	45,237	
4	505,35	38,01	0,43	509,21	501,49	476,577	1,657	
5	516,92	38,17	0,18	520,78	509,21	713,931	0,776	
6	528,50	37,42	1,81	655,80	520,78	7240,504	11,119	
7	783,10	60,44	2,29	840,96	767,67	2619,394	67,967	
8	1029,99	33,73	46,07	1307,74	840,96	18204,021	9911,681	
9	1635,64	81,59	16,14	1762,94	1546,91	1687,532	1268,015	
10	3371,57	63,41	0,77	3379,29	2962,66	7334,671	-477,911	
11	3387,00	63,08	1,37	3707,18	3379,29	6143,579	652,846	

Lampiran 4.4 Hasil Peak Table dari Polimer yang Terbaca

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara lahir di Ternate pada tanggal 22 Januari 2001 dan merupakan anak dari Bapak Sutioyono Mukti Wibowo dan Ibu Rusni A Rahman. Penulis memulai Pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) pada tahun 2016 – 2019 di SMA Negeri 1 Kota Ternate dan terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Selama perkuliahan, penulis memiliki pengalaman kerja praktik di salah satu perusahaan minyak dan gas di Indonesia. Selain kegiatan akademik, penulis aktif dalam kegiatan kepanitiaan maupun tim kerja yang dibuat oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL).