

TA/TL/2023/1673

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI
SUNGAI OPAK, D.I YOGYAKARTA

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



NUR KUMALASARI

19513241

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

2023

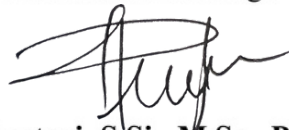
TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI
SUNGAI OPAK, D.I YOGYAKARTA

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



NUR KUMALASARI
19513241

Disetujui,
Dosen Pembimbing:



Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIK. 155130112

Tanggal: 20 Oktober 2023

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



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

NIK. 045130401

Tanggal: 21/10-23

HALAMAN PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI
SUNGAI OPAK, D.I YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Jum'at
Tanggal : 20 Oktober 2023**

Disusun Oleh:

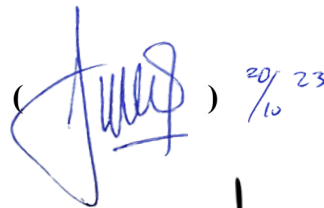
**NUR KUMALASARI
19513241**

Tim Penguji :

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.


(Puji)

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


(Suphia) 20/10/23

Luqman Hakim, S.T., M.Si.


(Luqman)

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis laporan tugas akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk menyelesaikan studi akademik apapun, termasuk di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis laporan tugas akhir ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa melibatkan pihak manapun kecuali masukan dan arahan dari dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis laporan tugas akhir ini tidak tercantum karya dan/atau pendapat dan gagasan yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam pembuatan karya tulis laporan tugas akhir dengan menuliskan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka..
4. Pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sungguh-sungguh dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 23 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Handwritten signature of Nur Kumalasari.

Nur Kumalasari

NIM: 19513241

PRAKATA

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Identifikasi Mikroplastik Pada Sedimen di Sungai Opak, D.I Yogyakarta**. Penyusunan laporan tugas akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Selama penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis banyak menghadapi hambatan dan rintangan, namun pada akhirnya mampu melaluinya dengan berkat adanya bimbingan, bantuan, dan dukungan dari banyak pihak, baik secara moral maupun spiritual. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kesehatan, kelancaran, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Ibu Martini, Bapak Imam Makhmudi, Adik Moh. Susilo Hermawan dan keluarga besar penulis atas segala do'a, dukungan moral dan material serta kasih sayangnya kepada penulis.
3. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir yang juga turut memberikan waktu, bimbingan, bantuan serta masukan dalam pengerjaan tugas akhir penulis.
4. Seluruh tenaga pengajar, 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 tugas akhir ini.
5. Staff Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah membantu pada saat awal *safety induction*, pengambilan sampel hingga tahap akhir dalam penggunaan Spektrofotometri FT-IR.
6. Rekan seperjuangan mikroplastik Sungai Opak, Anisa Raihana Malau yang telah membantu selama proses awal pengerjaan tugas akhir hingga selesai.
7. Orion Razak Ausi selaku *support system* yang telah ikut membantu dan memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.

8. Teman-teman kos *Pink House*; Ecak, Emilyya, Sania, Ayya, Petrik, Benjo dan Nisa yang sudah banyak membantu penulis dan saling memberikan semangat untuk mendapatkan gelar sarjana.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah berkenan membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, serta
10. Penulis berterima kasih kepada diri sendiri yang telah mau dan mampu melawan rasa malasnya, mengurangi waktu bermainnya, mengurangi waktu tidurnya, menjaga moodnya, menjaga fokusnya, dan selalu siap untuk berdiri di atas kaki sendiri.

Penulis menyadari adanya kekurangan yang terdapat dalam laporan tugas akhir ini dan tidak luput dari kesalahan dan keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang 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, 17 Juli 2023

Penulis,



Nur Kumalasari

ABSTRAK

NUR KUMALASARI. Identifikasi Mikroplastik Pada Sedimen di Sungai Opak, D.I Yogyakarta. Dibimbing oleh Puji Lestari.

Keberadaan mikroplastik khususnya pada sedimen di Sungai Opak memerlukan perhatian lebih akibat dari adanya aktivitas masyarakat sekitar yang dapat mencemari perairan sungai. Mikroplastik sedimen dapat membahayakan suatu organisme apabila dicerna secara tidak sengaja yang kemudian dapat mempengaruhi siklus rantai makanan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis dan warna yang terdapat pada sedimen di Sungai Opak, D.I Yogyakarta. Metode yang digunakan mengacu pada metode *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dengan modifikasi dan dengan teknik WPO (*Wet Peroxide Oxidation*), pengamatan sampel menggunakan mikroskop dan spektrofotometri FT-IR dengan pembacaan gelombang pada rentang panjang gelombang 400 - 4000 cm^{-1} untuk mengetahui senyawa polimer yang terkandung dalam mikroplastik pada sampel uji. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan jumlah mikroplastik pada sampel sedimen sungai Opak berkisar antara 48 partikel/50 gram sedimen kering hingga 154 partikel/50 gram sedimen kering. Terdapat 5 jenis mikroplastik yang ditemukan yakni fragment, fiber, film, foam dan pellet. Selain itu terdapat 5 warna yang ditemukan yakni hitam, coklat, transparan, hijau dan merah. Senyawa polimer yang ditemukan yakni *Polystyrene* (PS), *Polycarbonate* (PC), *Polytetrafluorethylene* (PTFE), *Nylon*, *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE).

Kata Kunci: Mikroplastik, Sedimen, Sungai Opak, Spektrofotometri FT-IR

ABSTRACT

NUR KUMALASARI. *Identification of Microplastics in Sediments in the Opak River, D.I Yogyakarta. Supervised by Puji Lestari*

The existence of microplastics, especially in sediments in the Opak River, requires more attention due to the activities of the surrounding community which can contaminate river waters. Sedimentary microplastics can harm an organism if ingested accidentally which can then affect the food chain cycle. The purpose of this study was to identify the abundance of microplastics based on the number, type and color found in sediments in the Opak River, D.I Yogyakarta. The method used refers to the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) method with modifications and with WPO (Wet Peroxide Oxidation) techniques, sample observations using microscopes and FT-IR Spectrophotometry with wave readings in the wavelength range of 400 – 4000 cm⁻¹ to determine polymer compounds contained in microplastics in test samples. Based on the research results, it was found that the number of microplastics in Opak river sediment samples ranged from 48 particles/50 grams of dry sediment to 154 particles/50 grams of dry sediment. There were 5 types of microplastics found, namely fragments, fibers, films, foams and pellets. In addition, there are 5 colors found, namely black, brown, transparent, green and red. The polymer compounds found were Polystyrene (PS), Polycarbonate (PC), Polytetrafluorethylene (PTFE), Nylon, Polyethylene Terephthalate (PET), Polypropylene (PP), High Density Polyethylene (HDPE) and Low Density Polyethylene (LDPE).

Keywords: Microplastic, Sediment, Opak River, FT-IR Spectrophotometry

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
PRAKATA	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Mikroplastik	4
2.2 Mikroplastik Pada Sedimen	5
2.3 Dampak Bahaya Mikroplastik.....	5
2.4 Spektrofotometri FT-IR	6
2.5 Sungai Opak	9
2.6 Penelitian Terdahulu	10
BAB III.....	12
METODE PENELITIAN	12
3.1 Lokasi Penelitian	12
3.2 Waktu Penelitian.....	14
3.3 Diagram Alir Penelitian	14
3.4 Jenis dan Variabel Penelitian	15
3.4.1 Jenis Penelitian	15

3.4.2 Variabel Penelitian.....	16
3.5 Alat dan Bahan	16
3.6 Metode Pengambilan Sampel.....	17
3.7 Metode Pengujian Sampel.....	17
3.7.1 Pengeringan.....	19
3.7.2 <i>Density Separation</i>	19
3.7.3 WPO (<i>Wet Peroxide Oxidation</i>).....	20
3.7.4 Penyaringan (Filtrasi)	21
3.7.5 Pengujian Sampel Menggunakan Mikroskop	21
3.7.6 Pengujian Sampel Menggunakan FT-IR	22
3.8 Analisis Data	23
3.8.1 Analisis Data Pengamatan Mikroskop	23
3.8.2 Analisis Data FT-IR	23
BAB IV.....	25
HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Deskripsi Kondisi Wilayah	25
4.2 Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Jenis dan Warna.....	27
4.2.1 Kelimpahan Jumlah Mikroplastik.....	27
4.2.2 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jenis	30
4.2.3 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna.....	37
4.4 Identifikasi Mikroplastik dengan Spektrofotometri FT-IR.....	43
BAB IV.....	48
KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Polimer yang Banyak ditemukan dan Densitas Mikroplastik.....	4
Tabel 2.2 Penentuan Jenis Polimer Berdasarkan Nilai Puncak Gelombang FT-IR.....	6
Tabel 3.1 Detail Lokasi Sampling.....	12
Tabel 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel	25
Tabel 4.2 Pendugaan Jenis Polimer.....	45
Tabel 4.3 Penggunaan Polimer	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Sungai Opak.....	13
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 3.3 Proses Pengambilan Sampel Sedimen Menggunakan (a) <i>Grab Sampler</i> dan (b) Sekop.....	17
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengujian Sampel	18
Gambar 3.5 Proses Pengeringan Sampel: (a) Sampel Setelah di Oven dan (b) Hasil Pengayakan Sampel	19
Gambar 3.6 Proses <i>Density Separation</i> : (a) Penambahan Larutan NaCl dan (b) Supernatan yang telah dipisah	20
Gambar 3.7 Proses WPO: (a) Pengadukan Sampel dan (b) Setelah Pengadukan Sampel	20
Gambar 3.8 Penyaringan: (a) Proses Penyaringan dan (b) Hasil Penyaringan.....	21
Gambar 3.9 Mikroskop.....	22
Gambar 3.10 Pengujian FT-IR.....	23
Gambar 4.1 Kelimpahan Mikroplastik Sedimen Sungai Opak Pada Tiap Titik Sampel	28
Gambar 4.2 Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik	30
Gambar 4.3 Jenis mikroplastik yang ditemukan pada sedimen Sungai Opak: (a) fragment, (b) Fiber, (c) Film, (d) Foam dan (e) Pellet.....	31
Gambar 4.4 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Jenis	34
Gambar 4.5 Presentase Mikroplastik Berdasarkan Jenis	35
Gambar 4.6 Jumlah Jenis Mikroplastik Pada Setiap Titik Sampling	36
Gambar 4.7 Perbandingan Jenis Mikroplastik	37
Gambar 4.8 Warna Mikroplastik yang ditemukan pada Sedimen Sungai Opak: (a) Hitam,..	38
Gambar 4.9 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Warna.....	40
Gambar 4.10 Presentase Mikroplastik Berdasarkan Warna	40
Gambar 4.11 Jumlah Warna Mikroplastik Pada Setiap Titik Sampling.....	41
Gambar 4.12 Perbandingan Mikroplastik Berdasarkan Warna dan Jenis	42
Gambar 4.13 Perbandingan Warna Mikroplastik.....	43
Gambar 4.14 Hasil Uji FT-IR Pada Sampel Sedimen Sungai Opak (a) Hulu, (b) Tengah 1, (c) Tengah 2, (d) Tengah 3, (e) Hilir 1, (f) Hilir 2.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pengambilan Sampel	56
---------------------------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan salah satu bahan yang sangat mudah ditemukan saat ini. plastik merupakan bahan yang hemat biaya, sehingga semakin banyak orang yang menggunakannya dan juga plastik tidak mudah lapuk dan anti-karat [1]. Jumlah rata-rata sampah plastik di Indonesia mengalami peningkatan menjadi 10,36 juta ton/tahun ditahun 2020 [2]. Sampah plastik merupakan bahan yang sulit terurai di alam dan membutuhkan waktu puluhan bahkan ratusan tahun untuk terurai. Namun, proses penguraian sampah plastik bisa menjadi masalah serius jika terurai menjadi ukuran mikroskopis atau disebut juga mikroplastik [3].

Mikroplastik adalah partikel plastik dengan diameter kurang dari 5 mm [4]. Ukurannya yang sangat kecil dan transparan sering dianggap sebagai makanan bagi hewan air dan darat [5]. Mikroplastik terbentuk akibat proses degradasi secara biologis, kimia, fisika atau mekanis membentuk pecahan fragmen dan film [6]. Mikroplastik ada yang terbentuk karena sengaja diproduksi untuk keperluan industri, seperti microbeads maupun serat sintetis mikroskopis pakaian [7]. Mikroplastik telah ditemukan di beberapa perairan di Indonesia. Keberadaan mikroplastik di perairan dipengaruhi dari sampah yang dihasilkan oleh kegiatan masyarakat. Mikroplastik biasanya berasal dari aktivitas masyarakat di sekitar sungai maupun di daerah pesisir [8]. Mikroplastik masuk ke lingkungan perairan melalui aliran air sungai yang merupakan jalur masuk utama dari daratan ke lautan. Mikroplastik yang masuk ke badan air akan mengendap pada sedimen [9].

Sungai Opak merupakan salah satu sungai yang ada di D.I Yogyakarta. Sungai Opak mengalir dari bagian hulu yang berada di lereng Gunung Merapi dan mengalir ke arah selatan yang bermuara di Samudera Hindia. Sungai ini juga melewati 2 Kabupaten, yaitu Kabupaten Sleman dan Bantul [10]. Mikroplastik sudah banyak dipublikasikan sebagai pencemar sungai di Indonesia. Adanya pertemuan dengan Sungai Code, Sungai Gajah Wong, dan Sungai Oyo serta buangan air lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan ke Sungai Opak membuat kelimpahan mikroplastik di sungai tersebut sangat tinggi [11]. Sungai Opak telah tercemar dengan salah satu sumber pencemarnya yaitu pabrik atau kawasan perindustrian. Sumber pencemar Sungai Opak juga berasal dari aktivitas warga di bantaran sungai. Aktivitas tersebut seperti mencuci baju dan mandi di sungai dengan menggunakan sabun yang mana kandungan

bahan kimia aktifnya dapat mencemari air sungai dan serat pakaian sisa dari kegiatan mencuci dapat menjadi sumber mikroplastik di Sungai Opak [12].

Berdasarkan permasalahan tersebut dan masih terbatasnya penelitian terkait mikroplastik di daerah tersebut, maka diharapkan penelitian ini dapat dilakukan untuk mengetahui kelimpahan mikroplastik yang terdapat pada sedimen Sungai Opak, D.I Yogyakarta. Hasil dari penelitian ini juga dilakukan untuk memperkaya penelitian mikroplastik pada sedimen, serta dapat dijadikan sebagai sumber informasi, maupun bahan penelitian lanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang ada, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kelimpahan mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis dan warna yang terdapat pada sedimen di Sungai Opak?
2. Bagaimana hasil identifikasi dari sampel uji dengan menggunakan alat FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka penelitian ini memiliki beberapa tujuan penelitian, yaitu :

1. Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis dan warna mikroplastik pada sedimen di Sungai Opak.
2. Mengidentifikasi senyawa polimer yang terkandung dalam mikroplastik pada sampel uji menggunakan alat FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Dapat dijadikan sebagai informasi serta edukasi bagi masyarakat, pemerintah, ataupun instansi lain di bidangnya, untuk mengetahui lebih jauh mengenai mikroplastik di sedimen. Hal ini juga dapat dijadikan sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan mikroplastik di lingkungan.
2. Dapat menjadi acuan perbandingan atau penelitian selanjutnya mengenai mikroplastik di Sungai Opak, D.I Yogyakarta.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di sepanjang perairan Sungai Opak, D.I Yogyakarta.
2. Sampel pengujian mikroplastik adalah sedimen Sungai Opak.
3. Pengambilan sampel dilakukan dalam 1 hari di 6 titik Sungai Opak pada tanggal 16 Mei 2023.
4. Penelitian hanya dilakukan pada jenis mikroplastik berukuran <5 mm.
5. Penelitian ini membahas tentang karakteristik mikroplastik meliputi jumlah, jenis dan warna mikroplastik pada sedimen dengan metode *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dengan modifikasi.
6. Inspeksi visual dibawah mikroskop.
7. Identifikasi karakteristik senyawa kimia mikroplastik menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Mikroplastik merupakan salah satu jenis plastik yang berukuran kecil yaitu sekitar <5 mm dan terbagi menjadi 2 jenis mikroplastik yaitu primer dan sekunder. Mikroplastik primer merupakan partikel berukuran kecil yang dibuat dan diproduksi untuk digunakan sebagai bahan baku memenuhi kebutuhan produksi kosmetik dan serat sintetis untuk pakaian, sedangkan mikroplastik sekunder merupakan hasil pengolahan plastik berukuran besar menjadi bentuk berukuran lebih kecil (<5 mm) melalui suatu proses fisik tetapi molekulnya masih sama yaitu jenis polimer [13]. Pada dasarnya mikroplastik mempunyai bentuk dan jenis yang berbeda-beda dan berbeda dalam banyak hal yaitu warna, ukuran, massa jenis, bentuk, komposisi dan lain-lain [14]. Besar kecilnya mikroplastik berkaitan dengan jangkauan pengaruhnya terhadap organisme, karena mikroplastik akan cepat terdegradasi jika memiliki luas permukaan yang lebih besar dan rasio volume partikel kecil yang lebih besar [15]. Sedangkan warna mikroplastik terdapat berbagai macam warna seperti hitam, biru, putih, transparan, merah, dan lainnya. Mikroplastik dapat berbentuk pellet, fragment, fiber, film, filament, dan foam [16].

Jenis polimer mikroplastik ada berbagai macam, dengan yang paling umum antara lain *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyethylene terephthalate* (PET) dan lainnya. Jenis dan densitas polimer pembentuk mikroplastik umumnya berbeda. Semakin tinggi densitasnya, polimer tersebut semakin mudah untuk tenggelam dan terakumulasi di dalam sedimen. Polimer dengan densitas yang lebih rendah akan membuatnya lebih mudah mengapung di permukaan air [14]. Densitas jenis polimer pembentuk plastik dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Jenis Polimer yang Banyak ditemukan dan Densitas Mikroplastik

Jenis Polimer	Densitas (g/cm ³)
<i>Polycarbonate</i> (PC)	1,2 - 1,22
<i>Polystyrene</i> (PS)	1,04 - 1,1
<i>Polytetrafluorethylene</i> (PTFE)	2,18
<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)	0,93 - 0,96
<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	0,91 - 0,93
<i>Nylon</i>	1,02 - 1,05

Jenis Polimer	Densitas (g/cm ³)
<i>Polypropylene</i> (PP)	0,89 - 0,91
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	1,38 - 1,39

Sumber: [14]

2.2 Mikroplastik Pada Sedimen

Sebaran mikroplastik paling banyak ditemukan di air dan sedimen. Namun, jumlah mikroplastik di sedimen lebih besar dibandingkan di air [17]. Karena proses transport mikroplastik di kolom air berlangsung lambat, sebagian besar mikroplastik akan mengendap di dasar sedimen. Mikroplastik yang mengendap di sedimen dan terjadi secara terus-menerus akan menyebabkan akumulasi mikroplastik pada lapisan sedimen yang lebih dalam [18].

Mikroplastik yang memasuki sedimen berasal dari berbagai sumber dan lokasi. Mikroplastik yang sering masuk ke lingkungan sedimen berasal dari mikroplastik yang ada di permukaan badan air yang terangkut hingga terakumulasi di sedimen. Ukuran mikroplastik dan kepadatannya yang rendah menyebabkan penyebaran, distribusi, dan kelimpahannya yang luas dengan bantuan gelombang dan arus. Menurut penelitian, sumber mikroplastik adalah yang paling umum dan sumber utama pencemaran berasal dari saluran pembuangan, kosmetik dan lumpur limbah [19].

2.3 Dampak Bahaya Mikroplastik

Mikroplastik mempunyai dampak yang signifikan terhadap biota perairan. Mikroplastik yang tertelan oleh organisme perairan dapat merusak dan mengganggu saluran pencernaan, menurunkan kadar hormon steroid, mempengaruhi reproduksi, menurunkan laju pertumbuhan dan berpotensi menyebabkan kerusakan ekosistem perairan tersebut [9]. Konsumsi mikroplastik dapat terjadi pada berbagai tingkatan trofik, beberapa diantaranya dapat tercerna oleh hewan invertebrata seperti kerang, teripang, zooplankton, ikan, burung pemakan ikan, penyu dan mamalia. Tertelannya mikroplastik secara tidak sengaja ini bisa mempengaruhi siklus rantai makanan karena mikroplastik yang terakumulasi oleh organisme pada tingkat trofik yang lebih rendah berpindah ketika organisme ini dikonsumsi oleh organisme lain pada tingkat trofik yang lebih tinggi [20].

Beberapa hewan laut dapat dikonsumsi manusia. Jika hewan laut pernah mengkonsumsi mikroplastik, kemungkinan besar di dalam tubuhnya mengandung mikroplastik. Biomagnifikasi dari hewan laut ke manusia terjadi ketika hewan laut tersebut

dikonsumsi oleh manusia. Akhirnya, terjadi gangguan kesehatan pada manusia, terlebih lagi mikroplastik memiliki sifat karsinogenik. Selain ekosistem laut, ekosistem darat juga terkena dampak negatif mikroplastik. Ketika erosi sedimen terjadi, partikel plastik akan mengalami penambahan densitas. Jika keadaan ini terus berlanjut, partikel mikroplastik akan mengendap di sedimen dan terakumulasi lebih dalam. Hal ini mengurangi kesuburan tanah dan menghambat sirkulasi di tanah [21]. Dampak berbahaya lainnya dari kandungan mikroplastik pada sedimen adalah terganggunya ekologi ekosistem perairan, baik biotik maupun abiotik. Mikroplastik diperkirakan memiliki kemampuan menyerap lebih banyak polutan di tempat dengan konsentrasi pencemaran lebih tinggi dan waktu tinggal partikel lebih lama, serta penyimpanan potensial dalam sedimen [9].

2.4 Spektrofotometri FT-IR

Spektrofotometri FT-IR telah terbukti dapat mendeteksi jumlah mikroplastik dan berbagai polimer sintesis dalam sampel. Instrumen ini menawarkan efektivitas biaya, keandalan, dan kenyamanan pengguna, sehingga teknik analisis sampel menggunakan spektrofotometri FT-IR adalah teknik yang paling umum digunakan untuk mengidentifikasi polimer dari mikroplastik [22]. Prinsip kerja spektrofotometri FT-IR adalah menganalisis senyawa yang teridentifikasi dengan cara mengabsorpsi senyawa tersebut dengan sinar infra merah pada rentang panjang gelombang 400 – 4000 cm^{-1} , kemudian dapat diidentifikasi gugus fungsinya [23]. Penentuan karakteristik puncak FT-IR untuk berbagai jenis polimer plastik yang terdapat dalam *spectral library* dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Penentuan Jenis Polimer Berdasarkan Nilai Puncak Gelombang FT-IR

No	Polymer	Characteristic Peaks (cm^{-1})	Assignment
1	<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)	2915	C–H stretching
		1845	C–H stretching
		1472	CH ₂ bending
		1462	CH ₂ bending
		730	CH ₂ rocking
		717	CH ₂ rocking
2	<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	2915	C–H stretching
		2845	C–H stretching
		1467	CH ₂ bending
		1462	CH ₂ bending

No	Polymer	Characteristic Peaks (cm ⁻¹)	Assignment
		1377 730 717	CH ₂ rocking CH ₂ rocking
3	<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	1713 1241 1094 720	C=O stretching C–O stretching C–O stretching Aromatic CH out-of-plane bending
4	<i>Polypropylene</i> (PP)	2950 2915 2838 1455 1377 1166 997 972 840 808	C–H stretching C–H stretching C–H stretching CH ₂ bending CH ₃ 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
5	<i>Polystyrene</i> (PS)	3024 2847 1601 1492 1451 1027 694	Aromatic C–H stretching C–H stretching Aromatic ring stretching Aromatic ring stretching

No	Polymer	Characteristic Peaks (cm ⁻¹)	Assignment
		537	CH ₂ bending Aromatic CH bending Aromatic CH out-of-plane bending Aromatic ring out-of-plane bending
6	<i>Polycarbonate (PC)</i>	2966 1768 1503 1409 1364 1186 1158 1013 828	CH stretching C=O stretching Aromatic ring stretching Aromatic ring stretching CH ₃ bending C–O stretching C–O stretching Aromatic CH inplane bending Aromatic CH out-of-plane bending
7	<i>Polytetrafluorethylene (PTFE)</i>	1201 1147 638 554 509	CF ₂ stretching CF ₂ stretching C–C–F bending CF ₂ bending CF ₂ bending
8	<i>Nylon (allpolyamides)</i>	3298 2932 2858 1634 1538 1464 1372 1274	N–H stretching CH stretching CH stretching C=O stretching NH bending, C–N stretching CH ₂ bending CH ₂ bending

No	Polymer	Characteristic Peaks (cm ⁻¹)	Assignment
		1199	NH bending, C–N stretching
		687	CH ₂ bending NH bending, C=O bending

Sumber: [24]

2.5 Sungai Opak

Sungai Opak merupakan salah satu sungai yang ada di D.I Yogyakarta. Sungai Opak mengalir dari bagian hulu yang berada di lereng Gunung Merapi dan mengalir ke arah selatan yang bermuara di Samudera Hindia. Total panjang Sungai Opak ±65 km dengan luas daerah aliran sungai mencapai ±1398,18 km². Sungai ini juga melewati 2 Kabupaten, yaitu Kabupaten Sleman dan Bantul [10]. Sungai opak ini sendiri memiliki 10 anak sungai yaitu: Sungai Gendol, Sungai Tepus, Sungai Kuning, Sungai Code, Sungai Gajahwong, Sungai Belik, Sungai Tambakbayan, Sungai Nongko, Sungai Oyo, Sungai Winongo [25].

Sungai Opak berperan penting sebagai salah satu sungai terbesar di wilayah D.I Yogyakarta. Masyarakat di sekitar Sungai Opak biasanya memanfaatkan air sungai untuk kebutuhan rumah tangga, irigasi sawah atau pertanian, dan sebagai tempat untuk mencari biota air yang dapat dikonsumsi seperti ikan dan udang. Pada bagian tengah sungai yaitu di Kapanewon Prambanan terdapat sumber pencemar yang berasal dari industri kulit dan objek wisata, sedangkan di bagian hilir sungai (muara) terdapat sumber pencemar berupa objek wisata [26].

Mikroplastik sudah banyak dipublikasikan sebagai pencemar sungai di Indonesia. Adanya pertemuan dengan Sungai Code, Sungai Gajah Wong, dan Sungai Oyo serta buangan air lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan ke Sungai Opak membuat kelimpahan mikroplastik di sungai tersebut sangat tinggi [11]. Sumber pencemar Sungai Opak juga berasal dari aktivitas warga bantaran sungai. Aktivitas tersebut seperti mencuci baju dan mandi di sungai dengan menggunakan sabun yang mengandung bahan kimia aktif yang dapat mencemari air sungai dan sisa serat pakaian dari kegiatan mencuci dapat menjadi sumber mikroplastik di Sungai Opak [12].

2.6 Penelitian Terdahulu

Terlampir penelitian mikroplastik pada sedimen yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Hasil Penelitian Mikroplastik Sedimen Terdahulu

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	[27]	Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Sedimen Di Sungai Gajah Wong, Yogyakarta.	Berdasarkan hasil penelitian, mikroplastik ditemukan dalam jenis fiber, fioam, fragment, film, dan pellet. Ditemukan juga warna yang terkandung di dalamnya yaitu transparan, merah, hitam, biru, hijau, ungu, orange, dan kuning. Mikroplastik jenis Fragment paling banyak ditemukan sebesar 1966 partikel. Dan warna yang paling melimpah adalah warna hitam dengan jumlah sebesar 1534 partikel. Dari hasil penelitian tersebut dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui senyawa kimia mikroplastik. Senyawa kimia yang ditemukan pada masing-masing sampel adalah <i>Polyacetylene</i> (PS), dan <i>Tencel</i> , Sumber mikroplastik dan senyawa kimia yang terkandung berasal dari sampah rumah tangga masyarakat sekitar Sungai Gajah Wong dan mengalami proses pengendapan ke dasar sedimen.
2.	[28]	Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Sedimen Di Sungai Winongo, Yogyakarta.	Hasil penelitian menunjukkan jenis mikroplastik yang ditemukan berbentuk pellet, fragment, fiber, film, dan filament. Warna mikroplastik yang ditemukan adalah hitam, biru, putih, transparan, merah, hijau, multicolor dan lain-lain. Jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah jenis fiber sebanyak 1155 partikel/100 gram

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			sedimen kering. Warna mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah warna hitam sebanyak 465 partikel/100 gram sedimen kering. Sumber mikroplastik berasal dari sampah yang dibuang ke sungai, limbah rumah tangga, kegiatan antropogenik, dan tata guna lahan di sepanjang Sungai Winongo yang mengalami proses fragmentasi dan mengendap di dasar sedimen.
3.	[29]	<i>Microplastic Distribution In Surface Water and Sediment River Around Slum and Industrial Area (Case Study: Ciwalengke River, Majalaya District, Indonesia).</i>	Pada sampel sedimen, situs F dan B mengandung jumlah mikroplastik tertinggi, masing-masing sebesar $3,83 \pm 3,12$ dan $3,83 \pm 1,32$ partikel per 100 g sedimen sungai. Tingginya konsentrasi ini disebabkan oleh penggunaan lahan industri. Waktu pengambilan sampel juga mempengaruhi konsentrasi mikroplastik dalam sedimen.
4.	[30]	<i>Microplastics In Surface Waters and Sediments Of The Wei River, In The Northwest Of China.</i>	Di sedimen, kelimpahannya berkisar antara 360 hingga 1320 partikel/kg. Dibandingkan dengan sistem air tawar pedalaman lainnya, kelimpahan mikroplastik di Sungai Wei relatif tinggi dan kontaminasi lebih parah. Beberapa factor mempengaruhi konsentrasi mikroplastik, termasuk penggunaan lahan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

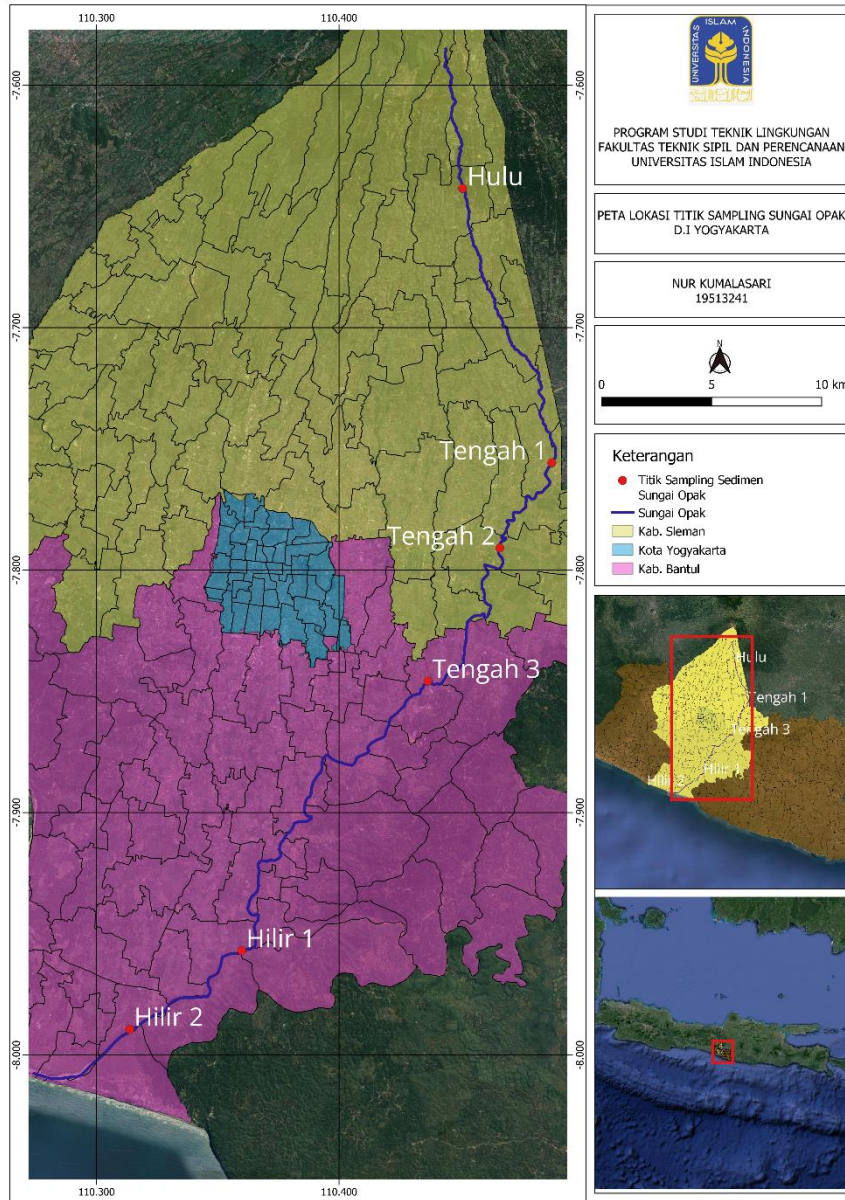
Dalam pengambilan sampel, peneliti perlu mengetahui titik lokasi pengambilannya. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di Sungai Opak, D.I Yogyakarta dimana terdapat 6 titik yang terbagi menjadi 1 titik di bagian hulu sungai, 3 titik di bagian tengah sungai dan 2 titik di bagian hilir sungai. Berikut merupakan detail terkait 6 titik lokasi pengambilan sampel sedimen di Sungai Opak:

Tabel 3.1 Detail Lokasi Sampling

Titik Sampel	Lokasi	Garis Lintang (Latitude)	Garis Bujur (Longitude)	Representatif
1	Sabo Dam Kali Opak OP-RRC4	7°38'34.051"S	110°27'4.193"E	Hulu
2	Groundsil Sungai Opak	7°45'22.086"S	110°29'15.553"E	Tengah 1
3	Bendungan Grembyangan	7°47'29.233"S	110°27'57.631"E	Tengah 2
4	Padangan Sitimulyo, Piyungan, Bantul	7°50'45.931"S	110°26'10.669"E	Tengah 3
5	Desa Wisata Potrobayan	7°57'25.084"S	110°21'40.139"E	Hilir 1
6	Bendungan Kretek	7°59'22.846"S	110°18'48.157"E	Hilir 2

Pada **Tabel 3.1**, terdapat garis lintang atau garis maya yang melingkari bumi ditarik dari arah Barat hingga ke Timur atau sebaliknya, sedangkan garis bujur atau garis maya yang ditarik dari Kutub Utara hingga Kutub Selatan atau sebaliknya. Masing-masing titik pada lokasi pengambilan sampel harus dipertimbangkan secara matang guna menyajikan keadaan sungai yang diteliti saat ini. Pertimbangan lain yang dilakukan salah satunya seperti kondisi lokasi

sampling yang mudah diakses serta faktor keamanan dan keselamatan bagi peneliti dalam pengambilan sampel sedimen sungai. Adapun peta wilayah titik pengambilan sampel sedimen dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Sungai Opak

Sumber: Olah Data Pribadi

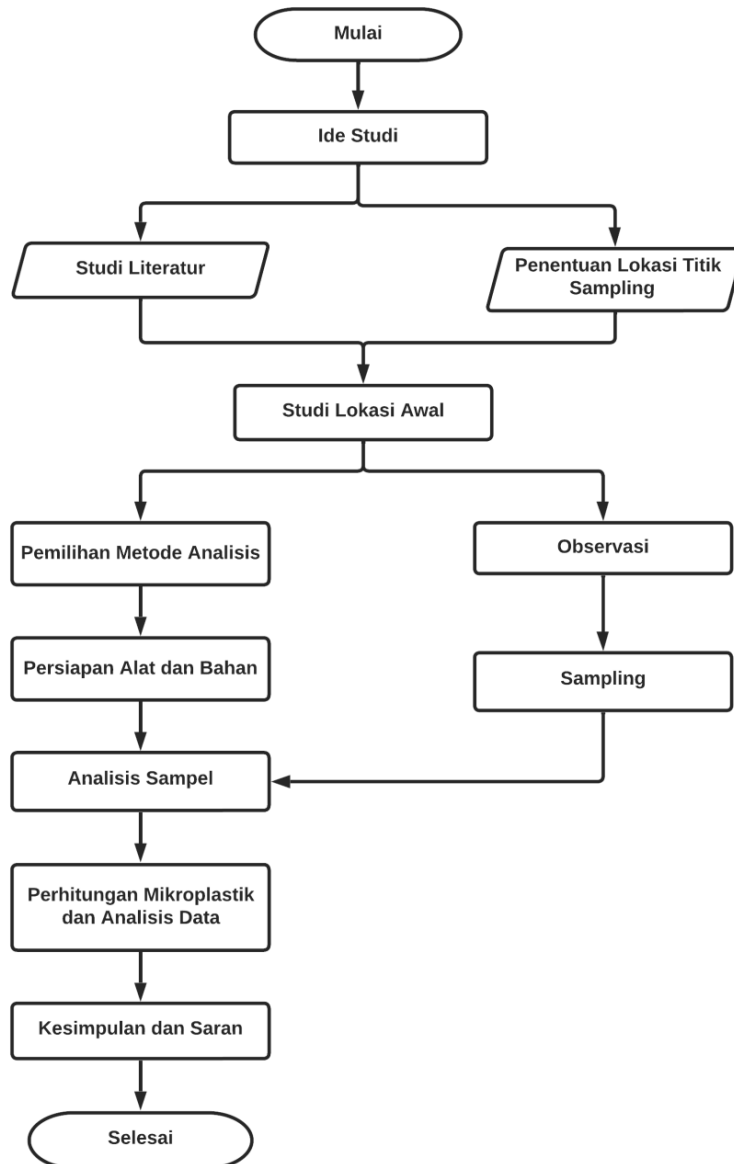
Selain di Sungai Opak, proses pengolahan dan pengujian sampel menggunakan mikroskop merk Nikon *Photomicroscop* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan serta pengujian sampel dengan metode *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) merk IRTracer-100 dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan untuk pengambilan sampel sedimen di Sungai Opak dilakukan pada tanggal 16 Mei 2023 pada musim kemarau. Kemudian untuk proses pengujian sampel dilakukan pada tanggal 22 Mei 2023 hingga 14 Juli 2023.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Pada metode penelitian memerlukan suatu diagram alir yang memberikan gambaran mengenai prosedur metode penelitian dan proses analisis datanya, termasuk langkah-langkah yang akan dilakukan selama proses penelitian. Diagram alir yang akan dilakukan pada proses penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Olah Data Pribadi

3.4 Jenis dan Variabel Penelitian

3.4.1 Jenis Penelitian

Sampel yang diambil merupakan sedimen yang terdapat pada 6 titik di sepanjang sungai Opak, D.I Yogyakarta mulai dari hulu sungai yaitu di Kabupaten Sleman hingga hilir sungai yaitu di Kabupaten Bantul. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *grab sampler* atau sekop hingga kedalaman 5 cm untuk mengumpulkan sedimen yang terdapat pada dasar sungai. Sampel yang diperoleh kemudian disimpan dalam wadah aluminium atau non plastik. Sampel

tidak perlu dilakukan pengawetan karena sifat mikroplastik cenderung lama terdegradasi.

3.4.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan petunjuk yang digunakan untuk mengukur suatu variabel. Variabel penelitian yang akan ditetapkan dan ditinjau dalam penelitian ini adalah:

a. Variabel Utama

Variabel utama pada penelitian ini yaitu parameter penelitian berupa kelimpahan jumlah, jenis dan warna mikroplastik pada sedimen serta analisis data yang dilakukan dengan mikroskop dan pengujian senyawa polimer dengan Spektrofotometri FT-IR.

b. Variabel Pendukung

Variabel pendukung dalam penelitian ini memanfaatkan data dari *google earth* untuk mendapatkan tata guna lahan dan aktivitas di sekitar lokasi pengambilan sampel.

3.5 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini:

a. Alat

Alat yang digunakan pada saat pengambilan sampel sedimen yaitu *grab sampler*, sekop, wadah sampel (aluminium atau non plastik), *coolbox*, dan termometer. Adapun beberapa alat laboratorium yang digunakan untuk memperoleh hasil analisis dari sampel yang telah disiapkan, yaitu loyang oven, oven, sendok tanduk, jar test, ayakan 5 *mesh*, hotplate stirrer, magnetic stirrer bar, neraca analitik, vakum filter, gelas beaker (250 mL ; 500 mL), erlenmeyer 250 mL, labu ukur 250 mL, pipet ukur 100 mL, karet hisap, corong kaca, cawan petri, preparat, mikroskop merk Nikon *Photomicroscop* dan *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) merk IRTracer-100.

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain larutan NaCl jenuh, larutan Fe (II) 0.05 M, larutan H₂O₂ 30%, aquades, kertas pH universal, aluminium foil, kertas saring glass *microfiber* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 diameter 47mm dengan ukuran pori 1.0 µm.

3.6 Metode Pengambilan Sampel

Berdasarkan **Gambar 3.3 (a)** pengambilan sampel sedimen sungai dilakukan langsung dari atas jembatan dengan menggunakan *grab sampler* jika kondisi lokasi tidak memungkinkan untuk turun langsung ke sungai, cara penggunaan alat *grab sampler* ini yaitu dengan memasukan *grab sampler* ke dalam air hingga menyentuh dasar sungai dan alat akan otomatis tertutup dengan posisi menampung sedimen di dalamnya, kemudian menarik alat ke permukaan. Pada **Gambar 3.3 (b)** pengambilan sampel sedimen sungai juga bisa menggunakan sekop jika kondisi lokasi sangat memungkinkan untuk turun langsung ke sungai.



(a)



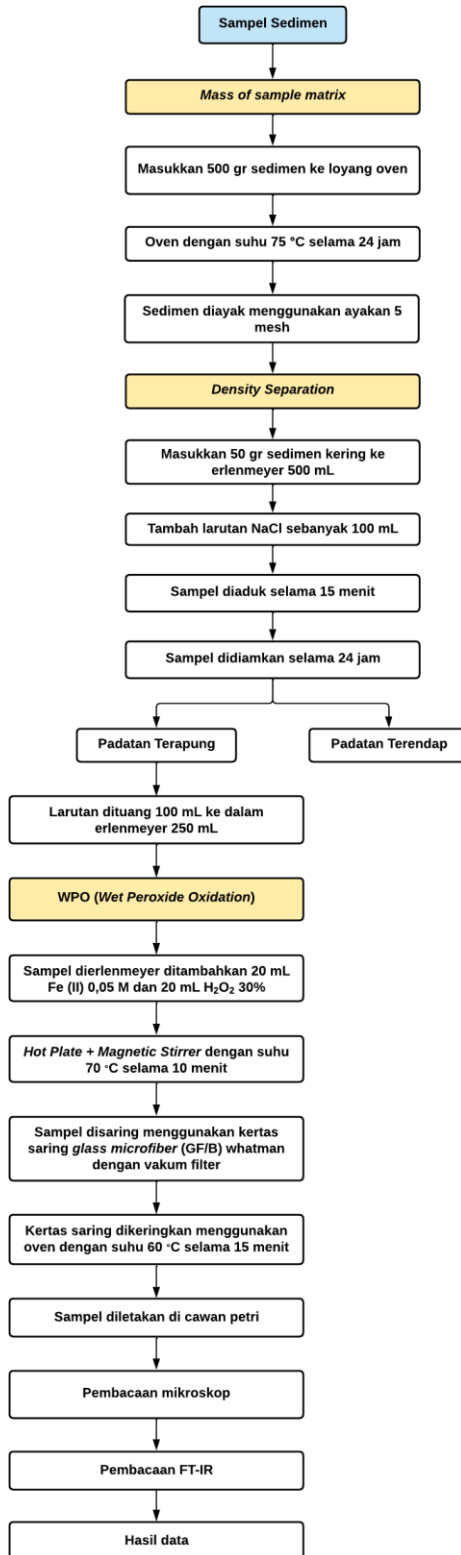
(b)

Gambar 3.3 Proses Pengambilan Sampel Sedimen Menggunakan (a) *Grab Sampler* dan (b) Sekop

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7 Metode Pengujian Sampel

Setelah proses pengambilan sampel dilakukan, sampel harus diolah terlebih dahulu agar siap untuk diuji. Pengolahan sampel meliputi pengeringan, pengayakan, *density separation*, WPO (*Wet Peroxide Oxidation*) serta penyaringan. Tahap selanjutnya yaitu identifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan dan tahap terakhir identifikasi senyawa polimer mikroplastik dengan spektrofotometri *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) yang berada di Laboratorium Kualitas Lingkungan. Diagram alir pengolahan hingga analisis sampel pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengujian Sampel

Sumber: Olah Data Pribadi

3.7.1 Pengeringan

Proses pengeringan sampel sedimen dilakukan menggunakan oven bersuhu 75°C selama 24 jam (sampai sampel benar-benar kering). Sebelum melakukan proses pengeringan sampel, sampel terlebih dahulu ditimbang seberat 500 gram kemudian diletakkan ke dalam loyang oven dan sampel dimasukkan ke dalam oven. Setelah dioven selama 24 jam, sampel yang berada didalam loyang diayak menggunakan ayakan ukuran 5 *mesh* yang bertujuan untuk mengurangi volume sedimen serta memilah sedimen makro. Pada **Gambar 3.5 (a)** merupakan hasil dari pengeringan sampel menggunakan oven dan hasil dari pengayakan sampel dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (b)**.



(a)



(b)

Gambar 3.5 Proses Pengeringan Sampel: (a) Sampel Setelah di Oven dan (b) Hasil Pengayakan Sampel

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7.2 *Density Separation*

Density separation adalah proses pemisahan mikroplastik dari sedimen menggunakan perbedaan densitas atau berat jenis. Pada proses ini diawali dengan menimbang 50 gram sedimen yang sudah diayak menggunakan timbangan digital, kemudian mencampur sampel sedimen kering (50 gram) dengan larutan NaCl sebanyak 100 mL, Larutan NaCl yang digunakan merupakan larutan dengan densitas 1,35 g/cm³, dengan tujuan untuk mempercepat proses pengapungan partikel mikroplastik yang densitasnya lebih rendah dibandingkan larutan NaCl dan mempercepat proses sedimentasi sedimen yang mengandung densitas lebih tinggi dari larutan NaCl. Setelah mencampur sedimen kering dengan larutan NaCl, campuran diaduk selama 15 menit untuk mempercepat pemisahan mikroplastik dari sedimen pada sampel, Sampel kemudian ditutup rapat selama 24 jam untuk flotasi dan sedimentasi sempurna. Setelah sampel didiamkan selama 24 jam, selanjutnya supernatant diambil sebanyak 100 mL

untuk didestruksi menggunakan proses WPO. **Gambar 3.6 (a)** merupakan tahap pemisahan residu dengan menambahkan larutan NaCl dan supernatant yang sudah dipisah bisa dilihat pada **Gambar 3.6 (b)**.



(a)

(b)

Gambar 3.6 Proses *Density Separation*: (a) Penambahan Larutan NaCl dan (b) Supernatant yang telah dipisah

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7.3 WPO (*Wet Peroxide Oxidation*)

Tujuan dari proses WPO untuk menghilangkan kandungan organik dari sampel. Proses WPO dilakukan dengan menambahkan 20 mL H_2O_2 30% dan 20 mL Fe (II) 0.05 M ke dalam sampel yang telah disiapkan dalam erlenmeyer, kemudian sampel diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu $70^\circ C$ selama 10 menit (**Gambar 3.7 (a)**), Kandungan organik tersebut dieliminasi dengan metode WPO, sehingga zat organik pada sampel tidak terakumulasi pada sampel uji sehingga dapat mengganggu proses pengamatan mikroskop. Hasil setelah pengadukan sampel dapat dilihat pada **Gambar 3.7 (b)**.



(a)

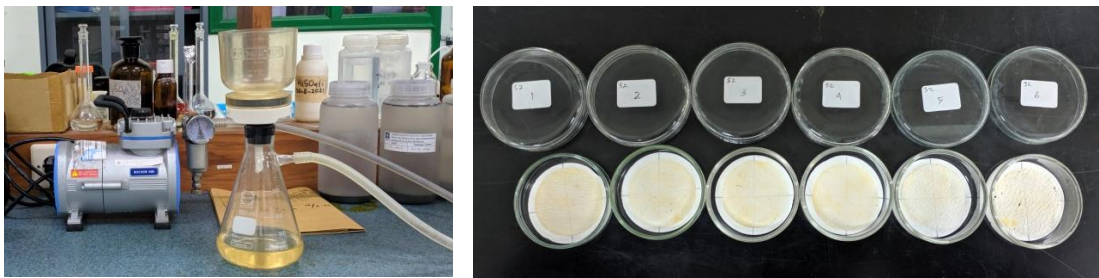
(b)

Gambar 3.7 Proses WPO: (a) Pengadukan Sampel dan (b) Setelah Pengadukan Sampel

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7.4 Penyaringan (Filtrasi)

Tujuan dari filtrasi untuk menyaring partikel mikroplastik yang terdapat pada sampel yang diuji. Filtrasi dilakukan dengan menggunakan kertas saring glass *microfiber* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 diameter 47mm dengan ukuran pori 1.0 μm . Pada **Gambar 3.8 (a)** merupakan proses penyaringan menggunakan alat vakum untuk mempercepat proses penyaringan. Penyaringan vakum dilakukan dengan meletakkan kertas saring di atas vakum kemudian corong penutup diletakkan di atas kertas saring agar larutan tidak meluap dan dapat tersaring sempurna. Kemudian, hidupkan alat lalu sampel dituangkan ke dalam vakum. Larutan akan terhisap melalui kertas saring dan setelah larutan sudah habis maka vakum dimatikan. Kertas saring yang telah disaring dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 15 menit. Setelah kering, kertas saring diletakkan ke dalam cawan petri seperti yang terlihat pada **Gambar 3.8 (b)**. Tahap selanjutnya yaitu dilakukan pengujian menggunakan mikroskop dan instrument FT-IR.



(a)

(b)

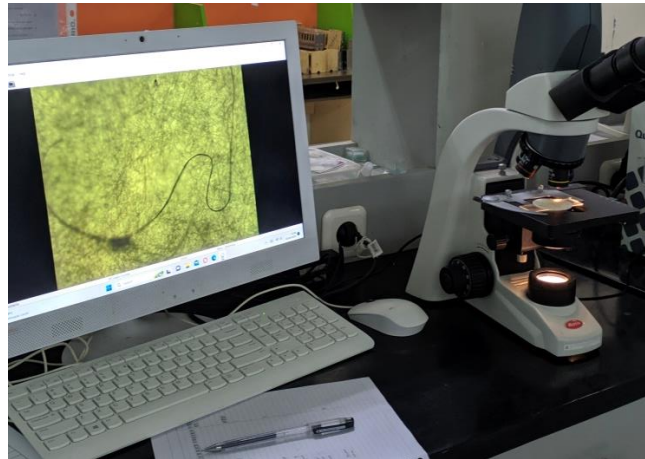
Gambar 3.8 Penyaringan: (a) Proses Penyaringan dan (b) Hasil Penyaringan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7.5 Pengujian Sampel Menggunakan Mikroskop

Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop. Tujuan pengujian sampel dengan menggunakan mikroskop yaitu untuk mengetahui kelimpahan mikroplastik yang terdapat pada sampel dengan berdasarkan jumlah, jenis dan warna. Pengujian sampel dengan mikroskop idealnya pada perbesaran 10x agar lebih mudah menemukan mikroplastik pada sampel. Jenis mikroplastik yang terlihat antara lain pellet, fragment, fiber, film, dan foam, sedangkan warna pada mikroplastik meliputi hitam, transparan, merah, hijau, dan lain sebagainya. Pada proses pengamatan mikroskop, sampel dibagi menjadi 4 (empat) kuadran untuk memudahkan pengamatan dan pengolahan data. Cara yang digunakan untuk menentukan jenis

mikroplastik adalah dengan memeriksa hasil pengamatan dan membandingkannya dengan data gambar penelitian sebelumnya, dalam penentuan warna, warna mikroplastik diperiksa dan ditentukan dengan melihat langsung melalui mikroskop. Proses identifikasi kelimpahan mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis dan warna dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.

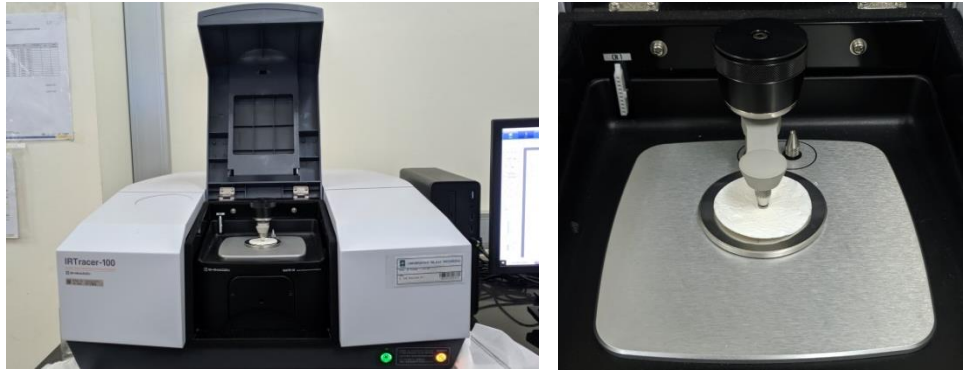


Gambar 3.9 Mikroskop

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7.6 Pengujian Sampel Menggunakan FT-IR

Tahap terakhir yang dilakukan yakni identifikasi senyawa polimer yang terkandung dalam mikroplastik menggunakan bantuan Spektrofotometri *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) IRTracer-100 yang ada di Laboratorium Kualitas Lingkungan. FT-IR dihubungkan dengan komputer untuk mengamati grafik hasil pengujian senyawa polimer. Bila menggunakan FT-IR, alat uji terlebih dahulu dilap dengan larutan alcohol untuk mensterilkannya, kemudian letakkan kertas saring dan FT-IR siap menganalisis senyawa polimer, secara otomatis akan dikonversi pada layar komputer. Ketika gelombang deteksi diseuaikan dengan *library* yang tersedia pada instrument untuk memperoleh data senyawa polimer yang teridentifikasi dari sampel kertas saring. Penggunaan Spektrofotometri FT-IR dapat dilihat pada **Gambar 3.10**.



Gambar 3.10 Pengujian FT-IR

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.8 Analisis Data

3.8.1 Analisis Data Pengamatan Mikroskop

Analisis data berupa pengamatan mikroskopis, kemudian dilakukan analisis deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan dengan menggambarkan keberadaan dan kelimpahan mikroplastik berdasarkan jumlah, jenis, dan warna mikroplastik per satuan berat kering sedimen di setiap titik sampling. Data yang diperoleh dengan menggunakan pengamatan mikroskop akan dianalisis kelimpahan dan kuantitasnya. Setiap 50 gram sampel sedimen akan dianalisis kelimpahan dan kuantitasnya. Jumlah mikroplastik dalam sampel dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Mikroplastik} \left(\frac{\text{Partikel}}{\text{Gram Sedimen Kering}} \right) = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik pada Sedimen (Partikel)}}{50 \text{ Gram Sedimen Kering (Gram)}}$$

Mikroplastik terdapat berbagai jenis seperti fiber, film, foam, pellet, dan fragment. Selain itu, mikroplastik tersedia dalam berbagai warna seperti biru, hitam, hijau, transparan, putih, merah dan lainnya. Saat menganalisis data, jenis dan warna mikroplastik dapat disajikan dalam bentuk jumlah dan persentase. Gunakan rumus berikut untuk menghitung persentase jenis dan warna:

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

3.8.2 Analisis Data FT-IR

Analisis menggunakan FT-IR diperoleh dari pembacaan hasil sampel sedimen dalam bentuk grafik dan hasil serapan gugus fungsi senyawa polimer. Puncak unsur

kimia yang terserap dicatat pada kurva dari yang tertinggi hingga terendah. Sedangkan hasil serapan gugus fungsi kimia diperoleh dari daftar nama gugus fungsi senyawa yang dibaca oleh FT-IR. Gugus fungsi yang terdapat pada spectra FT-IR selanjutnya disesuaikan dengan senyawa polimer yang ada di data base FT-IR berdasarkan referensi.

BAB IV




HASIL DAN PEMBAHASAN


4.1 Deskripsi Kondisi Wilayah

Pengambilan sampel pada penelitian mikroplastik sedimen di Sungai Opak, D.I Yogyakarta ini membutuhkan lokasi uji yang kealamiannya dapat diteliti lebih lanjut. Sungai Opak merupakan salah satu sungai terpilih dari sekian banyak sungai besar yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Sungai Opak meliputi bagian hulu di lereng atas Gunung Merapi sampai daerah hilir di muara Pantai Depok dengan panjang sungai ± 65 km yang secara administratif melintasi Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul [31]. Lokasi pengambilan sampel sedimen dilakukan di 6 titik pada bulan Mei 2023 pada musim kemarau. Lokasi pengambilan sampel dan deskripsi pada tiap lokasi dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Titik Sampel	Lokasi	Deskripsi Lokasi	Dokumentasi
1 (Hulu)	Sabo Dam Kali Opak OP-RRC4	Kondisi aliran air di hulu relatif kecil dan tidak terdapat pemukiman di daerah hulu serta kondisi sungai yang sedikit aktivitas manusia, pH air 7, suhu air 17°C.	
2 (Tengah 1)	Groundsil Sungai Opak	Aliran air sungai cukup deras, terdapat pemukiman penduduk yang cukup padat disekitar titik pengambilan sampel, terdapat saluran pembuangan yang mengalir ke sungai, beberapa penduduk sekitar terlihat mengambil air dari sungai dan juga memancing di sungai ini, terdapat sampah	

Titik Sampel	Lokasi	Deskripsi Lokasi	Dokumentasi
		<p>seperti styrofoam, botol dan kemasan plastik, serta lokasi ini dapat mewakili kondisi sungai yang melewati pemukiman, rumah makan dan persawahan, pH air 6, suhu air 21°C.</p>	
3 (Tengah 2)	Bendungan Grembyangan	<p>Aliran air pada bendungan ini mengalir cukup deras, dan terdapat saluran pembuangan dari penduduk sekitar yang mengalir ke sungai, serta bendungan ini digunakan untuk tempat pemancingan ikan, pH air 6, suhu air 28°C.</p>	
4 (Tengah 3)	Padangan Sitimulyo, Piyungan, Bantul	<p>Aliran sungai ini tidak terlalu deras, pada bagian kanan dan kiri sungai merupakan vegetasi, serta untuk dasar sungai terdiri dari batuan, pasir dan lumpur, pH air 7, suhu air 26°C.</p>	
5 (Hilir 1)	Desa Wisata Potrobayan	<p>Aliran air sungai deras. Lokasi ini dijadikan sebagai desa wisata dan dijadikan sebagai area camping, pada sisi kanan dan kiri sungai merupakan vegetasi, serta mewakili kondisi sungai yang sudah melewati</p>	

Titik Sampel	Lokasi	Deskripsi Lokasi	Dokumentasi
		pemukiman, rumah makan, persawahan, tempat wisata. pH air 7, suhu air 25°C.	
6 (hilir 2)	Bendungan Kretek	Aliran air deras, dekat dengan permukiman warga, banyak warga yang memancing dilokasi ini, pH air 7, suhu air 26°C.	

4.2 Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Jenis dan Warna

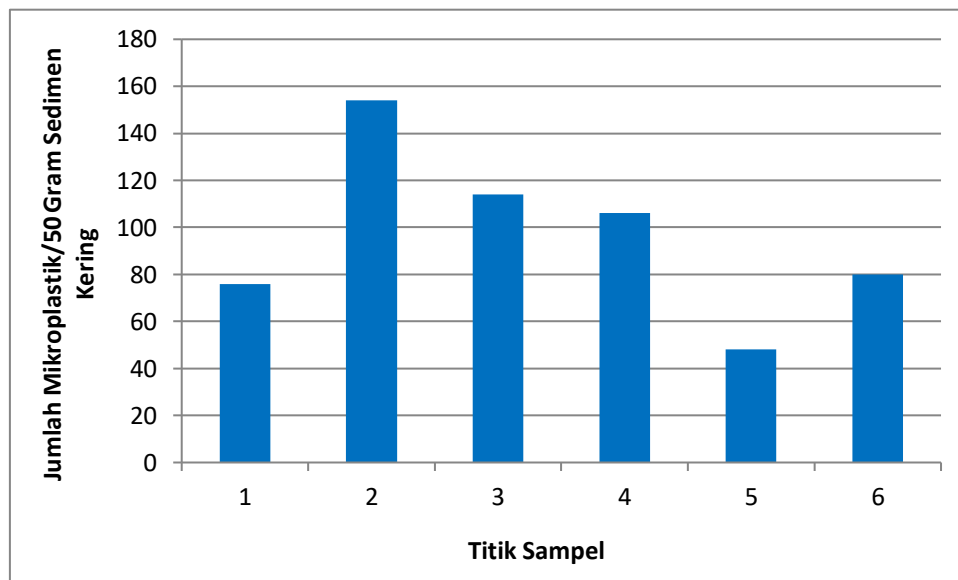
4.2.1 Kelimpahan Jumlah Mikroplastik

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan dari 6 titik pengambilan sampel, diperoleh kelimpahan mikroplastik di sedimen Sungai Opak, D.I Yogyakarta seperti terlihat pada **Gambar 4.1**. Pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa semua sampel yang diambil pada sedimen Sungai Opak ditemukan mikroplastik dengan rentang kelimpahan dari 154 partikel/50 gram sedimen kering yang berada pada titik sampel 2 hingga 48 partikel/50 gram sedimen kering yang terdapat pada titik sampel 5. Banyaknya mikroplastik yang ditemukan pada titik pengambilan sampel 2 yang terletak di tengah Sungai Opak, dengan kondisi aliran air yang sedikit deras, terdapat sampah seperti botol, kemasan plastik dan aktivitas manusia di sungai dapat menjadi faktor penyebabnya. Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan di titik pengambilan sampel 5 sesuai dengan kondisi bagian hilir Sungai Opak yang alirannya sangat deras. Pada titik pengambilan sampel 5, jumlah mikroplastik menurun secara signifikan, hal ini dapat disebabkan oleh kondisi aliran sungai yang berbeda antar titik pengambilan sampel.

Mikroplastik yang ditemukan pada tiap titik pengambilan sampel memiliki nilai kelimpahan yang berbeda. Hal ini dikarenakan tekstur sedimen sungai pada tiap titik pengambilan sampel berbeda antara satu dengan lainnya. Titik 1 memiliki tekstur sedimen berupa pasir halus, sedangkan pada titik 2 memiliki tekstur sedimen berupa lumpur. Tekstur sedimen sungai pada titik 3 dan 4 berupa pasir sangat halus, sedangkan pada titik 5 memiliki tekstur pasir kasar serta pada titik 6 bertekstur pasir halus. Menurut penelitian, tekstur sedimen dapat mempengaruhi kemampuan dalam menangkap mikroplastik. Tekstur sedimen yang semakin lunak memiliki kemampuan menangkap mikroplastik menjadi semakin besar.

Mikroplastik yang ditemukan pada titik 2 memiliki kelimpahan yang tinggi dengan nilai sebesar 154 partikel/50 gram sedimen kering. Kelimpahan yang tinggi tersebut dikarenakan pada titik 2 sedimen sungai memiliki tekstur berupa lumpur, sehingga mikroplastik tertahan pada sedimen tersebut. Sedimen yang lunak seperti lumpur memiliki celah yang cukup rapat, sehingga menyebabkan mikroplastik terperangkap dengan kuat [7].

Kelimpahan mikroplastik pada sedimen Sungai Opak lebih dipengaruhi oleh proses sedimentasi. Menurut penelitian, proses sedimentasi mikroplastik secara berkelanjutan dapat menyebabkan partikel tersebut terakumulasi dalam jumlah besar di lapisan sedimen [7]. Proses sedimentasi mikroplastik ini dapat terjadi karena adanya pengaruh gravitasi dan pergerakan yang lambat melalui kolom air dengan arus yang lambat [32]. Selain itu, mikroplastik dapat tersedimentasi karena adanya aktivitas organisme air yang menyebabkan terjadinya *biofouling* sehingga terjadi perubahan pada densitas mikroplastik yang semakin besar [33].



Gambar 4.1 Kelimpahan Mikroplastik Sedimen Sungai Opak Pada Tiap Titik Sampel

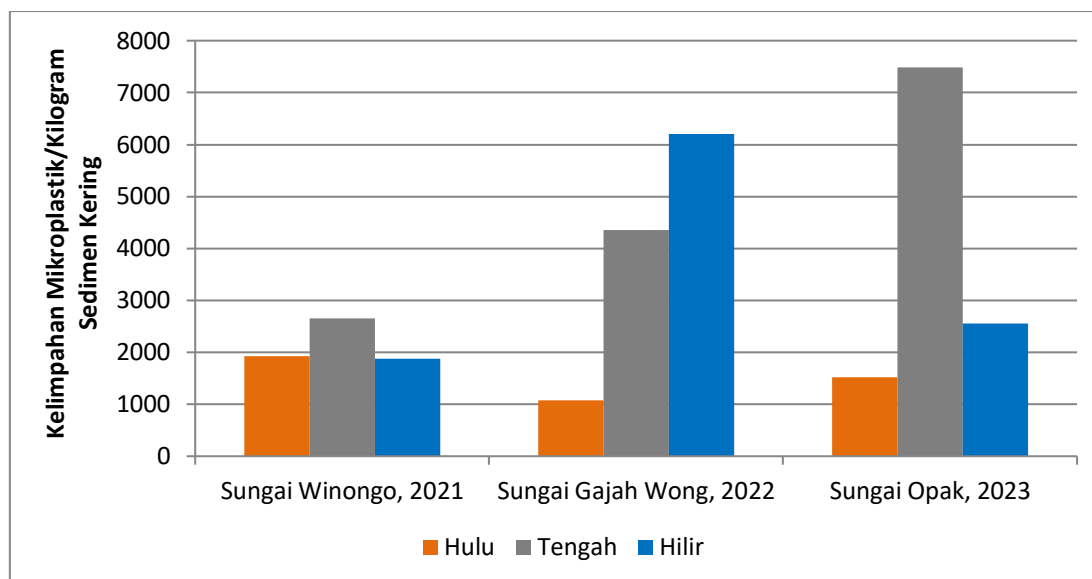
Penelitian mengenai kelimpahan mikroplastik telah diteliti di beberapa sedimen sungai di Indonesia, salah satunya yaitu sedimen sungai di D.I Yogyakarta. Penelitian terdahulu mengenai mikroplastik sedimen sungai di D.I Yogyakarta berlokasi di Sungai Winongo tahun 2021 dan pada Sungai Gajah Wong tahun 2022, kedua sungai tersebut merupakan anak sungai dari Sungai Opak.

Hasil perbandingan kelimpahan mikroplastik pada sedimen Sungai Winongo, Sungai Gajah Wong dan Sungai Opak ditunjukkan pada **Gambar 4.2**.

Kelimpahan mikroplastik pada sedimen di ketiga sungai ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk tahun pengambilan sampel yang berbeda dan juga terdapat perbedaan musim saat pengambilan sampel, untuk pengambilan sampel sedimen di Sungai Opak diambil pada musim kemarau sedangkan pengambilan sampel sedimen di Sungai Winongo dan Sungai Gajah Wong diambil pada musim hujan. Perbedaan musim saat pengambilan sampel sangat mempengaruhi hasil kelimpahan mikroplastik dikarenakan konsentrasi mikroplastik lebih tinggi pada musim kemarau dibanding musim hujan. Selain itu ketiga sungai ini memiliki perbedaan panjang sungai dan luas aliran sungai, untuk Sungai Opak memiliki aliran yang lebih panjang dari Sungai Winongo dan Sungai Gajah Wong, untuk panjang aliran Sungai Opak sekitar 65 km dan luas daerah aliran sekitar 1398,18 km², Sungai Winongo memiliki panjang sekitar 41,3 km dan luas daerah aliran sungai sekitar 118 km² [28] serta Sungai Gajah Wong memiliki panjang sekitar 22,81 km dan luas daerah alirannya yaitu sekitar 49,08 km² [27]. Sungai Winongo dan Sungai Gajah Wong merupakan anak Sungai Opak sehingga kedua sungai tersebut bermuara di Sungai Opak sehingga kelimpahan mikroplastik sedimen banyak ditemui di Sungai Opak.

Kelimpahan mikroplastik sedimen sungai pada penelitian ini dan penelitian terdahulu mempunyai selisih yang tidak terlalu banyak. Hal ini dikarenakan diperairan masih banyak dijumpai sampah plastik, terutama pada aliran sungai. Hal ini juga disebabkan oleh penggunaan bahan plastik pada masyarakat sendiri masih cukup tinggi karena plastik memiliki sifat yang tahan lama, ringan, dan harganya murah.

Sungai Opak merupakan salah satu sungai yang ada di D.I Yogyakarta dengan persebaran sampah plastik yang cukup banyak. Sampah plastik tersebut akan mengalami degradasi baik secara fisika, kimia maupun biologi [34]. Hasil dari degradasi sampah plastik tersebut yakni berupa mikroplastik dengan ukuran <5 mm. Mikroplastik dapat membahayakan suatu organisme apabila dicerna secara tidak sengaja yang kemudian dapat mempengaruhi siklus rantai makanan [20]. Keberadaan mikroplastik yang menimbulkan dampak berbahaya ini dapat diminimalisir, yaitu dengan cara mengurangi penggunaan produk berbahan plastik. Perlu juga adanya pengolahan sampah plastik dengan baik dengan cara mendaur ulang sehingga tidak mencemari lingkungan. Peran pemerintah juga diperlukan dalam mengurangi sampah plastik, yaitu dengan lebih memperketat pengawasan terhadap pengolahan limbah yang dilakukan oleh pabrik yang memproduksi plastik atau tekstil agar limbah yang dibuang tidak menimbulkan cemaran mikroplastik dan tidak mengalami peningkatan mikroplastik setiap tahunnya.



Gambar 4.2 Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik

Sumber data : Sungai Winongo [28], Sungai Gajah Wong [27].

4.2.2 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Berdasarkan pengamatan mikroskop, ditemukan beberapa jenis mikroplastik pada sampel sedimen Sungai Opak di daerah hulu, tengah, dan hilir yaitu fragment, fiber, film, foam dan pellet. Beberapa gambar jenis mikroplastik yang terlihat pada mikroskop dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.

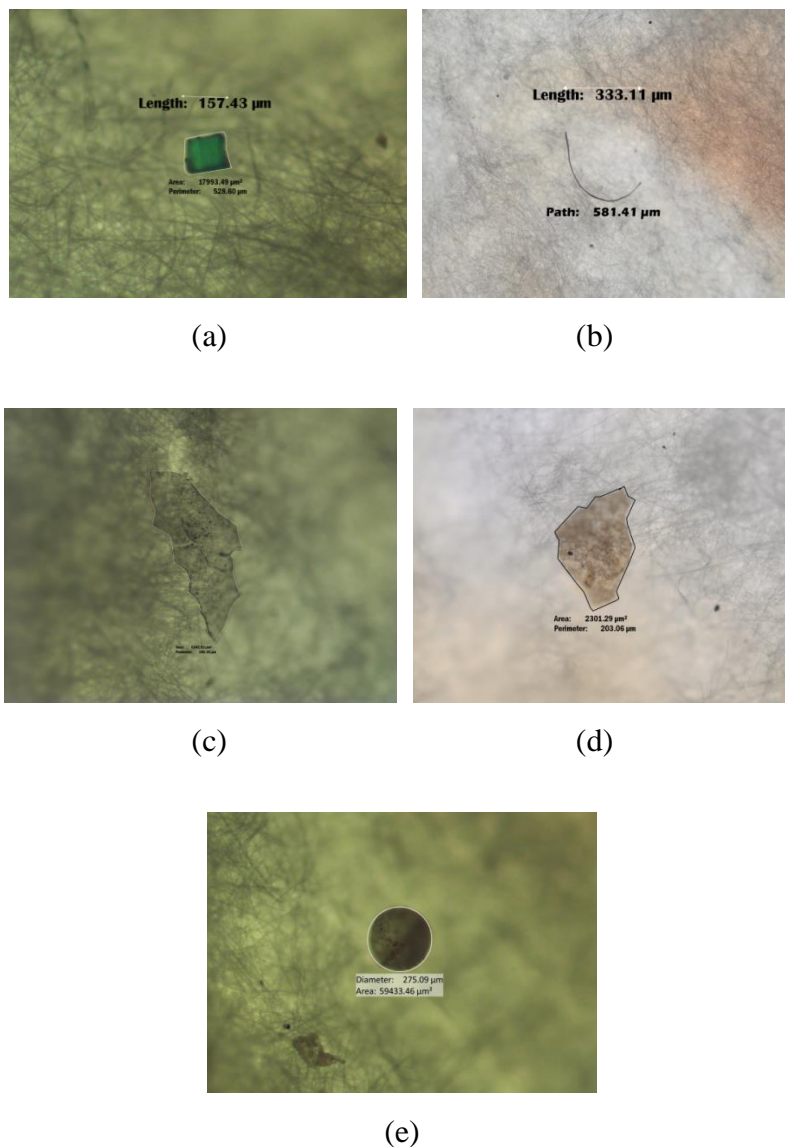
Mikroplastik jenis fragment merupakan mikroplastik yang berasal dari potongan plastik dengan bentuk tepi yang teratur. Fragment mempunyai sifat mampu menyerap ion logam dan bahan organik. Fragment dapat diindikasikan berasal dari limbah aktivitas warga setempat [9].

Mikroplastik jenis fiber adalah mikroplastik yang tipis, panjang dan berbentuk benang. Mikroplastik jenis ini memiliki permukaan yang kasar dan retak akibat proses oksidasi jangka panjang yang terjadi di lingkungan [35].

Mikroplastik jenis film merupakan mikroplastik yang tipis dan sangat rapuh. Film juga memiliki bentuk yang tidak beraturan dan didominasi warna transparan. Film memiliki tingkat penuaan yang lebih tinggi dibandingkan jenis mikroplastik lainnya [35].

Mikroplastik jenis foam merupakan salah satu jenis mikroplastik yang berbentuk lonjong berongga dan termpak bervolume. Mikroplastik jenis foam ini biasanya berasal dari styrofoam yang biasa digunakan dalam aktivitas manusia, misalnya pada kemasan gelas mie instan, wadah makanan, dan juga sering digunakan pada kemasan peralatan rumah tangga. Mikroplastik jenis foam lebih sulit terdegradasi dibandingkan jenis mikroplastik lainnya [35].

Mikroplastik jenis pellet mempunyai bentuk yang bulat seperti bola atau silinder, bisa dilihat pada **Gambar 4.3** terlihat mikroplastik jenis pellet berwarna hitam. Sumber mikroplastik jenis ini berasal dari produk kosmetik seperti scrub pembersih wajah, bedak dan lipstik. Mikroplastik jenis pellet berbentuk silinder karena mikroplastik jenis ini merupakan produk yang harus berbentuk silinder dan berukuran mikron. Oleh karena itu, mikroplastik jenis pellet merupakan limbah dari produk kosmetik dan produk plastik yang berbentuk silinder dan berukuran kecil. Mikroplastik jenis ini merupakan jenis mikroplastik yang jarang ditemukan dalam penelitian ini.



Gambar 4.3 Jenis mikroplastik yang ditemukan pada sedimen Sungai Opak: (a) fragment, (b) Fiber, (c) Film, (d) Foam dan (e) Pellet

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Jenis mikroplastik yang terdapat pada sedimen Sungai Opak di setiap daerah memiliki persentase yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan sumber pencemar pada tiap daerah tempat pengambilan sampel berbeda. Berdasarkan hasil yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4** dan **Gambar 4.5**, jumlah mikroplastik dengan jenis fragment lebih banyak dijumpai di sedimen Sungai Opak sebanyak 246 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering atau sebanyak 42%, berikutnya ditemukan jenis foam sebanyak 202 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering atau sebanyak 35%, lalu jenis film sebanyak 73 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering atau sebanyak 13%, selanjutnya jenis fiber sebanyak 45 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering atau sebanyak 8%, dan yang terakhir yaitu jenis pellet sebanyak 12 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering atau sebanyak 2%.

Adapun jenis fragment tertinggi terdapat pada daerah tengah sebesar 145 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, kemudian jenis fiber terbanyak terdapat pada daerah tengah yaitu sebanyak 32 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, untuk jenis film tertinggi terdapat pada daerah tengah yaitu sebanyak 45 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, kemudian jenis foam paling tinggi berada pada daerah tengah yaitu sebanyak 148 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, dan terakhir jenis pellet terbanyak terdapat pada daerah hilir yaitu sebanyak 5 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering.

Mikroplastik jenis fragment merupakan salah satu jenis mikroplastik dengan presentase yang paling banyak ditemukan di sedimen Sungai Opak dengan presentase sebesar 42%. Fragment merupakan jenis mikroplastik jenis sekunder terbentuk dari plastik yang berukuran besar yang terdegradasi menjadi partikel mikro [36]. Mikroplastik jenis fragment merupakan pecahan dari sampah produk plastik berukuran besar atau makro seperti botol minum dan kemasan makanan berbahan plastik [35]. Sampah plastik makro ini memiliki sifat yang kaku karena tersusun dari polimer sintesis yang kuat [9]. Berdasarkan temuan di lokasi saat pengambilan sampel sedimen sungai, masih banyak dijumpai sampah plastik makro seperti botol plastik dan kemasan makanan yang menjadi sumber mikroplastik jenis fragment.

Mikroplastik jenis foam merupakan jenis mikroplastik dengan presentase paling banyak ke dua setelah jenis fragment yang ditemukan di sedimen Sungai Opak dengan presentase sebesar 35%. Foam merupakan salah satu jenis mikroplastik sekunder yang terbentuk dari fragment plastik yang lebih besar setelah terurai menjadi partikel yang lebih kecil melalui proses fisik, kimia, dan/atau biologis. Foam juga dapat mengandung mikroplastik primer. Namun, jenis foam yang mengandung mikroplastik primer dapat bervariasi dan bergantung pada produsen dan merek tertentu. Oleh karena itu, informasi lebih lanjut mengenai jenis foam yang

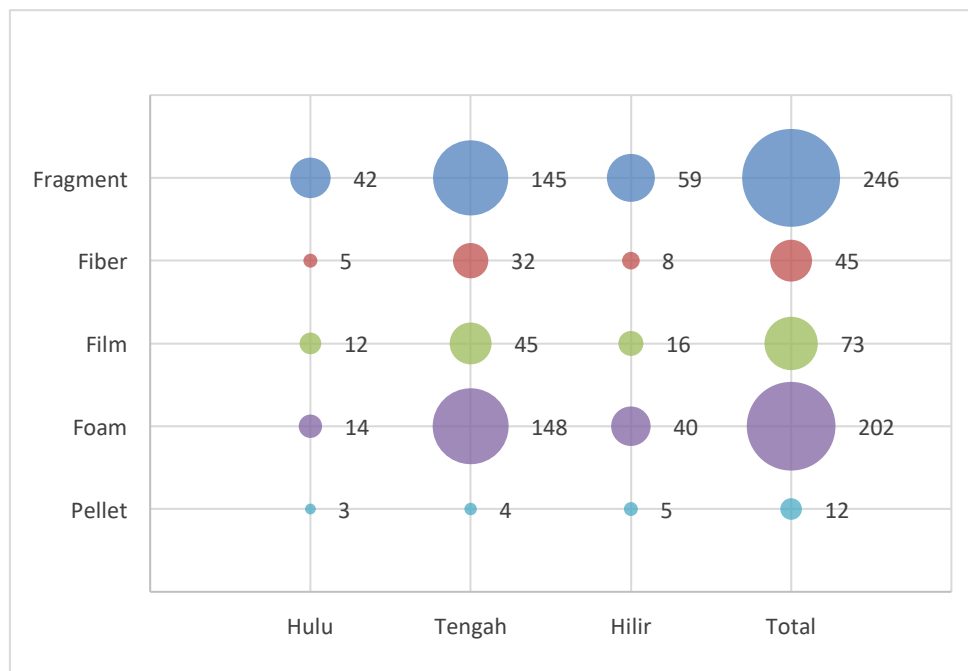
mengandung mikroplastik primer dapat diperoleh dengan mengecek label produk atau menghubungi produsen langsung [36]. Mikroplastik jenis foam berasal dari potongan atau serpihan sampah makro berbahan styrofoam, seperti kemasan makanan (*disposable cups*), potongan pembungkus produk elektronik dan potongan penyimpanan hasil tangkapan. Sumber limbah styrofoam tidak terlepas dari aktivitas antropogenik, seperti perdagangan dan pemukiman yang terdapat di lokasi penelitian. Penyebab nilai kepadatan foam tinggi dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya di sedimen Sungai Opak, dikarenakan lokasi ini terdapat tempat wisata, karena terdapat fasilitas penunjang seperti, wahana pendukung, taman pengunjung, tempat-tempat berjualan dan sebagainya. Dimana pariwisata dapat menjadi sumber peningkatan sampah styrofoam di kawasan Sungai Opak [37]. Mikroplastik jenis foam banyak ditemukan pada sedimen sungai dari pada perairan sungai karena adanya proses *biofouling* yang mengakibatkan foam mengendap pada sedimen.

Mikroplastik dengan jenis film ditemukan dalam persentase sebesar 13%. Film merupakan polimer plastik sekunder yang berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan dan memiliki densitas rendah [36]. Menurut penelitian, mikroplastik jenis film berasal dari degradasi plastik yang umumnya digunakan sebagai tas plastik [32]. Tas plastik ini dapat berbahan dasar dari polimer PE, PP [38], *low density polyethylene* (LDPE) [7], dan *high density polyethylene* (HDPE). Mikroplastik film jarang ditemukan pada lapisan sedimen karena mempunyai densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis lainnya, sehingga mikroplastik jenis ini lebih cenderung mengapung pada kolom perairan [35].

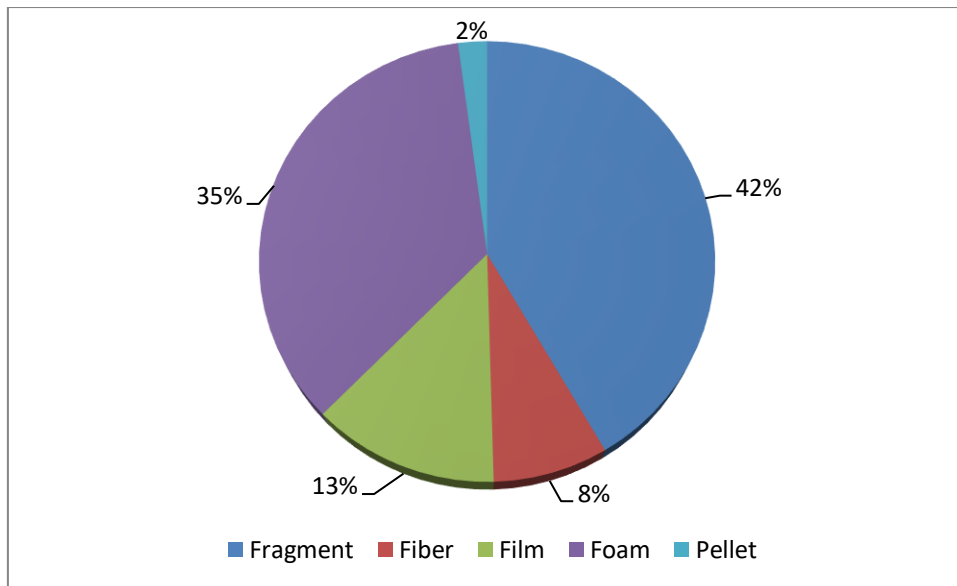
Mikroplastik jenis fiber merupakan jenis mikroplastik sekunder yang ditemukan dalam jumlah tinggi setelah jenis fragment dan foam. Menurut penelitian, mikroplastik bentuk fiber berbahan sintetis memiliki karakteristik yang cukup mirip dengan yang berasal dari bahan organik seperti serat selulosa tanaman dan alga. Meski begitu, terdapat beberapa karakteristik morfologi yang khas dari serat organik yang dapat membedakannya dari fiber sintetis. Karakteristik tersebut antara lain struktur seluler serat organik dapat terlihat dengan mudah dibawah mikroskop cahaya, memiliki tekstur permukaan yang kasar dan berpori, memiliki ujung yang meruncing dan tebal seratnya tidak merata, terdapat serat berduri mirip akar bercabang (bentuk Y) yang menonjol dari badan serat utama dan lebih mudah pecah saat kontak langsung [15]. Berdasarkan karakteristik khas tersebut, mikroplastik bentuk fiber berbahan sintetis dapat dibedakan dari serat selulosa organik melalui proses identifikasi morfologi menggunakan mikroskop. Hasil identifikasi mikroplastik menunjukkan bahwa pada sampel sedimen Sungai Opak tidak dijumpai mikroplastik yang berasal dari serat organik.

Mikroplastik jenis fiber berasal dari serat sintesis yang terdegradasi dari baju yang dibuang sebagai sampah maupun baju yang dicuci di sungai oleh masyarakat yang memanfaatkan aliran Sungai Opak. Hal ini didukung oleh hasil penelitian yang menyebut bahwa mikroplastik jenis fiber dapat bersumber dari limbah cucian baju, yaitu sisa benang pakaian [39]. Selain berasal dari limbah cucian baju di sungai dan sampah kain, mikroplastik jenis fiber juga dapat berasal dari fragmentasi monofilamen alat tangkap ikan yang digunakan oleh masyarakat seperti jala, alat pancing dan jaring tangkap [39]. Masyarakat sering menangkap ikan dan biota air lain menggunakan alat tangkap seperti pancing dan jala tebar di Sungai Opak untuk dikonsumsi [40]. Kegiatan menangkap ikan dengan alat tangkap ini sering dijumpai pada berbagai daerah pengambilan sampel sedimen Sungai Opak yang dapat berperan sebagai sumber cemaran mikroplastik jenis fiber.

Mikroplastik jenis pellet merupakan jenis mikroplastik sekunder yang terbentuk dari degradasi mikroplastik primer yang lebih besar [36]. Mikroplastik jenis pellet memiliki bentuk bulat, permukaan yang halus dan merupakan bahan baku utama yang biasanya digunakan untuk membuat produk berbahan plastik [7]. Mikroplastik dengan jenis pellet yang banyak ditemukan di sedimen Sungai Opak berasal dari limbah pabrik yang memproduksi barang plastik menggunakan bahan baku pellet, pabrik tersebut terletak di daerah Kapanewon Kalasan. Pabrik tersebut diketahui memiliki aliran pembuangan limbah sisa produksi yang mengarah langsung ke Sungai Opak.



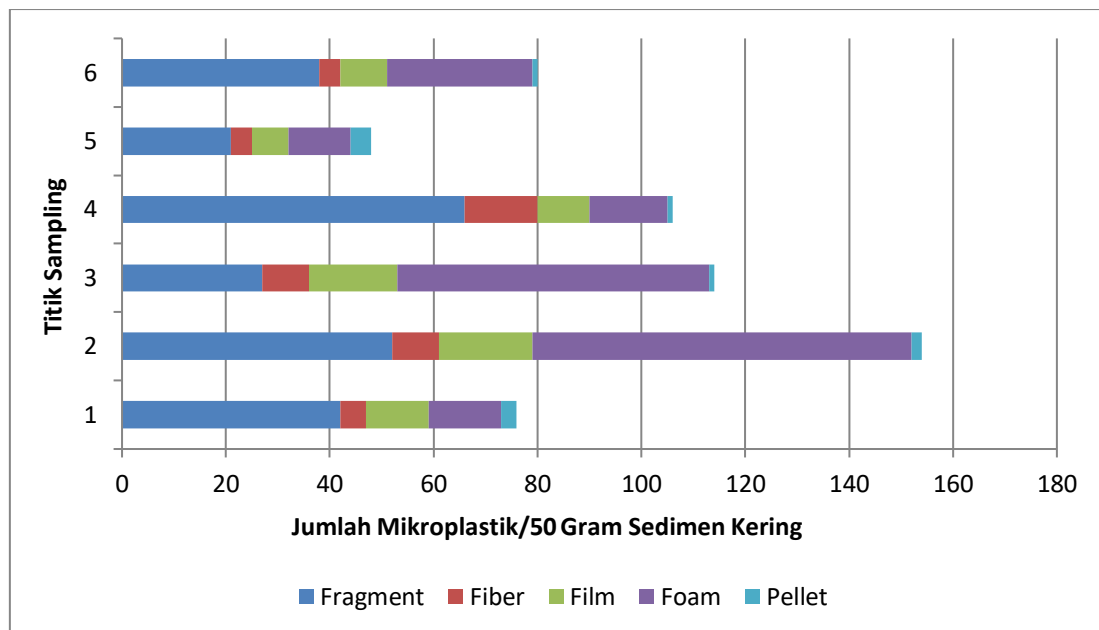
Gambar 4.4 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Jenis



Gambar 4.5 Presentase Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Grafik pada **Gambar 4.6** menunjukkan jenis mikroplastik yang ditemukan di setiap lokasi pengambilan sampel. Dapat dilihat pada titik 2 terjadi peningkatan jumlah jenis foam paling banyak dibanding dengan titik lainnya, hal ini dikarenakan pada titik 2 terdapat sampah seperti styrofoam serta lokasi tersebut mewakili kondisi sungai yang melewati pemukiman dan perdagangan, dan menjadikan titik 2 sebagai lokasi ditemukannya jumlah mikroplastik terbanyak. Pada titik 2 merupakan tempat yang padat penduduk, dan terdapat aktivitas masyarakat seperti memancing, berenang, dan mencuci juga terjadi di sekitar sungai.

Jenis mikroplastik fragment diketahui mengalami peningkatan kelimpahan pada titik sampling 4. Hal ini karena di lokasi tersebut lebih banyak ditemukan sampah plastik makro dari bungkus makanan dan botol air yang dimana hasil degradasi sampah-sampah tersebut merupakan sumber cemaran mikroplastik berbentuk fragment [35]. Sampah-sampah plastik ini ada yang sengaja dibuang ke Sungai Opak, ada juga yang terbawa aliran dari sungai lain seperti Sungai Code dan Sungai Oyo kemudian menyatu dengan aliran Sungai Opak [41].

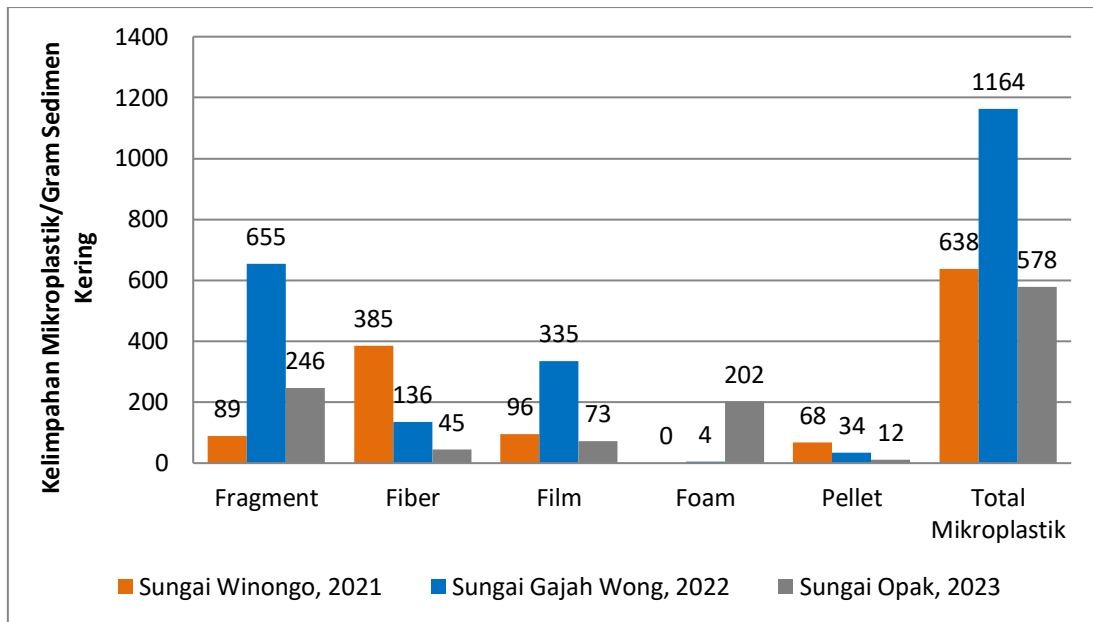


Gambar 4.6 Jumlah Jenis Mikroplastik Pada Setiap Titik Sampling

Dari berbagai penelitian seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.7**, fragment merupakan jenis mikroplastik yang paling sering ditemukan. Mikroplastik jenis fragment paling dominan ditemukan pada sedimen di Sungai Gajah Wong sebanyak 655 partikel mikroplastik/gram sedimen kering. Mikroplastik jenis fragmen yang ditemukan di Sungai Gajah Wong berasal dari fragmentasi botol minuman, kantong plastik, dan potongan pipa paralon [27]

Penelitian yang dilakukan di Sungai Winongo jenis fiber yang paling banyak ditemukan sebanyak 385 partikel mikroplastik/gram sedimen kering. Sungai Winongo banyak ditemukan sampah berserakan seperti karung, tali dan kain baju yang dapat menghasilkan mikroplastik jenis fiber. Selain itu, sering dilakukan aktivitas memancing oleh masyarakat sekitar, peralatan memancing seperti tali pancing, perangkap atau jaring ikan yang tertinggal dilokasi tersebut dapat menghasilkan mikroplastik jenis fiber [28].

Kemudian penelitian pada Sungai Opak ditemukan paling banyak mikroplastik jenis fragmen sebanyak 246 partikel mikroplastik/gram sedimen kering. Diantara ketiga sungai tersebut, sungai Opak merupakan sungai yang paling banyak ditemukan mikroplastik jenis foam sebanyak 202 partikel mikroplastik/gram sedimen kering.

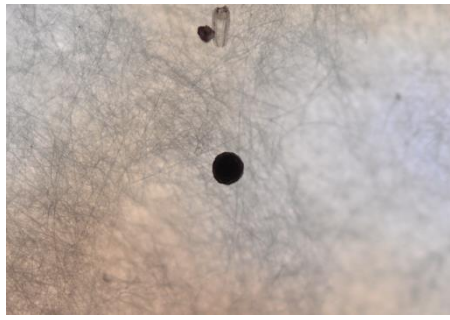


Gambar 4.7 Perbandingan Jenis Mikroplastik

Sumber data : Sungai Winongo [28], Sungai Gajah Wong [27].

4.2.3 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna

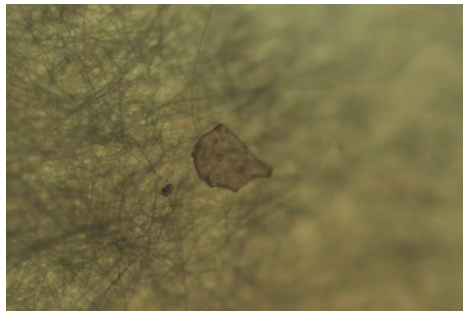
Hasil analisis data yang diperoleh dari setiap lokasi pengambilan sampel sedimen Sungai Opak ditemukan beberapa warna mikroplastik yaitu hitam, coklat, transparan, hijau dan merah yang ditunjukkan pada **Gambar 4.8**. Warna mikroplastik dapat berbeda-beda karena telah terdegradasi oleh sinar matahari sehingga dapat menyebabkan perubahan warna yang dialami mikroplastik [14].



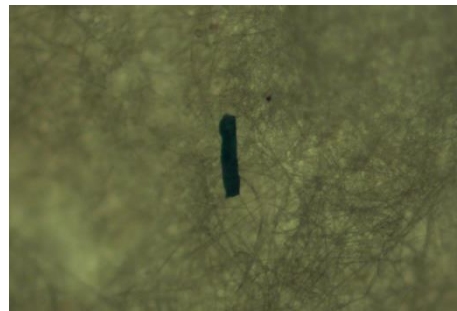
(a)



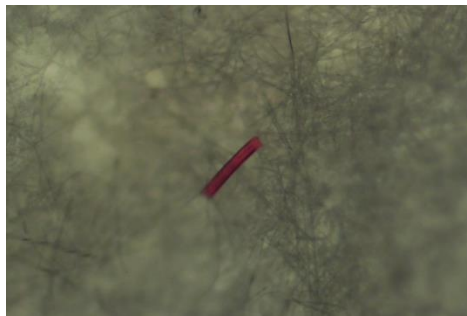
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4.8 Warna Mikroplastik yang ditemukan pada Sedimen Sungai Opak: (a) Hitam, (b) Coklat, (c) Transparan, (d) Hijau dan (e) Merah

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Warna mikroplastik pada sedimen Sungai Opak daerah hulu, tengah, dan hilir memiliki persentase yang berbeda-beda. Warna mikroplastik yang beragam ini dapat berasal dari warna asli plastik yang belum mengalami proses fragmentasi atau degradasi [42].

Berdasarkan hasil **Gambar 4.9** dan **Gambar 4.10** mikroplastik berwarna hitam paling banyak terdapat di daerah tengah yaitu sebanyak 163 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, kemudian warna coklat tertinggi terdapat pada daerah tengah yaitu sebanyak 146 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, untuk warna transparan tertinggi terdapat pada

daerah tengah yaitu sebanyak 56 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, selanjutnya warna hijau paling tinggi berada pada daerah hilir yaitu sebanyak 5 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, dan yang terakhir warna merah paling banyak terletak pada daerah hulu yaitu sebanyak 6 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering.

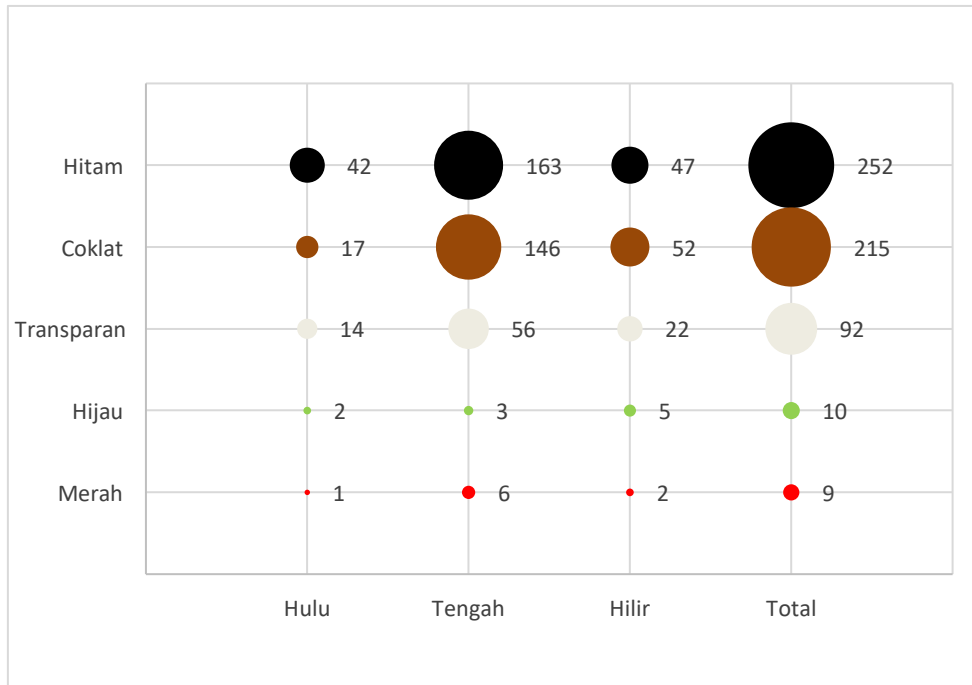
Adapun mikroplastik berwarna hitam menjadi warna yang banyak jumlahnya yakni sebesar 44% atau sebanyak 252 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, dan mikroplastik berwarna coklat dengan persentase sebesar 37% atau sebanyak 215 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering. Kedua warna inilah yang paling dominan pada setiap titik pengambilan sampel. Kemudian warna transparan dengan presentase sebesar 16% atau sebanyak 92 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, selanjutnya warna hijau dengan presentase sebesar 2% atau sebanyak 10 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering dan warna merah dengan presentase 1% atau sebanyak 9 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, kedua warna ini menjadi warna yang paling sedikit ditemukan pada penelitian ini.

Warna mikroplastik yang mendominasi pada penelitian ini adalah warna hitam. Warna hitam mengindikasikan banyaknya kontaminan yang menempel pada mikroplastik dan partikel organik lainnya. Mikroplastik berwarna hitam memiliki kemampuan menyerap polutan yang tinggi, juga berpengaruh terhadap tekstur dari mikroplastik [39]. Warna transparan disebabkan oleh warna asli plastik atau akibat degradasi fisik atau oksidatif, paparan sinar UV dan inframerah, cahaya matahari (fotodegradasi), atau penyerapan bahan kimia [40]. Warna mikroplastik juga mengindikasikan lama waktu tinggal di permukaan laut serta tingkat pelapukan. Warna hitam dan gelap seperti coklat dan hijau menunjukkan jenis PS dan PP dan diyakini juga mengandung polutan seperti PAHs dan PCBs yang terserap [7].

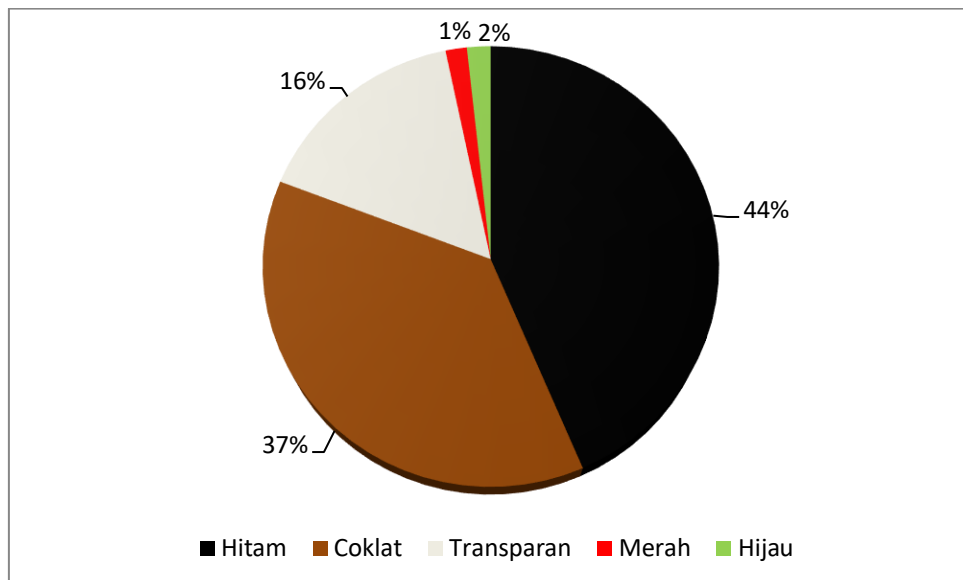
Warna mikroplastik merupakan warna terang yang ditemukan yaitu merah yang diduga berasal dari aktivitas manusia sekitar perairan. Mikroplastik berwarna dapat berasal dari buangan kemasan produk dan pakaian dari pemukiman sekitar [43]. Mikroplastik berwarna sebagian besar tertelan oleh ikan pemakan plankton sehingga prevalensi mikroplastik berwarna untuk termakan oleh ikan lebih besar karena menyerupai makanan alaminya. Mikroplastik berwarna lebih rentan tercerna oleh biota laut. karena memiliki warna menarik yang dapat menyebabkan kematian pada biota laut sehingga keberadaannya menjadi ancaman biologis [44].

Tingkat kedalaman warna plastik mempengaruhi transmisi UV karena warna berpigmen menutupi lapisan transparan, maka cahaya matahari akan sangat dilemahkan saat melewati sampel berwarna. Semakin gelap warna plastik, maka semakin kuat kemampuannya dalam menyerap cahaya, semakin rendah transmisi UV, sehingga tingkat photoaging menjadi lebih

rendah [45]. Warna mikroplastik berpigmen berpotensi mempengaruhi konsumsi organisme akuatik, dimana secara visual organisme tersebut cenderung menelan mikroplastik dengan warna yang menyerupai makanannya [43].



Gambar 4.9 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Warna

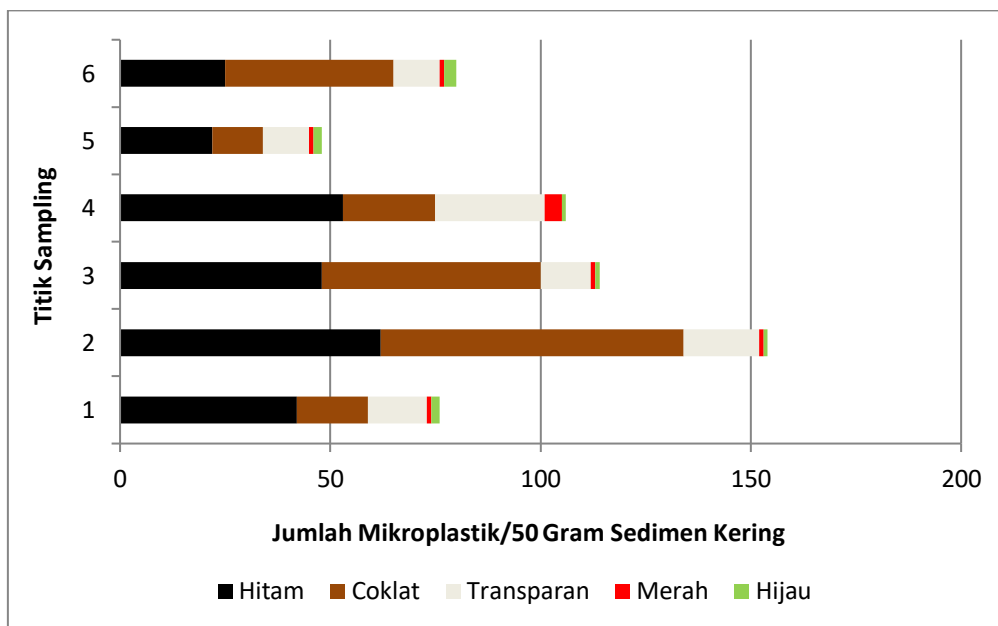


Gambar 4.10 Presentase Mikroplastik Berdasarkan Warna

Pada grafik **Gambar 4.11** jumlah warna di setiap titik pengambilan sampel, warna yang paling dominan ditemukan yaitu warna hitam, dan memiliki jumlah yang banyak. Tingginya daya serap mikroplastik berwarna hitam terhadap polutan dapat mempengaruhi struktur permukaan mikroplastik.

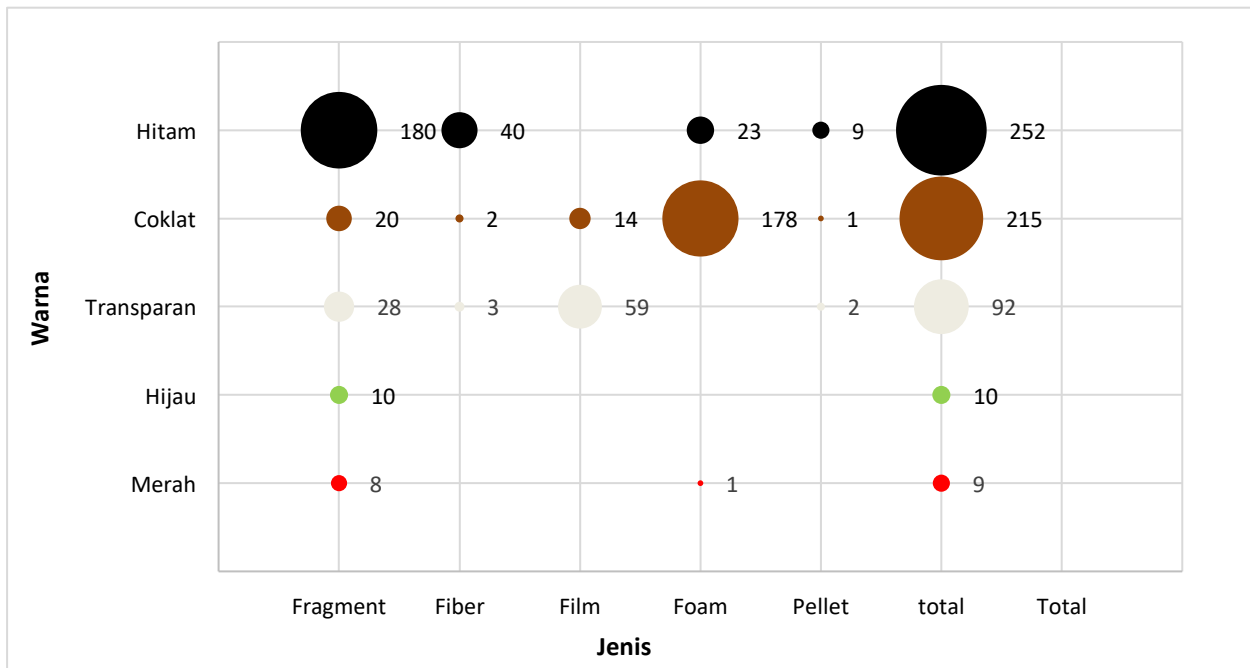
Mikroplastik berwarna transparan pada sedimen Sungai Opak ini mengindikasikan bahwa mikroplastik tersebut telah lama mengalami proses fotodegradasi dan telah lama berada diperairan. Mikroplastik mengalami proses fotodegradasi pada saat mikroplastik tersebut berada di permukaan air. Intensitas cahaya yang tinggi dapat membantu proses fotodegradasi mikroplastik dan hal ini dapat diperkuat dari hasil penelitian yang menyebutkan bahwa proses fotodegradasi dibantu oleh paparan cahaya matahari [46]. Terdapat penelitian menyebutkan bahwa semakin lama mikroplastik berada di perairan akan menyebabkan warnanya menjadi semakin memudar [18]. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian lain yang menyebutkan bahwa semakin lama mikroplastik mengalami fotodegradasi oleh sinar matahari maka mikroplastik tersebut akan mengalami oksidasi yang mengakibatkan adanya perubahan warna pada mikroplastik [7].

Warna mikroplastik yang ditemukan pada sedimen Sungai Opak masih banyak yang tergolong dalam warna pekat, diantaranya seperti warna hitam, merah, hijau, coklat. Warna yang pekat ini dikarenakan mikroplastik belum mengalami proses fragmentasi secara signifikan [39]. Warna mikroplastik yang pekat dan beragam ini dapat dipengaruhi dari sumbernya atau asal sampah plastiknya [47].



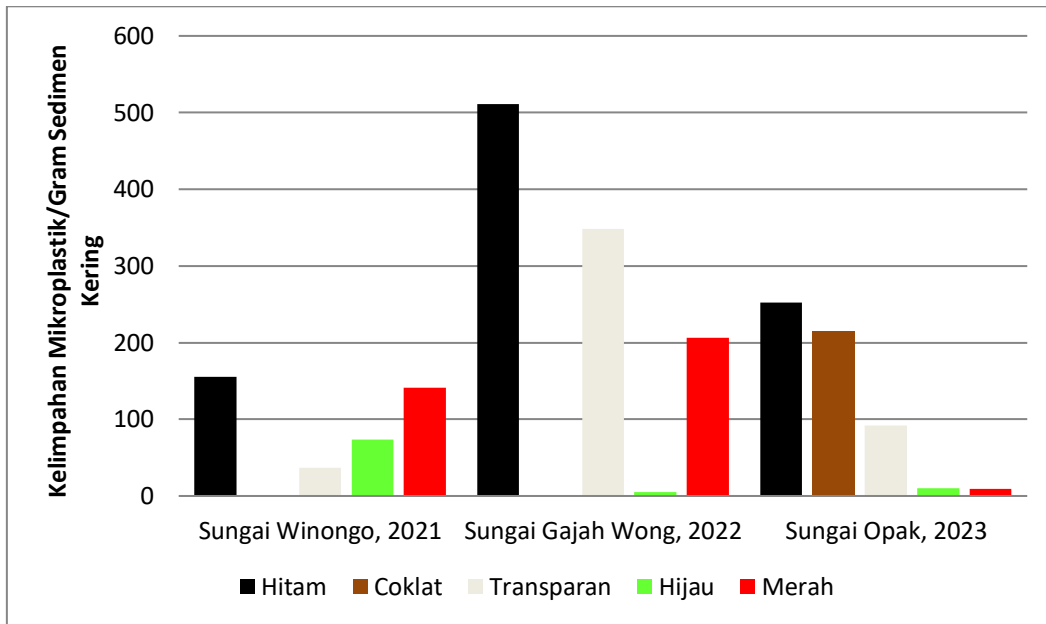
Gambar 4.11 Jumlah Warna Mikroplastik di Setiap Titik Pengambilan Sampel

Pada **Gambar 4.12** membandingkan antara jumlah keseluruhan warna dan jenis mikroplastik pada sedimen Sungai Opak, mikroplastik jenis fragment berwarna hitam paling banyak ditemukan dengan jumlah 180 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, kemudian mikroplastik jenis fiber berwarna hitam paling banyak ditemukan dengan jumlah 40 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, untuk jenis film berwarna transparan paling banyak ditemukan yaitu sejumlah 59 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, dan jenis foam ditemukan paling banyak warna coklat dengan jumlah 178 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, serta jenis pellet ditemukan paling banyak warna hitam dengan jumlah 9 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering. Dalam penelitian ini, hubungan antara jumlah, jenis dan warna mikroplastik adalah semakin banyak plastik mencemari sungai, maka semakin banyak pula jumlah mikroplastik di sungai tersebut, yang berarti jumlahnya semakin banyak maka jenis dan warnanya semakin beragam.



Gambar 4.12 Perbandingan Mikroplastik Berdasarkan Warna dan Jenis

Pada **Gambar 4.13** menunjukkan grafik perbandingan antara hasil penelitian Sungai Opak dengan penelitian di Sungai Winongo dan Sungai Gajah Wong, dapat dilihat bahwa mikroplastik berwarna coklat hanya terdapat di Sungai Opak sedangkan pada Sungai Winongo dan Sungai Gajah Wong tidak terdapat hasil analisis mikroplastik yang berwarna coklat. Ketiga sungai ini juga memiliki kesamaan yaitu mengandung mikroplastik dengan warna paling dominan adalah hitam. Perbedaan waktu dan kondisi penelitian di sekitar sungai dapat mempengaruhi jumlah dan warna ketiga sungai tersebut.

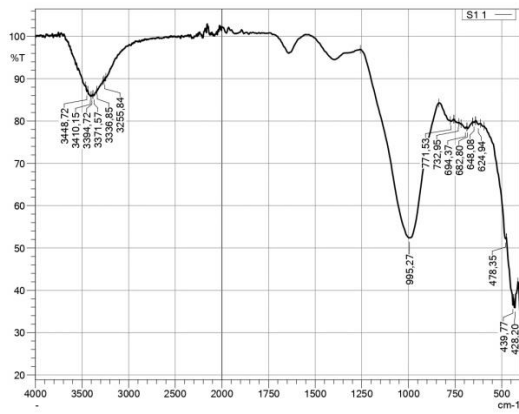


Gambar 4.13 Perbandingan Warna Mikroplastik

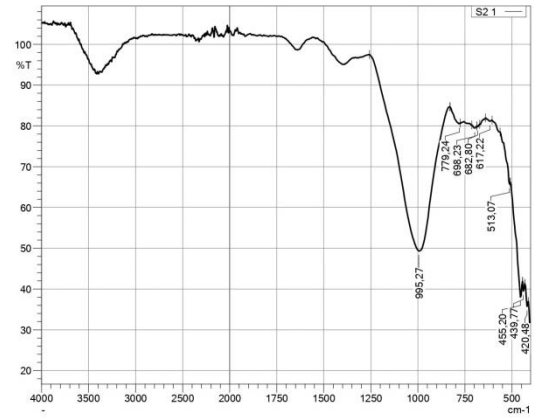
Sumber data : Sungai Winongo [28], Sungai Gajah Wong [27].

4.4 Identifikasi Mikroplastik dengan Spektrofotometri FT-IR

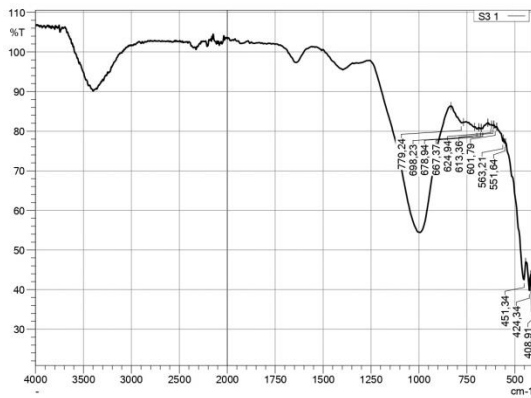
Setelah dilakukan analisis data pengamatan menggunakan mikroskop, selanjutnya sampel dianalisis menggunakan spektrofotometri FT-IR. Spektrofotometri FT-IR adalah instrumen yang digunakan untuk mengetahui gugus kimia mikroplastik yang terdapat pada sampel mikroplastik. Analisis kertas saring fiber menggunakan FT-IR dilakukan untuk mengetahui senyawa polimer yang terdapat pada kertas saring sehingga dapat mempermudah pada saat analisis data sampel uji. Pembacaan gelombang FT-IR pada rentang panjang gelombang $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$. Hasil uji spektrofotometri FT-IR pada sampel sedimen Sungai Opak ditunjukkan pada **Gambar 4.14**.



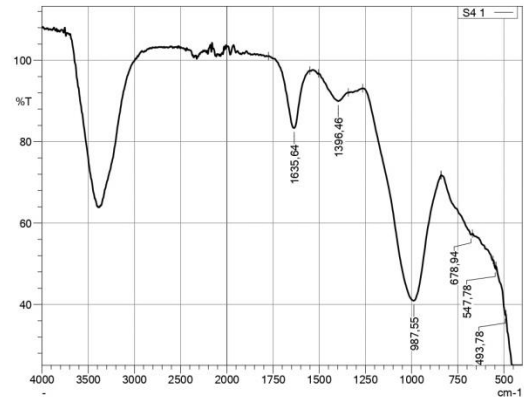
(a)



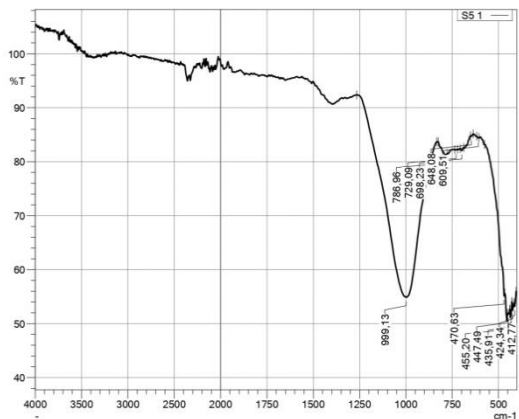
(b)



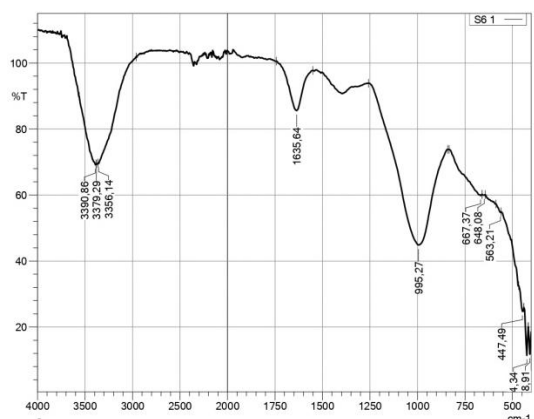
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 4.14 Hasil Uji FT-IR Pada Sampel Sedimen Sungai Opak (a) Hulu, (b) Tengah 1, (c) Tengah 2, (d) Tengah 3, (e) Hilir 1, (f) Hilir 2

Berdasarkan **Gambar 4.14**, dapat diketahui hasil pengujian FT-IR pada daerah hulu, tengah, dan hilir. Jenis polimer mikroplastik diidentifikasi berdasarkan nilai puncak gelombang yang muncul dan dibandingkan dengan daftar tabel analisis FT-IR yang terdapat pada **Tabel 2.2**. Hasil penentuan jenis polimer dari mikroplastik dengan membandingkan puncak gelombang FT-IR yang dihasilkan dengan polimer plastik yang terdapat dalam *spectral library* dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Pendugaan Jenis Polimer

Titik Sampel	Peak (cm ⁻¹)	Peak Acuan (cm ⁻¹) [24]	Pendugaan Jenis Polimer
1 (Hulu)	694,37	694	PS
	732,95	730	HDPE, LDPE
	3255,84	3298	Nylon
2 (Tengah 1)	513,07	509	PTFE
	995,27	997	PP
3 (Tengah 2)	551,64	554	PTFE
	698,23	694	PS
4 (Tengah 3)	1396,46	1409	PC
	1635,64	1634	Nylon
5 (Hilir 1)	729,09	730	HDPE, LDPE
	999,13	997	PP
6 (Hilir 2)	563,21	554	PTFE
	1635,64	1634	Nylon

Jenis polimer yang teridentifikasi pada sampel sedimen Sungai Opak yaitu *Polystyrene* (PS), *Polycarbonate* (PC), *Polytetrafluorethylene* (PTFE), *Nylon*, *Polyethylene terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), *High density polyethylene* (HDPE) dan *Low density polyethylene* (LDPE). **Tabel 4.3** merupakan identifikasi penggunaan polimer dari hasil pengujian mikroplastik menggunakan FT-IR yang terdapat pada sampel sedimen sungai Opak.

Tabel 4.3 Penggunaan Polimer

Jenis Polimer	Penggunaan
<i>Polystyrene (PS)</i>	Sering digunakan sebagai bahan tempat makan styrofoam, mangkuk dan tempat minum sekali pakai, kemasan buah dan sayur, wadah telur.
<i>Polycarbonate (PC)</i>	Sering diaplikasikan sebagai bahan untuk membuat lensa kaca mata, peralatan medis, komponen otomotif, digital disks (CD, DVD, dan Blu-ray), material pembentuk atap, dan pelapis dinding.
<i>Polytetrafluorethylene (PTFE)</i>	Digunakan sebagai pelapis anti lengket untuk panci, wajan, dan peralatan masak lainnya.
<i>Nylon</i>	Digunakan sebagai bahan pembuatan tali, jala, parasut dan digunakan sebagai bahan pakaian.
<i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	Digunakan untuk produksi botol atau wadah untuk minuman, seperti air, minuman ringan berkarbonasi, minuman jus, dan industri makanan.
<i>Polypropylene (PP)</i>	Banyak digunakan untuk wadah makanan panas, tali, tutup botol, alat pancing, pengikat, suku cadang mobil, lapisan popok sekali pakai dan pembalut wanita.
<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	Biasa digunakan pada kantong belanjaan, wadah jus, botol shampo, botol detergen dan botol obat.
<i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	Banyak digunakan untuk tas (sembako, dry cleaning, roti, kantong makanan beku, koran, sampah), bungkus plastik, pelapis untuk karton kertas susu dan cangkir minuman panas dan dingin, beberapa botol yang bisa

Jenis Polimer	Penggunaan
	dipencet (madu, mustar), wadah penyimpanan makanan, tutup wadah dan juga digunakan untuk penutup kawat dan kabel.

Dari keenam jenis polimer yang teridentifikasi pada sampel sedimen sungai Opak, *Polystyrene* (PS), *Polycarbonate* (PC), *Nylon*, *Polypropylene* (PP), *High density polyethylene* (HDPE) dan *Low density polyethylene* (LDPE) merupakan jenis polimer dengan densitas yang rendah (**Tabel 2.1**). Menurut penelitian, densitas yang rendah akan membuat polimer mengapung pada permukaan air, sedangkan densitas yang tinggi akan menyebabkan polimer tenggelam dan mengendap pada sedimen seperti jenis polimer *polytetrafluorethylene* (PTFE) dan *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang memiliki densitas tinggi [48]. Keenam jenis polimer *Polystyrene* (PS), *Polycarbonate* (PC), *Nylon*, *Polypropylene* (PP), *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) dapat ditemukan pada sedimen dikarenakan terjadinya peningkatan densitas yang disebabkan oleh adanya proses *biofouling* yang diakibatkan oleh suatu mikroorganisme [49].

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang identifikasi mikroplastik pada sedimen di Sungai Opak, D.I Yogyakarta, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil penelitian pengambilan sampel sedimen di 6 titik (1 hulu, 3 tengah dan 2 hilir) Sungai Opak menunjukkan bahwa Sungai Opak tercemar mikroplastik, dimana jumlah mikroplastik pada sedimen Sungai Opak sebanyak 154 - 48 partikel/50 gram sedimen kering. Untuk jenis mikroplastik yang ditemukan pada sedimen Sungai Opak berupa fragment sebanyak 246 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, foam sebanyak 202 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, film sebanyak 73 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, fiber sebanyak 45 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering dan pellet sebanyak 12 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering. Kemudian warna yang ditemukan pada sampel yaitu warna hitam sebanyak 252 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, coklat sebanyak 215 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, transparan sebanyak 92 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering, hijau sebanyak 10 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering dan merah sebanyak 9 partikel mikroplastik/50 gram sedimen kering.
2. Jenis senyawa polimer yang teridentifikasi pada sampel sedimen Sungai Opak saat uji Spektrofotometri FT-IR yaitu *Polystyrene* (PS), *Polycarbonate* (PC), *Polytetrafluorethylene* (PTFE), *Nylon*, *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan pada penelitian selanjutnya untuk:

1. Pengeringan sedimen menggunakan oven sebaiknya dilakukan dengan suhu 50-60°C selama 24 jam karena dapat mencegah mikroplastik pada sedimen agar tidak mudah terurai.
2. Kertas saring sebaiknya menggunakan kertas saring alumina karena untuk mempermudah mengidentifikasi karakteristik fisik mikroplastik. Kertas saring alumina

memiliki permukaan yang licin dan sedikit transparan, serta diameter kertas saring sebesar 2,5 cm.

3. Memperhatikan suhu dan waktu pada saat proses WPO (*Wet Peroxide Oxidation*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Joesidawati, Marita I. 2018. Pencemaran Mikroplastik di Sepanjang Pantai Kabupaten Tuban. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat III Universitas PGRI Ronggolawe Tuban*. Tuban, Indonesia. 29 September 2018. Tuban: Universitas PGRI Ronggolawe Tuban. Hlm 8-15.
- [2] Yusari, T., dan Purwohandoyo, J. 2020. Potensi Timbulan Sampah Plastik di Kota Yogyakarta Tahun 2035. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 25 (2): 88-101.
- [3] Nasution, R. S. 2015. Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik. *Elkawnie: Journal Of Islamic Science And Technology*, 1 (1):97-104.
- [4] Frias, J.P.G.L., dan Nash, R. 2019. Microplastics: Finding a Consensus on the Definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138: 145-147.
- [5] Subowo, G. 2011. Peran Cacing Tanah Kelompok Endogaesis Dalam Meningkatkan Efisiensi Pengolahan Tanah Lahan Kering. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(4), 125-131.
- [6] Widianarko, Y. B. dan Hantoro, I. 2018. *Mikroplastik dalam Seafood dari Pantai Utara Jawa*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- [7] Azizah, P., Ridlo, A., dan Suryono, C.A. 2020. Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9 (3):326-332.
- [8] Fischer, E.K., Paglialonga, L., Czech, E., dan Tamminga, M. 2016. Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments- a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental pollution*, 213, 648-657.
- [9] Wright, S.L., Thompson, R. C., dan Galloway, T. S. 2013. The Physical Impacts of Microplastics on Marine Organisms: A Review. *Journal of Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- [10] Aisyah, Arsitika B.P. 2018. Evaluasi Spasial dan Temporal Parameter BOD, COD, Amoniak (NH₃) Terhadap Kualitas Air Sungai Opak, Yogyakarta. [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia

- [11] Deni. 2017. Limbah Pabrik dan TPA Piyungan Cemari Sungai Opak. <https://www.starjogja.com/2017/09/29/limbah-pabrik-dan-tpapitungan-cemari-sungai-opak/>.
- [12] Syarifudin, Ahmad. 2019. Cerita Mbah Sarinten, Mandi dan Cuci Baju di Sungai Oyo Karena Kesulitan Air Bersih. <https://jogja.tribunnews.com/amp/2019/09/06/cerita-mbah-sarinten-mandi-dan-cuci-baju-di-sungai-oya-karena-kesulitan-air-bersih>.
- [13] 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.
- [14] Browne, M. A. 2015. *Sources and Pathways of Microplastics to Habitats*. Marine Anthropogenic Litter. Springer International Publishing. 229–244
- [15] Lusher, A. L., Peter H & Jeremy M. 2017. *Microplastics in Fisheries and Aquaculture*. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- [16] João Frias., Nash, R., Pagter, E., and O'Connor, I. 2018. *Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments*. JPI-Oceans BASEMAN project.
- [17] Cauwenberghe, L. Van, Galgani, F., Robbins, J., & Janssen, R. 2015. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007>
- [18] 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.
- [19] Auta, H. S., Emenike, C. U., Jayanthi, B., & Fauziah, S. H. 2018. *Growth kinetics and biodeterioration of polypropylene microplastics by Bacillus sp. and Rhodococcus sp. isolated from mangrove sediment*. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 15–21
- [19] Purwaningrum, P. 2016. Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(2):141-147
- [20] Layn, A.A., Emiyarti dan Ira. 2020. Distribusi Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Teluk Kendari. *Sapa Laut*, 5 (2): 115-122.

- [21] Aisyah, Arsitika B.P. 2018. Evaluasi Spasial dan Temporal Parameter BOD, COD, Amoniak (NH₃) Terhadap Kualitas Air Sungai Opak, Yogyakarta. [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- [22] Pungut, Widyastuti, S., & Wiyarno, Y. (2021). Identifikasi Mikroplastik Pada Cangkang Kerang Darah Dengan Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Scanning Electron Microscopy (SEM). *Seminar Nasional Hasil Riset Dan Pengabdian Ke-III (SNHRP-III 2021) IDENTIFIKASI*, 2018, 12
- [23] Lestari, K., Haeruddin, H., & Jati, O. E. (2021). Karakterisasi Mikroplastik Dari Sedimen Padang Lamun, Pulau Panjang, Jepara, Dengan Ft-Ir Infra Red. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 135–154. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss2.art5>
- [24] Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Mugilarasan, M., Gurumoorthi, K., Guganathan, L., Aboobacker, V. M., & Vethamony, P. (2021). Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(22), 2681–2743. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450>
- [25] Abd. Hamid, D . 2019. Analisis Hubungan Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air Parameter Mikrobiologi di Sungai Opak, Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- [26] Sarengat, N., Yuniari, A., Setyorini, I., dan Suyatini. 2015. Kajian Potensi Pencemaran Industri Pada Lingkungan Perairan di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik ke-4 Yogyakarta*. Yogyakarta, Indonesia. 28 Oktober 2015. ISSN: 2477-3298.
- [27] Wirendra Nouqih, A. 2022. Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Sedimen di Sungai Gajahwong Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- [28] Haryo Wikaning Putro, D. 2021. Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Sedimen Di Sungai Winongo Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- [29] Alam, F. C., Sembiring, E., Muntalif, B. S., & Suendo, V. (2019). Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area (case

- study: Ciwalengke River, Majalaya district, Indonesia). *ECSN*.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.188>
- [30] Ding, L., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., & Yang, C. (2019). Science of the Total Environment Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River , in the northwest of China. *Science of the Total Environment*, 667, 427–434.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.332>
- [31] Putra R. P. 2017. Geologi dan Karakteristik Endapan Pasir Zona Sungai Opak, Foreshore dan Gumuk Pasir Parangtritis serta Usulan Pengembangan Kawasan Konservasi Gumuk Pasir Daerah Istimewa Yogyakarta. [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Pengembangan Nasional "Veteran".
- [32] Mauludy, M. S., Yunanto, A., dan Yona, D. 2019. Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Pantai Wisata Kabupaten Badung, Bali. *az*, 21 (2): 73-78.
- [33] Ayuningtyas, Wulan C., Yona, D., Julinda, S.H.S., dan Iranawati, F. 2019. Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3 (1):41-45
- [34] Khoironi, A., Anggoro, S., dan Sudarno. 2018. The Existence of Microplastic in Asian Green Mussels. *International Conference on Green Agroindustry and Bioeconomy*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 131:1-6.
- [35] Troyer, N. De. 2015. Occurrence and distribution of microplastics in the Scheldt river.
- [36] Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., Shi, H., 2017. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environ. Pollut.* 221, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>
- [37] Yolla, 2020. Jenis Dazan Kepadatan Mikroplastik Di Sedimen Pantai desa Naras Hilir Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat.[Jurnal]. Fakultas Perikanan Dan Kelautan. Universitas Riau Pekanbaru.
- [38] GESAMP. (2015). GESAMP. www.imo.org

- [39] Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019).. 5, 165–171. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050204>
- [40] Djumanto dan N. Probosunu. 2011. Biodiversitas Sumber Daya Ikan di Hulu Sungai Opak. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 11(1):1-10.
- [41] Saputra, Ade Jaya., Sujono, J., dan Jayadi, R. 2019. Kajian Hidrologi dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Opak Yogyakarta. *Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air*. Bandung, Indonesia.
- [42] Ratnasari, Irene O. 2017. Identifikasi Jenis dan Jumlah Mikroplastik Pada Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus*) di Perairan Air Payau Semarang. [Skripsi]. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- [43] Liu, P., Zhan, X., Wu, X., Li, J., Wang, H., & Gao, S. (2020). Effect of weathering on environmental behavior of microplastics: Properties, sorption and potential risks. *Chemosphere*, 242, 1-45.
- [44] Deng, H., He, J., Feng, D., Zhao, Y., Sun, W., Yu, H., & Ge, C. (2021). Microplastics pollution in mangrove ecosystems: A critical review of current knowledge and future directions. *Science of the Total Environment*, 753(142041), 1–16
- [45] Zhao, X., Wang, J., Yee Leung, K. M., & Wu, F. (2022). Color: An Important but Overlooked Factor for Plastic Photoaging and Microplastic Formation. In *Environmental Science and Technology*, 56(13), 9161–9163.
- [46] Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1596-1605.
- [47] Prasetyo, Dimas. 2020. Pencemaran Mikroplastik Menggunakan *Sepia pharaonis* di Pasar Pelelangan Ikan Muara Angke. [Skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [48] Avio, G. C., Gorbi, S., dan Regoli, F. 2016. Plastics and Microplastics in the Oceans: From Emerging Pollutants to Emerged Threat. *Marine Environmental Research*, 128 :1-10.
- [49] Matsuguma, Y., Takada, H., Kumata, H., Kanke, H., Sakurai, S., Suzuki, T., Itoh, M., Okazaki, Y., Boonyatumanond, R., Zakaria, M.P., Weerts, S., dan Newman, B.

2017. Microplastics in Sediment Cores from Asia and Africa as Indicators of Temporal Trends in Plastic Pollution. *Arch Environ Contam Toxicol*, 73:230-239

LAMPIRAN



Lampiran 1 Proses Pengambilan Sampel