TUGAS AKHIR

Analisis Kandungan Mikroplastik pada Sumber Pencemar Titik (*Point Sources*) di Air Sungai Code

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

Nur Shadrina Ghaisani

20513064

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2024

TUGAS AKHIR

ANALISIS KANDUNGAN MIKROPLASTIK PADA SUMBER TITIK PENCEMAR (*POINT SOURCE*) DI AIR SUNGAI CODE

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

Disusun Oleh:

Nur Shadrina Ghaisani
20513064

Disetujui,
Dosen Pembimbng:

15/08 24

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

14 Agustus 2024

Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.
NIK. 165131304
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

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

HALAMAN PENGESAHAN

Analisis Kandungan Mikroplastik Pada Sumber Pencemar Titik (*Point Sources*) di Air Sungai Code

Telah Diterima dan Disahkan oleh Tim Penguji

Hari :

Tanggal:

Disusun Oleh:

Nur Shadrina Ghaisani
20513064

Tim Penguji:

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. (15/08 24)

Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D. (14-08-2024)

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. (14-08-2024)

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 5 Juli 2024
Yang membuat pernyataan

Nur Shadrina Ghaisani
20513064

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "**Analisis Kandungan Mikroplastik Pada Sumber Pencemar Titik (*Point Sources*) di Air Sungai Code"**. Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Strata satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi, namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan 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. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, cinta dan kasih sayang, support, kepercayaan, nasihat dan berusaha selalu ada di sisi penulis dalam keadaan apapun kepada penulis selama kuliah hingga penulisan laporan ini selesai.
3. Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir yang turut memberikan bimbingan, masukan metode penelitian, serta membantu dan memberikan semangat kepada penulis selama menjalani proses tugas akhir ini hingga selesai.
4. Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir yang turut memberikan bimbingan, masukan metode penentuan titik sampling, serta metode analisis data.
5. Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang turut memberikan arahan dan masukan terhadap penyusunan laporan tugas akhir.

6. Adik penulis yang selalu memberikan semangat, doa serta menjadi motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teruntuk teman-teman penulis grup “ytta” (Amalia Hardiyanti Putri & Annisa Yumna Azzahro), “oh iya” (Aufi Dalilla & Syifa Eka Putri Fajrin), Nova Ramadhani, dan Almira Nur Amalia yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dari awal masa perkuliahan hingga proses pengerjaan tugas akhir.
8. Teruntuk “grup noname” yang selalu memberikan semangat kepada penulis selama menyelesaikan skripsi serta tempat mendengar keluh kesah penulis.
9. Rekan seperjuangan topik mikroplastik dan seperbimbingan yang selalu memberi dukungan dan bantuan dari awal proses pengerjaan tugas akhir hingga selesai.
10. Seluruh tenaga pengajar, staff, laboran, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan yang dapat menjadi panduan selama proses pengerjaan tugas akhir.

Billahi taufiq wal hidayah,
Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 5 Juli 2024
Yang membuat pernyataan

Nur Shadrina Ghaisani
20513064

ABSTRAK

NUR SHADRINA GHAISANI. Analisis Kandungan Mikroplastik pada Sumber Pencemar Titik (Point Sources) di Air Sungai Code. Dibimbing oleh Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

Mekanisme masuknya mikroplastik ke dalam sungai sangat kompleks dan dapat melibatkan berbagai sumber titik pencemar (Point Source) salah satunya *effluent* saluran drainase yang masuk ke sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelimpahan mikroplastik dan korelasi mikroplastik terhadap parameter fisik menggunakan dua fraksinasi yang berbeda yaitu NaCl dan $ZnCl_2$ dengan konsentrasi 10% berdasarkan titik pengambilan sampel di *Point Sources* Sungai Code, D.I. Yogyakarta. Penelitian ini mengacu pada metode National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) yang dimodifikasi pada sampel air. Dalam analisis sampel, mikroskop digunakan untuk menghitung jumlah dan mengklasifikasikan bentuk mikroplastik, ditemukan bentuk *Fragment, Fiber, Film, Foam, Microbeads* dan *Pellet*. Selain itu, instrument ini digunakan untuk menganalisis warna mikroplastik, ditemukan warna hitam, kuning, merah, transparan, ungu, pink, coklat, biru, hijau dan oren. Dalam analisis polimer menggunakan Spektrofotometri FT-IR ditemukan polimer terbanyak pada kedua fraksinasi adalah *Polystyrene* (PS), serta ditemukannya polimer densitas tinggi yaitu, polybutylene terephthalate (PBT) (1.40 g/cm^3) dan Polyethylene terephthalate (PET) (1.38- 1.41 g/cm^3) pada fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$. Berdasarkan hasil uji korelasi dari ketiga parameter fisik dan debit yang di uji tidak ditemukan korelasi yang signifikan.

Kata Kunci: Air, Mikroplastik, *Point Sources*, Sungai Code, Suhu, TSS, pH, Debit.

ABSTRACT

NUR SHADRINA GHAISANI. *Analysis of Microplastic Content at Point Sources in Code River Water. Supervised by Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.*

The mechanism of entry of microplastics into the river is very complex and can involve various point sources, one of which is the effluent of drainage channels that enter the river. This study aims to analyze the abundance of microplastics and the correlation of microplastics to physical parameters using two different fractionators namely NaCl and $ZnCl_2$ with a concentration of 10% based on the sampling point at the Point Sources of the Code River, D.I. Yogyakarta. This study refers to the National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) method modified for water samples. In the sample analysis, a microscope was used to count the number and classify the shape of microplastics, found in the form of Fragments, Fiber, Film, Foam, Microbeads and Pellets. In addition, this instrument is used to analyze the color of microplastics, found in black, yellow, red, transparent, purple, pink, brown, blue, green and orange. In polymer analysis using FT-IR Spectrophotometry, it was found that the most abundant polymer in both fractionations was Polystyrene (PS), as well as the discovery of high density polymers, namely, polybutylene terephthalate (PBT) (1.40 g/cm3) and Polyethylene terephthalate (PET) (1.38-1.41 g/cm3) in fractionation using $ZnCl_2$ Based on the results of the correlation test of the three physical parameters and discharge tested, no significant correlation was found.

Keywords: Code River, Microplastic, Point Sources, pH, Temperature, TSS, , Water

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii
LEMBAR PERNYATAAN iv
PRAKATA v
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.6 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Mikroplastik 5
2.1.1 Sumber Mikroplastik 8
2.1.2 Dampak Mikroplastik 9
2.2 Sumber Pencemar Titik (*Point Sources*) Air Sungai 10
2.3 Pengaruh Mikroplastik Terhadap Kualitas Air Sungai 11
2.4 Korelasi Total Suspended Solid (TSS), pH, Suhu dan Debit 12
2.5 Studi literatur 14
BAB III METODE PENELITIAN 19
3.1 Tahapan Penelitian 19
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian 19
3.5 Preparasi Sampel 23
3.5.1 Preparasi Sampel Air pada Pengujian Mikroplastik 23
3.5.2 Preparasi Sampel Pengujian *Total Suspended Solids* (TSS) 27
3.6 Analisis Sampel 28
3.7 Analisis Data 30
BAB IV 33
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 33

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian 33
4.1.1. Kondisi lokasi titik sampling 33
4.2. Mikroplastik Berdasarkan Jumlah dan Kelimpahan 41
4.3. Morfologi Mikroplastik (Bentuk, Warna dan Ukuran) 45
4.3.1. Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dan Ukuran 46
4.3.2. Mikroplastik Berdasarkan Warna 57
4.4. Mikroplastik Berdasarkan Gugus Fungsi 61
4.5. Analisis Korelasi Parameter Fisik dan Debit 68
4.6. Rekomendasi Mitigasi Mikroplastik 71
BAB V 74
KESIMPULAN DAN SARAN 74
5.1. Kesimpulan 74
5.2. Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) *Fibers;* (b) *Fragment*; (c) *Pellet*; (d) *Film* 6
Gambar 2. 2 A-C (Fibers), D-F (Film), G-I (Fragment) 7
Gambar 2. 3 Sumber Mikroplastik 9
Gambar 2. 4 Mekanisme Mikroplastik dari *Point Sources* ke Sungai. 11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian 19
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian 21
Gambar 3. 3 Proses Pengambilan Sampel Air 23
Gambar 3. 4 Tahapan Pengujian Sampel Mikroplastik dengan fraksinasi menggunakan NaCl 23
Gambar 3. 5 Tahapan Pengujian Sampel Mikroplastik dengan fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ 24
Gambar 3. 6 Proses Penyaringan Basah 25
Gambar 3. 7 Proses *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) 26
Gambar 3. 8 Proses Density Separation 26
Gambar 3. 9 Proses Penyaringan dengan Sistem Vakum 27
Gambar 3. 10 Diagram Alir Preparasi sampel pengujian TSS 28
Gambar 3. 11 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik Menggunakan FTIR 29
Gambar 3. 12 Pengamatan Mikroplastik Menggunakan Mikroskop 30
Gambar 3. 13 Morfologi Mikroplastik 46
Gambar 4. 1 Grafik Jumlah Partikel Mikroplastik 41
Gambar 4. 2 Grafik Kelimpahan Partikel Mikroplastik 42
Gambar 4. 3 Persebaran kelimpahan mikroplastik pada setiap titik sampling 43
Gambar 4. 4 Grafik morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk pada fraksinasi menggunakan NaCl 47
Gambar 4. 5 Grafik morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk pada fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ 48

Gambar 4. 6 Peta Persebaran Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dengan Fraksinasi Menggunakan ZnCl2 51
Gambar 4. 7 Peta Persebaran Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dengan Fraksinasi Menggunakan NaCl 51
Gambar 4. 8 Fragment 52
Gambar 4. 9 Film 53
Gambar 4. 10 Fiber 54
Gambar 4. 11 Foam 55
Gambar 4. 12 Microbeads 55
Gambar 4. 13 Pellet 56
Gambar 4. 14 Perbandingan Warna Berdasarkan Bentuk Mikroplastik dengan Fraksinasi menggunakan NaCl 58
Gambar 4. 15 Perbandingan Warna Berdasarkan Bentuk Mikroplastik dengan Fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ 58
Gambar 4. 16 Persebaran Warna (Nacl) pada Setiap Titik Sampling. 60
Gambar 4. 17 Persebaran Warna ($Zncl_2$) pada Setiap Titik Sampling 60
Gambar 4. 18 Persentase jumlah polimer dengan fraksinasi mikroplastik menggunakan $ZnCl_2$ 63
Gambar 4. 19 Persentase jumlah polimer dengan fraksinasi mikroplastik menggunakan $ZnCl_2$ 66
Gambar 4. 20 Grafik Persebaran Mikroplastik Terhadap Parameter Kualitas Air dan Debit 69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Polimer Mikroplastik dan Ukurannya 7
Tabel 3. 1 Lokasi Pengambilan sampel 20
Tabel 3. 2 Hasil Pengukuran Parameter In situ 21
Tabel 3. 3 Koefisien Korelasi Pearson dan Korelasi Spearman 32
Tabel 4. 1 Kondisi lingkungan titik sampling 34
Tabel 4. 2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu pada sampel air tawar 44
Tabel 4. 3 Morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk pada fraksinasi menggunakan NaCl 47
Tabel 4. 4 Morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk pada fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ 48
Tabel 4. 5 Ukuran Mikroplastik 57
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Spektrofotometri FT-IR pada Fraksinasi Mikroplastik Menggunakan NaCl 61
Tabel 4. 7 Hasil Analiss Spektrofotometri FT-IR pada Fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ 64
Tabel 4. 8 Sumber Polimer Mikroplastik 67
Tabel 4. 9 Korelasi Jumlah Mikroplastik dengan Parameter Kualitas Air dan Debit 69
Tabel 4. 10 Mitigasi Mikroplastik Berdasarkan Sumber 72

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik sering ditemukan dalam jumlah besar di pantai-pantai terpencil, sungai, tanah pertanian, dan juga di gletser kutub (Kumar , S.A., & Varghese, G.K., 2020). Sebagian besar plastik sulit terurai secara hayati; namun, sampah plastik berukuran besar yang terkena dampak mekanis, termal, dan biologis dapat terurai menjadi partikel-partikel yang lebih kecil yang disebut sebagai "mikroplastik" (Zhang, Kai, dkk. 2021; Yano, K. A., dkk. 2021). Mikroplastik (diameter <5 mm) dianggap penting secara ekologis karena sifat toksiknya, sifat bioakumulatif, dan keberadaannya dalam rantai makanan dapat berdampak buruk bagi manusia, lingkungan perairan dan berpotensi merusak ekosistem (Nayal, R., & Suthar, S., 2022; Aulia, A., dkk. 2023).

Mikroplastik memiliki permukaan yang bersifat hidrofobik sehingga dapat mengikat logam berat dan bahan kimia organik sintetis di perairan, yang bersatu membentuk racun kompleks dalam tubuh organisme hidup. Saat dikonsumsi oleh organisme akuatik, kombinasi kontaminan baru tersebut akan bertambah toksik melalui rantai makanan dan dapat menimbulkan dampak yang tidak terduga bagi organisme akuatik dan manusia (Nayal, R., & Suthar, S., 2022; Dhea, L. A., dkk. 2023). Menurut Bergmann, M., dkk (2015) dampak mikroplastik bergantung dari susunan polimer mikroplastik itu sendiri. Selain itu Bergmann, M., dkk (2015) juga menyebutkan bahwa hasil fraksi yang berbeda dari berbagai polimer ditentukan berdasarkan tingkat kepadatan larutan yang digunakan pada proses *density separation* yang mana semakin tinggi kepadatan larutan, semakin banyak jenis polimer yang dapat diekstraksi.

Sungai bertindak sebagai reservoir mikroplastik dan sampah manusia lainnya ke lautan yang dapat menyebabkan konsekuensi lingkungan dan ekologi yang serius dalam jangka panjang (Nayal, R., & Suthar, S., 2022). Beberapa penelitian menyatakan bahwa 60% hingga 80% sampah di perairan terdiri dari plastik yang

sebagian besar berasal dari sumber di darat (David, A. 2016; Abalansa, S., dkk 2020; Yano, K. A., dkk. 2021). Mekanisme masuknya mikroplastik ke dalam sungai sangat kompleks dan dapat melibatkan berbagai sumber pencemar titik *(Point Sources)* termasuk limpasan langsung dari daerah pemukiman dan *effluent* saluran drainase yang masuk ke sungai. Debit pada drainase juga dapat berkontribusi terhadap mekanisme mikroplastik ke sungai, yaitu dapat menjadi transportasi mikroplastik menuju sungai terutama pada musim hujan. Selain itu mekanisme masuknya mikroplastik ke dalam sungai dapat melalui saluran pembuangan limbah rumah tangga maupun industri, hal ini disebabkan oleh ukuran mikroplastik yang sangat kecil mampu melewati mesin filtrasi air sehingga mikroplastik dapat mudah menyebar di lingkungan (Ghosh, S., dkk. 2023).

Sungai Code merupakan salah satu sungai yang ada di D.I Yogyakarta yang dapat berpotensi mengalami pencemaran mikroplastik. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Syachbudi, R. R., (2020) ditemukan kelimpahan mikroplastik pada air sungai Code sebesar 174 partikel. Kelimpahan mikroplastik di Sungai Code dipengaruhi oleh tata guna lahan disekitar Sungai Code, yaitu pada bagian hulu didominasi oleh aktivitas pertanian, bagian tengah didominasi permukiman yang padat penduduk, persawahan, dan industri. Sedangkan bagian hilir lebih didominasi area persawahan, permukiman, industri & tempat tinggal serta restoran (Marlina, N., dkk 2020).

Menurut Sakinah, F., dkk. (2022) toksisitas dari mikroplastik dampaknya dapat menurunkan kualitas perairan. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Dhea, L. A., dkk (2023) yang menyebutkan bahwa terdapat korelasi antara kelimpahan mikroplastik dengan TSS. Oleh karena itu diperlukan strategi dan solusi untuk memitigasi polusi mikroplastik salah satunya dengan cara pengendalian di sumber pencemar titik sungai. Namun, berdasarkan penelitian sebelumnya belum ada penelitian yang melakukan analasis mikroplastik pada sumber pencemar titik (*Point Sources*) Sungai Code. Maka dari itu, dibutuhkan penelitian terkait analisis kelimpahan mikroplastik pada sumber pencemar titik (*Point Sources)* dan hubungannya dengan kualitas air di Sungai Code.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang disusun, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Bagaimana kelimpahan mikroplastik pada sampel air di sumber pencemar titik (*Point Sources*) Sungai Code?
2) Bagaimana korelasi mikroplastik terhadap kualitas air pada parameter TSS, pH dan suhu serta Debit?
3) Bagaimana efektivitas penggunaan NaCl dan $ZnCl_2$ pada kadar 10% terhadap pemisahan densitas di mikroplastik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik pada sampel air di sumber pencemar titik (*Point Sources*) Sungai Code
2) Menganalisis korelasi mikroplasttik terhadap kualitas air pada parameter TSS, pH dan suhu serta Debit di Sungai Code
3) Menganalisis efektivitas penggunaan NaCl dan $ZnCl_2$ pada kadar 10% terhadap pemisahan densitas di mikroplastik

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu bahan acuan dan sumbangan ilmiah untuk peneliti selanjutnya serta sebagai informasi tambahan terkait besaran kontribusi *Point Sources* dalam mempengaruhi kelimpahan mikroplastik di Sungai Code sehingga upaya pengendalian pencemaran dapat berfokus pada titik titik sumber pencemar. Serta membantu dalam mengevaluasi sejauh mana mikroplastik mempengaruhi kualitas air di lokasi tersebut.

1.6 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Ruang Lingkup Metode

Penelitian ini membahas tentang kelimpahan mikroplastik pada sumber pencemar titik (*Point Sources)* di Sungai Code dengan mengidentifikasi jumlah kelimpahan, jenis karakteristik fisik atau morfologi dan jenis polimer mikroplastik pada air sungai. Serta dilakukan analisis terkait korelasi mikroplastik terhadap parameter fisik kualitas air (TSS, pH dan suhu) dan debit, dan analisis perbandingan penggunaan larutan NaCl dan $ZnCl_2$ dengan konsentrasi 10% pada tahap pemisahan densitas mikroplastik. Pengujian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Pengujian mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop dan FTIR sesuai dengan standar *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yang dimodifikasi. Sedangkan untuk pengujian TSS dilakukan menggunakan metode gravimetri sesuai dengan SNI 6989.3-2019, pH dan suhu air dengan pH meter portable laboratorium merk Horiba Laqua Act pH-130 sesuai dengan SNI 6989.11-2019.

2. Ruang Lingkup Tempat dan Waktu Penelitian

   Penelitian ini difokuskan pada *effluent* saluran drainase yang masuk ke Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan 3 pembagian segmen yaitu Sleman , Yogyakarta dan Bantul. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan terhitung dari bulan bulan Februari 2024 hingga Juni 2024.

3. Ruang Lingkup Pengambilan Sampel

   Pengambilan sampel di Sungai Code dilakukan pada masing – masing 9 titik sampel pada *effluent* drainase yang masuk ke Sungai Code dengan menggunakan metode *Grab Sampling* berdasarkan SNI 8995-2021 tentang metode pengambilan contoh uji air untuk pengujian fisika dan kimia.

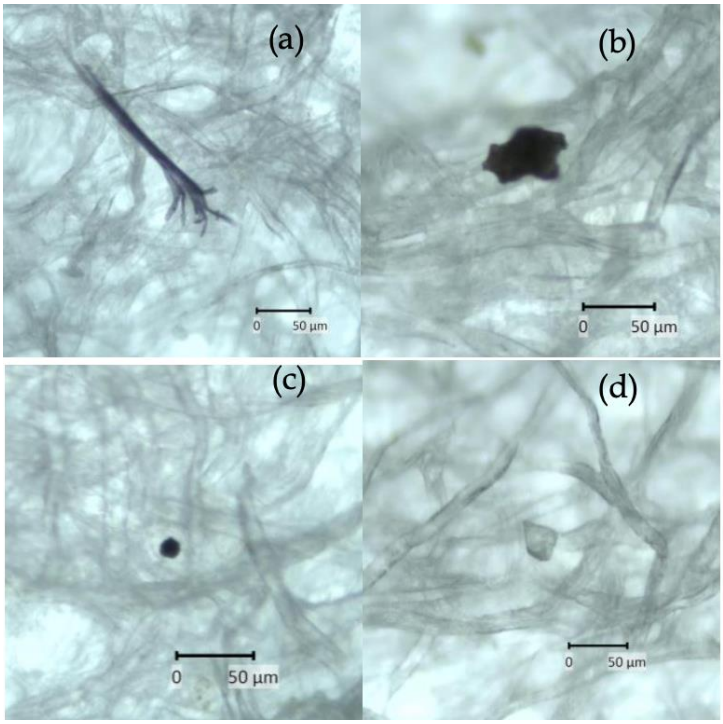
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Mikroplastik didefinisikan sebagai partikel kecil berukuran <5 mm dengan sifat fisikokimia yang bervariasi seperti ukuran, warna, densitas, jenis polimer, dan asal, baik primer maupun sekunder (Yano, K. A., dkk. 2021; Diez-Pérez, Diana Beatriz, dkk. 2023). Ukuran mikroplastik yang kecil dan ketersediaannya yang tinggi di lautan, mikroplastik dapat ditemukan di mana-mana dan mudah tersedia secara hayati bagi organisme akuatik. Hal ini memungkinkan organisme laut mengkonsumsi mikroplastik (Amelinda, C., 2020). Mikroplastik dapat ditemukan di berbagai lingkungan, termasuk lautan, perairan tawar, tanah, dan bahkan di udara (Ghosh, S., dkk & Bhaskar, R., 2023).

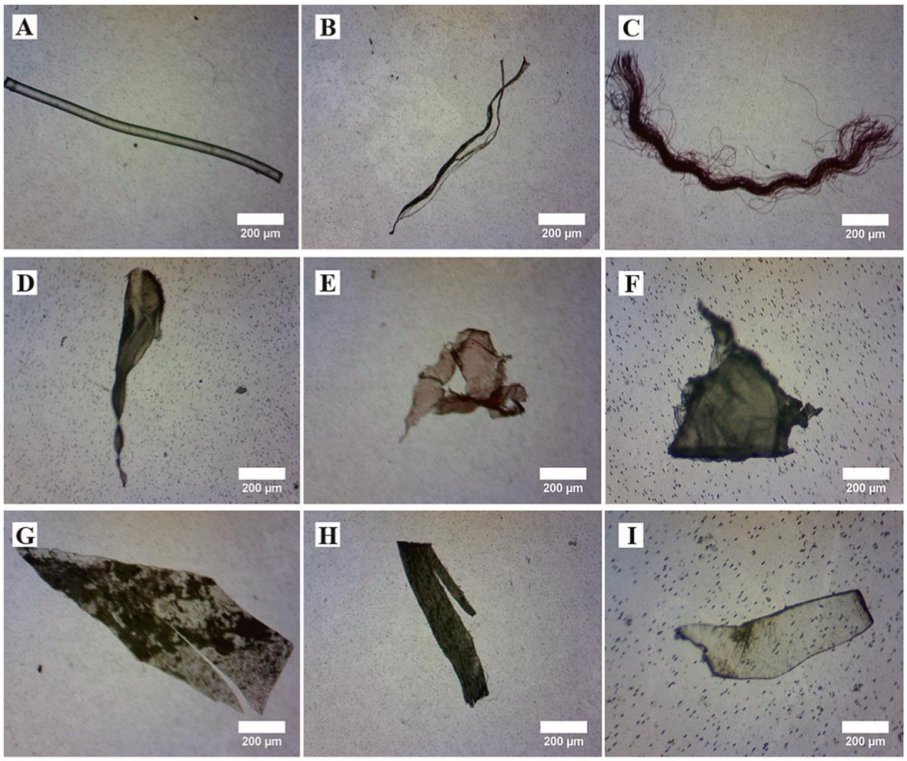
Mikroplastik dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah mikroplastik yang kehadirannya di lingkungan berasal dari plastik yang diproduksi langsung dalam bentuk partikulat kecil (mikro) (Boucher, J., & Friot, D., 2017). Mikroplastik primer biasanya ditemukan pada produk kosmetik, produk perlengkapan mandi dalam bentuk *Microbeads (polyethylene (PE), polypropylene (PP) and polystyrene (PS)*), serat mikro yang terlepas dari pakaian, jaring ikan saat aktivitas nelayan dan obat-obatan. Mikroplastik primer juga dapat berasal dari abrasi benda-benda plastik besar selama proses pembuatan, penggunaan, atau pemeliharaan seperti keausan ban pada saat berkendara dan keausan kain sintetis saat mencuci. Sedangkan mikroplastik sekunder diperoleh dari potongan plastik melalui Fragmentasi yang disebabkan oleh degradasi kimiawi (misalnya fotolisis, hidrolisis, dan termal), mekanis (misalnya abrasi), dan biologis (misalnya bakteri dan jamur). Potongan-potongan ini kehilangan integritas strukturalnya dan direduksi menjadi ukuran yang tidak dapat dideteksi tanpa bantuan mikroskop. (Boucher, J., & Friot, D., 2017; Prabhu, P. P., Pan, K., & Krishnan, J. N., 2022; Ziani, K., dkk 2023).

Klasifikasi mikroplastik secara luas dikelompokkan berdasarkan karakter morfologi mikroplastik terdiri dari serat (Filamen, mikroFiber, helaian, benang), *Fragment* (partikel tidak beraturan, kristal, bulu, bubuk, granula, potongan, serpihan), *Film, Pellet*, manik-manik/ *Microbeads* (Biji, bulatan manik kecil, bulatan mikro), dan *styroFoam* (Widianarko, Y. B., & Hantoro, I., 2018).



Gambar 2. 1 (a) *Fibers;* (b) *Fragment*; (c) *Pellet*; (d) *Film*

Sumber : (Dhea, L. A.,dkk. 2023).



Gambar 2. 2 A-C (*Fibers*), D-F (*Film*), G-I (*Fragment*)

Sumber: Xeia, F., dkk (2023).

Selain itu berdasarkan jenis polimernya mikroplastik terbagi menjadi beberapa tipe. Masing masing polimer mikroplastik memiliki ukuran dan densitas yang berbeda, berikut penjelasan terkait ukuran dan densitas masing masing jenis polimer mikroplastik :

Tabel 2. 1 Jenis Polimer Mikroplastik dan Ukurannya

Tipe Plastik	Ukuran	Densitas (g/ cm^3)
Polyethylene	0,06 - 11,06 µm	0.89 ~ 0.98
Polystyrene	33 - 190 µm	1.04 ~1.08
Polypropylene	120 - 220 µm	0.85 ~ 0.91
Polyvinyl chloride (PVC)	< 10 nm atau 20 µm	1.38 ~ 1.51
Polycarbonate	5-200 nm	1.20 ~ 1.22
Polyethylene Terephthalate (PET)	Ketebalan 12 - 18 µm, panjang < 1 mm	1.38 ~ 1.41
Polyurethane	< 5mm	-

Tipe Plastik	Ukuran	Densitas (g/ cm^3)
Polyvinylidene Fluoride (PVDF)	< 5mm	-
Acrylic copolymer	80- 110 nm	-
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	-	1.04 ~ 1.06
PBT	-	1.4

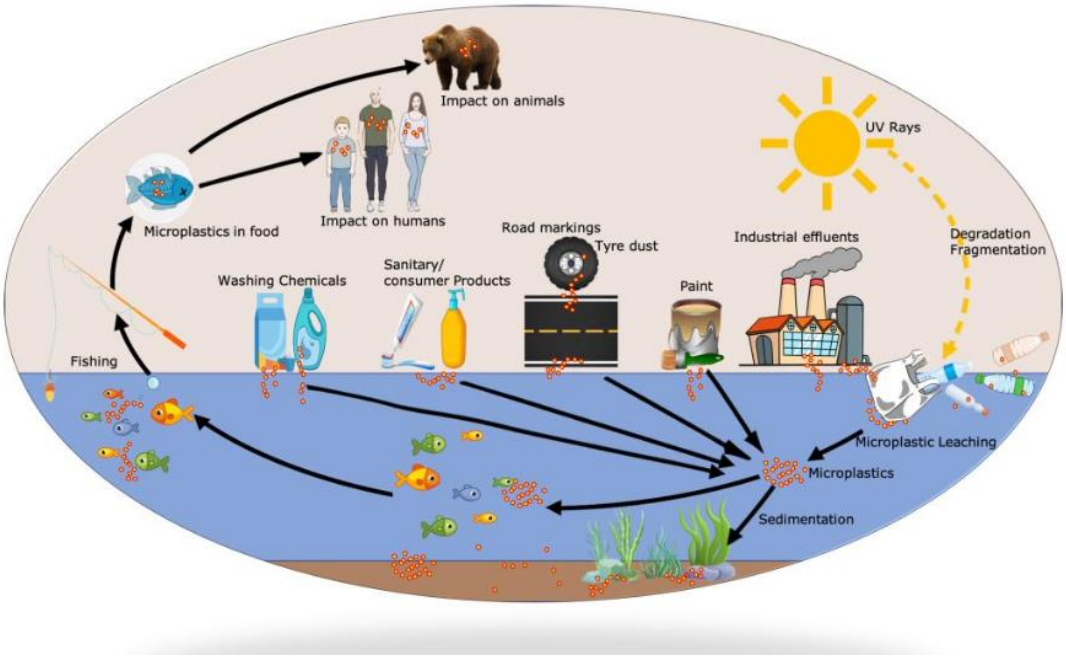
Sumber : (Badea, M. A., dkk. 2023; Ghosh, S.,dkk 2023; Dhaka, V., dkk 2022)

2.1.1 Sumber Mikroplastik

Ada beragam sumber mikroplastik mulai dari produk industri besar hingga barang-barang rumah tangga sehari-hari (Gambar 2.3). Kelimpahan mikroplastik dipengaruhi oleh sumber pencemar mikroplastik atau aktivitas disekitarnya (Ardiansyah, R., 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ziani, K., dkk (2023) terdapat beberapa sumber mikroplastik yang paling umum meliputi:

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

5. Produk industri: Banyak produk industri, seperti pelet plastik yang digunakan dalam pembuatan produk plastik, juga merupakan sumber mikroplastik.



Gambar 2. 3 Sumber Mikroplastik

Sumber : Ziani, K., dkk (2023)

2.1.2 Dampak Mikroplastik

Mikroplastik berdampak besar terhadap kehidupan laut dan ekosistem lainnya, mulai dari organisme laut terkecil hingga hewan laut terbesar. Jika hewan laut menganggap mikroplastik sebagai makanan, maka mikroplastik yang tertelan akan terakumulasi di dalam tubuh hewan laut tersebut, yang menyebabkan kerusakan fisik pada kehidupan laut, seperti penyumbatan saluran pencernaan dan kerusakan organ dalam. Selain itu, menelan mikroplastik menyebabkan malnutrisi hewan laut karena memenuhi perut mereka tanpa nutrisi apa pun. Selain itu, mikroplastik ini mengganggu sistem reproduksi hewan laut, menyebabkan populasi menurun. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik dapat mengubah fisiologi dan perilaku hewan laut, akibatnya kemampuan berenang hewan tersebut akan menurun sehingga membuat mereka lebih rentan terhadap predator (Ghosh,

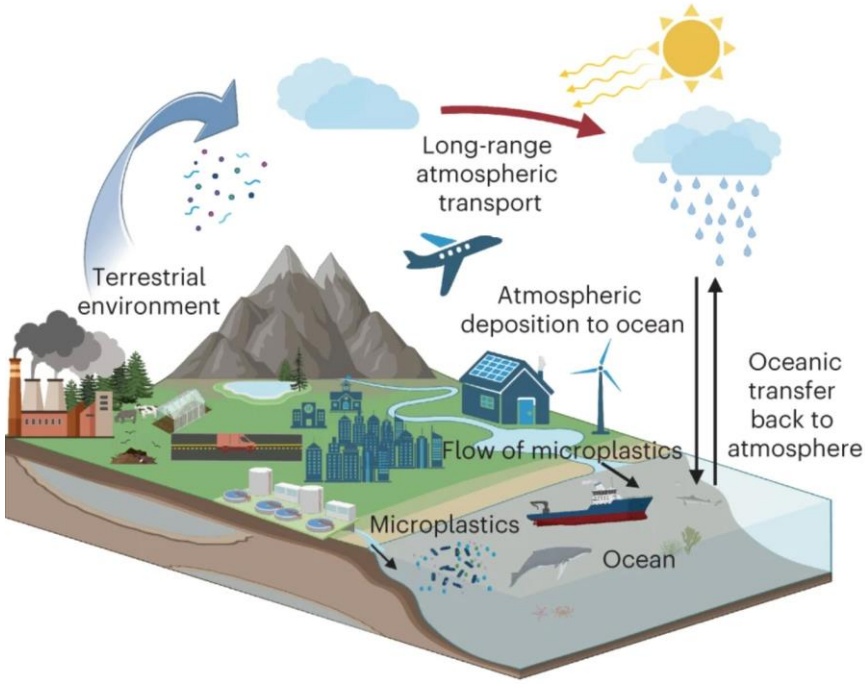
S., dkk. 2023).

Mikroplastik tidak hanya membahayakan biota laut, tetapi juga dapat merusak ekosistem lainnya. Mikroplastik dalam tanah diketahui berpotensi mengubah sifat tanah dengan mengurangi retensi air dan mengubah siklus hara Dalam ekosistem air tawar, mikroplastik juga dapat merusak rantai makanan dan membahayakan kehidupan akuatik. Selain itu, mikroplastik dapat masuk ke dalam rantai makanan dan membahayakan orang yang mengonsumsi makanan laut atau air yang terkontaminasi. Setelah tertelan, mikroplastik berpotensi terakumulasi di saluran pencernaan dan organ tubuh lainnya (Ghosh, S., dkk 2023).

Para pekerja di industri produksi atau pengolahan plastik rentan terpapar mikroplastik melalui proses inhalasi. Mikroplastik dapat hadir di udara karena dilepaskan selama proses produksi, transportasi, dan pembuangan. Di sisi lain, penggunaan produk perawatan diri yang mengandung microbeads, seperti scrub wajah dan sabun mandi, dapat membuat kulit terpapar mikroplastik (Ghosh, S., dkk 2023).

2.2 Sumber Pencemar Titik (*Point Sources*) Air Sungai

Menurut Dinas Lingkungan Hidup Yogyakarta (2018) sumber pencemar titik (*Point Sources*) adalah sumber tunggal yang dapat di identifikasi yang umumnya bersifat lokal dengan volume relatif tetap, seperti pipa pembuangan instalasi pembuangan air limbah (IPAL), permukiman, hotel, rumah sakit, pusat perdagangan, laboratorium klinik, dan gedung komersial. Tak hanya itu *effluent* yang berasal dari limbah industri dan *effluent* saluran drainase pemukiman juga merupakan bagian dari *Point Sources* sungai. *Point Sources* juga dapat diartikan sebagai sumber pencemaran yang diketahui lokasi spesifiknya dan relatif mudah dikendalikan dan diukur sehingga lebih mudah untuk mengendalikan pencemaran *Point Sources* dibandingkan dengan sumber non-titik pencemar (*non Point Sources*) seperti pertanian atau hutan (Azzuhra, H. I., 2022).



Gambar 2. 4 Mekanisme Mikroplastik dari *Point Sources* ke Sungai.

Sumber : Xiao, S., Cui, Y., dkk. (2023)

2.3 Pengaruh Mikroplastik Terhadap Kualitas Air Sungai

Polusi mikroplastik di badan air mengubah ekosistem, kesehatan lingkungan perairan (sungai dan lautan), dan kelangsungan hidup terumbu karang. Oleh karena itu, dampaknya dapat mempengaruhi kualitas air. Kualitas air mengacu pada sifat-sifat air dan kandungan organisme, zat, energi, dan komponen lain di dalam air. Kualitas air seringkali menjadi ukuran standar ekosistem perairan dan kesehatan manusia dalam air minum (Sakinah, F.,dkk. 2022). Menurut Kementerian Kesehatan Indonesia, kualitas air yang baik ditinjau dari segi fisik ditandai dengan tidak berbau, tidak berasa, keruh, dan tidak berwarna (Permenkes 416, 1990). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, perlindungan dan pengelolaan kualitas air merupakan upaya sistematis dan terpadu untuk menjaga kualitas air. Pengukuran kualitas air dapat ditentukan oleh parameter fisika, seperti

suhu, kekeruhan, TSS, warna, daya hantar listrik, jumlah zat padat terlarut (TDS), salinitas, indeks bias, dan pH. (Sakinah, F., dkk. 2022).

Kontaminasi mikroplastik di ekosistem sungai dapat mengganggu fungsi jangka panjangnya, memengaruhi interaksi biologis dengan tertelan oleh organisme air, yang dapat menyebabkan kerusakan fisik, penyumbatan, dan bahkan kematian (Ghosh, S., dkk. 2023; Buwono, N. R., dkk. 2021). Hal ini dapat mengganggu rantai makanan dan mengubah keanekaragaman hayati ekosistem sungai, dan bahkan membahayakan masyarakat lokal yang bergantung pada perairan ini untuk air minum.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kye, H., dkk. (2023) yang meneyebutkan bahwa keberadaan mikroplastik pada ikan yang hidup di Sungai Fengshan Taiwan berkorelasi dengan *Suspended Solid* dan pH, parameter kualitas air ini memengaruhi ketersediaan hayati mikroplastik. Selain itu, disebutkan bahwa akumulasi hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) pada ikan dapat disebabkan oleh mikroplastik yang terkontaminasi, sehingga menunjukkan bahaya mikroplastik di air tawar. Hal ini disebabkan oleh mikroplastik dapat mengadsorpsi polutan karena memiliki permukaan yang bersifat hidrofobik (Nayal, R., & Suthar, S., 2022; Dhea, L. A., dkk. 2023).

2.4 Korelasi Total Suspended Solid (TSS), pH, Suhu dan Debit

Total Suspended Solid (TSS) adalah total zat padatan tersuspensi yang dapat menyebabkan kekeruhan air dan sebagian besar terdiri dari pasir halus, lumpur, dan jasad renik yang disebabkan oleh fenomena erosi tanah atau erosi badan air. Peningkatan konsentrasi TSS dapat mempengaruhi kualitas air dan menyebabkan perubahan fisik, kimia, dan biologis. Perubahan fisik dapat mencakup peningkatan masukan padatan organik dan anorganik ke dalam air, yang dapat meningkatkan kekeruhan air dan menghalangi masuknya sinar matahari ke badan air. Hal ini dapat mempengaruhi proses fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air sehingga menyebabkan penurunan ketersediaan oksigen terlarut.

TSS sangat berguna dalam analisis pembuangan air domestik dan air limbah serta dapat digunakan untuk menilai kualitas air (Ardiansyah, R., 2021). Secara

umum TSS memiliki hubungan dalam konteks pencemaran air. Mikroplastik merupakan bagian dari kompenen anorganik. Total Suspended Solids dapat berupa partikel plastik yang terapung atau tersuspensi dalam air. Mikroplastik dapat mengadsorpsi serta mengakumulasi polutan lain termasuk TSS dari lingkungan perairan (Wulandari, S. Y., dkk. 2022).

Suhu air sungai dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Tingkat suhu air yang lebih tinggi berkorelasi dengan intensitas sinar matahari yang lebih tinggi. Selain itu, vegetasi di sepanjang bantaran sungai juga mempengaruhi suhu. Semakin banyak tanaman di tepi sungai, maka suhu perairan akan semakin lembab, hal ini dikarenakan tanaman berperan sebagai penstabil suhu dan kelembaban (Arsad, S., dkk. (2021). Suhu berpengaruh dalam mengoptimalkan proses degradasi mikroplastik di lingkungan perairan. (Dhea, L. A., dkk. 2023). Pernyataan yang serupa juga disampaikan oleh Purnomo, Y. G. S. R. (2022) yaitu suhu dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan plastik terurai menjadi mikroplastik melalui degradasi termal. Selain itu suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat penguraian plastik, sehingga dapat mengakibatkan percepatan akumulasi mikroplastik pada lokasi tertentu.

pH adalah parameter yang menunjukkan derajat keasaman atau kebasaan suatu zat, larutan, atau benda. pH diukur pada skala 0 hingga 14 dengan PH normalnya adalah 7. Jika pH > 7 berarti zat tersebut bersifat basa, sedangkan jika pH < 7 berarti asam. pH 0 menunjukkan tingkat derajat keasaman yang tinggi dan pH 14 menunjukkan tingkat kebasaan tertinggi (Sofyan, A. 2019). Amelia, T. S. M., dkk. (2021) menyebutkan bahwa pH mempengaruhi penyerapan mikroplastik jenis PS dan PE terhadap PFOS dimana penurunan pH menyebabkan terjadinya penyerapan PS dan PE untuk PFOS meningkat serta terjadinya peningkatan terhadap logam berat yaitu pada Cr dan Cu. Selain itu nilai pH dengan kisaran 8 juga mempengaruhi mikroorganisme dalam proses degradasi (Dhea, L. A.,dkk. 2023).

Dalam sistem drainase perkotaan, debit saluran pembuangan yang meluap dapat memperburuk kelimpahan mikroplastik, dengan tingkat yang mencapai 83,1 ± 40,2 item/L. Hal ini sangat signifikan selama kejadian badai, di mana peningkatan debit air menyebabkan polusi mikroplastik yang lebih tinggi. Selain itu, limpasan jalan

dan gerusan sedimen saluran pembuangan diidentifikasi sebagai sumber polusi utama yang berkontribusi terhadap peningkatan kadar mikroplastik di badan air perkotaan (Zhou, Y., dkk. 2023).

2.5 Studi literatur

Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
Strokal, M., Vriend, P., Bak, M. P., Kroeze, C., van Wijnen, J., & van Emmerik, T. (2023)	River export of macro- and microplastics to seas by sources worldwide.	Sungai mengekspor hingga 25.000 ton plastik dari daerah aliran sungai ke laut setiap tahunnya. Lebih dari 80% dari jumlah ini adalah mikroplastik yang terutama berasal dari *Point Sources*, yaitu sistem pembuangan limbah dengan kontribusi sebesar 40% untuk ban mobil, 31% untuk laundry, 21% untuk debu rumah tangga, dan 2% untuk produk perawatan pribadi
Dhea, L. A.,dkk (2023)	Correlation of Microplastic Size Distribution and Water Quality Parameters in the Upstream Brantas River	Hasil analisis korelasi pada penelitian ini menyatakan bahwa kelimpahan mikroplastik dengan ukuran <50 μm memiliki korelasi yang tinggi dengan suhu dan pH. Kelimpahan mikroplastik dengan ukuran 50-335 μm dan 1000-4749 μm berkorelasi kuat dengan TSS.

Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
		Kelimpahan mikroplastik dengan ukuran 355-999 μm memiliki korelasi sedang dengan seluruh parameter.
Kurki-Fox,J.J.dkk (2023). Microplastic distribution and characteristics across a large river basin: Insights from the Neuse River in North Carolina,USA.	Microplastic distribution and characteristics across a large river basin: Insights from the Neuse River in North Carolina, USA.	MPs >335 μm ditemukan di semua sampel air dengan konsentrasi mulai dari 0,02 hingga 221 partikel per m3 (p m^{-3}) dengan median 0,44 p m^{-3}. Konsentrasi tertinggi ditemukan di aliran air perkotaan dan terdapat korelasi yang signifikan antara aliran air dan konsentrasi MP di lokasi-lokasi yang paling urban. Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR) menunjukkan bahwa untuk MP >335 μm, tiga jenis polimer yang paling umum adalah polyethylene, polypropylene, and polystyrene
Wulandari, S. Y., dkk (2022).	Korelasi Konsentrasi Mikroplastik dengan Material Padatan Tersuspensi (MPT) di Perairan Delta Sungai	Berdasarkan uji statistik menggunakan korelasi Pearson, diperoleh nilai korelasi (r) antara mikroplastik dan TSS sebesar 0,179 dengan jumlah sampel

Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
	Bodri, Kendal, Jawa Tengah.	(n) sebanyak 16 dengan korelasi rendah.
Syachbudi, R. R. (2020).	Identifikasi Keberadaan dan Bentuk Mikroplastik pada Air dan Ikan di Sungai Code, DI Yogyakarta	Jumlah total dari partikel mikroplastik yang teridentifikasi pada air adalah 174 partikel. Dengan komposisi partikel Fiber sebanyak 66 partikel (23%), Fragment 203 partikel (70%), Pellet 11 partikel (4%) dan Film 12 partikel (4%). Warna hitam menjadi warna dominan pada sampel mikroplastik di air terdapat 218 (75,2%) partikel. Warna kuning 25 (8,6%) partikel mikroplastik dan warna biru 22 (7,6%) partikel. Kelimpahan air pada titik hulu sebanyak 3.15 partikel/liter; titik tengah sebanyak 5.8 partikel/liter; titik hilir sebanyak 5.85 partikel/liter
Zhao, S., dkk. (2014).	Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: first	Jumlah total mikroplastik yang teridentifikasi pada air permukaan sungai yaitu sebanyak 4137,3 $\pm$ 2461,5 n/m^3. Metode preparasi

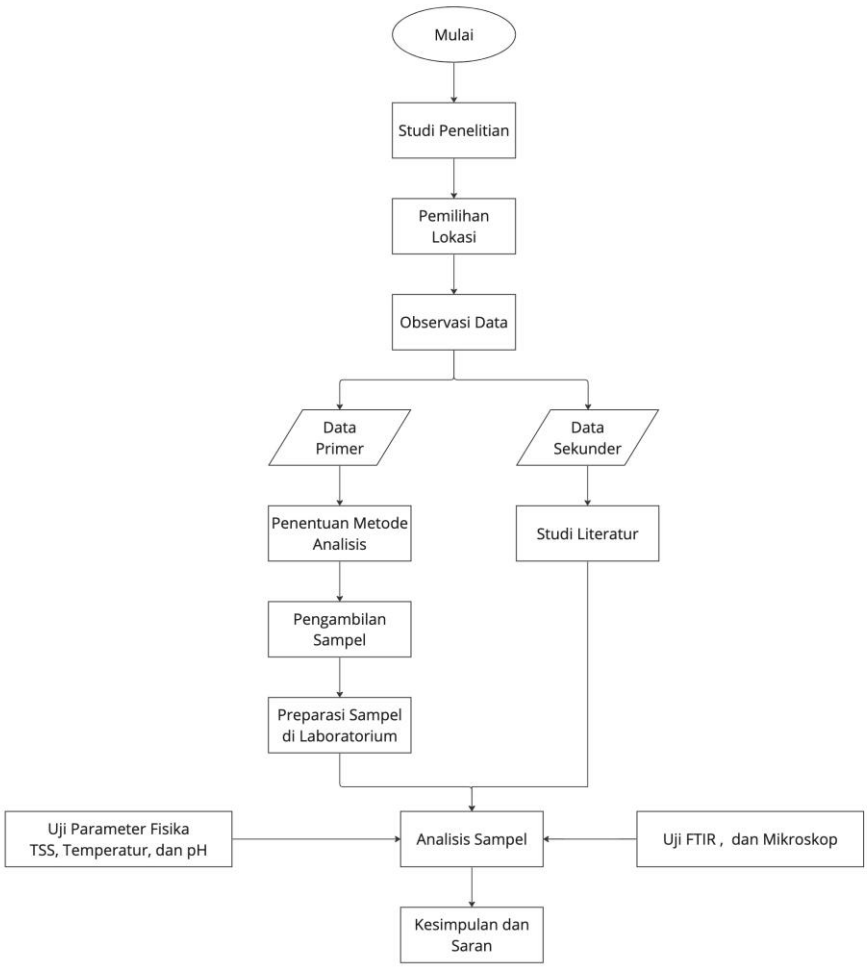
Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
	observations on occurrence, distribution. Marine pollution bulletin, 86(1-2), 562-568.	sampel yang dilakukan pada metode ini yaitu menggunakan larutan $ZnCl_2$ dan 30% H_2O_2. Pada analisis sampel mikroplastik alat yang digunakan yaitu menggunakan mikroskop
Tsang, Y. Y., dkk (2017)	Microplastic pollution in the marine waters and sediments of Hong Kong	Pada penelitian ini ditemukan jumlah mikroplastik sebesar 51 – 27.909 partikel/ 100 m^3 pada sampel air di sekitar laut pesisir setempat di China. Metode preparasi sampel yang dilakukan pada metode ini yaitu menggunakan larutan NaCl dan 30% H_2O_2. Pada analisis sampel mikroplastik alat yang digunakan yaitu menggunakan ATR-FT-IR.
L. Zhu, dkk. (2018)	Microplastic pollution in north Yellow Sea, China: observations on occurrence, distribution and identification	Hasil penelitian ditemukan 545 ± 282 partikel /m^3 pada air permukaan pantai. Metode preparasi sampel yang dilakukan pada metode ini yaitu menggunakan larutan NaCl dan (1.2 g/cm^3), Fe (II) dan H_2O_2. Pada analisis sampel mikroplastik alat yang

Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
		digunakan yaitu menggunakan ATR-FT-IR.
Biantoro, B (2023)	Studi Pemetaan Beban Pencemar Air Sungai Code	Hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti dalam menghitung nilai beban pencemar *Point Sources* pada sungai Code ditemukan sumber beban pencemar *Point Sources* tertinggi ada pada bagian Hilir di sisi barat yaitu sumber pencemar dari industri tahu dan rumah katering dengan TSS berkisar 0,104 – 12,441 Kg / hari.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian mengenai Analisis Kandungan Mikroplastik pada sumber pencemar titik (*Point Sources*) di air Sungai Code disajikan dalam bentuk diagram alir. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

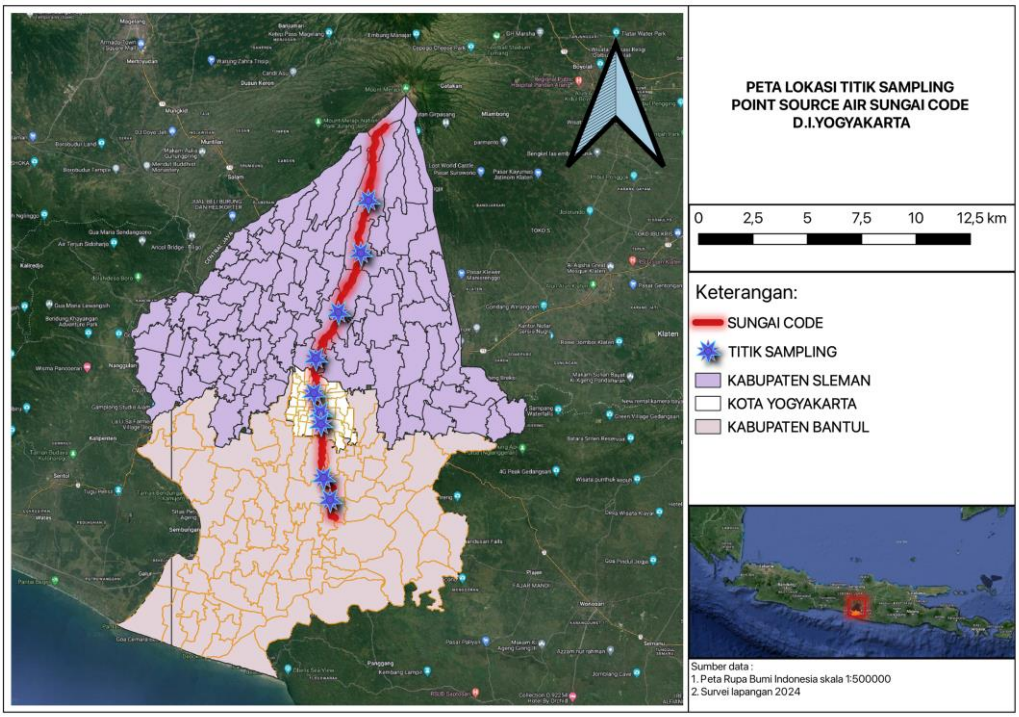
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam rentang 4 bulan, terhitung pada bulan Februari 2024 sampai dengan Juni 2024. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di Sungai Code Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemilihan lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan tata guna lahan, kepadatan penduduk, lokasi pemantauan air yang dilakukan oleh DLHK D.I., akses pengambilan sampel serta memperhatikan faktor keamanan dan keselamatan yang terdiri dari beberapa segmen yaitu segmen Sleman, Kota Yogyakarta dan Bantul.

Terdapat 9 titik sampling yang terdiri atas *effluent* drainase yang masuk ke sungai code. Lokasi titik sampling dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.3 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Lokasi Pengambilan sampel

Lokasi	Koordinat (Garis Lintang, Garis Bujur)
Titik 1	7°37'45"S 110°24'52"E
Titik 2	7°40'22"S 110°24'25"E
Titik 3	7°43'21"S 110°23'21"E
Titik 4	7°45'39"S 110°22'13"E
Titik 5	7°47'23"S 110°22'07"E
Titik 6	7°48'21"S 110°22'27"E
Titik 7	7°49'03"S 110°22'27"E
Titik 8	7°51'34"S 110°22'34"E
Titik 9	7°52'44"S 110°22'55"E



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian

3.3 Observasi Data

3.3.1 Data sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari hasil studi literatur terkait dengan penentuan metode sampling, penentuan metode analisis sampel, metode analisis data, peta lokasi sampel, data baku mutu kualitas air.

3.3.2 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan langsung dari lapangan seperti parameter *in situ* (data pH, suhu, dan debit), data kondisi lokasi sampling, data jumlah mikroplastik, data morfologi mikroplastik, data jenis polimer mikroplastik, dan data TSS. Adapun hasil dari pengukuran parameter dan TSS dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Hasil Pengukuran Parameter In situ dan TSS

Titik	Suhu (°)	pH	Debit (m^3/s)	TSS (mg/L)
1	28,4	8,13	0,034	180
2	29	7,17	0,045	41

Titik	Suhu (°)	pH	Debit (m^3/s)	TSS (mg/L)
3	25,5	8,2	0,013	47
4	28	7,47	0,037	42
5	27,4	7,99	0,019	37
6	28,3	7,52	0,006	76
7	30	7,96	0,043	91
8	30,8	7,9	0,245	105
9	29,5	7,74	0,014	65

3.4 Pengambilan Sampel

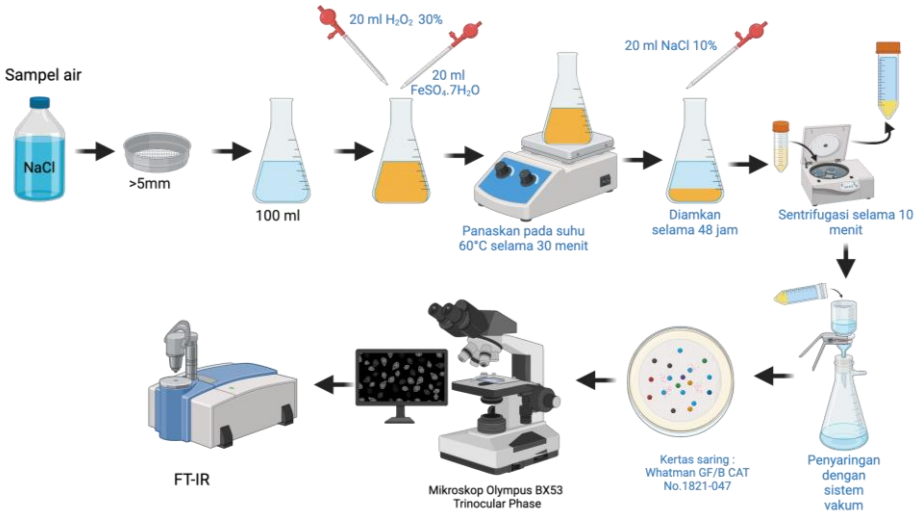
Proses pengambilan sampel ini melibatkan sejumlah instrumen atau peralatan pendukung yang disesuaikan dengan jenis sampel yang akan diambil. Penentuan lokasi sampling mikroplastik ini dilihat dari *effluent* drainase yang masuk ke Sungai Code. Berdasarkan SNI 8995-2021, dalam penentuan titik pengambilan sampel disesuaikan dengan laju aliran atau debit air sungai. Pengambilan sampel dilakukan pada 9 titik yang mana pada setiap titik diambil sebanyak 1-3 liter pada kedalaman ½ permukaan drainase yang masuk ke sungai. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan botol kaca yang dicelupkan kedalam air dengan metode *Grab Sampling* yang diambil sesuai dengan titik pengambilan sampel kemudian botol kaca tersebut diberi label. Botol kaca yang digunakan berwarna gelap dan berwana bening yang dilapisi dengan alumunium foil untuk melindungi sampel dari kerusakan akibat paparan sinar matahari. Proses pengambilan sampel air sungai dapat dilihat pada **Gambar 3.3**

Gambar 3. 3 Proses Pengambilan Sampel Air

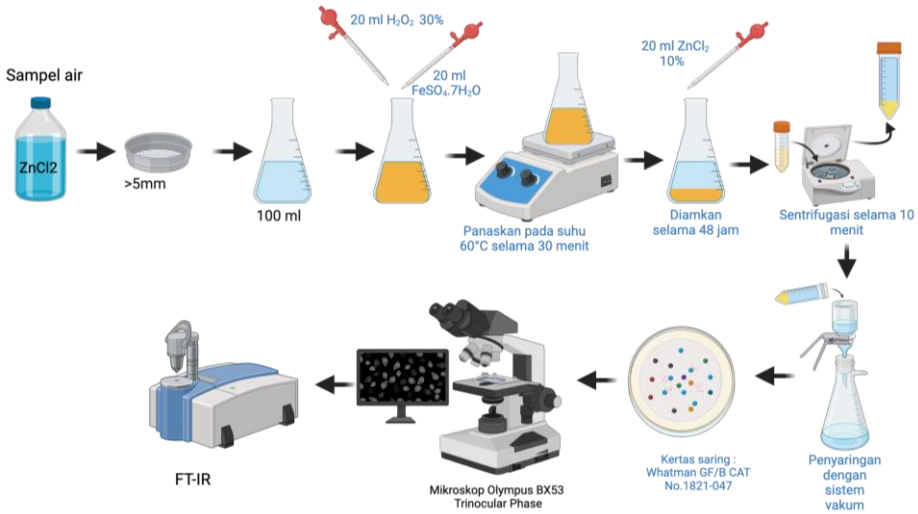
3.5 Preparasi Sampel

3.5.1 Preparasi Sampel Air pada Pengujian Mikroplastik

Pada tahapan penelitian, terdapat metode identifikasi mikroplastik pada sampel air yang mengacu pada standar National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) yang dimodifikasi. Diagram alir tahapan metode preparasi sampel air sebelum dilakukan analisis menggunakan mikropskop dan FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Tahapan Pengujian Sampel Mikroplastik dengan fraksinasi menggunakan NaCl



Gambar 3. 5 Tahapan Pengujian Sampel Mikroplastik dengan fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$

Dalam preparasi sampel mikroplastik terdapat beberapa tahapan, berikut penjelasan mengenai beberapa tahapan preparasi sampel mikroplastik:

1. Preparasi Sampel Air Sungai

   Preparasi sampel air sungai dilakukan dengan cara memasukkan air sampel sebanyak 100 mL ke Erlenmeyer 250 mL. Kemudian sampel dipisahkan berdasarkan masing – masing titik sampel serta masing masing botol diberi label untuk pengujian untuk mikroplastik.

2. Wet Sieving (Penyaringan Basah)

   Wet sieving adalah penyaringan yang dilakukan menggunakan *stainless steel sieve mesh* ukuran 5 mm dengan tujuan untuk memisahkan padatan yang berukuran >5 mm .

Gambar 3. 6 Proses Penyaringan Basah

3. Wet Peroxide Oxidation (WPO)

WPO perlu dilakukan dalam pengujian mikroplastik, hal ini bertujuan untuk menghilangkan bahan organik yang tidak diinginkan dari sampel sebelum analisis mikroplastik (Fitriandoni, A., & Dewata, I. (2023). Proses WPO dilakukan dengan menambahkan 20 mL Fe (II) 0,05 M atau $FeSO_4.7H_2O$ dan 20 mL H2O2 30%. Kemudian sampel diletakkan pada Hot Plate dengan suhu 60°C selama 30 menit, selanjutnya dilakukan penambahan 20 ml larutan Nacl dengan konsentrasi 10 % kemudian sampel diaduk menggunakan pengaduk kaca lalu kembali dipanaskan hingga larutan larut. Hal yang sama juga dilakukan pada sampel yang menggunakan larutan $Zncl_2$.

Gambar 3. 7 Proses *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

4. Density Separation

Pada tahapan ini dilakukan pemisahan partikel-partikel yang ada di mikroplastik berdasarkan kepadatan atau *density*. Pada tahapan ini setiap masing masing sampel yang telah ditambahkan Nacl dan $ZnCl_2$ didiamkan selama 48 jam. Serta dilakukan sentrifugasi untuk mempercepat proses pemisahan.

Gambar 3. 8 Proses *Density Separation*

5. Penyaringan

Pada tahap penyaringan sampel akan disaring menggunakan sistem vakum. Bahan yang digunakan pada tahap ini yaitu kertas saring Whatman GF/B CAT No.1821-047 yang berfungsi sebagai penyaring. Kertas saring tersebut akan digunakan untuk pengujian analisis sampel menggunakan mikroskop dan FTIR.

Gambar 3. 9 Proses Penyaringan dengan Sistem Vakum

3.5.2 Preparasi Sampel Pengujian *Total Suspended Solids* (TSS)

Metode pengujian sampel pada parameter TSS berdasarkan SNI 6989.3:2019 tentang air dan air limbah : cara uji padatan tersuspensi total (*total suspended solids*/TSS) secara gravimetri. Pengujian dilakukan dengan contoh uji yang telah homogen disaring dengan media penyaring yang telah ditimbang dengan neraca analitik. Residu yang tertahan pada media penyaring dikeringkan pada kisaran suhu 103 °C − 105 °C hingga mencapai berat konstan. Diagram alir tahapan preparasi sampel untuk pengujian TSS dapat dilihat pada Gambar 3.9.

Gambar 3. 10 Diagram Alir Preparasi sampel pengujian TSS

3.6 Analisis Sampel

Untuk menganalisis sampel yang telah dilakukan preparasi sebelumnya, dilakukan pengujian dengan menganalisa sampel menggunakan Mikroskop dan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR**).**

a. *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

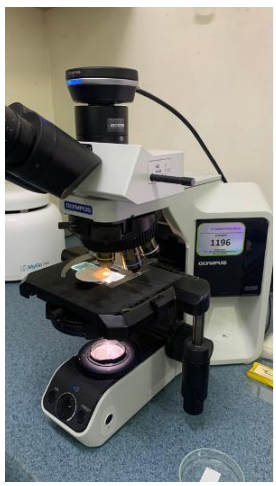
FTIR berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi kimia suatu mikroplastik diperlukan hasil analisis menggunakan FTIR yang menghasilkan data dalam bentuk grafik. Sampel akan dilakukan pengukuran intensitas inframerah terhadap panjang gelombang yang terbaca menggunakan FTIR. Hasil pembacaan alat ini akan memberikan informasi mengenai struktur molekul, persentase kemiripan sampel yang terbaca dengan gugus fungsi kimia, dan lain – lain. FTIR adalah metode analisis yang digunakan pada pengujian mikroplastik. Prinsip kerja FTIR adalah alat akan

memancarkan sinar inframerah dan mengarahkan ke sampel, lalu sampel menyerap frekuensi tertentu dan menghasilkan spektrum yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis mikroplastik yang ada pada sampel (Nathania, I. R.,2022). Pada penelitian terbaru, FTIR digunakan dengan metode mapping untuk memastikan tidak ada partikel mikroplastik yang terlewat dan analisis dilakukan secara otomatis tanpa pemilahan visual oleh peneliti (Nathania, I. R.,2022). Penggunaan analisis sampel dengan FTIR dilakukan dengan menempatkan sampel ke dalam *sample compartement*. Kemudian, detektor pada FTIR diputar hingga menempel pada sampel. Kemudian sampel akan dibaca melalui sinar inframerah yang ditransmisikan dari permukaan sampel. Sinar yang dipantulkan akan menuju detektor untuk pengukuran akhir dan mengubah sinar menjadi sinyal listrik yang dapat direkam oleh recorder. Hasil pengukuran FTIR dapat berupa grafik intensitas (Prambudi, 2017).

Gambar 3. 11 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik Menggunakan FTIR

b. Mikroskop

Analisis sampel menggunakan mikroskop dilakukan dengan menempatkan sampel diatas kaca preparat dan mengatur perbesaran mikroskop mulai dari 4x dan 10x. Kemudian, untuk melihat sampel dengan jelas dapat dilakukan dengan mengatur focus mikroskop. Sampel dapat dilihat dan diamati sesuai dengan kuadran yang telah digambar pada sampel. Metode ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi bentuk dan jenis mikroplastik, serta memperhitungkan jumlah mikroplastik pada sampel (Pratiwi, A., 2020). Spesifikasi mikroskop yang digunakan adalah mikroskop *Olympus BX53 Trinocular Phase*.



Gambar 3. 12 Pengamatan Mikroplastik Menggunakan Mikroskop

3.7 Analisis Data

3.7.1 Analisis data mikroplastik

Data mikroplastik yang dianalisis berasal dari pemeriksaan mikroskopis berupa morfologi partikel mikroplastik, meliputi warna (merah, ungu, biru, hijau, kuning, hitam, merah muda, transparan, coklat, dan oren), bentuk partikel (*Fiber*, *Film, Fragments, Pellet, microbeads* dan *Foam*) dalam setiap sampel. Perhitungan dan pengamatan jumlah mikroplastik pada setiap sampel dilakukan dengan manual, data tersebut kemudian di analisis secara deskriptif statistik menggunakan Microsoft excel. Kelimpahan mikroplastik dihitung dengan membagi jumlah partikel mikroplastik pada setiap sampel dengan total volume air pada saat

pengambilan sampel. Berdasarkan National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), berikut rumus perhitungan kelimpahan mikroplastik :

$$C = \frac{n}{V}$$

Keterangan :
C = Kelimpahan Mikroplastik (partikel/mL)
n = Jumlah Partikel Mikroplastik per Sampel
V = Total Volume Air saat Sampling

Selanjutnya dalam menentukan jenis polimer dari hasil pembacaan instrument FTIR, data diolah menggunakan Microsoft excel dengan mengidentifikasi jenis polimer berdasarkan nilai puncak (*peak*) yang terdeteksi dalam spektrum. Kemudian, data tersebut akan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel

3.7.2 Analisis data korelasi kelimpahan mikroplastik terhadap parameter TSS, Suhu dan pH.

Dalam menentukan korelasi kelimpahan mikroplastik terhadap parameter TSS, Suhu dan pH dilakukan menggunakan metode uji statistik dengan korelasi *Pearson* atau uji korelasi Spearman. korelasi *Pearson* akan menghasilkan koefisien korelasi yang mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Jika hubungan antara dua variabel bersifat nonlinier, maka koefisien korelasi *Pearson* tidak akan mencerminkan kuatnya hubungan antara kedua variabel yang diteliti, meskipun terdapat hubungan yang kuat antara kedua variabel tersebut (Safitri, W. R., 2016). Sedangkan uji korelasi *Spearman* adalah alat uji statistik yang digunakan untuk menguji terkait adanya hubungan antar variabel apabila data tersebut berada pada skala ordinal. Metode korelasi *Spearman rank* digunakan untuk skala ordinal atau rank dan bebas distribusi (nonparametrik). Nilai korelasi *Spearman* antara -1 dan 1. Jika diperoleh nilai korelasi = 0, berarti ada korelasi antara variabel Y dengan X yang dikonstruksi. Jika r positif maka nilai variabel Y bertambah , dan nilai

variabel X pun ikut bertambah. Sebaliknya jika r negatif maka nilai variabel Y bertambah dan nilai variabel Y berkurang (Pitipaldi, K., dkk 2018). Berikut Tabel koefisien korelasi menggunakan metode uji statistik dengan korelasi *Pearson* dan uji korelasi *Spearman*.

Tabel 3. 3 Koefisien Korelasi *Pearson* dan Korelasi *Spearman.*

Korelasi Pearson		Referensi	Korelasi Spearman		Referensi
Korelasi	Koefisien korelasi	Isa, A. M., dkk. (2022)	Korelasi	Koefisien korelasi	Leclezio, L., dkk. (2014)
Sangat kuat	0,8-0,99		Sangat kuat	0,8-1,1	
Kuat	0,6-0,79		Kuat	0,40-0,69	
Sedang	0,4-0,59		Sedang	0,30-0,39	
lemah	0,2-0,39		lemah	0,20-0,29	
Sangat lemah	0,01-0,19		Tidak berkolerasi	0,01-0,19	

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Code yang merupakan anak sungai dari Sungai Opak yang memiliki panjang ±46 km dan luas DAS sebesar ±62 km^2 . Pembagian ruas sungai dibagi menjadi tiga bagian yaitu segmentasi Sleman, segmentasi Kota Yogya dan segmentasi Bantul. Penentuan segmetasi sungai dilakukan dengan memperhatikan batas administrasi, penggunaan lahan, lokasi pemantauan air yang dilakukan oleh DLHK D.I. Yogyakarta, kepadatan penduduk dan kondisi daerah aliran sungai. Berdasarkan hasil observasi lapangan diketahui letak *effluent* drainase yang masuk ke Sungai Code sebagai *Point Sources* yang berasal dari beberapa sumber yaitu kegiatan rumah tangga, peternakan, pertanian, sampah, rumah sakit, hotel, rumah makan, perdagangan, apotik, klinik, laboratorium, rumah sakit, dan industri.

4.1.1. Kondisi lokasi titik sampling

Pada penelitian ini berfokus pada besaran pengaruh jumlah mikroplastik dari sumber pencemar titik maka dilakukan penelusuran lapangan terkait kondisi pada tiap lokasi outlet sumber pencemar, berikut ini merupakan kondisi outlet dari tiap titik sampling Sungai Code yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

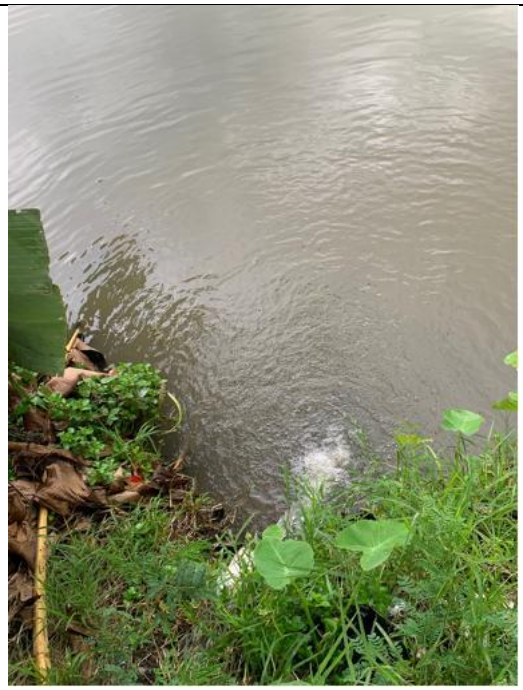
Tabel 4. 1 Kondisi lingkungan titik sampling

Lokasi sampling	Gambar	Kondisi titik sampling
Titik 1		Terletak di Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman. Kondisi air drainase cukup keruh, dan terdapat vegetasi di sekitarnya. Pada saat sampling di Titik 1, cuaca berawan dan gerimis. Sumber pencemar drainase berasal dari pemukiman dan lahan pertanian

Titik 2		Terletak di desa Harjobinangun. Kecamatan pakem, Kabupaten Sleman. Kondisi air drainase jernih namun terdapat beberapa sampah plastik dan jaring pagar yang terendam di drainase. Sumber pencemar drainase berasal dari peternakan, pemukiman, dan pertanian.
Titik 3		Terletak di Jembatan Ngentak Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman. Kondisi aliran drainase cukup jernih namun terdapat sampah disekitar *Point Sources*. Sumber pencemar drainase berasal dari pemukiman, rumah makan, pertokoan dan laundry.

Titik 4		Terletak di jembatan Pogung Rejo, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman. Kondisi aliran drainase keruh dan terdapat banyak sampah di *effluent* drainase dan di sekitar *Point Sources*. Sumber pencemar drainase berasal dari pemukiman, dan rumah makan.

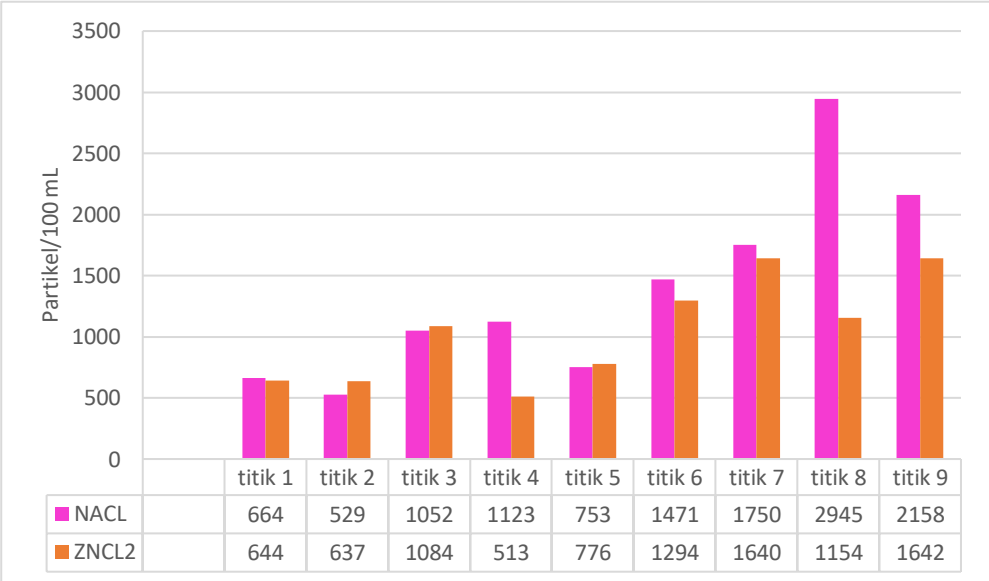
Titik 5		Terletak di jembatan Kewek, Kecamatan Jetis, Kota Yogyakarta. Kondisi aliran drainase jernih. Sumber pencemar drainase berasal dari hotel, pemukiman, kolam renang dan rumah sakit.
Titik 6		Terletak di Bendung Mergangsang, Kelurahan Wirogunan, Kecamatan Mergangsan, Kota Yogyakarta. Kondisi aliran drainase keruh. Sumber pencemar drainase berasal dari pemukiman, perdagangan, dan bengkel.

Titik 7		Terletak di jembatan Tungkak, Kecamatan Mergangsan, Kota Yogyakarta. Kondisi aliran drainase keruh dan terdapat sampah disekitar drainase. Sumber pencemar berasal dari limbah catering dan pemukiman.
Titik 8		Terletak di Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul. Kondisi aliran drainase keruh dan terdapat Sumber pencemar berasal dari limbah kegiatan pabrik tempe dan tahu dan limbah rumah tangga.

Titik 9	 	Terletak di jembatan Desa Wonokromo, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul. Kondisi aliran drainase keruh dan terdapat sampah pada drainase. Sumber pencemar berasal dari pemukiman dan peternakan.

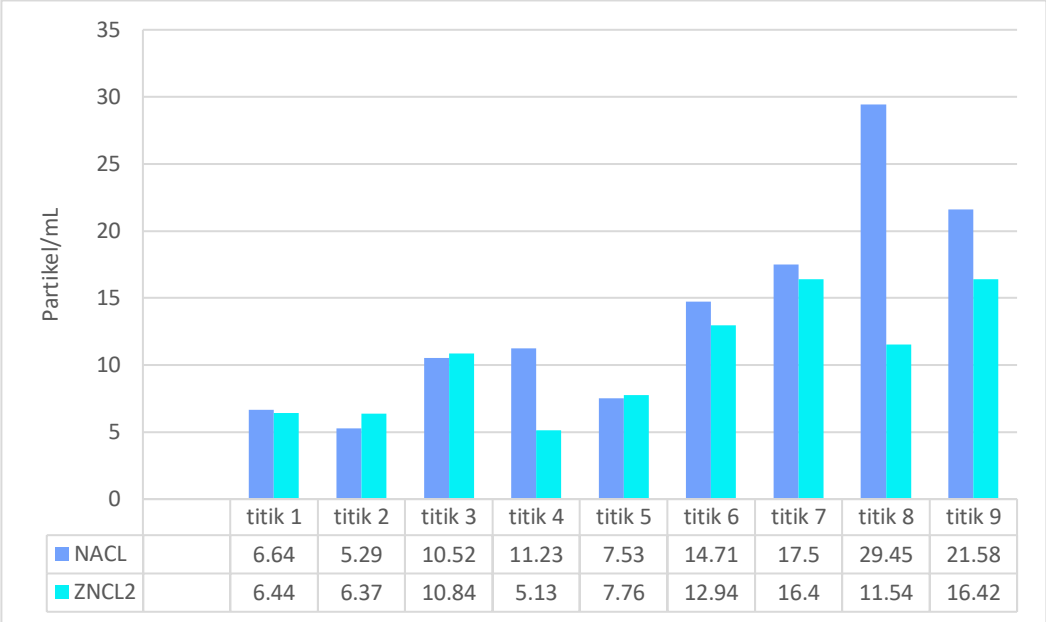
4.2. Mikroplastik Berdasarkan Jumlah dan Kelimpahan

Pada penelitian ini analisis jumlah dan kelimpahan mikroplastik pada *Point Sources* Sungai Code dilakukan dengan melakukan pengamatan melalui mikroskop *Olympus BX53 Trinocular Phase.* Analisis mikroplastik menggunakan mikroskop Olympus BX53 Trinocular Phase bertujuan untuk menghitung jumlah mikroplastik dalam sampel air melalui serangkaian tahapan. Sampel air diolah menggunakan Wet Peroxide Oxidation (WPO) untuk menghilangkan bahan organik, kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman GF/B CAT No.1821-047. Kertas saring ini kemudian diamati dengan mikroskop Olympus BX53 Trinocular Phase yang dilengkapi fitur phase contrast untuk visualisasi mikroplastik dengan kontras tinggi, menggunakan perbesaran 4x dan 10x. Melalui pengamatan ini, jumlah mikroplastik dihitung dan dicatat pada tabel pengamatan berdasarkan lokasi pengambilan sampel jumlah dan kelimpahan mikroplastik, sehingga memberikan data penting untuk menilai tingkat pencemaran mikroplastik khususnya pada *Point Sources* Sungai Code. Hasil pengamatan mikroplastik berdasarkan jumlah dan kelimpahan dapat di lihat pada Grafik 4.1 dan Grafik 4.2.



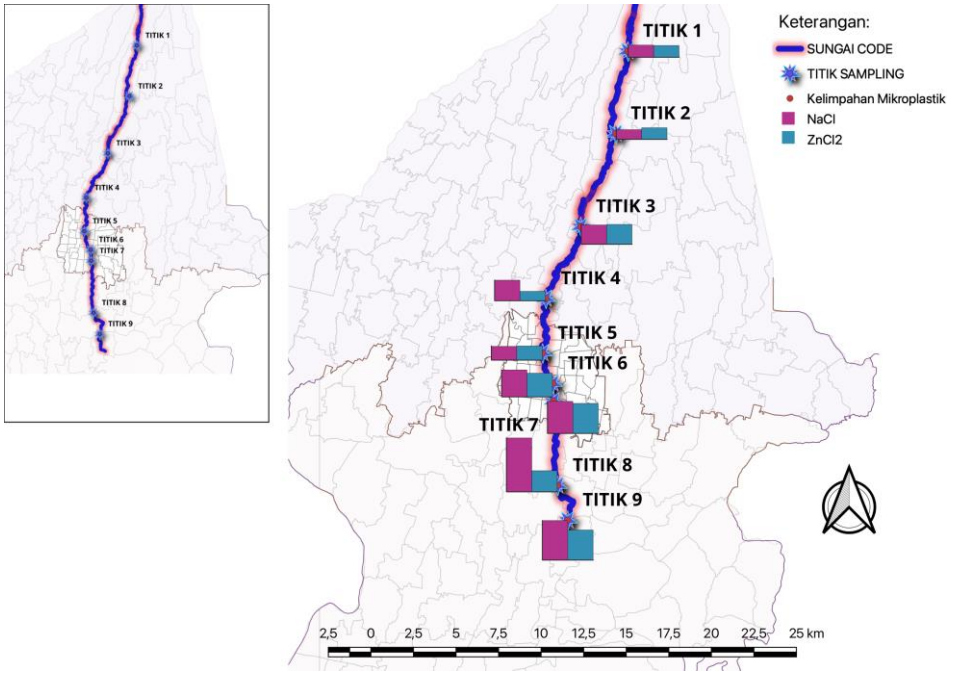
	titik 1	titik 2	titik 3	titik 4	titik 5	titik 6	titik 7	titik 8	titik 9
NACL	664	529	1052	1123	753	1471	1750	2945	2158
ZNCL2	644	637	1084	513	776	1294	1640	1154	1642

Gambar 4. 1 Grafik Jumlah Partikel Mikroplastik



Gambar 4. 2 Grafik Kelimpahan Partikel Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik adalah hal yang utama untuk menggambarkan tingkat pencemaran ekosistem dalam satuan kuantitas (Chen, B.,2022). Berdasarkan grafik hasil pengamatan mikroplastik berdasarkan jumlah dan kelimpahan diatas, dapat disimpulkan bahwa setiap sampel air pada masing-masing titik pengambilan sampling ditemukan seluruhnya mengandung mikroplastik (Gambar 4.1 dan Gambar 4.2), dengan total kelimpahan mikroplastik berkisar antara 5,13 partikel/mL – 29,45 partikel/mL **(**Gambar 4.2). Kelimpahan mikroplastik paling banyak dengan fraksinasi menggunakan NaCl terdapat pada Titik 8 dengan kelimpahan partikel sebesar 29,45 partikel/mL adapun faktor yang mempengaruhi salah satunya berasal dari sumber pencemar limbah pabrik tahu dan tempe yang mengandung plastik dari kemasan bahan baku atau produk jadi, serta peralatan yang digunakan dalam proses produksi. Plastik-plastik ini dapat terFragmentasi menjadi mikroplastik dan masuk ke lingkungan melalui saluran pembuangan air. Sedangkan pada sampel dengan fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ terdapat pada Titik 9 dengan kelimpahan mikropastik sebesar 16,42 partikel/mL. Faktor penyebab tingginya kelimpahan mikroplastik pada titik tersebut disebabkan oleh adanya sumber pencemar yang berasal dari pemukiman, peternakan, stadion dan aktivitas di lapangan pacuan kuda.



Gambar 4. 3 Persebaran kelimpahan mikroplastik pada setiap titik sampling

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat ada perbedaan kelimpahan mikroplastik pada setiap titik sampling. Tinggi dan rendahnya jumlah atau kelimpahan mikroplastik pada tiap sampel disebabkan oleh beberapa faktor seperti aktivitas antropogenik, tata guna lahan, dekomposisi dan Fragmentasi yaitu perubahan ukuran menjadi lebih kecil akibat tekanan, gesekan, fotooksidasi oleh radiasi sinar UV, benturan atau tumbukan dan biodegradasi. (Wulandari, S. Y., dkk. 2022). Selain itu jika ditinjau dari segi metode yang digunakan, berdasarkan hasil analisis data diketahui bahwa konsentrasi 10% NaCl yang setara dengan 2gr/20mL, lebih efektif mendeteksi jumlah atau kelimpahan mikroplastik, apabila dibandingkan dengan $ZnCl_2$ dengan konsentrasi yang sama. Hasil analisis data ini memperjelas bahwa untuk mendeteksi mikroplastik (densitas >1.2 g/cm3) menggunakan larutan $ZnCl_2$ membutuhkan konsentrasi laruan yang lebih tinggi. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Park, H., & Park, B. (2021) yang menyatakan bahwa konsentrasi optimum larutan $ZnCl_2$ dalam mengidentifikasi mikroplastik yaitu sekitar 1.5 kg/L atau setara dengan 30gr/20 mL. Mattsson, K., dkk. (2022) juga menjelaskan pada penelitiannya bahwa fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ mampu mengekstraksi partikel > 15 kali

lebih banyak (≥ 100 μm) dibandingkan dengan fraksinasi menggunakan NaCl dan dengan jenis polimer mikroplastik yang terdeteksi paling banyak pada penelitian tersebut adalah PVC.

Pada Tabel 4.2 terlihat bahwa hasil analisis mikroplastik dengan preparasi sampel menggunakan larutan $ZnCl_2$ cenderung mendeteksi lebih banyak jenis mikroplastik dengan polimer densitas tinggi, Kecenderungan hasil tersebut juga dapat menjadi faktor penyebab perbedaan hasil jumlah atau kelimpahan mikroplastik antara fraksinasi menggunakan NaCl dan $ZnCl_2$ pada setiap titik sampel. Sehingga memungkinkan hasil mikroplastik dengan fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ yang lebih sedikit, dibandingkan dengan fraksinasi menggunakan NaCl disebabkan oleh kandungan mikroplastik pada sampel (100ml sampel air) memiliki densitas yang tinggi sehingga sulit di ekstraksi dengan larutan $ZnCl_2$ dengan konsentrasi 10%.

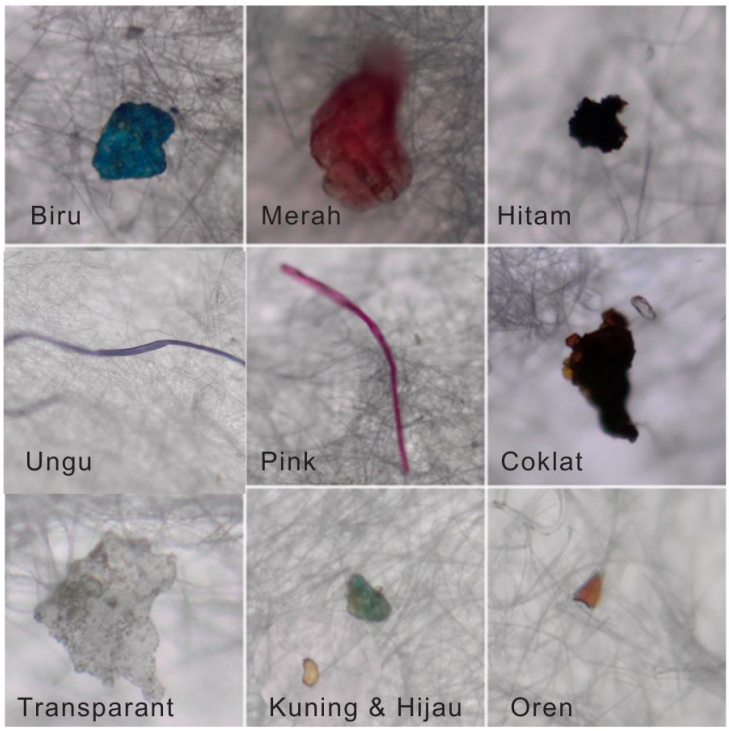
Tabel 4. 2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu pada sampel air tawar

Kota / Wilayah	Preparasi Sampel	Hasil		Referensi
		Polimer	Kelimpahan	
China (sungai Yellow)	H2O2 30% dan larutan NaCl	PE,PP,PS	623-1392 partikel/L	Kye, H., dkk. (2023).
China (China Textile City stream)	H2O2 30% dan larutan NaCl	(PES (65.7%), rayon (6.7%), PP (6.5%), non-plastic (10.5%)	6.8 items/L pada air permukaan (2.1–71.0 items/L)	Kye, H., dkk. (2023).
Denmark (Ponds)	30% H2O2, NaOH, dan larutan $ZnCl_2$ (1.7 g/cm^3)	PP (71.5%), PE (9.1%), PVC (7.4%), PES (5.5%) and PS (2.2%)	490–22,894 partikel/ m^3	Kye, H., dkk. (2023).
India (Ofant Netravathi)	H2O2; (30%) , (Fe (II); 0.05 M), larutan $ZnCl_2$	PE (58.33%) and PET (28.57%), PVC	(56–2328 partikel/m3)	Kye, H., dkk. (2023).

Kota / Wilayah	Preparasi Sampel	Hasil		Referensi
		Polimer	Kelimpahan	
Raman Italy (Sungai Ofanto)	30% H2O2 in the presence of an iron (II) catalyst, NaCl (1.2 g/cm^3)	PE (76%), PS (12%), PP (10%), PVC (0.7%) and TDI-PUR (0.35%)	0.9±0.4p/m–13± 5 p/m3	Kye, H., dkk. (2023).
Taiwan (Ofant Fengshan)	larutan $ZnCl_2$ (densitas: 1.8 g/cm^3)	PE, PET, PA, and PES	334–1058 partikel/m3	Kye, H., dkk. (2023).
Yogyakarta (Sungai code)	30% H2O2, larutan NaCl, (Fe (II); 0.05 M)	-	174 partikel	Syachbudi, R. R. (2020).
Semarang (DAS Silandak dan DAS Bringin)	30% H2O2 dan larutan NaCl	Polyacetylene, Tencel, Ramie, Methyl Cellulose, Cotton, Bemberg, Rayon, Cellopha, Ethyl Cellulose, Polyacrylamide, PVC.	1,31 partikel/ 100 ml	Khaikal, M. F. (2023)

4.3. Morfologi Mikroplastik (Bentuk, Warna dan Ukuran)

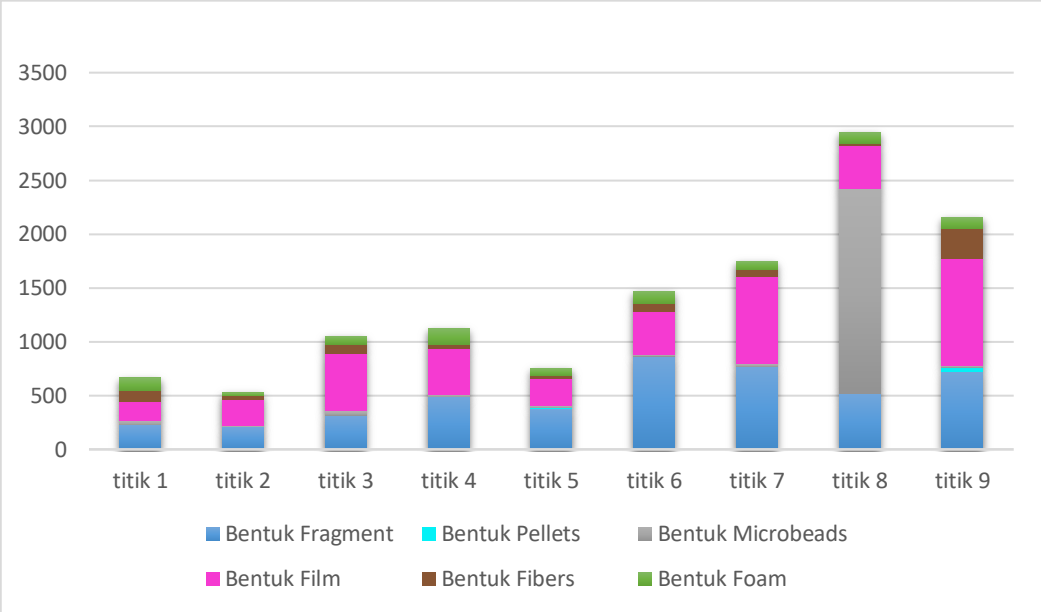
Identifikasi morfologi mikroplastik dibagi menjadi tiga parameter yaitu bentuk, warna dan ukuran. Berbagai bentuk, warna dan ukuran disebabkan oleh sumber polusi yang berbeda atau proses lingkungan yang berbeda (Chen, B.,2022).



Gambar 3. 13 Morfologi Mikroplastik

4.3.1. Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dan Ukuran

Mikroplastik dapat berbentuk teratur dan tidak teratur. Bentuk yang teratur biasanya berasal dari pelepasan langsung (mikroplastik primer) dan umumnya berbentuk manik-manik atau bola kecil. Sementara itu, bentuk yang tidak beraturan terutama disebabkan oleh penguraian fragmen plastik yang lebih besar (mikroplastik sekunder), yang mengandung serat, serpihan, dan bentuk-bentuk tidak beraturan lainnya (Chen, B.,2022). Berdasarkan dari berbagai studi literatur, karakteristik bentuk mikroplastik dibagi menjadi enam kelompok **(Gambar 3.12)** seperti serat (mikroFiber, helaian, benang), fragmen (partikel tidak beraturan, kristal, granula, potongan, serpihan), Film, pelet, manik-manik/ microbeads (Biji, bulatan manik kecil, bulatan mikro), dan *styroFoam/Foam* (Widianarko, Y. B., & Hantoro, I. (2018). Pada penelitian ini juga ditemukan enam bentuk mikroplastik yang berbeda beda pada tiap sampel. Berikut merupakan hasil pengamatan mikroplastik menurut bentuknya yang disajikan dalam tabel dan grrafik:



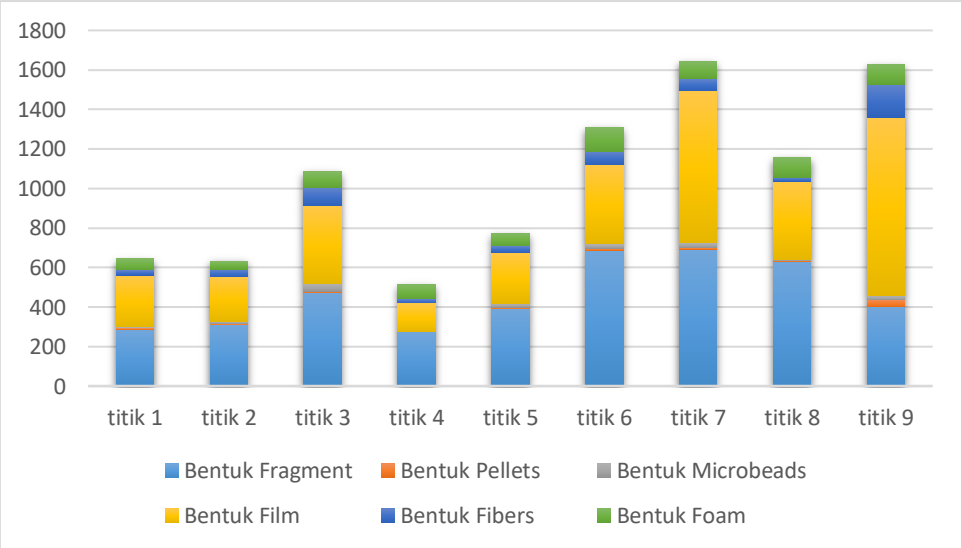
Gambar 4. 4 Grafik morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk pada fraksinasi menggunakan NaCl

Tabel 4. 3 Morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk pada fraksinasi menggunakan NaCl

NaCl						
TITIK	Bentuk					
	Fragment	Pellet	Microbeads	Film	Fibers	Foam
titik 1	226	1	38	177	104	118
titik 2	207	4	5	250	31	32
titik 3	312	5	38	535	87	75
titik 4	489	3	11	433	35	152
titik 5	377	9	18	252	30	67
titik 6	858	9	14	399	72	119
titik 7	763	6	27	812	59	83
titik 8	522	1	1896	405	20	101
titik 9	719	43	18	992	278	108
Total	4473	81	2065	4255	716	855

Tabel 4. 4 Morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk pada fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$

$ZnCl_2$						
TITIK	Bentuk					
	Fragment	Pellet	Microbeads	Film	Fibers	Foam
titik 1	287	8	4	263	26	56
titik 2	310	7	12	226	36	42
titik 3	474	6	31	395	90	81
titik 4	275	0	0	146	20	72
titik 5	391	3	15	260	31	63
titik 6	688	10	21	402	65	122
titik 7	693	9	23	772	59	85
titik 8	632	5	2	398	20	98
titik 9	402	36	18	905	166	101
Total	4152	90	136	3767	513	720



Gambar 4. 5 Grafik morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk pada fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, ditemukan bahwa bentuk mikroplastik yang paling sering dijumpai pada seluruh sampel adalah *Fragment*. *Fragment* terbentuk akibat kerusakan puing-puing makroplastik yang lebih besar (Boettcher, H., dkk. 2023). Produk plastik besar yang dibuang ke lingkungan mengalami degradasi fisik, kimia, dan biologis yang mengakibatkan pecahnya

plastik menjadi *Fragment* yang lebih kecil. Proses ini bisa dipicu oleh paparan sinar UV, abrasi mekanik, dan aktivitas mikroorganisme. *Fragment* terbanyak ditemukan pada Titik 6 (fraksinasi menggunakan NaCl) dengan 858 partikel/100 ml atau 8,58 partikel/ml, dan pada Titik 7 (fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$) dengan 693 partikel/100 ml atau 6,93 partikel/ml. Penelitian yang dilakukan oleh Savoca dkk. (2019) juga menemukan bentuk *Fragment* sebagai bentuk yang paling dominan pada sampel air.

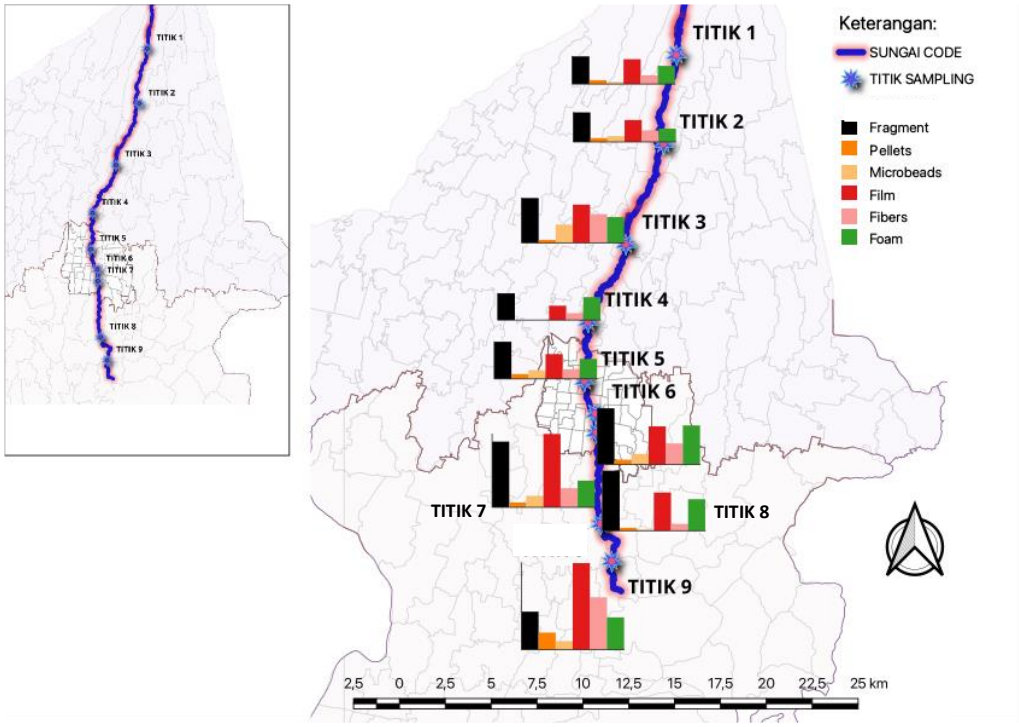
Jenis mikroplastik yang paling sedikit ditemukan adalah *Pellet* (Gambar 4.6 dan Gambar 4.7). *Pellet* ditemukan paling sedikit pada Titik 1 dan Titik 8 (fraksinasi menggunakan NaCl) dengan 1 partikel/100 ml atau 0,01 partikel/ml, dan pada Titik 5 (fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$) dengan 3 partikel/100 ml atau 0,03 partikel/ml. Sementara itu pada titik 4 tidak ditemukan mikroplastik bentuk Pellet (Gambar 4.6). *Pellet* merupakan mikroplastik primer yang langsung diproduksi oleh pabrik sebagai bahan baku pembuatan produk plastik. Hal ini menyebabkan jumlah polusi pelet relatif lebih tinggi di daerah yang dekat dengan lokasi produksi (Karlsson, T. M., dkk. 2019). Sehingga memungkinkan kebocoran yang lebih jarang dibandingkan dengan sumber polusi plastik lainnya. Selain itu , penelitian yang dilakukan oleh Miloloža, M., dkk. (2020) mengutarakan bahwa *Pellet* memiliki sifat fisik yang lebih padat dibanding air (1,13-1,15 g/cm^3). Hal ini menyebabkan *Pellet* lebih cepat tenggelam dan terperangkap di sedimen dasar sungai. Faktor lain yang memungkinkan yaitu, adanya program perlindungan dan pencegahan di industri plastik membantu mengurangi tumpahan *Pellet* ke lingkungan salah satunya program *Operation Clean Sweep* yaitu program yang membantu mengurangi tumpahan pelet selama produksi, pengangkutan, dan penyimpanan, sehingga mengurangi jumlah *Pellet* yang masuk ke lingkungan, termasuk sungai. Semua faktor ini berkontribusi pada rendahnya tingkat deteksi *Pellet* dalam sampel air sungai.

Berdasarkan hasil penelitian jika ditinjau pada masing masing titik pengambilan sampling, bentuk dengan jumlah paling banyak adalah *Microbeads* yang ditemukan pada titik 8 sebesar 1859 partikel/100 mL atau 18,59/ mL (fraksinasi menggunakan NaCl). Jika dilihat dari tata guna lahan, tingginya

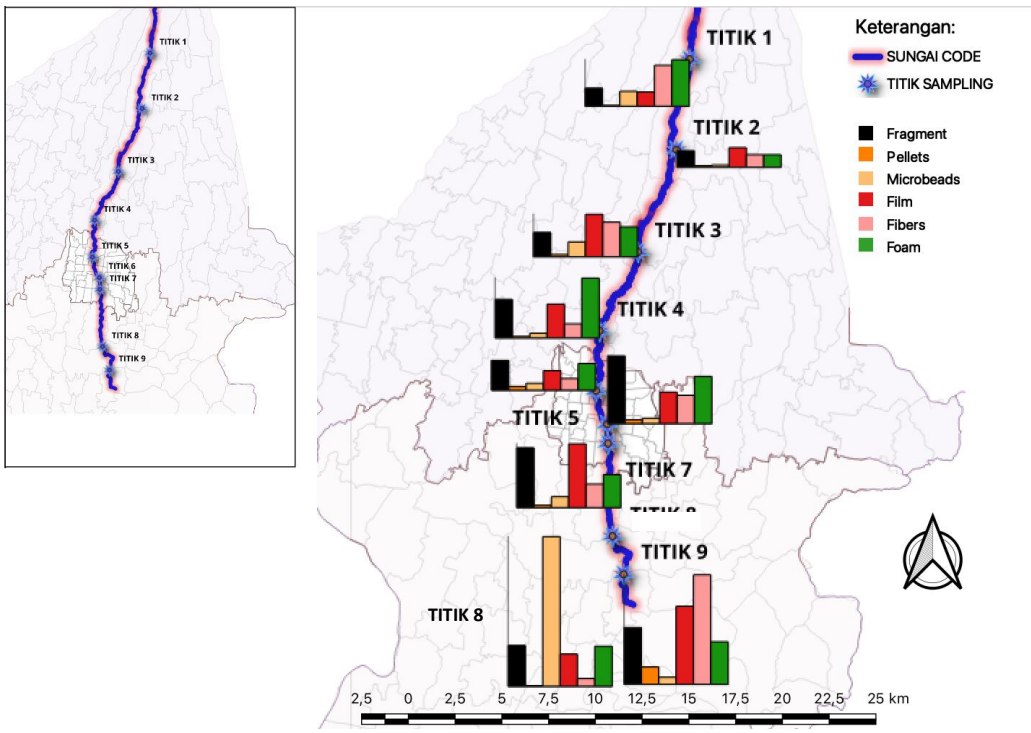
Microbeads pada titik 8 dapat disebabkan oleh limbah rumah tangga yang berasal dari produk perawatan pribadi dan kosmetik. Tanaka, K., & Takada, H., (2016) juga menyebutkan bahwa salah satu faktor adanya jenis *Microbeads* pada mikroplastik disebabkan oleh penggunaan produk perawatan pribadi dan kosmetik. Selain itu keberadaan pabrik tahu dan tempe pada titik 8, dapat menjadi faktor sumber pencemar mikroplastik bentuk *Microbeads*. Penggunaan *Microbeads* pada pabrik tahu dan tempe dapat berasal dari produk pembersih industri yang mengandung *Microbeads*, sehingga *Microbeads* tersebut dapat terlepas ke sistem pembuangan limbah.

Bentuk mikroplastik terbanyak dengan fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ adalah *Film* yang ditemukan pada titik 9 sebesar 905 partikel/100 mL atau 9,05 partikel/ mL. Banyaknya bentuk *Film* pada titik 9 dapat disebabkan oleh beberapa faktor disekitar lingkungannya, seperti dari pemukiman (penggunaan plastik rumah tangga) peternakan (pembungkus pakan ternak (silase), degradasi dari penutup kandang, aktivitas antropogenik disekitar peternakan, dan jalan raya. Pada titik 9 terdapat lapangan pacuan kuda, beberapa faktor yang memungkinkan menjadi sumber mikroplastik *Film* dari lapangan pacuan kuda yaitu dapat berasal dari peralatan dan material plastik seperti penanda, pembatas, penggunaan kaleng dan botol plastik. Tingginya beberapa bentuk mikroplastik dapat disebabkan oleh degradasi plastik akibat paparan lingkungan dan aktivitas manusia serta pengelolaan limbah yang tidak efektif.

Persebaran mikroplastik berdasarkan bentuk pada setiap titik dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6



Gambar 4. 6 Peta Persebaran Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dengan Fraksinasi Menggunakan ZnCl2

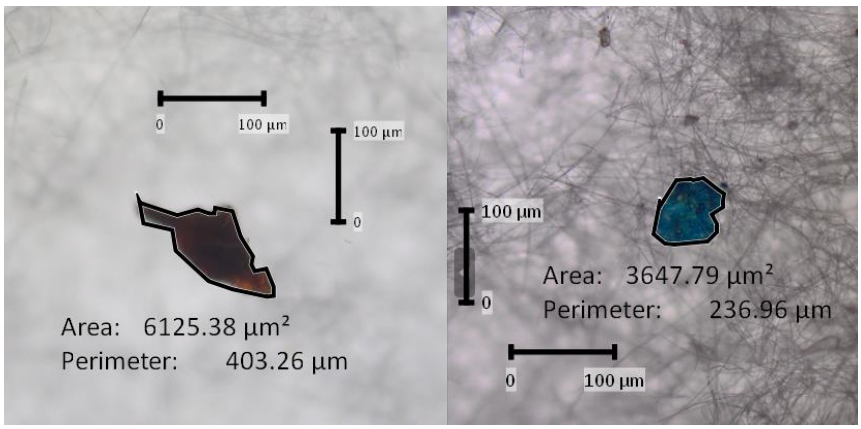


Gambar 4. 7 Peta Persebaran Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dengan Fraksinasi Menggunakan NaCl

Bentuk - bentuk mikroplastik yang ditemukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Fragment*

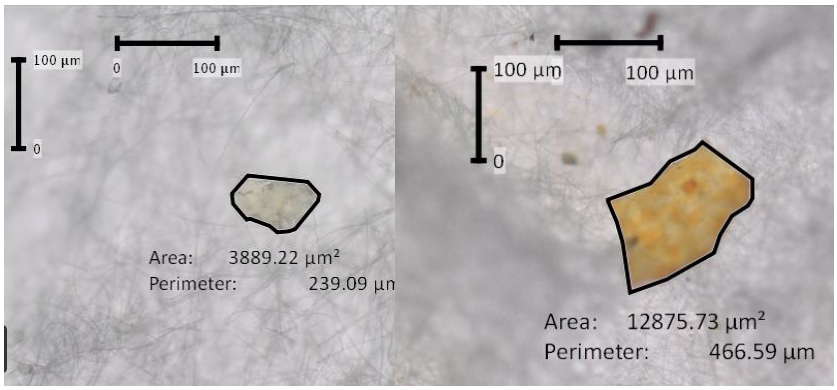
Fragmen adalah partikel berbentuk tidak beraturan yang pada umumnya tersusun dari polimer dari *polyethylene, polypropylene and polystyrene* (Boettcher, H., dkk. 2023). Pada sumber mikroplastik Fragment biasanya dihasilkan dari degradasi plastik besar fragmen, botol minuman, toples bekas, mika, serpihan galon, bungkus nasi, makanan cepat saji, kemasan dan sampah kantor (Amin, B., dkk. 2020). Berikut bentuk fragmen dari mikroplastik beserta ukurannya:



Gambar 4. 8 Fragment

2. *Film*

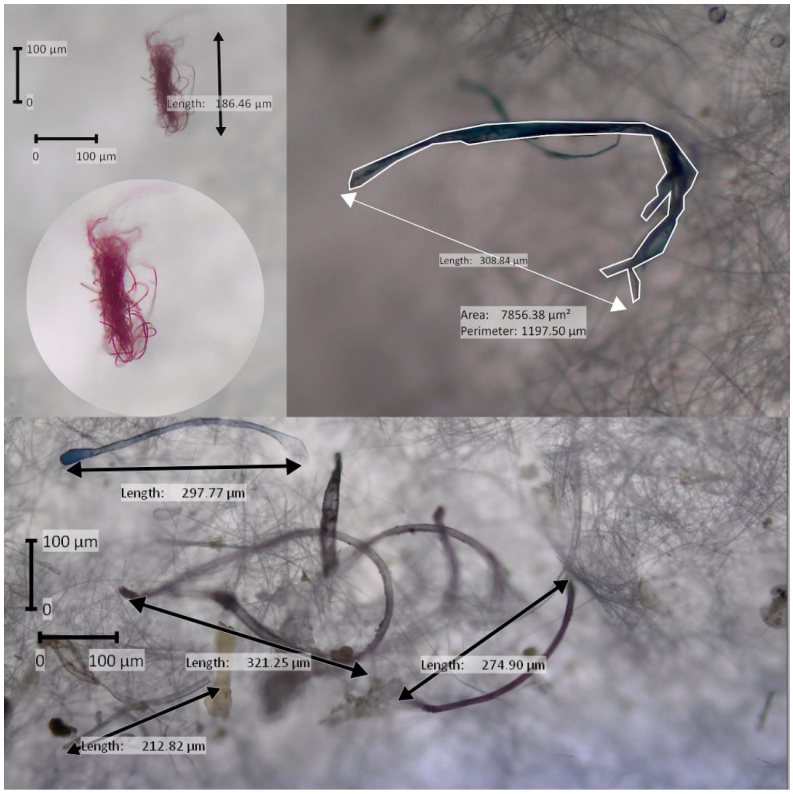
Bentuk *Film* memiliki ciri tidak beraturan dengan panjang dan lebar yang sama, tetapi tipis dan fleksibel (Bujaczek, T., dkk.2021). Mikroplastik berbentuk *Film* dapat berasal dari kegiatan manusia seperti penggunaan kantong plastik, pembungkus plastik, dan botol plastik yang tidak di daur ulang dengan baik dan kemasan plastic dengan densitas rendah (Nainggolan, D. H., 2022; Amin, B., Galib, M., & Setiawan, F., 2020).). Berikut bentuk *Film* dari mikroplastik beserta ukurannya:



Gambar 4. 9 Film

3. Fiber / Serat

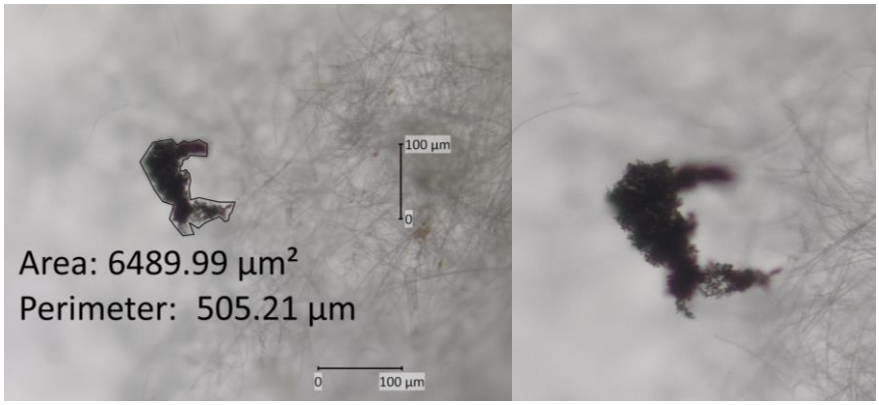
Bentuk serat berasal dari Fragmentasi monofilamen (serat tunggal) dari jaring ikan, tali, kain sintesis atau serat pakaian (Boettcher, H., dkk. 2023). *Fiber* yang ditemukan memiliki ciri ciri panjang dan tipis dibandingkan dengan bentuk mikroplastik lainnya. Selain itu warna dari *Fiber* juga bervariasi seperti biru, pink, ungu, putih/transparan, hitam dan merah. Berikut bentuk *Fiber* dari mikroplastik beserta ukurannya:



Gambar 4. 10 Fiber

4. *Foam*

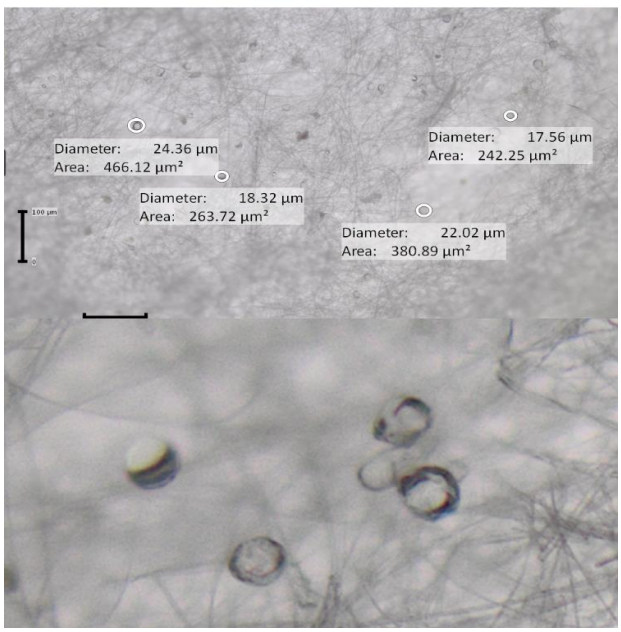
Foam memiliki struktur khusus dengan banyak rongga di dalamnya dan sering digunakan untuk peredam suara, peredam panas, dan pencegah benturan. *Foam* banyak digunakan dalam pengemasan, komponen mobil, pakaian dan peralatan bangunan. *Foam* memiliki sifat yang rapuh dan sifat kepadatan rendah sehingga memudahkan *Foam* untuk masuk dan mengapung di air permukaan (Yin, L., dkk. 2019). Berikut bentuk *Foam* dari mikroplastik beserta ukurannya:



Gambar 4. 11 Foam

5. Microbeads

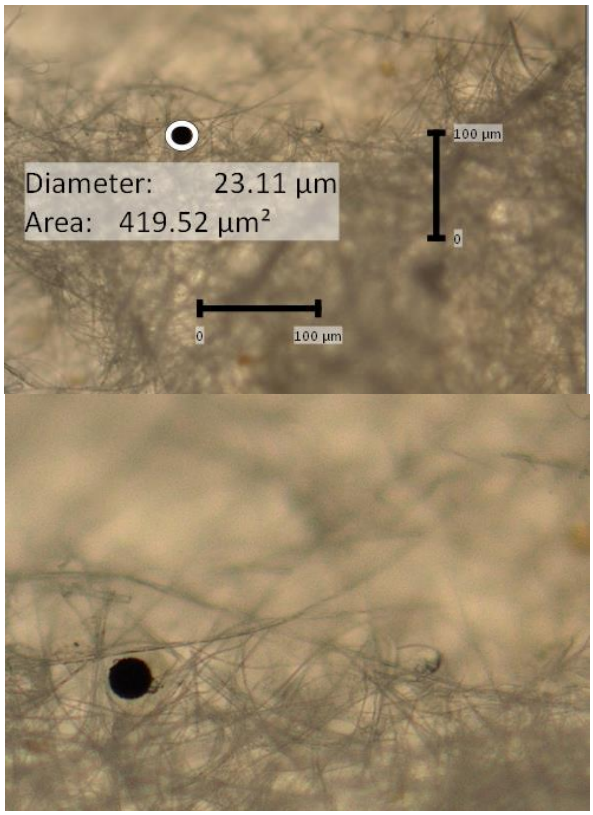
Microbeads adalah manik-manik plastik kecil yang digunakan dalam scrub pengelupasan kulit, pasta gigi, dan produk lain yang digunakan untuk perawatan pribadi (Ziani.K., 2023). Ciri-cori *Microbeads* yang ditemukan pada penelitian ini berbentuk bulat dan warna yang transparan. Berikut bentuk *Microbeads* dari mikroplastik beserta ukurannya:



Gambar 4. 12 Microbeads

6. *Pellet*

Pellet berbentuk cakram atau kacang. Mikroplastik jenis *Pellet* merupakan mikroplastik primer yang langsung diproduksi oleh pabrik sebagai bahan baku pembuatan produk plastik (Elsa. S.P., 2019). *Pellet* yang ditemukan pada seluruh sampel hampir seluruhnya berwarna hitam. Berikut bentuk *Pellet* dari mikroplastik beserta ukurannya:



Gambar 4. 13 Pellet

Penelitian ini juga melakukan pengukuran mikroplastik berdasarkan bentuknya. Pengukuran dilakukan menggunakan aplikasi ImageRaster3. Pengamatan ukuran mikroplastik yang telah diamati dapat dilihat pada **Tabel 4.4.**

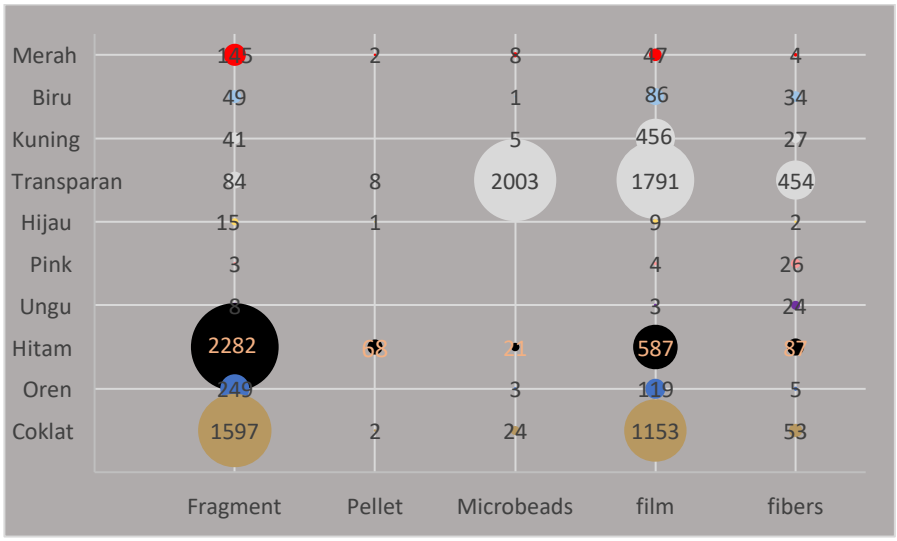
Tabel 4. 5 Ukuran Mikroplastik

Jenis Mikroplastik	Ukuran	
	Panjang μm	Area μm^2
Fragment		$\leq 16098{,}05$
Pellet		$\leq 37{,}83$
Fiber	$\leq 321{,}25$	
Film		$\leq 12875{,}73$
Microbeads		$\leq 24{,}36$
Foam		$\leq 6489{,}99$

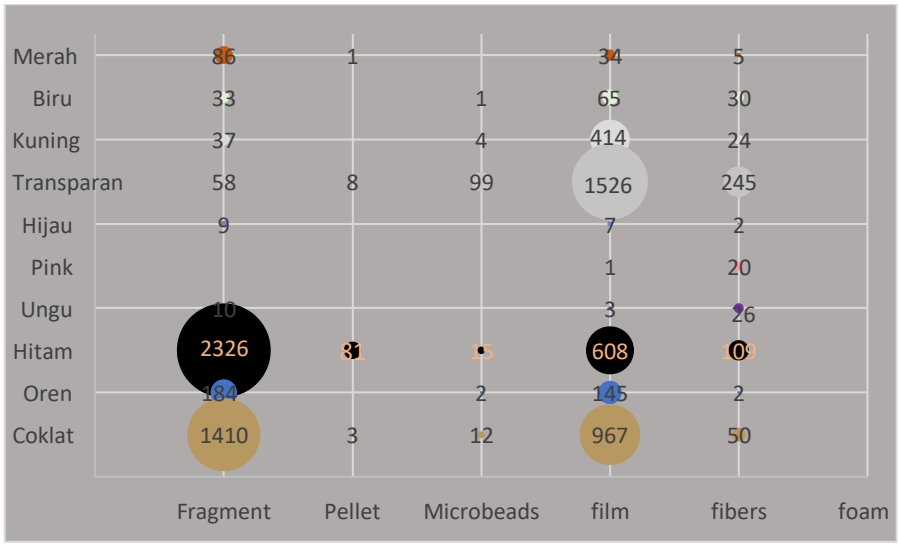
Berdasarkan Tabel 4.4 terlihat bahwa mikroplastik memiliki ukuran yang bervariasi, sebagian besar bergantung pada lokasi. Pada beberapa studi literatur faktor bervariasinya ukuran mikroplastik dapat juga dipengaruhi oleh teknik pengambilan sampel, sebagai contoh mikroplastik yang diambil di Delaware dan Chesapeake Bays (AS) dengan jaring berukuran 200-333 μm melaporkan adanya mikrofragmen yang berkisar antara 300-1.000 μm dengan konsentrasi rata-rata antara 0,19 hingga 1,24 keping per meter kubik Selain itu, pengambilan sampel air yang dilakukan dengan jaring serupa di seluruh Selat Inggris, Laut Utara, dan Laut Celtic menemukan sebagian besar (67%) mikroplastik yang terkumpul adalah fragmen yang lebih besar mulai dari 1000 hingga 2.790 μm dengan konsentrasi 0-1,5 partikel/ m^2 (Boettcher, H., dkk. 2023).

4.3.2. Mikroplastik Berdasarkan Warna

Pengamatan mikroplastik berdasarkan warna dianalisis menggunakan mikroskop. Pada penelitian ini warna pada sampel air yang ditemukan antara lain hitam, kuning, merah, transparan, ungu, pink, coklat, biru, hijau dan oren. Perbedaan warna mikroplastik yang sangat beragam dikarenakan waktu lamanya mikroplastik terpapar oleh sinar matahari sehingga kelamaan mikroplastik akan mengalami oksidasi yang mengakibatkan perubahan warna pada mikroplastik (Azizah, P., 2020). Perbandingan warna pada mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Perbandingan Warna Berdasarkan Bentuk Mikroplastik dengan Fraksinasi menggunakan NaCl



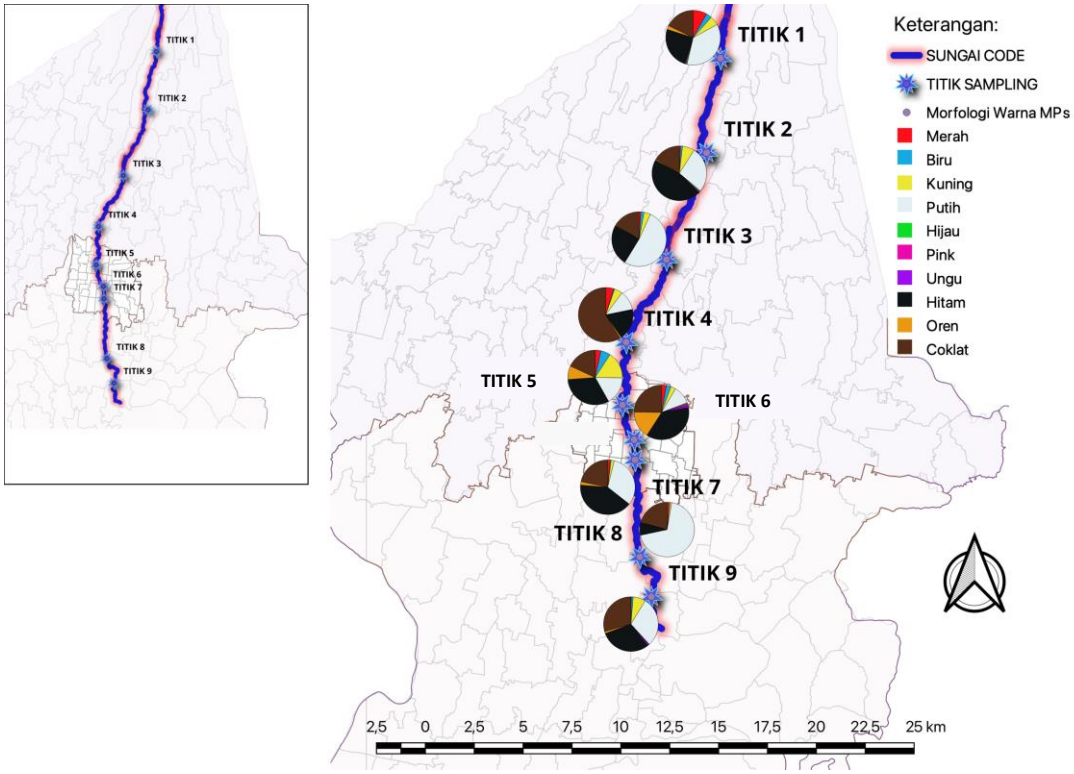
Gambar 4. 15 Perbandingan Warna Berdasarkan Bentuk Mikroplastik dengan Fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$

Berdasarkan hasil analisis data ditemukan warna mikroplastik yang paling banyak adalah mikroplastik dengan warna hitam dengan bentuk paling banyak adalah Fragment sebesar 2282 partikel (fraksinasi mengggunakan NaCl) dan 2326 partikel (fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$). Sumber mikroplastik hitam dapat dibedakan menjadi dua yaitu sumber primer dan sekunder, mikroplastik hitam primer berasal dari kosmetik dan mikroplastik hitam sekunder berasal dari penguraian benda-benda plastik hitam yang lebih besar. Adapun sejumlah besar

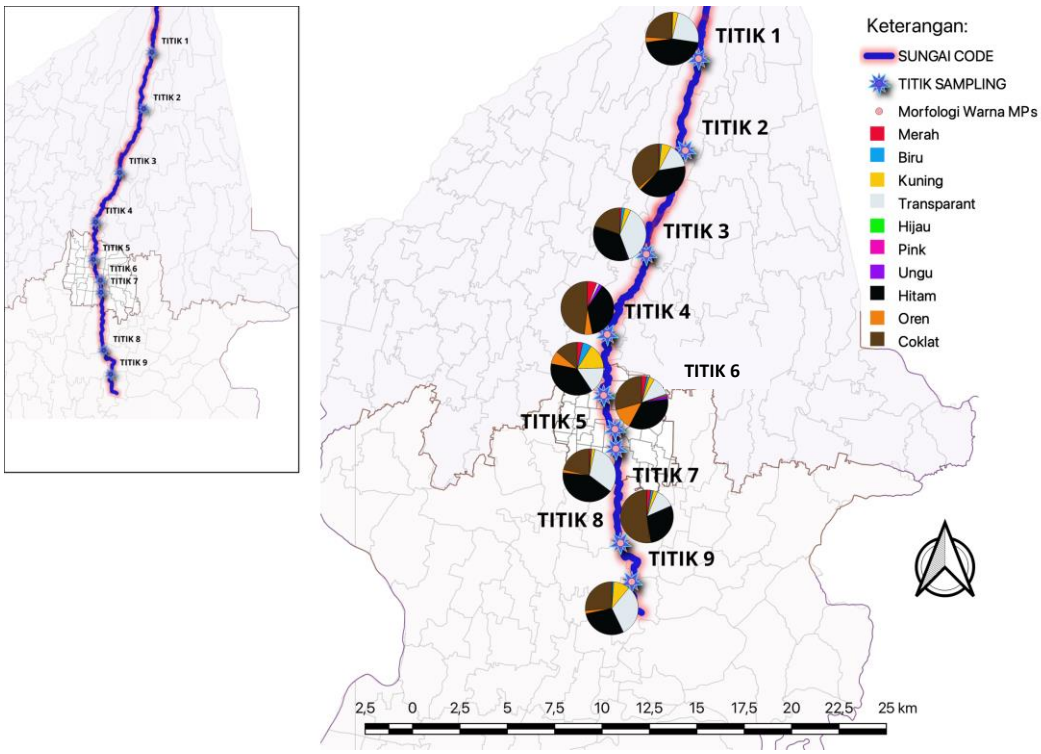
kebutuhan bahan baku plastik hitam di berbagai sektor, seperti kemasan makanan, peralatan memasak, nampan, mainan, barang elektronik rumah tangga, komponen mobil (Huang, Y., & Xu, E. G., 2022). Selain itu Huang, Y., & Xu, E. G., (2022) dalam penelitiannya juga menyatakan bahwa kondisi lingkungan seperti suhu tinggi, radiasi UV, dan aktivitas biologis dapat mempercepat penguraian mikroplastik hitam, yang menyebabkan jumlah *Fragment* yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya.

Putro, D., H. W. (2021) menyatakan bahwa sumber warna hitam pada mikroplastik berasal dari berbagai sumber, seperti ban kendaraan atau bahan plastik hitam. Kontaminasi logam berat juga dapat mempengaruhi warna mikroplastik, di mana penggunaan logam berat dalam pembuatan plastik dapat mempengaruhi warna mikroplastik saat terdegradasi (Massos, 2017). Mikroplastik hitam memiliki kemampuan penyerapan polutan yang tinggi, yang mempengaruhi tekstur permukaannya (Putro, D.H.W., 2021).

Selain warna hitam, mikroplastik berwarna transparant juga menjadi warna yang dominan pada bentuk *Fiber, Film* dan *Microbeads*. Hal ini dapat disebabkan oleh bebrapa faktor, yaitu bahan plastic seperti polyethylene (PE) dan polypropylene (PP) biasanya diproduksi dalam bentuk yang transparan atau putih. Proses pembuatan ini melibatkan pencampuran bahan baku dan penggunaan teknologi yang memungkinkan pembentukan polimer dengan struktur yang memungkinkan transparans. Selain itu mikroplastik dengan warna transparant dapat menjelaskan mengenai jangka waktu yang diperlukan pada proses fotodegredasi mikroplastik oleh sinar UV maupun jenis dari plastik asal (Murtadho, M. F., dkk. 2022; Putro, D.H.W., 2021). Persebaran warna pada setiap titik sampling dapat dilihat pada gambar dobawah ini.



Gambar 4. 16 Persebaran Warna (Nacl) pada Setiap Titik Sampling.



Gambar 4. 17 Persebaran Warna ($Zncl_2$) pada Setiap Titik Sampling

4.4.Mikroplastik Berdasarkan Gugus Fungsi

Pada penelitian ini analisis jenis polimer mikroplastik dilakukan menggunakan instrumen *Spektrofotometri Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (Spektrofotometri FT-IR). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui jenis polimer plastik yang terkandung pada mikroplastik. Dengan mengetahui jenis polimer mikroplastik, maka kita dapat mengetahui sumber pencemar dari mikroplastik yang telah di identifikasi.

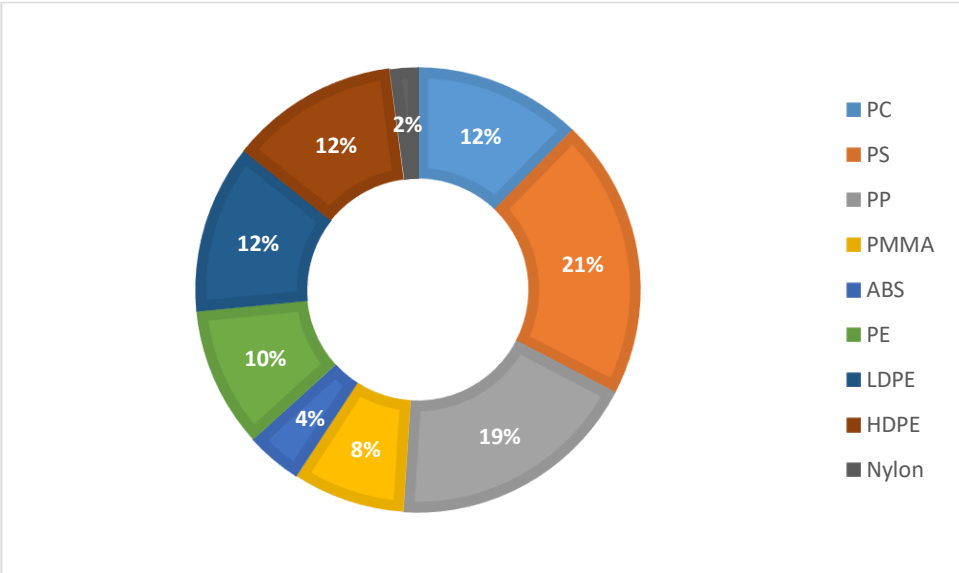
Analisis menggunakan Spektrofotometri FT-IR disajikan dalam bentuk tabel rekapitulasi nilai *peak* gugus fungsi yang mendekati dengan gugus fungsi polimer senyawa kimia mikroplastik . Hasil analisis senyawa kimia berdasarkan nilai *peak* menggunakan FTIR dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini.

Tabel 4. 6 Hasil Analisis Spektrofotometri FT-IR pada Fraksinasi Mikroplastik Menggunakan NaCl

Polimer mikroplastik dengan Fraksinasi Menggunakan NaCl			
Titik Sampling	Nilai Peak	Nilai Peak Acuan	Dugaan Jenis Polimer pada peak
1,2,4	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
3	995,27	999	Polypropylene (PP)
		997	
		996	
		972	
		985	(Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	717,52	717	Low density polyethylene (LDPE), High density polyethylene (HDPE)
		710	PE
	740,67	730	Low density polyethylene (LDPE), High density polyethylene (HDPE)
	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	698	694	Polystyrene (PS)
		698	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)

Polimer mikroplastik dengan Fraksinasi Menggunakan NaCl			
Titik Sampling	Nilai Peak	Nilai Peak Acuan	Dugaan Jenis Polimer pada peak
		717	Low density polyethylene (LDPE), High density polyethylene (HDPE), Polyethylene (PE)
	713,66	710	Polyethylene (PE)
	729,09	730	Low density polyethylene (LDPE) High density polyethylene (HDPE)
5	991,41	999	Polypropylene (PP)
		997	
		996	
		972	
		985	(Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	698,23	698	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), Polystyrene (PS)
		694	Polystyrene (PS)
	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
6	995,27	999	Polypropylene (PP)
		997	
		996	
		972	
		985	(Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	790,81	808	Polypropylene (PP)
7	999,13	999	Polypropylene (PP)
		997	
		996	
		972	
		985	(Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	783,1	808	Polypropylene (PP)
	744,52	730	Low density polyethylene (LDPE), High density polyethylene (HDPE)
	709,8	710	Polyethylene (PE)
		717	Low density polyethylene (LDPE), High density polyethylene (HDPE), Polyethylene (PE)

Polimer mikroplastik dengan Fraksinasi Menggunakan NaCl			
Titik Sampling	Nilai Peak	Nilai Peak Acuan	Dugaan Jenis Polimer pada peak
	690,52	687	Nylon
8	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	999,13	999	Polypropylene (PP)
		997	
		996	
		972	
		985	(Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	800	808	Polypropylene (PP)
9	1006,8	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	786,98	808	Polypropylene (PP)

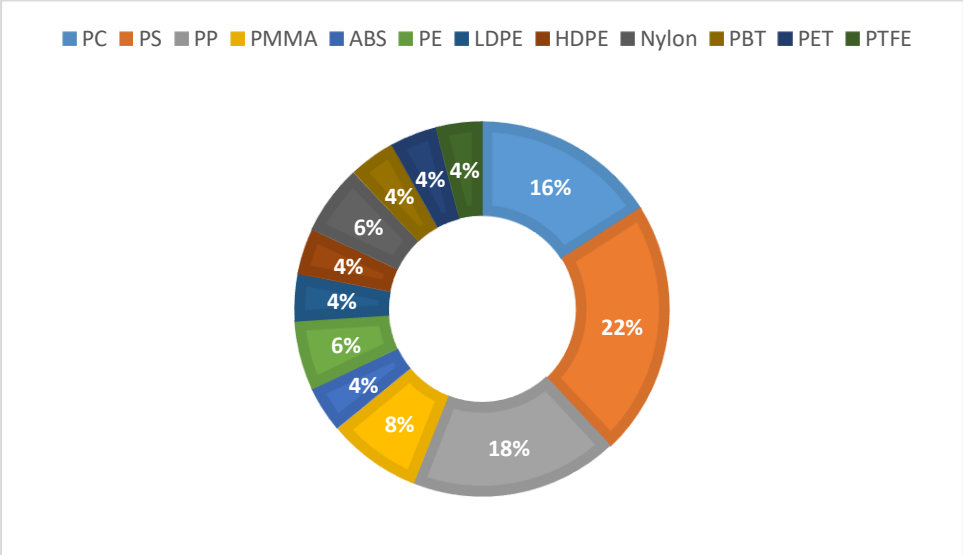


Gambar 4. 18 Persentase jumlah polimer dengan fraksinasi mikroplastik menggunakan $ZnCl_2$

Tabel 4. 7 Hasil Analiss Spektrofotometri FT-IR pada Fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$

Fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$			
Titik Sampling	Nilai Peak	Nilai Peak Acuan	Dugaan Jenis Polimer
1	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	786,98	808	Polypropylene (PP)
		717	Low density polyethylene (LDPE), High density polyethylene (HDPE), Polyethylene (PE)
	713,66	710	Polyethylene (PE)
2	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	800	808	Polypropylene (PP)
	532,35	554	Polytetrafluorethylene (PTFE)
		509	
3	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
4	999,13	999	Polypropylene (PP)
		997	
		996	
		972	
		985	(Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	779,24	808	Polypropylene (PP)
	717,52	717	Low density polyethylene (LDPE), High density polyethylene (HDPE), Polyethylene (PE)
5	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	999,13	999	Polypropylene (PP)
		997	
		996	
		972	
		985	(Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	783,1	808	Polypropylene (PP)
	750	750	
	721,38	728	polybutylene terephthalate (PBT)

Fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$			
Titik Sampling	Nilai Peak	Nilai Peak Acuan	Dugaan Jenis Polimer
		720	Polyethylene terephthalate (PET)
6	995,27	999	Polypropylene (PP)
		997	
		996	
		972	
		985	(Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	783,1	808	Polypropylene (PP)
	721,38	728	polybutylene terephthalate (PBT)
		720	Polyethylene terephthalate (PET)
	698,23	698	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), Polystyrene (PS)
		694	Polystyrene (PS)
	671,23	687	Nylon
7	1002,98	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	779,24	808	Polypropylene (PP)
	671,23	687	Nylon
	555	554	Polytetrafluorethylene (PTFE)
		509	
8	1010,7	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	786	808	Polypropylene (PP)
	671,23	687	Nylon
9	1002,9	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)



Gambar 4. 19 Persentase jumlah polimer dengan fraksinasi mikroplastik menggunakan $ZnCl_2$

Setelah dilakukan analisis hasil pembacaan FTIR berdasarkan nilai *peak* yang terdeteksi oleh instrumen FTIR pada masing-masing sampel, ditemukan dugaan jenis polimer pada sampel tersebut. Jenis polimer yang paling banyak terdeteksi dari fraksinasi mikroplastik menggunakan NaCl adalah. *Polystyrene* (PS) dengan presentase 21%. Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang di lakukan oleh Schwarz, A. E., dkk. (2019) yang menyebutkan bahwa polimer PS berkontribusi paling tinggi di air tawar, dan juga PS lebih terwakili dalam sistem air tawar daripada di lautan. Sedangkan dugaan polimer terbanyak dengan fraksinasi mikroplastik menggunakan $ZnCl_2$ adalah *Polystyrene* (PS) dengan presentase 22%. *Polystyrene* (PS) menjadi polimer yang paling dominan diantara seluruh sampel. Hal ini disebabkan oleh tingkat densitas PS yang rendah sehingga mikroplastik dengan jenis polimer dan PS akan mengapung dalam waktu tertentu. Sementara itu polimer dengan kepadatan tinggi akan cenderung tenggelam ke sedimen karena densitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan air (1 g/cm^3) (Dhaka, V.,dkk. 2022; Schwarz, A. E., dkk. 2019).

Pada hasil pembacaan FTIR perbedaan antara fraksinasi dengan NaCl dan $ZnCl_2$ yaitu terletak pada jenis polimer berdasarkan densitasnya, hasil fraksinasi dengan $ZnCl_2$ dapat mendeteksi polimer dengan densitas diatas 1.2 g/cm^3 yaitu

dibuktikan dengan ditemukannya polimer polybutylene terephthalate (PBT) (1.40 g/cm^3) dan Polyethylene terephthalate (PET) (1.38- 1.41 g/cm^3). Peneliti Schwarz, A. E., dkk. (2019) menyampaikan bahwa terdeteksinya polimer dengan densitas tinggi pada air dapat dipengaruhi oleh arus air yang mengakibatkan meningkatnya turbulensi dan polimer dengan densitas tinggi akan tetap mengapung. Berikut sumber pencemar plastik dari masing masing polimer yang terdeteksi.

Tabel 4. 8 Sumber Polimer Mikroplastik

Jenis Polimer	Sumber Plastik	Referensi
Polycarbonate (PC)	Galon air, gelas balita, botol minuman, dan beberapa botol bayi.	Astuti, A. D., dkk. 2020.
Polystyrene (PS)	Pengemasan makanan, insulasi bangunan, peralatan listrik dan elektronik, dan bingkai kacamata.	Tursi, A.,dkk , 2022.
Polypropylene (PP)	Kemasan dan plastik rumah tangga, Pengemasan dan pembungkus makanan, penutup, wadah microwave, pipa, dan suku cadang otomotif (ban dan cat).	Schwarz, A. E., dkk 2019.
(Poly(methyl methacrylate) (PMMA)	Resin berbahan dasar akrilik (cat marka jalan, cat untuk tiang jembatan, cat rumah, palang tanda rambu-rambu lalu lintas).	Seftianingrum, B., dkk. 2023.
Low density polyethylene (LDPE),	Mulsa plastik, fplastik Film, tas daur ulang dan wadah daur ulang.	Tursi, A.,dkk , 2022.
High density polyethylene (HDPE),	Botol susu, mainan, botol sampo, dan peralatan rumah tangga.	Tursi, A.,dkk , 2022.

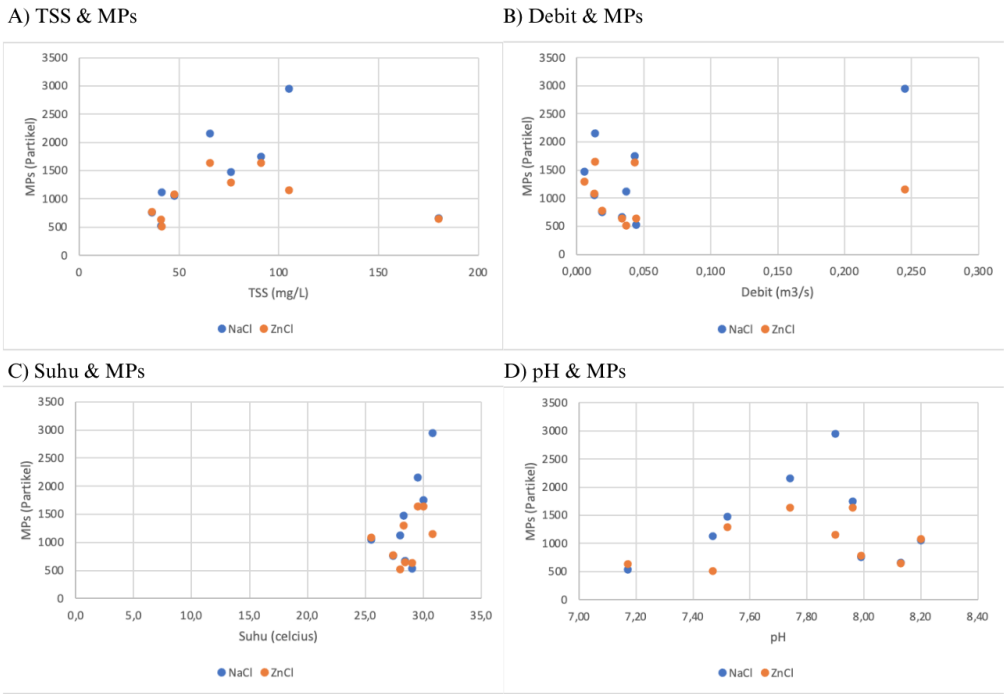
Jenis Polimer	Sumber Plastik	Referensi
Polyethylene (PE)	Tali pancing dan jaring.	Schwarz, A. E., dkk 2019
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	Wadah makanan atau minuman, mainan anak, serta pipa.	Astuti, A. D., dkk. 2020.
Nylon	Serat tekstil sintetis, tali pancing dan jaring.	Hongthong, S., dkk 2021.
Polytetrafluorethylene (PTFE)	Bahan pelapis anti lengket pada teflon	Husnalia, N., Nugroho, S., & Adnan, F., 2023.
polybutylene terephthalate (PBT)	Plastik teknik (komponen sistem elektrik, insulasi, konektor, soket elektrik)	Panjaitan, R. R., 2013.
Polyethylene terephthalate (PET)	Kemasan makanan atau minuman (botol untuk air, minuman ringan, jus, pembersih), zat aditif pada campuran aspal, dan sering digunakan pada industri tekstil	Dhaka, V.,dkk 2022;Tursi, A.,dkk , 2022.

4.5.Analisis Korelasi Parameter Fisik dan Debit

Pada penelitian ini korelasi yang digunakan adalah korelasi Spearman dan Pearson, analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara parameter fisik seperti TSS, pH dan suhu, serta debit terhadap julmah mikroplastik. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4. 9 Korelasi Jumlah Mikroplastik dengan Parameter Kualitas Air dan Debit

Parameter	NaCl			$ZnCl_2$		
	Nilai korelasi	Nilai Signifikan (sig. jika >0,05)	Keterangan	Nilai korelasi	Nilai Signifikan (sig. jika >0,05)	Keterangan
Debit	0,05 (Spearman)	0,898	Tidak berkolerasi , Tidak Signifikan	(-) 0,3 (Spearman)	0,433	Berkorelasi kuat , Tidak Signifikan
TSS	0,433 (Spearman)	0,244	Berlorelasi kuat , Tidak Signifikan	0,4 (Spearman)	0,286	Berlorelasi kuat , Tidak Signifikan
Suhu	0,648 (Pearson)	0,059	Berlorelasi kuat , Tidak Signifikan	0,37 (Pearson)	0,327	Berlorelasi lemah , Tidak Signifikan
pH	0,129 (Pearson)	0,74	Berlorelasi sangat lemah , Tidak Signifikan	0,229 (Pearson)	0,553	Berlorelasi lemah, Tidak Signifikan



Gambar 4. 20 Grafik Persebaran Mikroplastik Terhadap Parameter Kualitas Air dan Debit

Berdasarkan Tabel 4.9 diatas, terlihat bahwa seluruh parameter tidak signifikan dengan jumlah mikroplastik. Adapun salah satu faktor yang dapat mempengaruhi korelasi tersebut yaitu ukuran mikroplastik. Pada parameter TSS partikel mikroplastik yang lebih besar cenderung dapat tersuspensi di air. Sehingga lebih mudah di deteksi dalam TSS. Sementara itu mikroplastik yang memiliki ukuran kecil cenderung lebih sulit untuk di deteksi pada pengukuran TSS karena mikroplastik dapat tersuspensi lebih lama atau lolos pada metode pengukuran yang tidak cukup sensitif dalam mendeteksi ukuran mikroplastik yang sangat kecil. Hal ini dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Dhea, L. A.,dkk. (2023) yang menyatakan bahwa kelimpahan mikroplastik dengan ukuran 50-335 μm dan 100 - 4749μm memiliki korelasi yang kuat dengan TSS, sedangkan pada ukuran mikroplastik <50 tidak memiliki korelasi yang kuat.

Suhu yang tinggi dapat mempercepat proses degradasi plastik besar yang dapat meningkatkan Fragmentasi plastik menjadi ukuran yang lebih kecil. Berdasarkan penelitian Dhea, L. A.,dkk. (2023) ditemukan mikroplastik dengan ukuran <50 μm mendominasi sekitar 84,39% dari total kelimpahan mikroplastik pada lingkungan yang memiliki suhu lebih tinggi, sehingga hal ini membuktikan bahwa suhu yang lebih hangat dapat menyebabkan penguraian plastik menjadi ukuran yang lebih kecil. Pada penelitian ini mikroplastik yang lebih besar memungkinkan tidak menunjukkan perubahan distribusi yang signifikan berdasarkan suhu, sedangkan mikroplastik yang lebih kecil memiliki perubahan distribusi yang signifikan berdasarkan suhu. Selain itu suhu yang hangat dapat membantu proses terbentuknya bioFilm yang berkontribusi terhadap degradasi mikroplastik (Dhea, L. A.,dkk. 2023).

Pada penelitian ini pH tidak memiliki kolerasi yang signifikan terhadap mikroplastik. Penelitian yang dilakukan oleh Ardiansyah, R. (2021) juga tidak menemukan korelasi antara pH dan mikroplastik. Namun pada penelitian yang dilakukan oleh (Dhea, L. A.,dkk. 2023) ditemukan korelasi yang kuat antara suhu dan mikroplastik yang berukuran <50 μm. Adanya variasi korelasi anatara pH dan mikroplastik yang berbeda-beda berdasarkan beberapa penelitian menandakan

bahwa pH tidak cukup berpengaruh terhadap kelimpahan mikroplastik secara umum.

Kontribusi debit pada drainase terhadap mikroplastik yaitu dapat menjadi transportasi mikroplastik menuju sungai terutama pada musim hujan. Namun tidak terdapat korelasi yang signifikan pada penelitian ini. Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mustaqin, R. (2022) yang menyatakan bahwa kelimpahan mikroplasik di sungai krueng aceh juga tidak memiliki korelasi yang signifikan terhadap debit. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun debit air dapat berfungsi sebagai media transportasi mikroplastik, namun pengaruhnya tidak cukup signifikan untuk menunjukkan adanya hubungan yang kuat terhadap kelimpahan. Salah satu faktor penyebab tidak adanya korelasi antara debit dan kelimpahan mikroplastik yaitu disebabkan oleh waktu pengambilan sampel yang dilaksanakan pada musim kemarau sehingga tidak ada saluran yang meluap akibat hujan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhou, Y., dkk. (2023) menyatakan bahwa debit saluran pembuangan yang meluap dapat memperburuk kelimpahan mikroplastik hingga 83,1 ± 40,2 item/L. Serta pada penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa limpasan jalan dan gerusan sedimen saluran pembuangan diidentifikasi sebagai sumber polusi utama yang berkontribusi terhadap peningkatan kadar mikroplastik di badan air perkotaan.

4.6.Rekomendasi Mitigasi Mikroplastik

Berdasarkan paparan diatas, keberadaan mikroplastik di sungai Code secara terus menerus tentunya dapat memberikan dampak yang negatif terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan ekosistem akuatik. Oleh karena itu diperlukan mitigasi mikroplastik. Berikut sumber dan langkah langkah mitigasi potensial yang dapat dijadikan sebagai mitigasi mikroplastik di Sungai Code.

Tabel 4. 10 Mitigasi Mikroplastik Berdasarkan Sumber

Kategori	Sumber	Mitigasi Potensial
Produksi	Mikroplastik pada bahan tambahan	Menghapus dari produk
	Kebocoran Pellet	mengganti dengan bahan alternatif
		Mengatur atau membuat kebijakan terhadap pengelolaan Pellet (Operation Clean Sweep)
Komersial	Teknologi abrasif industri	Meningkatkan upaya pengendalian dan pemantauan serta mencari alternatif lain
	Laundromat exhaus (gas atau udara pada proses laundry)	Meningkatkan filtrasi
	Pertanian (degradasi Film, pot, dan pipa)	Meningkatkan pengelolaan plastik (pengurangan dan daur ulang), menggunakan plastik yang biodegradable
Konsumen/masyarakat	Debu ban	Kemajuan teknologi, penggunaan bahan pada permukaan jalan yang tahan abrasi
	Membuang sampah plastik kecil sembarangan (filter rokok, sobekan kemasan, bungkus Film kecil, dll.)	Penegakan denda untuk membuang sampah sembarangan, Pendidikan konsumen, Extended Producer Responsibility (EPR) tentang desain

Kategori	Sumber	Mitigasi Potensial
	Laundry domestik, *effluent* air limbah	Cuci dengan mesin top-load (penggunaan filter tambahan), penampung air limbah dengan filter khusus mikroplastik, tekstil tenun filter tunggal, pelapis tekstil yang ramah lingkungan
Pengelolaan sampah	Fragmentasi oleh kendaraan yang melaju di atas sampah yang tidak terangkut	Meningkatkan pengelolaan sampah
	Sampah plastik terestrial yang terdegradasi secara UV dan kimiawi	Meningkatkan pengelolaan sampah
	Limbah cair (serat sintetis)	Filtrasi laundry, inovasi industri tekstil
	Gabungan luapan limbah (benda-benda besar)	Meningkatkan infrastruktur
	Pencacahan sampah di pinggir jalan secara mekanis selama pemotongan vegetasi secara teratur (kebanyakan rumput)	Legislasi dan penegakan hukum yang lebih baik; valorisasi produk limbah

Sumber : Park, H., & Park, B. (2021).

Berdasarkan Tabel 4.10 rekomendasi mitigasi mikroplastik diatas dapat diterapkan untuk mitigasi di *Point Sources* Sungai Code, dengan menerapkan beberapa mitigasi tersebut tentunya dapat mengurangi jumlah mikroplastik yang masuk ke Sungai Code. Selain itu hal terpenting dalam implementrasi mitigasi mikroplastik adalah dengan mendorong kerjasama antara pemerintah, industri, dan lembaga penelitian untuk mengembangkan solusi inovatif dalam pengelolaan mikroplastik. Serta kesadaran masyarakat juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan pengelolaan mikroplastik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari hasil hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Kelimpahan paling tinggi antara 9 titik sampling pada masing masing fraksinasi yaitu pada titik 8 sebesar 29,45 partikel/ml (fraksinasi menggunakan NaCl) dan titik 9 sebesar 16,242 partikel/ml (fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$). Sedangkan kelimpahan mikroplastik terendah terdapat pada titik 2 dengan kelimpahan sebesar 5,29 partikel/ml (fraksinasi menggunakan NaCl) dan titik 4 sebesar 5,13 partikel/ml (Fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$).
2. Pada analisis morfologi mikroplastik berdasarkan bentuk ditemukan sebanyak 6 bentuk, antara lain *Fragment* dengan ukuran $\leq 16098{,}05$, *Fiber* dengan ukuran $\leq 321{,}25$, *Film* dengan ukuran $\leq 12875{,}73$, *Foam* dengan ukuran $\leq 6489{,}99$, *Pellet* dengan ukuran $\leq 37{,}83$, *dan microbeads* dengan ukuran $\leq 24{,}36$. Sedangkan analisis morfologi berdasarkan warna ditemukan sebanyak sepuluh warna, yaitu hitam, kuning, merah, transparan, ungu, pink, coklat ,biru ,hijau dan oren. Warna yang paling mendominasi pada hampir setiap titik dengan fraksinasi menggunakan NaCl dan $ZnCl_2$ adalah warna hitam dengan bentuk Fragment.
3. Pada analisis polimer ditemukan jenis polimer paling banyak bedasarkan perhitungan menggunakan nilai *peak* yaitu *Polystyrene* (PS) dengan fraksinasi menggunakan NaCl dan ZnCl2. Namun fraksinasi menggunakan $ZnCl_2$ dapat mendeteksi polimer dengan densitas tinggi yaitu ditemukannya polimer

polybutylene terephthalate (PBT) (1.40 g/cm^3) dan Polyethylene terephthalate (PET) (1.38- 1.41 g/cm^3).

4. Berdasarkan hasil uji korelasi dari ketiga parameter fisik yang diuji dan debit, tidak ditemukan adanya korelasi dengan signifikansi < 0,05 pada keempat variabel, dan jumlah mikroplastik. Sehingga dapat dikatakan bahwa antara mikroplastik dan parameter fisik, serta mikroplastik dan debit tidak terdapat hubungan yang signifikan.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yaitu diperlukan pengkajian lebih lanjut terkait media yang digunakan pada pengujian jenis polimer mikroplastik atau metode analisis yang digunakan, sehingga hasil FT-IR lebih akurat. Selain itu efektifitas penggunaan $ZnCl_2$ dengan kadar konsentrasi 10% kurang efektif dalam menganalisis mirkoplastik, maka dari itu dibutuhkan kadar yang lebih tinggi lagi dalam menganalisis mikroplastik menggunakan larutan $ZnCl_2$.

DAFTAR PUSTAKA

Abalansa, S., El Mahrad, B., Vondolia, G. K., Icely, J., & Newton, A. (2020). The marine plastic litter issue: a social-economic analysis. *Sustainability*, *12*(20), 8677.

Adnan, M. F. (2013). The Effect of Temperature on Polymethyl Methacrylate Acrylic (PMMA) (Doctoral dissertation, UMP).

Aulia, A., Azizah, R., Sulistyorini, L., & Rizaldi, M. A. (2023). Literature Review: Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan Pesisir, Biota Laut dan Potensi Risiko Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, *22*(3), 328-341.

Ardiansyah, R. (2021). Pemodelan Daerah Kekeruhan dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Melayang Di Sungai Krueng Aceh Tugas.

Azzuhra, H. I. (2022). Pemodelan Kualitas Air Permukaan Sungai Pada Parameter Tss Dan Cod Menggunakan Software Qual2kw (Studi Kasus: Sungai Winongo Yogyakarta).

Amelinda, C. (2020). *Keberadaan partikel mikroplastik pada ikan bandeng (Chanos chanos) di tambak desa bonto manai kabupaten pangkep* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

Amelia, T. S. M., Khalik, W. M. A. W. M., Ong, M. C., Shao, Y. T., Pan, H. J., & Bhubalan, K. (2021). Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Progress in Earth and Planetary Science*, *8*(1), 1-26.

Amin, B., Galib, M., & Setiawan, F. (2020). Preliminary investigation on the type and ditribution of microplastics in the West Coast of Karimun Besar Island. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 430, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.

Astuti, A. D., Wahyudi, J., Ernawati, A., & Aini, S. Q. (2020). Kajian pendirian usaha biji plastik di kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, *16*(2), 95-112.

Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of marine Research*, 9(3), 326-332.

Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). Marine anthropogenic litter (p. 447). Springer Nature.

Boucher, J., & Friot, D. (2017). *Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources* (Vol. 10). Gland, Switzerland: Iucn.

Badea, M. A., Balas, M., & Dinischiotu, A. (2023). Microplastics in Freshwaters: Implications for Aquatic Autotrophic Organisms and Fauna Health. *Microplastics*, *2*(1), 39-59.

Biantoro, B. (2023). *Studi Pemetaan Beban Pencemar Air Sungai Code* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).

Boettcher, H., Kukulka, T., & Cohen, J. H. (2023). Methods for controlled preparation and dosing of microplastic Fragments in bioassays. Scientific Reports, 13(1), 5195.

Bujaczek, T., Kolter, S., Locky, D., & Ross, M. S. (2021). Characterization of microplastics and anthropogenic Fibers in surface waters of the North Saskatchewan River, Alberta, Canada. Facets, 6(1), 26-43.

Buwono, N. R., Risjani, Y., & Soegianto, A. (2021). Distribution of microplastic in relation to water quality parameters in the Brantas River, East Java, Indonesia. *Environmental Technology & Innovation*, *24*, 101915.

Chen, B. (2022). Current status and trends of research on microplastic fugacity characteristics and pollution levels in mangrove wetlands. Frontiers in Environmental Science, 10, 1021274.

David, A. (2016). Marine Microplastic and Nanoplastic Litter in Nova Scotia: Confronting the Rising Tides of Plastics in our Marine Waters, Coastlines and Organisms.[graduate project].

Diez-Pérez, D. B., Arenas, I., Maidana, E., López-Rosales, A., Andrade, J. M., & Muniategui-Lorenzo, S. (2023). Microplastics in surface water of the Bay of Asunción, Paraguay. *Marine Pollution Bulletin*, *192*, 115075.

Dhea, L. A., Kurniawan, A., Ulfa, S. M., & Karimah, K. (2023). Correlation of Microplastic Size Distribution and Water Quality Parameters in the Upstream Brantas River. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(2), 520-526.

Dhaka, V., Singh, S., Anil, A. G., Sunil Kumar Naik, T. S., Garg, S., Samuel, J., & Singh, J. (2022). Occurrence, toxicity and remediation of polyethylene terephthalate plastics. A review. Environmental Chemistry Letters, 1-24.

Elsa. S.P., (2019) Jenis Dan Kepadatan Mikroplastik Di Kawasan Pantai Desa Manggung Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Online Mahasiswa*: Universitas Riau.

Fitriandoni, A., & Dewata, I. (2023). Identifikasi Mikroplastik Polyethylene (PE) Menggunakan Digesting Wet Peroxide Oxidation (WPO). Asian Journal of Science, Technology, Engineering, and Art, 1(2), 266-280.

Ghosh, S., Sinha, J. K., Ghosh, S., Vashisth, K., Han, S., & Bhaskar, R. (2023). Microplastics as an emerging threat to the global environment and human health. *Sustainability*, *15*(14), 10821.

Gangal, S. V. (2000). Fluorine-Containing Polymers, Perfluorinated Ethylene-Propylene Copolymers. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*.

Hongthong, S., Leese, H. S., Allen, M. J., & Chuck, C. J. (2021). Assessing the conversion of various nylon polymers in the hydrothermal liquefaction of macroalgae. *Environments*, 8(4), 34.

Husnalia, N., Nugroho, S., & Adnan, F. (2023). Analisis Keterkaitan Kelimpahan Mikroplastik Dengan Sampah Plastik Pada Sungai Mahakam Di Desa Sebulu Modern Kecamatan Sebulu. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, *7*(2), 1-10.

Huang, Y., & Xu, E. G. (2022). Black microplastic in plastic pollution: undetected and underestimated. Water emerging contaminants & nanoplastics.

Isa, A. M., Hassan, H. M., Mahmud, W. A. W., & Pitchan, M. A. B. (2022) Measurement And Prediction On Malaysian Audiences'perceptions Of Netflix Content Censorship Using Regression Analysis. *Mercu Buana International Conference On Communication Science*

Karlsson, T. M., Arneborg, L., Broström, G., Almroth, B. C., Gipperth, L., Hassellöv, M. (2018) The unaccountability case of plastic Pellet pollution. *Marine Pollution Bulletin,*129(1), 52-60.

Kai-kai, C., Chang-fa, X., Shu-lin, A., Xing-sheng, Y., & Qing-lin, H. (2018). Fabrication and properties of FEP Fibers by melt spinning method. Ferroelectrics, 530(1), 136-146.

Kumar , S.A., & Varghese, G. K. (2020). Environmental forensic analysis of the microplastic pollution at "Nattika" Beach, Kerala Coast, India. *Environmental forensics*, *21*(1), 21-36.

Kye, H., Kim, J., Ju, S., Lee, J., Lim, C., & Yoon, Y. (2023). Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards. *Heliyon*, *9*(3)

Khaikal, M. F. (2023). *Identifikasi Kandungan Mikroplastik di Air dan Sedimen di Daerah Aliran Sungai Silandak dan Daerah Aliran Sungai Bringin Kota Semarang Jawa Tengah* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).

Leclezio, L., Jansen, A., Whittemore, V. H., & de Vries, P. J. (2015). Pilot validation of the tuberous sclerosis-associated neuropsychiatric disorders (TAND) checklist. *Pediatric Neurology*, *52*(1), 16-24.

Kudzin, M. H., Piwowarska, D., Festinger, N., & Chruściel, J. J. (2023). Risks associated with the presence of polyvinyl chloride in the environment and methods for its disposal and utilization. Materials, 17(1), 173

Mattsson, K., Ekstrand, E., Granberg, M., Hassellöv, M., & Magnusson, K. (2022). Comparison of pre-treatment methods and heavy density liquids to optimize microplastic extraction from natural marine sediments. *Scientific Reports*, *12*(1), 15459.

Marlina, N., Brontowiyono, W., & Chasna, R. (2020). Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Sungai dengan Metode Qual2Kw (Studi Kasus: Sungai Code, Yogyakarta). *Jurnal Serambi Engineering*, *5*(4).

Miloloža, M., Kučić Grgić, D., Bolanča, T., Ukić, Š., Cvetnić, M., Ocelić Bulatović, V., & Kušić, H. (2020). Ecotoxicological assessment of microplastics in freshwater sources—A review. *Water*, 13(1), 56.

Massos, A., Turner, A., (2017). Cadmium, Lead And Bromine In Beached Microplastics. *Environ. Pollut.* 227, 139–145.

Mustaqin, R. (2022). Monitoring Kelimpahan Mikroplastik di Sungai Krueng Aceh serta Hubungannya dengan Kekeruhan, Debit Air Sungai dan Curah Hujan (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).

Murtadho, M. F., Aliyansyah, G., Wienardy, A. E., & Ramadhani, R. A. (2022). Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Kali Mas, Kota Surabaya. *Environmental Pollution Journal*, *2*(2).

Nayal, R., & Suthar, S. (2022). First report on microplastics in tributaries of the upper Ganga River along Dehradun, India: Quantitative estimation and characterizations. *Journal of Hazardous Materials Advances*, *8*, 100190.

Nainggolan, D. H., Indarjo, A., & Suryono, C. A. (2022). Mikroplastik yang Ditemukan di Perairan Karangjahe, Rembang, Jawa Tengah. Journal of Marine Research, 11(3), 374-382.

Nathania, I. R. (2022). *Optimasi Identifikasi Mikroplastik Menggunakan Micro-Ftir (Fourier Transform Infrared) Imaging Dengan Metode Mapping* (Doctoral Dissertation, Universitas Katholik Soegijapranata Semarang).

Nurazizah, N. (2022). *Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada PDAM Gowa Instalasi Kota Kecamatan Borongloe Microplastics Presence Identification At The Processing Unit Of PDAM Gowa Instalasi Kota Kecamatan Borongloe* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

Park, H., & Park, B. (2021). Review of microplastic distribution, toxicity, analysis methods, and removal technologies. *Water*, 13(19), 2736.

Pratama, A. A. M. S. (2021). Identifikasi Mikroplastik Sampel Air Anak Sungai Brantas Hilir. *Environmental Pollution Journal*, *1*(2).

Purnomo, Y. G. S. R. (2022). *Kajian Pencemaran Mikroplastik Dalam Kerang Hijau (Perna Viridis) Hasil Budidaya Review On Microplastic Pollution In Cultivated Green Mussels (Perna viridis)* (Doctoral dissertation, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang).

Pambudi, Aji. 2017. Jurnal Teknik ITS. *Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) Hasil Proses Alkalisasii sebagai Penguat Komposit Absorbsi Suara.* Vol. 6 (2).

Pitipaldi, K., Bakhtiar, A., & Suliantoro, H. (2018). Analisis Korelasi Spearman SNI ISO Standar Sistem Manajemen Kualitas Terhadap Hak Kekayaan Industrial di Indonesia. *Industrial Engineering Online Journal*, 7(1).

Pratiwi, A. (2020). *Karakterisasi Mikroplastik Dalam Ruang* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Prabhu, P. P., Pan, K., & Krishnan, J. N. (2022). Microplastics: Global occurrence, impact, characteristics and sorting. *Frontiers in Marine Science*, *9*, 893641.

Prasetyo, F. D., Triasti, R. D., & Ayuningtyas, E. (2021). Pemanfaatan limbah popok bayi (diapers) sebagai media tanam. Jurnal Rekayasa Lingkungan, 21(1).

Putro, D., H., W., (2021) Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Sedimen Di Sungai Winongo Yogyakarta.

Panjaitan, R. R., (2013). Pembuatan Polybutylenterephath Alat(Pbt) Sebagai Substitusi Impor Untuk Bahan Pembuatan Cap Lampu Hemat Energi (Lhe). *Jurnal Riset Industri* (Vol. 7)

Rahmidar, L., Nurilah, I., & Sudiarty, T. (2018). Karakterisasi Metil Selulosa Yang Disintesis Dari Kulit Jagung (Zea Mays). PENDIPA Journal of Science Education, 2(1), 117-122.

Safitri, W. R. (2016). Analisis Korelasi Pearson Dalam Menentukan Hubungan Antara Kejadian Demam Berdarah Dengue Dengan Kepadatan Penduduk Di Kota Surabaya Pada Tahun 2012 – 2014. *Jurnal STIKES Pemkab Jombang*.

Sandrila Putri Elsa, M. F. (2019). Jenis dan Kepadatan Mikroplastik dengan di Kawasan Pantai Desa Manggung Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat. 6.

Schwarz, A. E., Ligthart, T. N., Boukris, E., & Van Harmelen, T. (2019). Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: a review study. Marine pollution bulletin, 143, 92-100.

Stocco, A., La Carrubba, V., Piccarolo, S., & Brucato, V. (2009). The solidification behavior of a PBT/PET blend over a wide range of cooling rate. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 47(8), 799-810.

Strokal, M., Vriend, P., Bak, M. P., Kroeze, C., van Wijnen, J., & van Emmerik, T. (2023). River export of macro-and microplastics to seas by sources worldwide. Nature Communications, 14(1), 4842.

Syachbudi, R. R. (2020). Identifikasi Keberadaan dan Bentuk Mikroplastik pada Air dan Ikan di Sungai Code, DI Yogyakarta.

Sakinah, F., Indrasari, W., & Umiatin, U. (2022, January). Pengukuran Kualitas Air Tercemar Limbah Mikroplastik Berdasarkan Parameter Fisika. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 10)

Tsang, Y. Y., Mak, C. W., Liebich, C., Lam, S. W., Sze, E. T., & Chan, K. M. (2017). Microplastic pollution in the marine waters and sediments of Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, *115*(1-2), 20-28.

Tanaka, K., & Takada, H. (2016). Microplastic Fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. Scientific reports, 6(1), 1-8.

Tursi, A., Baratta, M., Easton, T., Chatzisymeon, E., Chidichimo, F., De Biase, M., & De Filpo, G. (2022). Microplastics in aquatic systems, a comprehensive review: origination, accumulation, impact, and removal technologies. RSC advances, 12(44), 28318-28340.

Wulandari, S. Y., Yulianto, B., Radjasa, O. K., Ismunarti, D. H., & Sedjati, S. (2022). Korelasi Konsentrasi Mikroplastik dengan Material Padatan Tersuspensi (MPT) di Perairan Delta Sungai Bodri, Kendal, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, *25*(3), 448-455.

Wahlström, M., Pohjalainen, E., Yli-Rantala, E., Behringer, D., Herzke, D., Mudge, S. M., & Gabrielsen, P. (2021). Fluorinated polymers in a low carbon, circular and toxic-free economy.

Xeia, F., Tan, Q., Qin, H., Wang, D., Cai, Y., & Zhang, J. (2023). Sequestration and export of microplastics in urban river sediments. *Environment International*, *181*, 108265.

Xiao, S., Cui, Y., Brahney, J., Mahowald, N. M., & Li, Q. (2023). Long-distance atmospheric transport of microplastic fibres influenced by their shapes. Nature Geoscience, 16(10), 863-870.

Yano, K. A., Geronimo, F. K., Reyes, N. J., & Kim, L. H. (2021). Characterization and comparison of microplastic occurrence in point and non-point pollution sources. *Science of the Total Environment*, *797*, 148939.

Yin, L., Jiang, C., Wen, X., Du, C., Zhong, W., Feng, Z., ... & Ma, Y. (2019). Microplastic pollution in surface water of urban lakes in Changsha, China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(9), 1650.

Yao, X., Wang, Z., Liu, W., Zhang, Y., Wang, T., & Li, Y. (2023). Pollution in river tributaries restricts the water quality of ecological water replenishment in the Baiyangdian watershed, China. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(18), 51556-51570.

Zhang, K., Hamidian, A. H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J. K., Wu, C., & Lam, P. K. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution*, *274*, 116554

Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C. B., Mititelu, M., Neacșu, S. M., Negrei, C., Moroșan, E., ... & Preda, O. T. (2023). Microplastics: a real global threat for environment and food safety: a state of the art review. *Nutrients*, *15*(3), 617.

Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., & Li, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: first observations on occurrence, distribution. *Marine pollution bulletin*, *86*(1-2), 562-568.

Zhu, L., Bai, H., Chen, B., Sun, X., Qu, K., & Xia, B. (2018). Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: Observations on occurrence, distribution and identification. *Science of the Total Environment*, *636*, 20-29.

Zhou, Y., Li, Y., Yan, Z., Wang, H., Chen, H., Zhao, S., ... & Acharya, K. (2023). Microplastics discharged from urban drainage system: Prominent contribution of sewer overflow pollution. *Water Research*, *236*, 119976.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Kebutuhan Larutan

Perhitungan pembuatan larutan Fe (II) 0,05 M dan Larutan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) 30%

1. Pembuatan Larutan Fe (II) 0,05 M

   Larutan yang dibutuhkan = 360 mL

   Berat Molar Fe = 278,06 gr/mol

   Kebutuhan Molar = 0,05 M

   Berat $Fe_2SO_4 . 7H_2O$ yang diperlukan untuk membuat Fe (II) 0,05

   $Fe_2SO_4 . 7H_2O$ (gram) = 0,05 M x 278,06 = 13,903 gram/L mol

   Fe (II) 0,05 360 mL = (360/1000) X 13,903 gram/L mol = 5,00508 gram.

2. Pembuatan Larutan H_2O_2 30%

   Pembuatan larutan untuk 18 sampel => 360 mL Larutan H_2O_2 30%

   Dilakukan pengenceran terhadap H_2O_2 50%

   Volume yang dibutuhkan = 360 mL

   M1= 50%

   M2 = 30%

   - Rumus pengenceran :

     V1 . M1 = V2 . M2

     V1 . 50 = 360 . 30

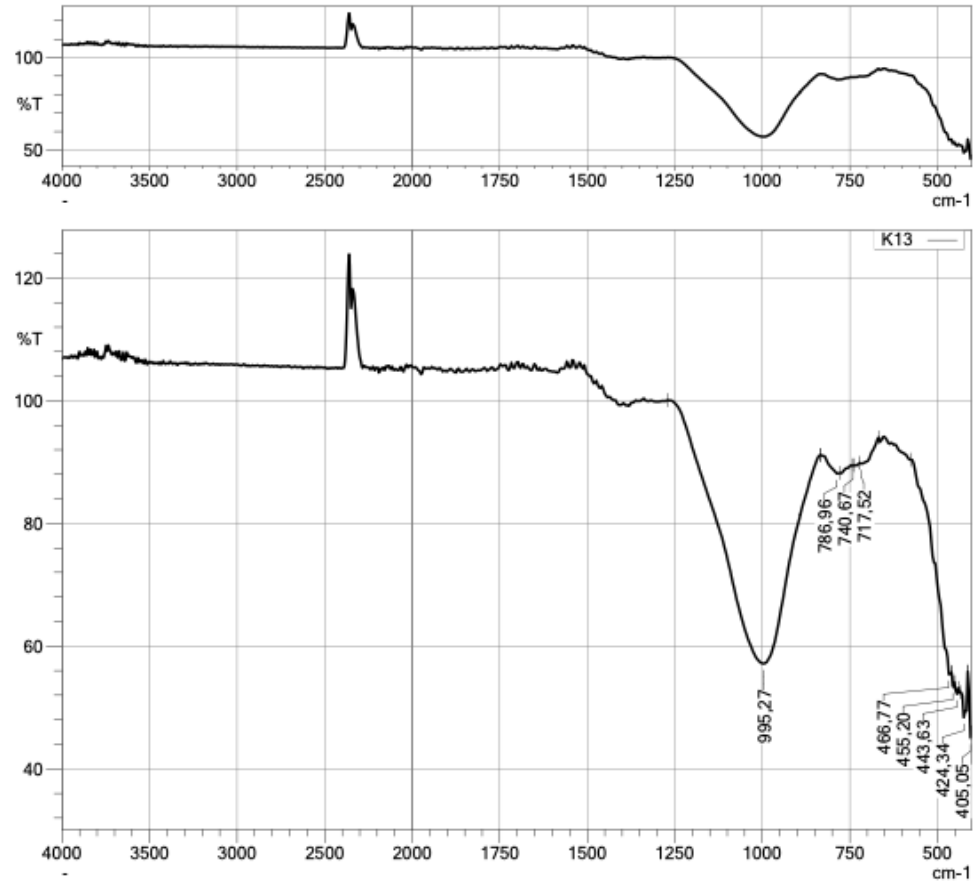
     VI = $\frac{360\ x\ 30}{50}$ = 216 mL (Larutan pekat)

     Aquades : V2 -V1 = 360 – 216 = 144 mL Aquades

   Maka dibutuhkan 216 mL H_2O_2 50% dan 144 mL Aquades untuk membuat 360 mL Larutan H_2O_2 30%.

Lampiran 2 Data Pengamatan Mikroplastik Berdasarkan Warna

NaCl							
No	Warna	Fragment	Pellets	Microbeads	Film	Fibers	Foam
1	Merah	145	2	8	47	4	54
2	Biru	43	0	1	66	32	13
3	Kuning	41	0	5	456	27	26
4	Putih	84	8	2003	1791	454	230
5	Hijau	15	1	0	9	2	2
6	Pink	3	0	0	4	26	2
7	Ungu	8	0	0	3	24	9
8	Hitam	2282	68	21	587	87	165
9	Oren	249	0	3	119	5	22
10	Cyn	6	0	0	20	2	0
11	Coklat	1597	2	24	1153	53	332
Jumlah		4473	81	2065	4255	716	855
Total		12445					

$ZnCl_2$							
No	Warna	Fragment	Pellets	Microbeads	Film	Fibers	Foam
1	Merah	86	1	0	34	5	44
2	Biru	27	0	1	60	28	10
3	Kuning	37	0	4	414	24	10
4	Putih	58	8	99	1526	245	179
5	Hijau	9	0	0	7	2	1
6	Pink	0	0	0	1	20	2
7	Ungu	10	0	0	3	26	9
8	Hitam	2326	81	15	608	109	168
9	Oren	184	0	2	145	2	24
10	Cyn	6	0	0	5	2	0
11	Coklat	1410	3	12	967	50	274
Jumlah		4153	93	133	3770	513	721
Total		9383					

Lampiran 3 Data Pengamatan Hasil Grafik Uji FTIR