

TA/TL/2025/1986



JURUSAN  
TEKNIK LINGKUNGAN

## **TUGAS AKHIR**

### **Identifikasi Kandungan Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Unit Padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta**

**Agakhan Syukron Firdausy**

**21513184**

**Dosen Pembimbing:**

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

**Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana**

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

**Universitas Islam Indonesia**

**2025**



DEPARTMENT  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

## **BACHELOR THESIS**

***Identification of Microplastic Content in the Water Treatment Plant  
of Padasan Unit, PDAM Tirtamarta, Yogyakarta City***

**Agakhan Syukron Firdausy**

**21513184**

**Supervisor:**

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

**Environmental Engineering Bachelor Program**

**Faculty of Civil Engineering and Planning**

**Universitas Islam Indonesia**

**2025**

**TUGAS AKHIR**  
**IDENTIFIKASI KANDUNGAN MIKROPLASTIK**  
**PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR UNIT**  
**PADASAN PDAM TIRTAMARTA KOTA**  
**YOGYAKARTA**

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



**AGAKHAN SYUKRON FIRDAUSY**  
**20513184**

Disetujui,

Dosen Pembimbing :

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

**NIK. 155130112**

**Tanggal: 22/5 2015**

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

**NIK. 045130401**

**Tanggal: 23/5 2015**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**IDENTIFIKASI KANDUNGAN MIKROPLASTIK  
PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR UNIT  
PADASAN PDAM TIRTAMARTA KOTA  
YOGYAKARTA**

**Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji**

**Hari : Jumat**

**Tanggal : 23 Mei 2025**

**Disusun Oleh:**

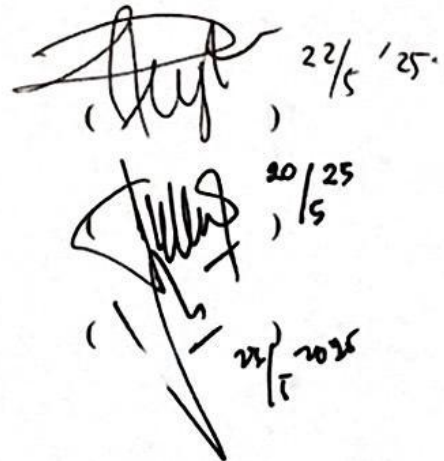
**AGAKHAN SYUKRON FIRDAUSY  
20513184**

**Tim Penguji :**

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

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

**Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T.**

  
(Signature) 22/5 '25  
(Signature) 20/5  
(Signature) 22/5 '25

## PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 27 Mei 2025

Yang membuat pernyataan,



**Agakhan Syukron Firdausy**

20513184

## PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas Rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul “Identifikasi Kandungan Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Unit Padasan Kota Yogyakarta” dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun dengan maksud dan tujuan agar pembaca dapat menerima wawasan pengetahuan mengenai Kandungan Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Unit Padasan Kota Yogyakarta. Selain itu, Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dari Program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan dan juga bantuan dari berbagai pihak. Sehingga, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Wahyudin Firdaus, S.T dan Ibu Ai Nurhasanah, S.Sos selaku orang tua serta Saudari Azzura Idzati Firdausy dan Syauqiah Azzalfa Firdausy selaku Adik kandung penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T selaku Dosen Penguji yang memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T selaku Dosen Penguji yang memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen, Pengajar dan Staf Program Studi Teknik Lingkungan yang selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang sangat bermanfaat

untuk penulis selama proses menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

6. Seluruh Laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan yang banyak membantu penelitian di laboratorium.
7. Raudhati Dani Rahma yang telah mengingatkan, memberi semangat, dan memberi dukungannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman terdekat penulis Al Hadid Jovan Yudhistira, Hafizh Tri Kusniardi, Bintang Ramadhan Prakasa, dan Salman Saputra telah membantu penulis selama masa perkuliahan dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
9. Teman-teman “Indonesia Merdeka” dan “Apalah ini” yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang telah memberikan bantuan selama masa perkuliahan.
11. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis selama menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian. Semoga laporan Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, 27 Mei 2025

*Agakhan Syukron Firdausy*

# **Identifikasi Kandungan Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Unit Padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta**

Mahasiswa : Agakhan Syukron Firdausy  
NIM : 20513184  
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana  
Pembimbing : Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Pencemaran mikroplastik dalam sumber air baku dapat berdampak pada lingkungan dan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelimpahan, jenis, warna, dan karakteristik polimer mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) unit Padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta. Sampel diambil dari tujuh titik, meliputi sumber air baku dan beberapa tahap pengolahan. Analisis dilakukan menggunakan metode *Wet Peroxide Oxidation* (WPO), mikroskop trinokuler, dan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR). Hasil penelitian menunjukkan mikroplastik ditemukan di semua titik dengan kelimpahan tertinggi di intake Sungai Kali Kuning (200 partikel/L) dan terendah di clearwell (40 partikel/L). Jenis dominan adalah fragmen dan fiber, dengan warna utama hitam dan transparan. Hasil FT-IR menunjukkan polimer yang paling banyak ditemukan adalah *Polypropylene* (PP), *Nylon (all polyamides)*, dan *Poly (methyl methacrylate)* (PMMA or acrylic). Proses pengolahan air mampu menurunkan jumlah mikroplastik, terutama melalui sedimentasi dan filtrasi pasir cepat (RSF). Namun, mikroplastik tetap terdeteksi dalam air olahan, sehingga diperlukan peningkatan sistem pengolahan dan pengelolaan limbah plastik di sekitar sumber air baku.

**Kata kunci:** Mikroplastik, Pengolahan Air, FT-IR, PDAM Tirtamarta, Sungai Kali Kuning

## ***Identification of Microplastic Content in the Water Treatment Plant of Padasan Unit, PDAM Tirtamarta, Yogyakarta City***

*Student* : Agakhan Syukron Firdausy  
*Student Number* : 20513184  
*Study Program* : Environmental Engineering – Bachelor Program  
*Supervisor* : Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

### ***ABSTRACT***

*Microplastic contamination in drinking water has become a global concern due to its impact on health and the environment. This study aims to identify the abundance, types, colors, and polymer characteristics of microplastics in the Water Treatment Plant (WTP) of the Padasan Unit, PDAM Tirtamarta, Yogyakarta City. Samples were collected from seven points, including raw water sources and various treatment stages. Analysis was conducted using the Wet Peroxide Oxidation (WPO) method, a trinocular microscope, and Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy to determine polymer types. The results showed that microplastics were detected at all sampling points, with the highest abundance at the Sungai Kali Kuning intake (200 particles/L) and the lowest at the clearwell (40 particles/L). The dominant microplastic types were fragments and fibers, with black and transparent as the most common colors. FT-IR analysis identified Polypropylene (PP), Nylon (all polyamides), dan Poly (methyl methacrylate) (PMMA or acrylic) as the most frequently found polymers. The water treatment process effectively reduced microplastic levels, particularly in the sedimentation and rapid sand filtration (RSF) stages. However, microplastics were still detected in the treated water, highlighting the need for further optimization of the treatment system and improved plastic waste management around raw water sources to minimize contamination.*

***Keywords:*** *Microplastics, Water Treatment Plant, FT-IR, PDAM Tirtamarta, Kali Kuning River*

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Ruang Lingkup .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mikroplastik .....	5
2.2 Mikroplastik di Instalasi Pengolahan Air .....	6
2.3 Instalasi Pengolahan Air (IPA) .....	7
2.4 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	8
2.5 Penelitian terdahulu.....	9
BAB III METODE PENELITIAN .....	13
3.1 Waktu dan Lokasi .....	13
3.2 Alat dan Bahan .....	14
3.3 Prosedur Analisis Data .....	15
3.3.1 Metode Pengambilan Sampel .....	16
3.3.2 Pengujian Sampel .....	17
3.3.3 Analisis Data.....	18
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA .....	19

4.1 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel.....	19
4.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Jenis dan Warna .....	22
4.2.1 Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik.....	22
4.2.2 Identifikasi berdasarkan Jenis.....	25
4.2.3 Identifikasi Berdasarkan Warna.....	29
4.3 Identifikasi Mikroplastik Dengan FTIR.....	34
4.4 Efisiensi Penyisihan Mikroplastik.....	40
4.5 Evaluasi Efektivitas Unit Pengolahan dalam Menurunkan Mikroplastik ...	44
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Dimensi Instalasi Pengolahan Air Unit Padasan .....	7
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	9
Tabel 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	14
Tabel 3. 2 Alat yang Digunakan .....	14
Tabel 3. 3 Bahan yang Digunakan .....	15
Tabel 4. 1 Deskripsi Lokasi Sampling.....	19
Tabel 4. 2 Kelimpahan Mikroplastik Pada Tiap Titik Sampel .....	23
Tabel 4. 3 Hasil Identifikasi Jenis Mikroplastik .....	25
Tabel 4. 4 Hasil Identifikasi Jenis Mikroplastik .....	25
Tabel 4. 5 Hasil Identifikasi Warna Mikroplastik .....	29
Tabel 4. 6 Hasil Identifikasi Warna Mikroplastik .....	29
Tabel 4. 7 Jenis Polimer .....	36
Tabel 4. 8 Efisiensi Penyisihan Mikroplastik.....	41
Tabel 4. 9 Efisiensi Penyisihan Fragment.....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Klasifikasi bentuk mikroplastik (Sandra & Radityaningrum, 2021).....	5
Gambar 2. 2	Layout IPA Unit Padasan .....	8
Gambar 3. 1	Peta Lokasi IPA.....	13
Gambar 3. 2	Diagram Alir.....	16
Gambar 4. 1	Kelimpahan Mikroplastik Pada Tiap Titik Sampel.....	23
Gambar 4. 2	Hasil Identifikasi Jenis Mikroplastik .....	26
Gambar 4. 3	Hasil Identifikasi Jenis Mikroplastik .....	26
Gambar 4. 4	Contoh masing-masing jenis mikroplastik (a) Foam, (b) Film, (c) Fragment, (d) Fiber, dan (e) Pellet .....	27
Gambar 4. 5	Hasil Identifikasi Warna Mikroplastik .....	30
Gambar 4. 6	Hasil Identifikasi Warna Mikroplastik .....	30
Gambar 4. 7	Contoh masing-masing warna mikroplastik (a) Oranye, (b) Coklat, (c) Hijau, (d) Hitam, (e) Merah, (f) Transparan, (g) Ungu, dan (h) Biru.....	31
Gambar 4. 8	Hasil FTIR (2.2) Sampel 2 <i>Inlet</i> Sedimentasi (3.2) Sampel 3 Filtrasi .....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Contoh Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik .....	52
<b>Lampiran 2</b> Contoh Perhitungan Efisiensi Removal Mikroplastik .....	52
<b>Lampiran 3</b> Proses Laboratorium.....	54
<b>Lampiran 4</b> Grafik FTIR .....	55

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencemaran akibat sampah plastik telah menjadi masalah global yang sangat mengkhawatirkan. Hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat produksi dan penggunaan plastik secara luas di seluruh dunia. Bahan baku utama plastik berasal dari minyak mentah dan gas alam yang telah diproses lebih lanjut menjadi produk petrokimia, yang kemudian menjadi bijih plastik. Sebagian besar sampah plastik dihasilkan oleh aktivitas manusia dan berakhir di lingkungan, baik di darat maupun di perairan. Diperkirakan bahwa produksi plastik global mencapai 322 juta ton pada tahun 2015, dengan sekitar 5 hingga 13 juta ton diperkirakan berakhir di perairan (Karami *et al.*, 2017). Semakin lama sampah plastik berada di lingkungan, ukurannya akan semakin kecil akibat proses degradasi dan fragmentasi yang dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia. Partikel plastik yang berukuran kurang dari 5 milimeter, dengan batas ukuran yang belum ditentukan, dikenal sebagai mikroplastik (Yona *et al.*, 2021).

Mikroplastik kini menjadi perhatian global karena telah terdeteksi di berbagai sumber, termasuk air laut, air limbah, air tawar, makanan, dan udara. Keberadaan mikroplastik ini menimbulkan kekhawatiran serius karena dapat berdampak negatif pada lingkungan dan pada akhirnya membahayakan kehidupan manusia. Penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui konsumsi ikan dan hewan air lainnya, serta melalui pernapasan dan paparan terhadap benda plastik yang terdegradasi (Yona *et al.*, 2021). Mikroplastik yang tertelan oleh manusia dapat menjadi zat berbahaya yang inert bagi sel dan jaringan, karena dapat memicu peradangan serta sitotoksitas, yang mencakup stres oksidatif, cedera, dan memengaruhi kelangsungan hidup sel dan jaringan. Penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik dapat menyebabkan

kerusakan sel, reaksi alergi, dan gangguan pada dinding sel, yang berpotensi menimbulkan masalah kesehatan serius (Amereh, 2020).

Mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh manusia tidak hanya melalui makanan, tetapi juga melalui air minum. Proses pengolahan air minum berfungsi sebagai penghalang untuk mencegah mikroplastik dari air baku masuk ke dalam air minum yang dikonsumsi sehari-hari. Sebagai polutan yang bersifat persisten, mikroplastik telah terdeteksi di air baku serta air olahan dari Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM). Mikroplastik pertama kali ditemukan di air keran pada tahun 2018, menunjukkan adanya masalah serius terkait kontaminasi ini di sumber air minum (Eerkes *et al.*, 2018). Penelitian mengenai keberadaan mikroplastik di Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) terus berlangsung hingga saat ini. Salah satu studi yang dilakukan oleh Z. Wang *et al.*, (2020) di Delta Sungai Yangtze, yang merupakan salah satu IPAM terbesar di Cina, menemukan kelimpahan mikroplastik sekitar  $6614 \pm 1132$  partikel/L, dengan bentuk fiber sebagai dominan. Selain itu, Radityaningrum *et al.*, (2021) melakukan penelitian di IPAM Surabaya, yang menunjukkan kelimpahan mikroplastik dalam air baku dan air olahan masing-masing sebesar 26,8–35 partikel/L dan 8,5–12,3 partikel/L. Mikroplastik yang terdeteksi didominasi oleh 93-95% fiber di air baku dan 84-100% fiber di air olahan. Ukuran mikroplastik yang paling umum ditemukan dalam air baku dan air olahan adalah antara 351–1000  $\mu\text{m}$ , dengan persentase masing-masing 45-50% dan 36-69%. Jenis polimer mikroplastik yang paling banyak adalah polietilen (PE), polipropilen (PP), dan polietilen densitas rendah (LDPE).

Mikroplastik telah ditemukan di beberapa perairan di Indonesia. Kehadiran mikroplastik di perairan dipengaruhi oleh sampah yang dihasilkan oleh masyarakat (Fischer *et al.*, 2016), mikroplastik umumnya berasal dari aktivitas masyarakat di sekitar sungai dan daerah pesisir. Mikroplastik ini masuk ke dalam lingkungan perairan melalui aliran air sungai, yang merupakan jalur utama penghubung antara daratan dan lautan. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran mengenai keberadaan mikroplastik dalam air olahan yang disuplai oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtamarta unit Padasan di Kota Yogyakarta, di mana sumber air bakunya

berasal dari Sungai Kali Kuning dan sumur Bedoyo. Penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik dapat mencemari sumber air, dan dengan adanya temuan mikroplastik di lingkungan sekitar, penting untuk memantau kualitas air yang diproses oleh PDAM untuk memastikan keselamatan konsumen.

Berdasarkan informasi di atas, penting untuk melakukan identifikasi terhadap keberadaan mikroplastik di unit Padasan PDAM Tirtamarta. Analisis yang akan dilakukan mencakup identifikasi kelimpahan dan komposisi mikroplastik. Penelitian ini bertujuan untuk memahami seberapa banyak mikroplastik yang ada serta jenis-jenisnya dalam air olahan yang disuplai kepada masyarakat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

- 1) Bagaimana kelimpahan mikroplastik pada unit padasan PDAM Tirtamarta ?
- 2) Bagaimana karakteristik dan komposisi mikroplastik yang terdapat di unit padasan PDAM Tirtamarta ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

- 1) Untuk menganalisis kelimpahan mikroplastik pada unit padasan PDAM Tirtamarta
- 2) Untuk mengidentifikasi karakteristik dan komposisi mikroplastik yang terdapat di unit padasan PDAM Tirtamarta.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

- 1) Memberikan informasi mengenai keberadaan mikroplastik pada air pada PDAM Tirtamarta yang dapat digunakan sebagai referensi untuk topik penelitian sejenis.
- 2) Mempermudah pengembangan sisetem pengelolaan lingkungan yang tepat untuk mengatasi masalah mikroplastik di Instalasi Pengolahan Air (IPA).

## 1.6 Ruang Lingkup

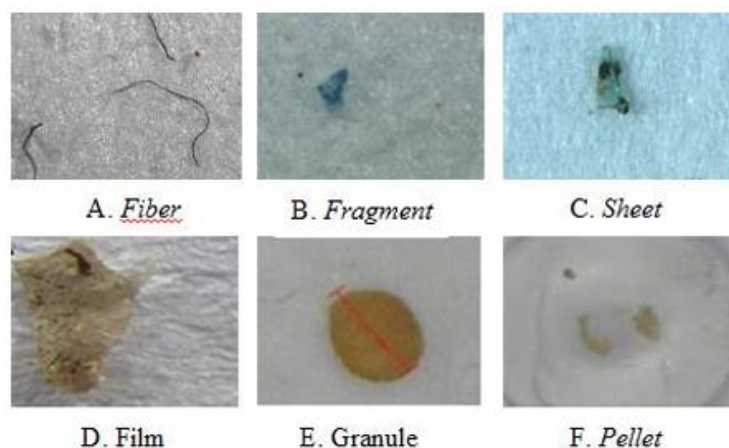
- 1) Pengambilan sampel uji dilakukan di unit pengolahan unit padasan PDAM Tirta Marta Kota Yogyakarta
- 2) Metode penelitian yang diterapkan mengikuti pedoman dari *National Ocean and Atmospheric Administration* (NOAA)
- 3) Mikroplastik yang dianalisis berupa partikel plastik dengan bentuk fragmen, films, pellets, filaments, dan foams serta warna mikroplastik
- 4) Identifikasi karakteristik mikroplastik menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR)

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Mikroplastik

Mikroplastik adalah partikel plastik berukuran sangat kecil, yaitu kurang dari 5 mm (Lusher & Peter, 2017). Partikel ini ditemukan di berbagai lingkungan, termasuk udara dan tanah (Ramadhan *et al.*, 2019). Mikroplastik terbagi menjadi dua jenis, yaitu primer dan sekunder. Mikroplastik primer diproduksi secara massal dalam bentuk mikro, dengan sumber utamanya berasal dari produk seperti pembersih dan kosmetik, makanan hewan, bubuk resin, dan berbagai produk plastik lainnya. Sementara itu, mikroplastik sekunder terbentuk dari proses fragmentasi plastik yang lebih besar, seperti perabotan rumah tangga, jaring ikan, bahan baku industri, kantong plastik, dan produk yang mengalami pelapukan (Alam & Rachmawati, 2020). Berdasarkan strukturnya, partikel mikroplastik dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, seperti fiber/filamen (tipis dan berserat), pellet (partikel keras berbentuk bulat), fragment (partikel keras bergerigi), foam (ringan seperti spons), dan film (lapisan tipis) (Ariskha, 2019). Klasifikasi bentuk mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1Klasifikasi bentuk mikroplastik (Sandra & Radityaningrum, 2021)

*Fiber* dapat berasal dari berbagai sumber seperti pakaian, tali, serta alat penangkap ikan seperti jaring dan pancing (Nor & Obbard, 2014). *Pellet* merupakan bahan baku dalam produksi plastik yang dihasilkan langsung oleh pabrik, dan termasuk dalam kategori mikroplastik primer (Dewi *et al.*, 2015). Mikroplastik dalam bentuk *fragment* adalah jenis mikroplastik sekunder yang berasal dari potongan plastik dengan sifat polimer yang kuat, seperti *polypropylene*, *polyethylene*, dan *polystyrene* (Mani *et al.*, 2015). Foam dihasilkan melalui fragmentasi makroplastik, seperti *styrofoam* dan gelas mi instan (Faruqi, 2019). Film adalah mikroplastik sekunder yang terbentuk dari fragmentasi plastik, seperti kantong plastik dan kemasan makanan (Lassen *et al.*, 2015). Berdasarkan warnanya, mikroplastik dapat dikelompokkan menjadi enam kategori: hitam, biru, putih, transparan, kuning, dan merah. Beberapa jenis mikroplastik yang sering ditemukan mencakup *Polythene* (PE), *Polystyrene* (PS), *Polyamide* (PA), *Nylon*, *Polyester*, *Acrylic*, *Polyoxymethylene*, *Polyvinyl Alcohol* (PA), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Poly Methylacrylate*, *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Alkyd*, dan *Polyurethane*.

## 2.2 Mikroplastik di Instalasi Pengolahan Air

Mikroplastik bisa masuk ke tubuh manusia tidak hanya melalui makanan, tetapi juga melalui air minum. Instalasi pengolahan air minum berfungsi untuk mencegah masuknya mikroplastik dari air baku ke dalam air minum sehari-hari. Sebagai polutan yang tahan lama, mikroplastik telah ditemukan di air baku serta air yang diolah oleh Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM). Penemuan mikroplastik di air keran pertama kali terjadi pada tahun 2018 (Erkes *et al.*, 2018).

Penelitian mengenai keberadaan mikroplastik di Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) terus berlangsung hingga saat ini. Salah satu studi yang dilakukan oleh Z. Wang *et al.*, (2020) di Delta Sungai Yangtze, salah satu IPAM terbesar di Cina, menemukan kelimpahan mikroplastik sekitar  $6614 \pm 1132$  partikel/L, dengan dominasi bentuk fiber. Selain itu, Radityaningrum dan *et al.*, (2021) melakukan penelitian di IPAM Surabaya, yang menunjukkan kelimpahan mikroplastik dalam air baku

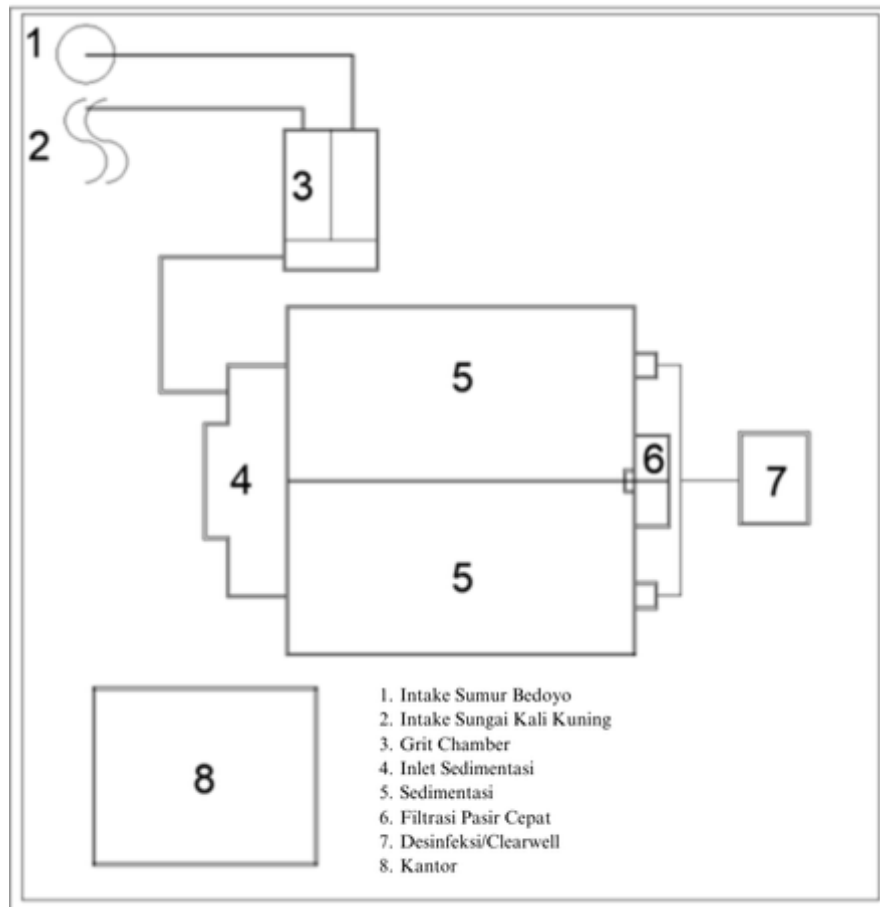
dan air olahan masing-masing sebesar 26,8–35 partikel/L dan 8,5–12,3 partikel/L. Mikroplastik yang terdeteksi terdiri dari 93-95% fiber di air baku dan 84-100% fiber di air olahan. Ukuran mikroplastik yang paling umum ditemukan dalam air baku dan air olahan adalah 351–1000  $\mu\text{m}$ , dengan persentase masing-masing 45-50% dan 36-69%. Jenis polimer mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah polietilen (PE), polipropilen (PP), dan polietilen densitas rendah (LDPE).

### 2.3 Instalasi Pengolahan Air (IPA)

IPA Padasan adalah salah satu unit pengolahan air yang dimiliki oleh PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta. Unit ini dibangun antara tahun 1969 hingga 1982 melalui program Pemerintah Pusat, dengan kapasitas produksi sebesar 51,7 liter per detik. IPA Padasan memanfaatkan tiga sumber air baku, yaitu Umbul Wadon, Sungai Kali Kuning, dan Sumur Bedoyo. Air baku tersebut diolah menjadi air siap pakai melalui proses instalasi pengolahan yang sesuai dengan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang kesehatan lingkungan, yang menetapkan baku mutu kualitas air minum. Instalasi pengolahan di IPA Padasan terdiri dari grit chamber, *inlet* sedimentasi, sedimentasi, filtrasi pasir cepat, dan desinfeksi menggunakan gas klor. Tata letak instalasi pengolahan dan dimensi kapasitasnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.1.

Tabel 2. 1 Dimensi Instalasi Pengolahan Air Unit Padasan

No	Unit Pengolahan	Jumlah	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
1	<i>Grit chamber</i>	2	4	1,5	2
2	<i>Inlet</i> Sedimentasi	1	20	4	4
3	Sedimentasi	2	30	15	4 – 5
4	Filtrasi	2	4	1,5	4
5	Desinfeksi dan <i>Clearwell</i>	1	8	6	4



Gambar 2. 2 *Layout* IPA Unit Padasan

Dalam proses filtrasi pasir cepat, terdapat lima lapisan pasir, yaitu batu, krakal, kerikil, pasir kasar, dan pasir kuarsa. Setelah melewati tahap filtrasi, pengukuran debit dilakukan menggunakan bak pengukur debit, yang kemudian mengalir ke clearwell sebelum dilakukan injeksi gas klor dengan pompa dosing. Pada tahap injeksi gas klor, dosis klorin yang digunakan setiap hari berkisar antara 11-13 kg, dengan rata-rata debit mencapai 100-105 m<sup>3</sup>/hari.

#### **2.4 Fourier Transform Infra Red (FTIR)**

Teknologi FTIR adalah salah satu metode analisis yang penting dalam bidang kimia, biologi, farmasi, dan penerapan ilmu material. Keunggulan dari

metode ini adalah dapat menganalisis ikatan kimia dalam suatu senyawa dengan cepat dan akurat (Suprijanto *et al.*, 2021). Penggunaan FTIR berhasil diaplikasikan dalam identifikasi berbagai senyawa organik dan anorganik dalam berbagai bidang aplikasi di Indonesia, mulai dari pengujian farmasi hingga identifikasi bahan fisika dan kimia dalam sampel lingkungan.

FTIR merupakan salah satu teknik yang sering dipakai untuk mendeteksi dan mengidentifikasi mikroplastik. FTIR bekerja berdasarkan interaksi molekul radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang berkisar 0.75-1000 $\mu$ m (Hanif *et al.*, 2021). Dengan metode ini mikroplastik dapat diketahui melalui pola spektrum inframerah dari setiap sampel mikroplastik. Setiap plastik memiliki pola spektrum yang unik, yang memungkinkan untuk membedakan antara berbagai jenis mikroplastik dengan tingkat keakuratan yang tinggi.

## 2.5 Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai referensi terhadap penelitian yang dilakukan. Daftar penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Peneliti	Hasil
1	Identifikasi Kelimpahan dan Efisiensi Penyisihan Mikroplastik pada Unit Koagulasi, Sedimentasi, dan Filtrasi pada Instalasi Pengolahan Air Dago Pakar dengan Air Baku Sungai Cikapundung	(Billah, 2021)	Kelimpahan kondisi hujan pada intake, inlet koagulasi, outlet sedimentasi, dan outlet filtrasi masing-masing sebesar 20,61 MP/L, 16,72 MP/L, 11,46 MP/L, dan 11,67 MP/L. Sedangkan pada kondisi kemarau masing-masing sebesar 6,72 MP/L, 6,22 MP/L, 6,44 MP/L dan 4,39 MP/L. Efisiensi

			penyisihan rata-rata mikroplastik masing-masing 44,7% dan 38,05%.
2	<i>Microplastic Contamination in Water Supply and The Removal Efficiencies of The Treatment Plants: A Case of Surabaya City, Indonesia</i>	(Radityaningrum <i>et al.</i> , 2021)	<p>Nilai kelimpahan MP dalam air baku dan air olahan di SDWTP I dan II masing-masing adalah 26,8– 35 dan 8,5–12,3 partikel/L. MP didominasi oleh 93–95% serat di air baku dan 84–100% di air yang diolah. Ukuran dominan MP dalam air baku dan air olahan adalah 351–1000 m, dengan persentase masing-masing 45– 50 dan 36– 69%. Jenis polimer MP yang dominan dalam air baku adalah PE, PP, dan polietilen densitas rendah (LDPE). Total efisiensi penyisihan MP di SDWTP I dan II masing-masing adalah 54 dan 76%.</p>

3	Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada IPAM Karangpilang III Kota Surabaya	(Trihadiningrum <i>et al.</i> , 2020)	Kelimpahan MP selama proses pengolahan air minum menurun dari 54,4 partikel/L di air baku menjadi 13 partikel/L di air produksi (efisiensi penyisihan 76,1%). Bentuk MP didominasi oleh serat 94,1% (air baku) dan 81,5% (air produksi). MP didominasi oleh partikel berukuran 351 – 1000 $\mu\text{m}$ 42,3% (air baku) dan 35,4% (air produksi). Partikel MP didominasi oleh warna hitam (53,7 % di air baku) dan biru (33,8% di air produksi)
4	Pencemaran Mikroplastik pada Air Baku dan Air Produk PDAM Kota Surabaya serta Kemampuan Removal dalam Proses Pengolahannya	(Trihadiningrum <i>et al.</i> , 2020)	Kelimpahan MP yang ditemukan pada IPAM Karangpilang I adalah 26,8 partikel/L (air baku) dan 12,3 partikel/L (air produksi). Efisiensi penghilangan MP di IPAM Karangpilang I adalah 54%. Sedangkan pada IPAM Karangpilang III, rerata kelimpahan MP (air baku) adalah 35 partikel/L dan 8,5 partikel/L (air produksi). Efisiensi penyisihan MP rata-rata di IPAM Karangpilang III mencapai 76%.

5	Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Biota Perairan	(Sandra <i>et al.</i> , 2021)	Kelimpahan MP yang dominan pada biota perairan adalah berukuran 20 $\mu\text{m}$ – 50 $\mu\text{m}$ , berbentuk fiber, dan berwarna hitam. PE ditemukan dominan pada biota perairan permukaan, serta PP dan PE pada biota perairan laut.
---	--	-------------------------------	--

Studi oleh Trihadiningrum *et al.* (2020) menunjukkan bahwa IPAM Karangpilang III mampu menyisihkan mikroplastik hingga 76% melalui kombinasi aerasi, koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Sementara itu, IPA Dago Pakar memiliki efisiensi penyisihan sekitar 44–38% pada musim hujan dan kemarau (Billah, 2021). Dalam penelitian ini, efisiensi penyisihan mikroplastik dari intake Sungai Kali Kuning (200 partikel/L) hingga clearwell (40 partikel/L) menunjukkan penurunan sebesar 80%, yang sebanding dengan hasil studi sebelumnya. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun tanpa koagulasi-flokulasi, sistem IPA Padasan tetap efektif, terutama pada tahapan sedimentasi dan filtrasi pasir cepat.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Lokasi

Pengambilan sampel uji dilakukan pada bulan November 2024 saat musim kemarau, untuk meminimalkan variabilitas akibat curah hujan. Sampel air yang diambil mencakup air baku dan air hasil pengolahan. Terdapat 7 titik pengambilan sampel, meliputi dua sumber air baku dan lima titik pada proses pengolahan. Sumber air baku yang digunakan oleh IPA Padasan meliputi Sumur Bedoyo dan Sungai Kali Kuning. Pengambilan sampel di unit proses dilakukan pada pipa outlet instalasi serta di beberapa bagian pengolahan di IPA Padasan, yaitu grit chamber, *inlet* sedimentasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Lokasi IPA Padasan PDAM Tirtamarta berada di Area Sawah, Pakembinangun, Kec. Pakem, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tahap selanjutnya adalah analisis sampel di laboratorium kualitas lingkungan Universitas Islam Indonesia. Gambar 3.1 menunjukkan peta lokasi titik-titik pengambilan sampel dan tabel 3.1 menunjukan titik pengambilan sampel.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi IPA

Tabel 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi Pengambilan Sampel	Tempat Pengambilan Sampel
Sumur Bedoyo	<i>Inlet</i>
Sungai Kali Kuning	<i>Inlet</i>
<i>Grit chamber</i>	<i>Outlet</i>
<i>Inlet Sedimentasi</i>	<i>Outlet</i>
Sedimentasi	<i>Outlet</i>
Filtrasi	<i>Outlet</i>
Desinfeksi dan <i>Clearwell</i>	<i>Outlet</i>

### 3.2 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan:

Tabel 3. 2 Alat yang Digunakan

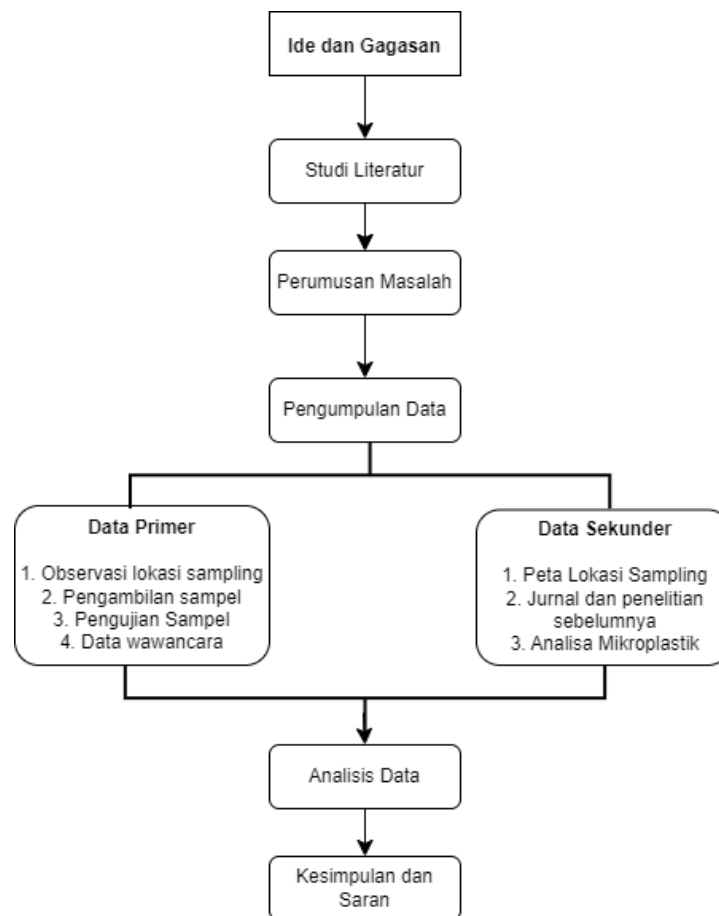
No	Jenis Alat	Nama Alat
1	Alat di lapangan	Botol kaca 350 ml
2		<i>Cool Box</i>
3		<i>Aluminium Foil</i>
4	Alat di Laboratorium	FT-IR ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> ).
5		Mikroskop Trinokuler
6		Botol <i>Aquadest</i>
7		Gelas Beaker 250 mL
8		Erlenmeyer 250 mL
9		<i>Hot Plate magnetic Strirrer</i>
10		Vakum Filter
11		Corong Kaca
12		Karet hisap
13		Pipet Volume 10 mL dan 20 mL
14		Pipet Tetes
15		Preparat
16		Pinset/Spatula

Tabel 3. 3 Bahan yang Digunakan

No	Bahan	jumlah
1	NaCL Jenuh	700 ml
2	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30% (Hidrogen peroksida)	140 ml
3	Fe (II) 0,05 m	140 ml
3	Kertas whatman 0,45 mm	7 lembar
4	Aquades	-

### 3.3 Prosedur Analisis Data

Analisis sampel penelitian akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Gambar 3.2 menunjukkan diagram alir dari tahapan penelitian yang akan dilaksanakan.



Gambar 3. 2 Diagram Alir

### 3.3.1 Metode Pengambilan Sampel

Sampel air diambil dari 7 titik di lokasi PDAM Tirtamarta unit padasan. Proses pengambilan sampel di sumur dilakukan berdasarkan SNI 6989.58:2008. Metode ini menggunakan water sampler dan mengikuti langkah-langkah tertentu untuk memastikan akurasi sampel. Pertama, peralatan water sampler dan botol kaca disiapkan sebagai wadah sampel. *Water sampler* kemudian diturunkan ke dalam sumur hingga kedalaman sekitar  $\pm 0-1$  meter dan dibiarkan terisi penuh sebelum diangkat perlahan guna mencegah kontaminasi. Air yang telah diambil dipindahkan ke botol kaca berkapasitas 300 ml, lalu ditutup rapat dan dilapisi aluminium foil untuk menghindari kontak dengan tutup botol plastik.

Proses pengambilan sampel pada tahap pengolahan air mengacu pada SNI 6989.57:2008. Sampel diambil menggunakan botol kaca, dan sarung tangan dipakai selama proses untuk mencegah kontaminasi. Botol kaca 300 ml diisi penuh dengan air dan diangkat dengan hati-hati. Botol tersebut kemudian dilapisi aluminium foil agar sampel tidak terkontaminasi oleh tutup botol berbahan plastik.

### 3.3.2 Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan berdasarkan metode dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dengan beberapa penyesuaian untuk menyesuaikan karakteristik sampel. Proses identifikasi mikroplastik mencakup beberapa tahap, yaitu pemisahan material organik, penyaringan sampel, dan identifikasi mikroplastik. Setelah tahap-tahap tersebut, sampel dianalisis menggunakan mikroskop untuk mendapatkan gambaran visual mengenai morfologi mikroplastik. Selain itu, spektrofotometri FT-IR digunakan untuk menganalisis karakteristik kimia sampel, dengan hasil yang divisualisasikan dalam bentuk grafik dan tabel.

Sebanyak 100 ml sampel air dari botol kaca dituangkan ke dalam gelas beaker dan dicampur dengan 100 ml larutan NaCl jenuh. Campuran ini didiamkan selama 15-30 menit untuk mengapungkan partikel mikroplastik. Selanjutnya, dilakukan proses *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) untuk menghancurkan bahan organik dengan menggunakan larutan Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) 30% (Saputra, 2024). Setelah penambahan  $H_2O_2$ , campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan dipanaskan di hot plate pada suhu  $70^\circ C$  selama 30 menit guna memastikan penguraian bahan organik berlangsung optimal (Trihadiningrum *et al.*, 2020).

Setelah itu, Sampel kemudian disaring menggunakan kertas whatman 0,45 mm dan vacuum pump. Hasil penyaringan ini selanjutnya dianalisis lebih lanjut menggunakan mikroskop dan FT-IR.

### 3.3.3 Analisis Data

Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan mengidentifikasi karakteristik mikroplastik pada unit padasan PDAM Tirtamarta Kota Yogyakarta, yang meliputi kelimpahan, jenis, warna, serta analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Klasifikasi jenis mikroplastik mencakup beberapa kategori, seperti pelet, fragmen, serat, film, dan busa. Sementara itu, klasifikasi warna mencakup variasi seperti hitam, abu-abu, transparan, biru, merah, oranye, coklat, dan lainnya.

Menurut *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), kelimpahan mikroplastik (MPs) pada unit padasan dapat dihitung dengan membandingkan jumlah partikel mikroplastik di setiap sampel dengan total volume air yang telah disaring, menggunakan rumus:

$$\text{Kelimpahan Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik (partikel/liter)}}{\text{Volume air tersaring (m}^3\text{)}}$$

Hasil analisis mikroplastik berdasarkan warna dan jenis disajikan dalam bentuk persentase. Untuk menghitung persentase jenis dan warna mikroplastik pada unit padasan, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase (\%)} = \left( \frac{\text{jumlah partikel jenis atau warna (partikel)}}{\text{total keseluruhan jenis atau warna (partikel)}} \right) \times 100$$

Analisis gugus fungsi dilakukan dengan mengamati bentuk dan warna mikroplastik menggunakan mikroskop serta menguji karakteristik kimianya melalui spektrofotometri FT-IR pada sampel yang telah disaring menggunakan kertas saring. Kedua tahap analisis ini memungkinkan klasifikasi mikroplastik berdasarkan jumlah, bentuk, warna, dan sifat kimianya, termasuk jenis-jenis polimer seperti Polietilena (PE), Polistirena (PS), Poliamida (PA), Nilon, Poliester, Akrilik, Polioksimetilen, Polivinil Alkohol (PVA), Polivinil Klorida (PVC), Polimetilakrilat, Polietilen Tereftalat (PET), Alkyd, dan Poliuretan. Hasil analisis tersebut kemudian disajikan secara deskriptif dan direpresentasikan dalam bentuk tabel serta grafik.


## BAB IV



### HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA




#### 4.1 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel


Sampel dikumpulkan dari 7 lokasi berbeda di area unit padasan PDAM Tirtamarta. Oleh karena itu, peneliti memberikan deskripsi kondisi di setiap titik pengambilan sampel, yang disajikan dalam tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 1 Deskripsi Lokasi Sampling

No	Titik Lokasi	Deskripsi	Kondisi
1	<i>Intake</i> Sumur Bedoyo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lokasi tempat berbeda dengan unit pengolahannya</li> <li>- Tempatnya menyatu dengan <i>intake</i> Sumur Bedoyo, <i>intake</i> Sungai Kali Kuning, dan <i>grit chamber</i></li> <li>- Suhu air 28.3 °C</li> <li>- pH air 8.40</li> </ul>	

No	Titik Lokasi	Deskripsi	Kondisi
2	<i>Intake Sungai Kali Kuning</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lokasi tempat berbeda dengan unit pengolahannya</li> <li>- Tempatnya menyatu dengan <i>intake</i> Sumur Bedoyo, <i>intake</i> Sungai Kali Kuning, dan <i>grit chamber</i></li> <li>- Suhu air 26.2 °C</li> <li>- pH air 8.08</li> </ul>	
3	<i>Grit Chamber</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lokasi tempat berbeda dengan unit pengolahannya</li> <li>- Tempatnya menyatu dengan <i>intake</i> Sumur Bedoyo, <i>intake</i> Sungai Kali Kuning, dan <i>grit chamber</i></li> <li>- Suhu air 28 °C</li> <li>- pH air 8.2</li> </ul>	

No	Titik Lokasi	Deskripsi	Kondisi
4	<i>Inlet</i> Sedimentasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berada di tempat pengolahan unit padasan</li> <li>- Suhu air 25.3 °C</li> <li>- pH air 8.39</li> </ul>	
5	Sedimentasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berada di tempat pengolahan unit padasan</li> <li>- Suhu air 25.7 °C</li> <li>- pH air 8.27</li> </ul>	
6	Filtrasi (RSF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berada di tempat pengolahan unit padasan</li> <li>- Menggunakan teknologi Filtrasi Pasir Cepat (RFS)</li> <li>- Suhu air 27.2 °C</li> <li>- pH air 8.22</li> </ul>	

No	Titik Lokasi	Deskripsi	Kondisi
7	Clearwell	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berada di tempat pengolahan unit padasan</li> <li>- Menggunakan Desinfeksi</li> <li>- Suhu air 27.2 °C</li> <li>- pH air 8.22</li> </ul>	

#### 4.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Jenis dan Warna

Sampel dianalisis di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia dengan menerapkan metode *Wet Peroxide Oxidation* (WPO). Proses ini menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% dan Fe (II) 0,05 M untuk menghilangkan zat organik. Selanjutnya, dilakukan pemisahan berdasarkan massa jenis (density separation) dengan larutan NaCl jenuh, kemudian didiamkan selama 30 jam guna memisahkan mikroplastik dari komponen lainnya.

Agar sampel benar-benar bersih dan hanya mengandung mikroplastik, dilakukan proses sentrifugasi. Setelah itu, sampel disaring menggunakan kertas Whatman 0,45 mm melalui penyaringan vakum (vacuum filter) sebelum dianalisis menggunakan mikroskop. Setelah mikroplastik yang tertinggal di kertas Whatman teridentifikasi melalui mikroskop, dilakukan analisis lebih lanjut terhadap polimer menggunakan FTIR.

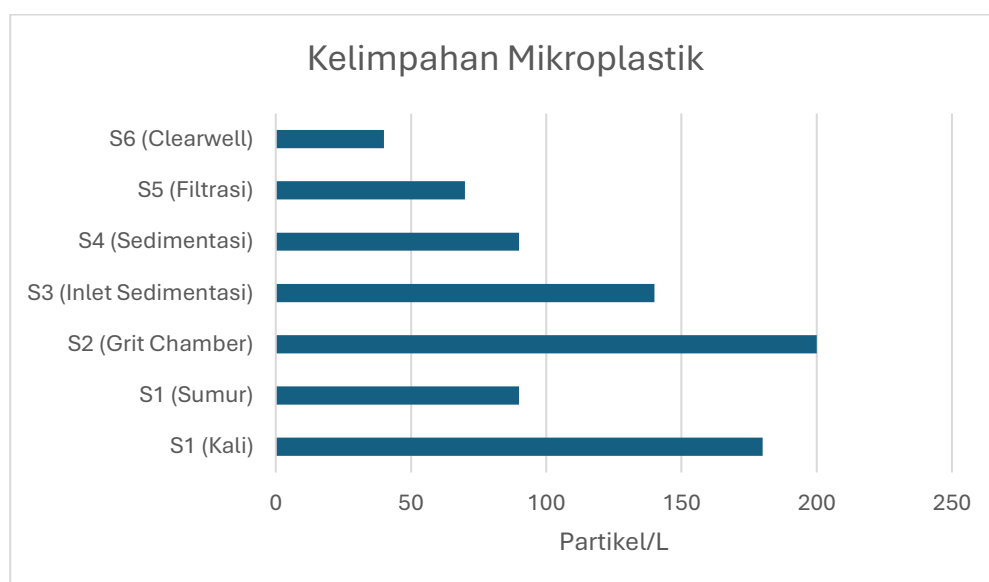
##### 4.2.1 Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik dinyatakan dalam satuan partikel/L. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan mikroskop, partikel mikroplastik ditemukan di semua sampel dengan variasi kelimpahan. Hasil perhitungan kelimpahan

mikroplastik di unit Padasan PDAM Tirtamarta untuk setiap titik sampling disajikan dalam Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 berikut:

Tabel 4. 2 Kelimpahan Mikroplastik Pada Tiap Titik Sampel

Sampel/Titik	Total Partikel	Volume Sampel (ml)	Kelimpahan Mikroplastik	Satuan	Kelimpahan Mikroplastik	Satuan
S1 (Kali)	18	100	0.2	partikel/ml	180	partikel/l
S1 (Sumur)	9	100	0.1	partikel/ml	90	partikel/l
S2 (Grit Chamber)	20	100	0.2	partikel/ml	200	partikel/l
S3 (Inlet Sedimentasi)	14	100	0.1	partikel/ml	140	partikel/l
S4 (Sedimentasi)	9	100	0.1	partikel/ml	90	partikel/l
S5 (Filtrasi)	7	100	0.1	partikel/ml	70	partikel/l
S6 (Clearwell)	4	100	0.0	partikel/ml	40	partikel/l



Gambar 4. 1 Kelimpahan Mikroplastik Pada Tiap Titik Sampel

Berdasarkan hasil perhitungan, sampel dari titik S2 memiliki kelimpahan mikroplastik tertinggi, yakni 200 partikel/L. Sementara itu, titik S6 menunjukkan jumlah mikroplastik terendah dengan kelimpahan sebesar 40 partikel/L.

Pada titik sampel S1 (kali), S1 (sumur), dan S2 (Grit Chamber), yang berada di lokasi yang sama, ditemukan mikroplastik dengan kelimpahan masing-masing sebesar 180 partikel/L, 90 partikel/L, dan 200 partikel/L. Konsentrasi mikroplastik

yang cukup tinggi di lokasi ini disebabkan oleh kontaminasi air baku dari kali dan sumur akibat pembuangan limbah domestik. Mikroplastik yang telah mencemari sumber air tersebut kemudian masuk ke dalam sistem pengolahan air. Menurut Putri (2022), pencemaran air umumnya terjadi akibat masuknya limbah domestik yang mengandung mikroplastik ke dalam badan air.

Pada titik S2 (*Inlet* Sedimentasi) dan S3 (Sedimentasi), terjadi penurunan kelimpahan mikroplastik masing-masing sebesar 140 partikel/L dan 90 partikel/L. Penurunan ini disebabkan oleh efektivitas teknologi *Inlet* sedimentasi dan sedimentasi dalam mengurangi jumlah mikroplastik selama proses pengolahan air. Teknologi ini bekerja dengan cara mengendapkan partikel tersuspensi, termasuk mikroplastik. Instalasi Pengolahan Air (IPA) Karangpilang III yang memanfaatkan air dari Kali Surabaya diketahui mampu mengurangi kandungan mikroplastik dalam air baku hingga 76%. Efektivitas ini diperoleh melalui beberapa tahapan proses penjernihan, yaitu aerator, sedimentasi, flashmix, clearator, dan filtrasi (Mar'atusholihah *et al.*, 2020).

Pada titik S5 (Filtrasi), penerapan teknologi Filtrasi Pasir Cepat (RSF) mengakibatkan penurunan mikroplastik sebesar 70 partikel/L. Hal ini terjadi karena RSF bekerja melalui mekanisme filtrasi fisik dan adsorpsi, di mana partikel mikroplastik yang lebih besar dari pori-pori media filter tertahan di lapisan pasir. Berdasarkan penelitian Julianti (2020), penggunaan RSF mampu menurunkan konsentrasi mikroplastik dari 0,7 ( $\pm 0,1$ ) menjadi 0,02 ( $\pm 0,007$ ) mikroplastik/L. Selama proses ini, mikroplastik dapat terjebak di antara butiran pasir atau menempel pada permukaan butiran tersebut.

Di titik S6 (Clearwell), terjadi penurunan mikroplastik yang signifikan, yaitu sebesar 40 partikel/L. Meskipun proses desinfeksi seperti klorinasi tidak secara langsung menghilangkan mikroplastik dalam air, penelitian menunjukkan bahwa tahap ini dapat mengubah karakteristik mikroplastik. Sebuah studi di IPAM Karangpilang III Surabaya mengungkapkan bahwa unit desinfeksi dapat mengurangi kelimpahan mikroplastik hingga 75,1%, kemungkinan disebabkan oleh pengendapan partikel mikroplastik selama proses ini (Mar'atusholihah *et al.*, 2020).

#### 4.2.2 Identifikasi berdasarkan Jenis

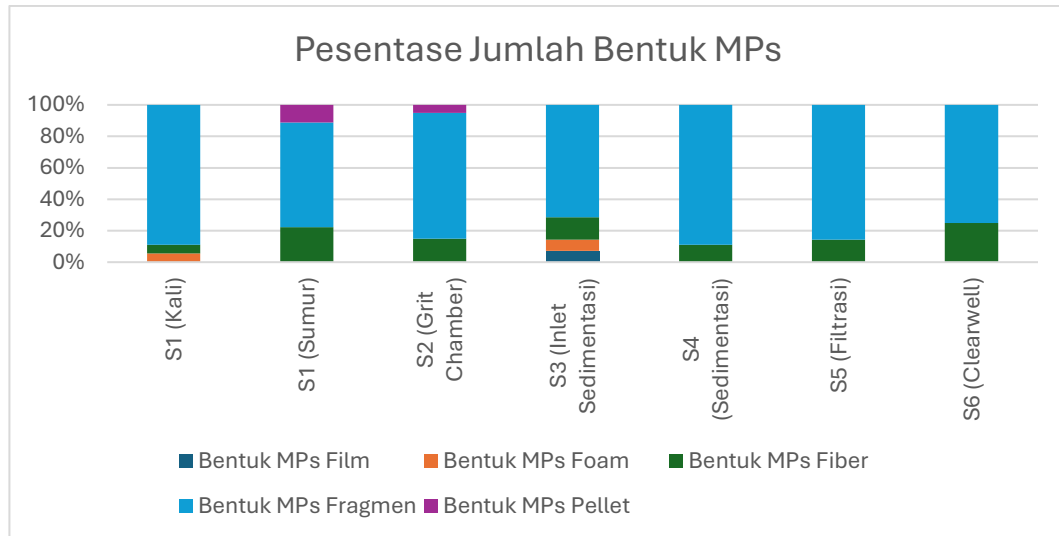
Berikut pada Tabel 4.3, Tabel 4.4, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3 merupakan hasil identifikasi jumlah mikroplastik berdasarkan jenis pada unit Padasan PDAM Tirtamarta tiap titik sampling, yaitu :

Tabel 4. 3 Hasil Identifikasi Jenis Mikroplastik

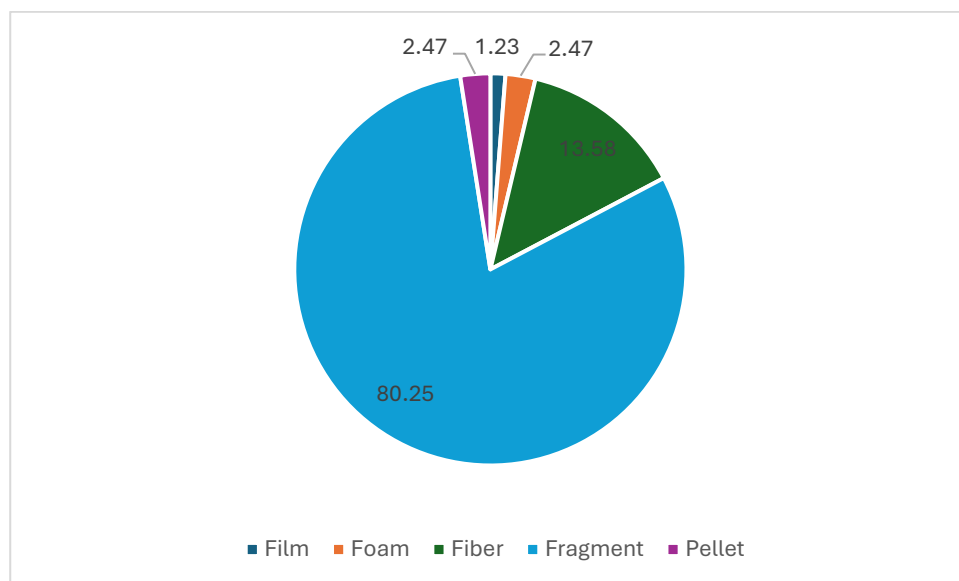
Sampel/Titik	Bentuk MPs					Jumlah Bentuk
	Film	Foam	Fiber	Fragmen	Pellet	
S1 (Kali)	0	1	1	16	0	18
S1 (Sumur)	0	0	2	6	1	9
S2 (Grit Chamber)	0	0	3	16	1	20
S3 (Inlet Sedimentasi)	1	1	2	10	0	14
S4 (Sedimentasi)	0	0	1	8	0	9
S5 (Filtrasi)	0	0	1	6	0	7
S6 (Clearwell)	0	0	1	3	0	4
<b>Total</b>	1	2	11	65	2	81

Tabel 4. 4 Hasil Identifikasi Jenis Mikroplastik

Sampel/Titik	Bentuk MPs				
	Film	Foam	Fiber	Fragmen	Pellet
S1 (Kali)	0%	5.6%	5.6%	88.9%	0%
S1 (Sumur)	0%	0%	22.2%	66.7%	11.1%
S2 (Grit Chamber)	0%	0%	15%	80%	5%
S3 ( <i>Inlet</i> Sedimentasi)	7.1%	7.1%	14.3%	71.4%	0%
S4 (Sedimentasi)	0%	0%	11.1%	88.9%	0%
S5 (Filtrasi)	0%	0%	14.3%	85.7%	0%
S6 (Clearwell)	0%	0%	25%	75%	0%

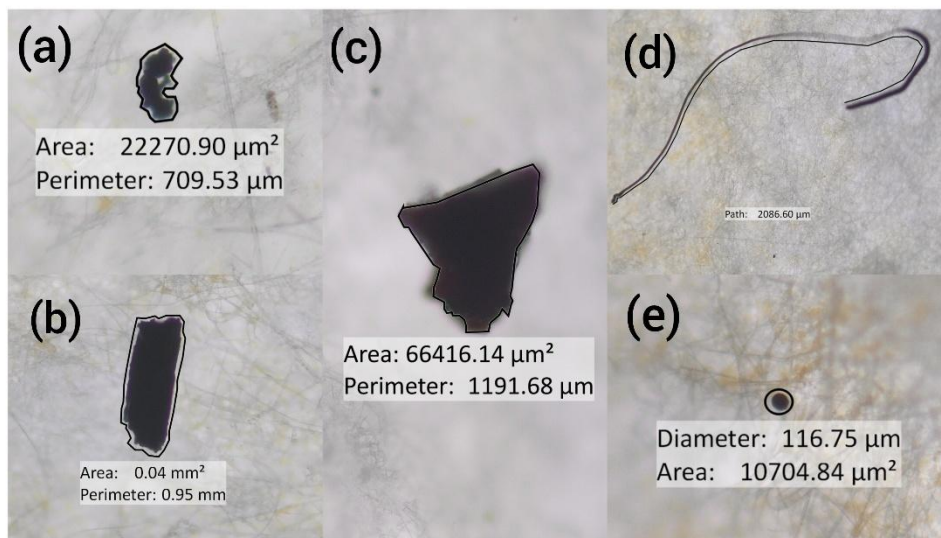


Gambar 4. 2 Hasil Identifikasi Jenis Mikroplastik



Gambar 4. 3 Hasil Identifikasi Jenis Mikroplastik

Berikut pada Gambar 4.4 merupakan contoh gambar masing-masing jenis mikroplastik pada unit Padasan:



Gambar 4. 4 Contoh masing-masing jenis mikroplastik (a) *Foam*, (b) *Film*, (c) *Fragment*, (d) *Fiber*, dan (e) *Pellet*

Berbagai jenis mikroplastik teridentifikasi melalui pengamatan visual menggunakan mikroskop, di antaranya *pellet*, *fiber*, *fragment*, *film*, dan *foam*. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.4.

Pada sampel S1 (Kali), jenis mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen dengan persentase 88,9%, sedangkan film tidak terdeteksi, fiber dan foam masing-masing sebesar 5,6%, serta pellet tidak ditemukan. Sementara itu, pada sampel S1 (Sumur), fragmen tetap menjadi jenis yang paling banyak ditemukan dengan persentase 66,7%. Film tidak terdeteksi, fiber mencapai 22,2%, foam tidak ditemukan, dan pellet sebesar 11,1%. Sampel S2 (*Grit Chamber*) juga menunjukkan dominasi fragmen sebesar 80%, dengan fiber sebesar 15%, pellet 5%, sementara film dan foam tidak ditemukan. Pada sampel S3 (*Inlet Sedimentasi*), fragmen tercatat sebesar 71,4%, diikuti oleh film dan foam yang masing-masing sebesar 7,1%, fiber 14,3%, dan pellet tidak ditemukan. Sampel S4 (*Sedimentasi*) memiliki fragmen sebanyak 88,9%, sedangkan film, foam, dan pellet tidak terdeteksi, sementara fiber ditemukan sebesar 11,1%. Pada sampel S5 (*Filtrasi*), fragmen tetap mendominasi dengan 85,7%, diikuti oleh fiber sebesar 14,3%, sedangkan film, foam, dan pellet tidak ditemukan. Terakhir, pada sampel S6 (*Clearwell*), fragmen

mencapai 75%, dengan fiber sebesar 25%, sedangkan film, foam, dan pellet tidak terdeteksi.

Penelitian ini menunjukkan bahwa jenis mikroplastik yang paling dominan adalah *fragment*. Menurut Ling *et al.*, (2019), fragmen memiliki struktur yang menyerupai potongan plastik berukuran lebih besar dengan banyak pori-pori, yang memungkinkannya membawa ion logam. Antunes *et al.*, (2013) juga mengungkapkan bahwa *fragment* dapat berasal dari dekomposisi sampah plastik, peralatan pertanian, kemasan plastik, anyaman plastik, serta kantong plastik. Contoh mikroplastik berjenis *fragment* dapat dilihat pada Gambar 4.4 (c), yang ditemukan pada unit Padasan PDAM Tirtamarta dengan luas 1.191,68  $\mu\text{m}$ .

Selain *fragment*, jenis mikroplastik lain yang terdeteksi dalam penelitian ini adalah *fiber*. Jenis mikroplastik seperti fiber dan fragmen dominan pada tahap awal, namun proporsi fiber berkurang signifikan setelah proses filtrasi. Warna *fiber* bervariasi tergantung pada sumbernya dan memiliki bentuk menyerupai tali atau serabut dengan panjang yang beragam. Akibat degradasi fisik maupun kimia, seperti oksidasi jangka panjang di lingkungan, *fiber* sering kali memiliki permukaan yang kasar dan retak (Ling *et al.*, 2019). Salah satu contoh mikroplastik *fiber* dapat dilihat pada Gambar 4.3 (d), yang ditemukan pada unit Padasan PDAM Tirtamarta dengan panjang 2.068,60  $\mu\text{m}$ .

Sementara itu, jenis mikroplastik yang paling sedikit ditemukan dalam penelitian ini adalah *pellet*, *foam*, dan *film*. Mikroplastik *pellet* merupakan mikroplastik primer yang sengaja diproduksi sebagai bahan dasar produk plastik, dengan bentuk silinder dan ukuran yang sangat kecil (Ambarsari dan Anggiani, 2022). *Pellet* adalah mikroplastik yang berasal dari sumber primer dan umumnya diproduksi untuk digunakan dalam produk deterjen atau perawatan diri sebagai bahan penggosok (Tanaka dan Takada, 2016). Menurut Fiore *et al.*, (2022), mikroplastik jenis foam adalah mikroplastik sekunder yang terbentuk dari bahan seperti *styrofoam* dan memiliki tekstur lembut. *Foam* umumnya berasal dari limbah rumah tangga dan kemasan *styrofoam*. Sementara itu, Kingfisher (2011) menyatakan bahwa mikroplastik jenis *film* merupakan polimer plastik sekunder yang terbentuk dari pecahan kantong plastik atau kemasan plastik dan memiliki

densitas rendah. Dalam penelitian ini, *pellet*, foam, dan film ditemukan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.4 (e), (a), dan (b). Mikroplastik *pellet* memiliki luas 10.704,84  $\mu\text{m}^2$ , mikroplastik *foam* berukuran 709,53  $\mu\text{m}$ , dan mikroplastik *film* memiliki luas 9.521,76  $\mu\text{m}$ .

#### 4.2.3 Identifikasi Berdasarkan Warna

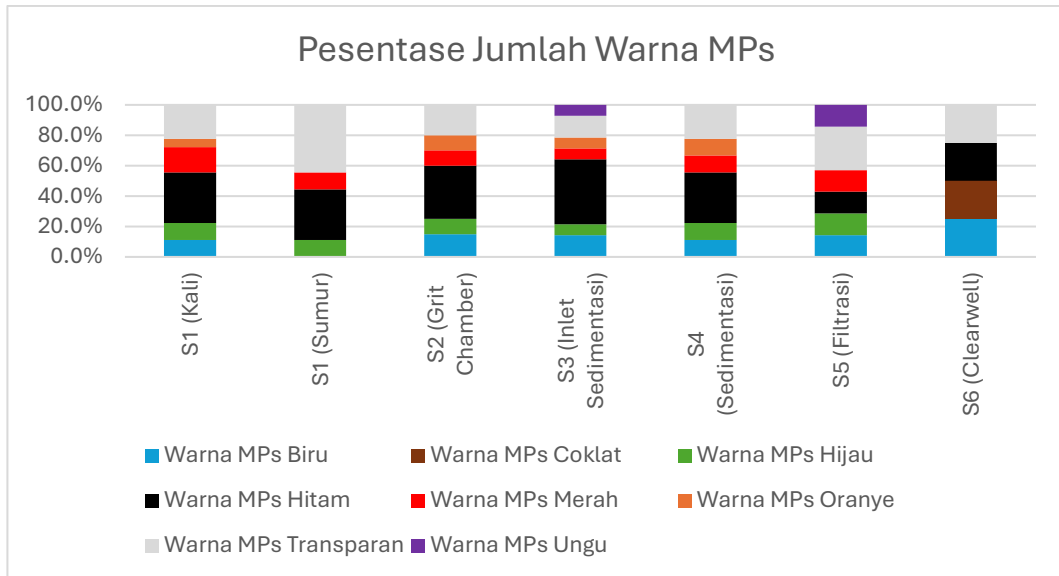
Berikut pada Tabel 4.5, Tabel 4.6, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6 merupakan hasil identifikasi warna mikroplastik pada unit Padasan PDAM Tirtamarta pada tiap titik sampling, yaitu:

Tabel 4. 5 Hasil Identifikasi Warna Mikroplastik

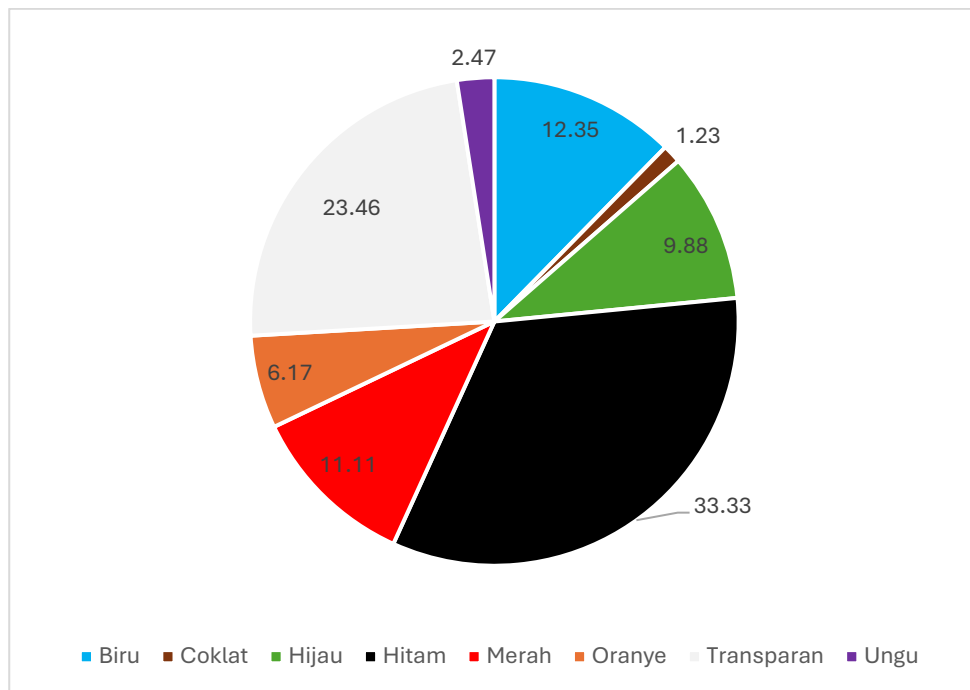
Sampel/Titik	Warna MPs							
	Biru	Coklat	Hijau	Hitam	Merah	Oranye	Transparan	Ungu
S1 (Kali)	11.1%	0%	11.1%	33.3%	16.7%	5.6%	22.2%	0%
S1 (Sumur)	0%	0%	11.1%	33.3%	11.1%	0%	44.4%	0%
S2 (Grit Chamber)	15%	0%	10%	35%	10%	10%	20%	0%
S3 (Inlet Sedimentasi)	14%	0%	7.1%	42.9%	7.1%	7.1%	14.3%	7.1%
S4 (Sedimentasi)	11.1%	0%	11.1%	33.3%	11.1%	11.1%	22.2%	0%
S5 (Filtrasi)	14.3%	0%	14.3%	14.3%	14.3%	0%	28.6%	14.3%
S6 (Clearwell)	25%	25%	0%	25%	0%	0%	25%	0%

Tabel 4. 6 Hasil Identifikasi Warna Mikroplastik

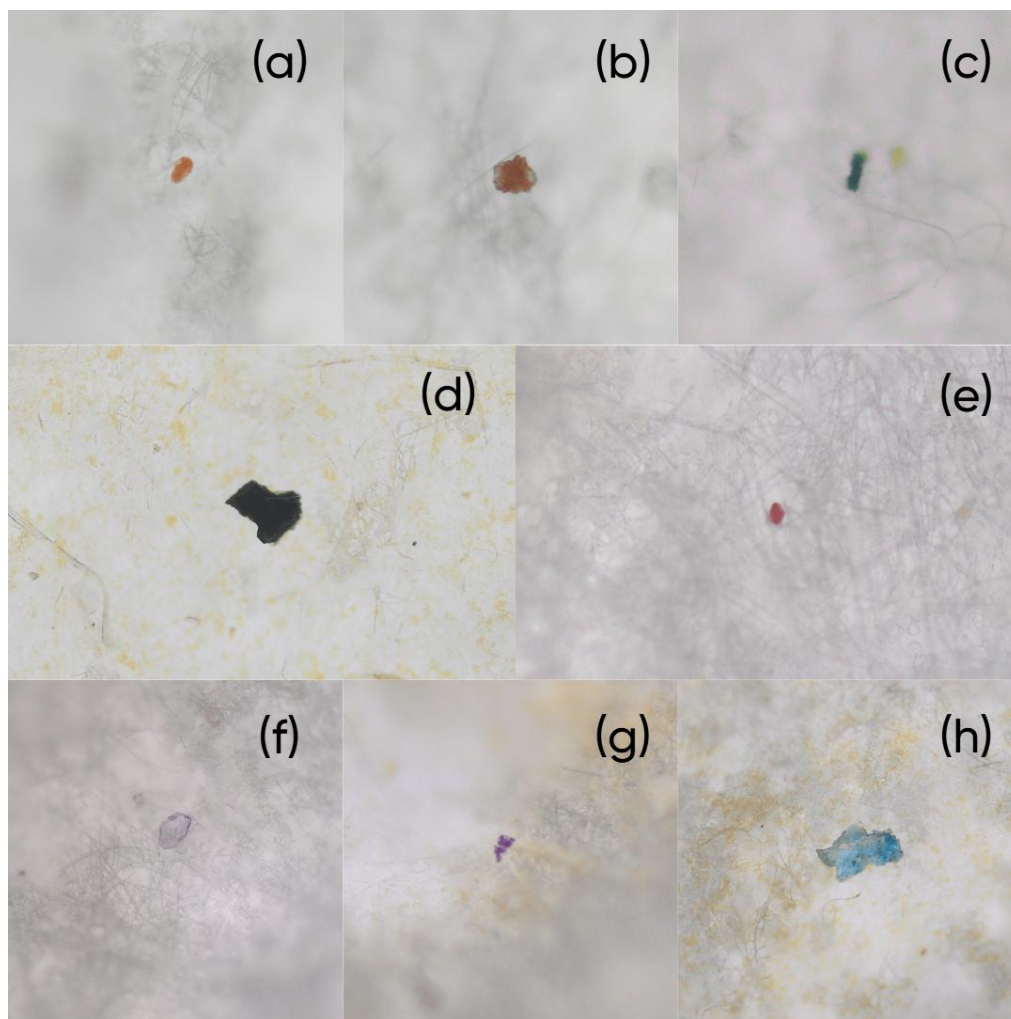
Sampel/Titik	Warna MPs								Jumlah Warna
	Biru	Coklat	Hijau	Hitam	Merah	Oranye	Transparan	Ungu	
S1 (Kali)	2	0	2	6	3	1	4	0	18
S1 (Sumur)	0	0	1	3	1	0	4	0	9
S2 (Grit Chamber)	3	0	2	7	2	2	4	0	20
S3 (Inlet Sedimentasi)	2	0	1	6	1	1	2	1	14
S4 (Sedimentasi)	1	0	1	3	1	1	2	0	9
S5 (Filtrasi)	1	0	1	1	1	0	2	1	7
S6 (Clearwell)	1	1	0	1	0	0	1	0	4
<b>Total</b>	10	1	8	27	9	5	19	2	81



Gambar 4. 5 Hasil Identifikasi Warna Mikroplastik



Gambar 4. 6 Hasil Identifikasi Warna Mikroplastik



Gambar 4. 7 Contoh masing-masing warna mikroplastik (a) Oranye, (b) Coklat, (c) Hijau, (d) Hitam, (e) Merah, (f) Transparan, (g) Ungu, dan (h) Biru

Berdasarkan pengamatan visual menggunakan mikroskop, ditemukan berbagai warna mikroplastik. Mikroplastik yang teridentifikasi memiliki warna seperti oranye, coklat, hijau, hitam, merah, transparan, ungu, dan biru. Dalam Tabel 4.5, terlihat bahwa pada sampel S1 (Kali), mikroplastik warna hitam mendominasi dengan persentase 33,3%, diikuti oleh mikroplastik transparan yang muncul kedua terbanyak dengan persentase 22,2%. Warna mikroplastik lainnya, seperti hijau, ungu, oranye, coklat, biru, dan merah, masing-masing ditemukan dengan persentase 11,1%, 0%, 5,6%, 0%, 11,1%, dan 16,7%. Pada sampel S1 (Sumur), mikroplastik transparan mendominasi dengan persentase 44,4%, sedangkan mikroplastik hitam

muncul kedua terbanyak dengan persentase 33,3%. Warna mikroplastik lainnya, seperti hijau, ungu, oranye, coklat, biru, dan merah, ditemukan masing-masing dengan persentase 11,1%, 0%, 0%, 0%, 0%, dan 11,1%. Pada sampel S2 (Grit Chamber), mikroplastik warna hitam mendominasi dengan persentase 35%, diikuti oleh mikroplastik transparan yang muncul kedua terbanyak dengan persentase 20%. Warna mikroplastik lainnya, seperti hijau, ungu, oranye, coklat, biru, dan merah, ditemukan masing-masing dengan persentase 10%, 0%, 10%, 0%, 15%, dan 10%. Pada sampel S3 (*Inlet* Sedimentasi), mikroplastik warna hitam mendominasi dengan persentase 42,9%, sedangkan mikroplastik transparan muncul kedua terbanyak dengan persentase 14,3%. Warna mikroplastik lainnya, seperti hijau, ungu, oranye, coklat, biru, dan merah, ditemukan masing-masing dengan persentase 7,1%, 7,1%, 7,1%, 0%, 14%, dan 7,1%. Pada sampel S4 (Sedimentasi), mikroplastik warna hitam mendominasi dengan persentase 33,3%, diikuti oleh mikroplastik transparan dengan persentase 22,2%. Warna mikroplastik lainnya, seperti hijau, ungu, oranye, coklat, biru, dan merah, ditemukan masing-masing dengan persentase 11,1%, 0%, 11,1%, 0%, 11,1%, dan 11,1%. Pada sampel S5 (Filtrasi), mikroplastik transparan mendominasi dengan persentase 28,9%, sedangkan warna mikroplastik lainnya, seperti hitam, hijau, ungu, oranye, coklat, biru, dan merah, ditemukan masing-masing dengan persentase 14,3%, 14,3%, 14,3%, 0%, 0%, 14,3%, dan 14,3%. Pada sampel S6 (Clearwell), mikroplastik dengan warna hitam, transparan, hijau, ungu, oranye, coklat, biru, dan merah ditemukan masing-masing dengan persentase 25%, 0%, 0%, 0%, 25%, 25%, dan 0%

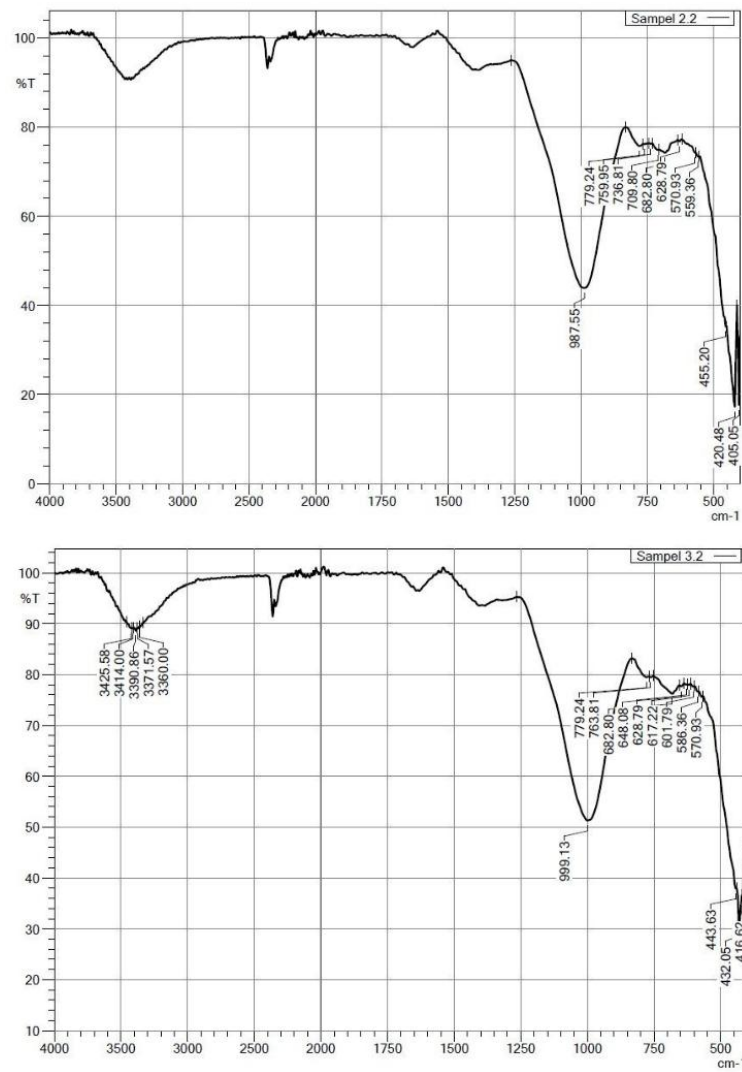
Hasil analisis mikroplastik berdasarkan warna dalam penelitian ini menunjukkan bahwa warna hitam adalah yang paling banyak ditemukan, diikuti oleh warna transparan sebagai warna kedua terbanyak. Warna hitam dan transparan yang dominan diduga berasal dari limbah rumah tangga dan proses degradasi plastik yang terbawa memasuki intake IPA dari Sungai Kali Kuning. Zhao *et al.* (2022) menjelaskan bahwa faktor utama yang mempengaruhi transmisi sinar UV pada plastik adalah kedalaman warna, yang diukur dengan nilai L atau *Lightness Value*. Semakin gelap warna plastik (nilai L yang rendah), semakin besar

kemampuannya untuk menyerap cahaya, yang mengakibatkan rendahnya transmisi sinar UV dan memperlambat proses fotodegradasi. Akibatnya, ketika plastik berwarna gelap masuk ke lingkungan, ia akan sulit terdegradasi. Hal ini menjadi salah satu alasan mengapa banyak produk plastik diproduksi dengan pigmen hitam, karena sifatnya yang tahan lama. Namun, di sisi lain, sampah plastik berwarna hitam menjadi salah satu penyumbang terbesar mikroplastik di lingkungan akibat produksinya yang tinggi dan akhirnya terbuang ke alam (Huang dan Xu, 2022). Basri *et al.* (2021) juga mencatat bahwa warna hitam adalah yang paling umum ditemukan dalam berbagai studi tentang mikroplastik, dan warna ini dapat menunjukkan jumlah kontaminan serta partikel organik yang teradsorpsi pada permukaan mikroplastik. Mikroplastik berwarna hitam memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap polutan dan mempengaruhi tekstur mikroplastik tersebut (Ismiyati *et al.*, 2022).

Selain warna hitam, warna transparan juga merupakan warna kedua yang paling banyak ditemukan dalam penelitian ini. Partikel mikroplastik transparan biasanya disebabkan oleh proses fotokimia yang mengubah dan menghilangkan warna atau pigmen asli dari partikel tersebut (Tubagus *et al.*, 2020). Warna transparan juga sering ditemukan di sedimen, yang disebabkan oleh pelunturan warna asli plastik akibat proses yang terjadi di lingkungan (Li Y *et al.*, 2020). Plastik yang masuk ke lingkungan mengalami berbagai proses yang dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari, arus air, abrasi, oksidasi termal, dan biodegradasi. Salah satu penyebab utama perubahan warna pada polimer plastik adalah fotodegradasi (Zhou *et al.*, 2022). Warna coklat dan kekuningan pada mikroplastik yang ditemukan dalam penelitian ini mungkin disebabkan oleh proses pelapukan (Uoginte *et al.*, 2022). Manalu *et al.* (2017) menyatakan bahwa warna pada mikroplastik dapat meningkatkan risiko atau potensi mikroplastik tersebut untuk dikonsumsi oleh organisme, karena bentuknya yang mirip dengan makanan.

### 4.3 Identifikasi Mikroplastik Dengan FTIR

Setelah mikroplastik dianalisis berdasarkan jumlah, jenis, dan warnanya menggunakan mikroskop, tahap berikutnya adalah identifikasi jenis polimer dengan teknik FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat *SHIMADZU IRTracer-100* untuk mengkarakterisasi polimer pada setiap sampel atau kertas saring. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah *fragment* dan *fiber* baik pada unit Padasan PDAM Tirtamarta. Polimer yang terdeteksi diduga berasal dari mikroplastik yang telah dianalisis. Pembacaan spektrum FTIR dilakukan dalam rentang panjang gelombang  $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ . Berikut Gambar 4.8 merupakan sebagian hasil pembacaan FTIR.



Gambar 4. 8 Hasil FTIR (2.2) Sampel 2 *Inlet* Sedimentasi (3.2) Sampel 3 Filtrasi

Jenis polimer mikroplastik diidentifikasi berdasarkan nilai peak (cm<sup>-1</sup>) yang disajikan dalam Tabel jenis polimer unit Padasan PDAM Tirtamarta.

Tabel 4. 7 Jenis Polimer

Titik Sampling	Peak (cm-1)	Referensi Peak (cm-1)	Assignment	Polimer
S1K	995.27	997	C-C stretching	Polypropylene (PP)
	779.24	759	Aromatic CH out-of-plane bending, =CH bending	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)
	667.37	687	NH bending, C=O bending	Nylon (all polyamides)
S1S	1631.8	1634	C=O stretching	Nylon (all polyamides)
	1388.8	1386	CH <sub>3</sub> bending	Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	987.55	985	CH <sub>3</sub> rocking	Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
S2	987.55	985	CH <sub>3</sub> rocking	Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	671.23	687	NH bending, C=O bending	Nylon (all polyamides)
	524.64	537	Aromatic ring out-of-plane bending	Polystyrene (PS)
S3	1632.8	1634	C=O stretching	Nylon (all polyamides)
	992.56	997	C-C stretching	Polypropylene (PP)
	670.55	687	NH bending, C=O bending	Nylon (all polyamides)
S4	987.55	985	CH <sub>3</sub> rocking	Poly(methyl methacrylate) (PMMA or acrylic)
	709.8	717	CH <sub>2</sub> rocking	High density polyethylene (HDPE)
	405.05	509	CF <sub>2</sub> bending	Polytetrafluorethylene (PTFE)
S5	999.13	997	C-C stretching	Polypropylene (PP)
	779.24	759	Aromatic CH out-of-plane bending, =CH bending	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)
	617.22	616	C-Cl stretching	Polyvinyl chloride (PVC)
S6	1639.5	1634	C=O stretching	Nylon (all polyamides)
	991.41	997	C-C stretching	Polypropylene (PP)
	678.94	687	NH bending, C=O bending	Nylon (all polyamides)

Berdasarkan hasil uji FT-IR, nilai puncak gelombang yang terdeteksi pada setiap sampel menunjukkan jenis polimer yang terkandung di dalamnya. Pada sampel 1K, puncak gelombang berada pada  $995.27\text{ cm}^{-1}$ ,  $779.24\text{ cm}^{-1}$ , dan  $667.37\text{ cm}^{-1}$ , yang mengindikasikan keberadaan polimer *Polypropylene* (PP), ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), dan *Nylon (all polyamides)*. Sampel 1S

menunjukkan puncak pada  $1631.8\text{ cm}^{-1}$ ,  $1388.8\text{ cm}^{-1}$ , dan  $987.55\text{ cm}^{-1}$ , yang mengarah pada keberadaan polimer *Nylon (all polyamides)* serta *Poly (methyl methacrylate)* (PMMA or *acrylic*). Sementara itu, sampel 2 memiliki puncak gelombang pada  $987.55\text{ cm}^{-1}$ ,  $671.23\text{ cm}^{-1}$ , dan  $524.64\text{ cm}^{-1}$ , yang menunjukkan adanya polimer *Poly (methyl methacrylate)* (PMMA or *acrylic*), *Nylon (all polyamides)*, serta *Polystyrene* (PS). Pada sampel 3, puncak gelombang terdeteksi di  $1632.8\text{ cm}^{-1}$ ,  $992.56\text{ cm}^{-1}$ , dan  $670.55\text{ cm}^{-1}$ , yang menunjukkan keberadaan *Nylon (all polyamides)* dan *Polypropylene* (PP). Hasil uji FT-IR untuk sampel 4 menunjukkan puncak gelombang pada  $987.55\text{ cm}^{-1}$ ,  $709.8\text{ cm}^{-1}$ , dan  $405.05\text{ cm}^{-1}$ , yang mengindikasikan kehadiran *Poly (methyl methacrylate)* (PMMA or *acrylic*), *High Density Polyethylene* (HDPE), serta *Polytetrafluoroethylene* (PTFE). Pada sampel 5, puncak gelombang yang terdeteksi berada di  $999.13\text{ cm}^{-1}$ ,  $779.24\text{ cm}^{-1}$ , dan  $617.22\text{ cm}^{-1}$ , yang mengindikasikan keberadaan *Polypropylene* (PP), *ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)*, serta *Polyvinyl Chloride* (PVC). Terakhir, sampel 6 memiliki puncak gelombang pada  $1639.5\text{ cm}^{-1}$ ,  $991.41\text{ cm}^{-1}$ , dan  $678.94\text{ cm}^{-1}$ , yang menunjukkan keberadaan polimer *Nylon (all polyamides)* dan *Polypropylene* (PP).

Penjelasan dari masing-masing polimer plastik yang teridentifikasi dan kegunaan dari polimer ini adalah sebagai berikut:

1. *Polypropylene* (PP)

*Polypropylene* (PP) adalah salah satu jenis plastik yang banyak digunakan dalam kemasan makanan. Dengan densitas rendah sekitar  $0,91\text{ g/cm}^3$ , PP sering dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, seperti produk sanitasi (popok dan pembalut wanita), kemasan makanan, wadah penyimpanan, botol, peralatan rumah tangga, serta alat pancing (Maddah, 2016). Selain itu, menurut Li *et al.* (2016), PP juga banyak digunakan dalam pembuatan sedotan plastik. Dibandingkan dengan polyethylene (PE), PP memiliki karakteristik yang lebih keras dan lebih padat, sehingga sering digunakan untuk kemasan makanan yang dapat dipanaskan dalam microwave (Peltzer & Simoneau, 2013).

## 2. (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) ABS

ABS merupakan polimer termoplastik yang terbentuk dari tiga monomer utama: akrilonitril, *butadiena*, dan *stirena*. Struktur kimianya terdiri dari rantai polimer dengan unit berulang akrilonitril ( $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-$ ), butadiena ( $-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$ ), dan stirena ( $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-$ ). Gugus nitril ( $-\text{CN}$ ) dalam akrilonitril memberikan ketahanan terhadap panas dan bahan kimia, sedangkan butadiena berperan dalam elastisitas dan ketangguhan. Sementara itu, gugus *fenil* ( $\text{C}_6\text{H}_5$ ) pada stirena menambah sifat kekakuan dan kilap. ABS sering digunakan dalam industri otomotif, peralatan rumah tangga, serta casing elektronik karena daya tahannya yang tinggi terhadap benturan serta kemudahan dalam proses pembentukan. Selain itu, ABS juga memiliki stabilitas dimensi yang baik dan dapat dengan mudah dicetak dalam proses manufaktur (Azuri *et al.*, 2024).

## 3. *Nylon (all polyamides)*

*Nylon* atau poliamida adalah polimer dengan rantai panjang yang dihubungkan oleh ikatan amida ( $-\text{CO}-\text{NH}-$ ). Material ini memiliki karakteristik unggul seperti kekuatan tinggi, elastisitas, ketahanan terhadap abrasi, serta ketahanan terhadap bahan kimia. Di Indonesia, nylon banyak digunakan dalam industri tekstil untuk pembuatan kain, tali, dan jaring, serta dalam industri plastik untuk produksi sikat gigi, komponen otomotif, dan perangkat elektronik. Berkat sifat mekanisnya yang unggul serta kemampuannya diolah dengan berbagai teknik manufaktur seperti pencetakan injeksi dan ekstrusi, nylon menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi industri (Maulina, 2016).

## 4. *Poly (methyl methacrylate)* (PMMA or acrylic)

PMMA, atau yang lebih dikenal sebagai akrilik, merupakan polimer plastik dengan densitas antara 1,17 hingga 1,3 g/cm<sup>3</sup>. Material ini memiliki sifat kuat, tahan panas, transparan, dan kaku. PMMA sering digunakan dalam berbagai produk interior dan dekorasi rumah, seperti pajangan

akrilik, cat berbasis akrilik yang tahan air, wadah kosmetik, dan berbagai kebutuhan lainnya.

5. *Polystyrene (PS)*

*Polystyrene (PS)* merupakan termoplastik dengan densitas sekitar  $1,050 \text{ g/cm}^3$  dan menjadi salah satu plastik yang paling banyak digunakan setelah *polyethylene (PE)*, *polypropylene (PP)*, dan *polyvinyl chloride (PVC)*. PS sering dimanfaatkan dalam pembuatan plastik pembungkus makanan, perlengkapan rumah tangga, serta perangkat elektronik karena sifatnya yang tahan gores, kaku, dan transparan. Bentuk busa dari PS juga umum digunakan dalam kemasan makanan dan minuman, serta karton pembungkus telur dan peralatan makan plastik (Gausepohl & Nießner, 2001; Peltzer & Simoneau, 2013).

6. *High Density Polyethylene (HDPE)*

HDPE merupakan salah satu jenis polyethylene dengan kepadatan tinggi yang memiliki sifat mekanik lebih kuat dibandingkan *Low-Density Polyethylene (LDPE)*. Plastik ini dikenal karena ketahanannya terhadap bahan kimia, daya tahan tinggi, serta sifatnya yang tahan air, sehingga banyak digunakan dalam pembuatan pipa, wadah makanan, botol plastik, dan berbagai produk lainnya (Andrady & Neal, 2009).

7. *Polytetrafluoroethylene (PTFE)*

PTFE adalah polimer plastik dengan densitas sekitar  $2,2 \text{ g/cm}^3$  yang banyak digunakan sebagai bahan anti lengket pada peralatan memasak seperti panci dan wajan. Selain itu, PTFE juga sering digunakan dalam industri komersial sebagai isolasi pada kabel listrik (Radulovic & Wojcinski, 2014).

8. *Polyvinyl Chloride (PVC)*

PVC adalah jenis polimer plastik dengan densitas antara  $1,1$  hingga  $1,4 \text{ g/cm}^3$  dan merupakan salah satu polimer termoplastik tertua yang mulai diproduksi sejak tahun 1930-an. Material ini memiliki ketahanan terhadap bahan kimia, air, dan kondisi cuaca, serta biaya produksinya relatif rendah. PVC tersedia dalam bentuk kaku maupun fleksibel, di mana varian kaku

sering digunakan untuk lembaran plastik, pipa air bersih, dan saluran air limbah. Sementara itu, PVC fleksibel umumnya digunakan dalam produksi mainan, alat tulis, kemasan, serta wadah penyimpanan (Tueen & Sin, 2023). Menurut Liu *et al.* (2022), PVC juga banyak digunakan dalam produk seperti kulit buatan, botol air mineral, jas hujan, dan berbagai perlengkapan lainnya.

#### 4.4 Efisiensi Penyisihan Mikroplastik

Efisiensi removal atau penyisihan mikroplastik dalam proses pengolahan air sangat penting untuk mengevaluasi kinerja masing-masing unit dalam Instalasi Pengolahan Air (IPA). Pada penelitian ini, efisiensi dihitung berdasarkan perbandingan antara kelimpahan mikroplastik di titik sebelumnya dan titik sesudahnya dalam alur pengolahan. Efisiensi penyisihan mikroplastik dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Efisiensi dihitung dengan rumus :

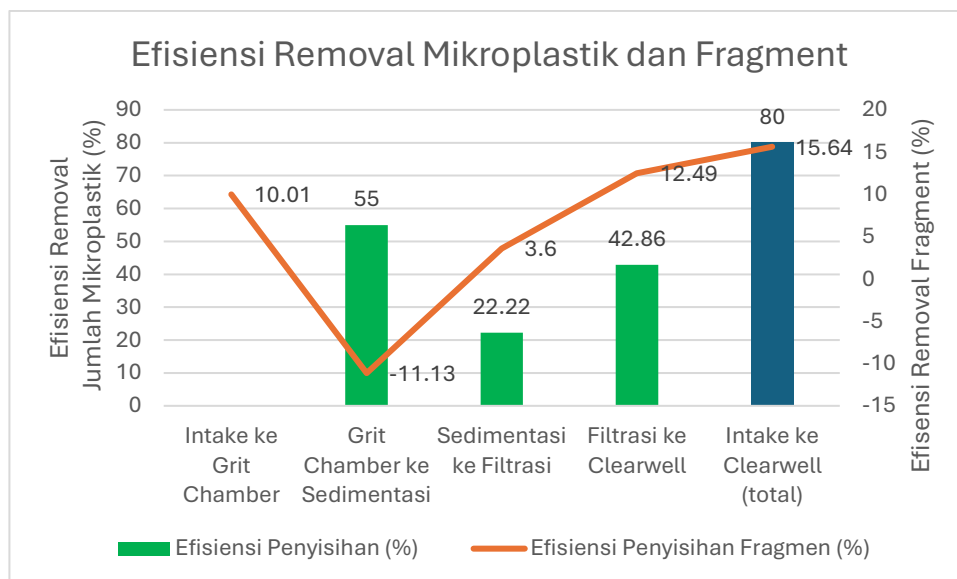
$$Efisiensi\ Removal\ (\%) = \left( \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \right) \times 100\%$$

Tabel 4. 8 Efisiensi Penyisihan Mikroplastik

Tahapan Pengolahan	Titik Awal	Titik Akhir	Kelimpahan Awal (partikel/L)	Kelimpahan Akhir (partikel/L)	Efisiensi Penyisihan (%)
Intake ke <i>Grit Chamber</i>	S1 (Kali) - 180	S2 - 200	180	200	-11,11
<i>Grit Chamber</i> ke Sedimentasi	S2 - 200	S4 - 90	200	90	55,00
Sedimentasi ke Filtrasi	S4 - 90	S5 - 70	90	70	22,22
Filtrasi ke <i>Clearwell</i>	S5 - 70	S6 - 40	70	40	42,86
Intake ke <i>Clearwell</i> (total)	S1 (Kali) - 200	S6 - 40	200	40	80,00

Tabel 4. 9 Efisiensi Penyisihan *Fragment*

Tahapan Pengolahan	Kelimpahan Awal <i>Fragmen</i> (%)	Kelimpahan Akhir <i>Fragmen</i> (%)	Efisiensi Penyisihan <i>Fragmen</i> (%)
Intake ke <i>Grit Chamber</i>	88.9	80	10.01
<i>Grit Chamber</i> ke Sedimentasi	80	88.9	-11.13
Sedimentasi ke Filtrasi	88.9	85.7	3.6
Filtrasi ke <i>Clearwell</i>	85.7	75	12.49
Intake ke <i>Clearwell</i> (total)	88.9	75	15.64



Gambar 4. 9 Grafik Efisiensi Penyisihan Mikroplastik dan Fragment

Rangkaian proses pengolahan air di IPA Padasan mencakup beberapa tahapan utama, yaitu *grit chamber*, sedimentasi, filtrasi pasir cepat (RSF), dan clearwell. Masing-masing unit beroperasi dengan mekanisme yang berbeda dalam mengurangi kandungan mikroplastik berdasarkan jumlah, bentuk, dan warna. Terdapat peningkatan jumlah mikroplastik dari intake menuju *grit chamber*. Hal ini diduga disebabkan oleh pencampuran dua sumber air baku, yaitu dari Sumur Bedoyo dan Sungai Kali Kuning. Pencampuran ini kemungkinan memperbesar volume dan mengakibatkan resuspensi partikel mikroplastik yang sebelumnya mengendap di dasar saluran.

Pada tahap berikutnya, yakni antara *grit chamber* dan sedimentasi, terjadi penurunan signifikan jumlah mikroplastik dari 200 partikel/L menjadi 90 partikel/L, mencerminkan efisiensi penyisihan sebesar 55%. Namun, pada saat yang sama, persentase jenis fragmen justru mengalami peningkatan sebesar -11,13%, yaitu dari 80% menjadi 88,9%. Kenaikan ini dapat dijelaskan melalui dua mekanisme.

Pertama, proses sedimentasi cenderung lebih efektif dalam mengendapkan mikroplastik yang lebih ringan seperti *foam*, *film*, dan *fiber*. Penyisihan selektif

terhadap jenis-jenis tersebut menyebabkan fragmen yang memiliki massa jenis lebih besar menjadi lebih dominan secara persentase, meskipun jumlah absolutnya bisa saja menurun.

Kedua, selama proses pengolahan air, partikel mikroplastik dapat mengalami fragmentasi akibat gaya mekanis, perbedaan tekanan, atau reaksi oksidatif ringan. Mikroplastik jenis film dan pellet, misalnya, dapat pecah menjadi bentuk fragmen yang lebih kecil, sehingga meningkatkan jumlah fragmen secara relatif pada titik analisis selanjutnya.

Dengan demikian, kenaikan proporsi fragmen bukan merupakan indikasi bertambahnya kontaminasi, melainkan akibat penyisihan yang efisien terhadap jenis mikroplastik lain dan kemungkinan transformasi bentuk selama proses berlangsung.

Fragmen sebagai jenis mikroplastik yang paling dominan mengalami penurunan secara bertahap, dari rata-rata 88,9% pada *intake* menjadi 75% di tahap akhir (*clearwell*). *Fiber* juga mengalami penurunan, meskipun lebih kecil, dari rerata 22,2% menjadi 25%, karena karakteristiknya yang fleksibel dan ringan membuatnya lebih sulit disaring dengan proses pengendapan.

Di unit filtrasi pasir cepat (RSF), mikroplastik turun dari 90 partikel/L menjadi 70 partikel/L, memberikan efisiensi penyisihan sebesar 22,22%. Namun, untuk jenis fragmen, efisiensi penyisihannya mencapai sekitar 12,49%. Proses ini mengandalkan penyaringan fisik dan adsorpsi pada media pasir untuk menahan partikel dengan ukuran di atas 200  $\mu\text{m}$ . Fragmen dan *fiber* merupakan dua jenis yang paling efektif disaring pada tahap ini. Sementara itu, *foam*, *film*, dan *pellet* tidak lagi terdeteksi, mengindikasikan bahwa partikel tersebut telah berhasil diendapkan atau disaring pada tahapan sebelumnya.

Tahapan akhir pengolahan dilakukan di *clearwell*. Meskipun tidak secara khusus dirancang sebagai unit penyaringan, *clearwell* memberikan kontribusi penyisihan tambahan sebesar 42,86% (dari 70 menjadi 40 partikel/L). Waktu tinggal air yang cukup lama dan proses desinfeksi dengan klorin memungkinkan pengendapan lanjutan partikel halus. Selain itu, klorinasi dapat memicu reaksi

oksidatif ringan yang meningkatkan densitas partikel, sehingga lebih mudah untuk mengendap.

Dari segi warna, mikroplastik hitam yang semula mendominasi (33,3–42,9%) mengalami penurunan hingga hanya tersisa 25% di titik *clearwell*. Warna transparan, yang awalnya mencapai 44,4%, bahkan tidak terdeteksi lagi pada tahap akhir. Penurunan ini diduga disebabkan oleh pelunturan pigmen akibat paparan klorin dan sinar UV serta proses pengendapan alami. Warna cerah seperti merah, biru, dan hijau juga menunjukkan penurunan drastis dengan proporsi rata-rata kurang dari 15% di akhir proses.

Secara total, sistem IPA Padasan mampu menurunkan kelimpahan mikroplastik hingga 80%, dari 200 partikel/L di awal menjadi 40 partikel/L di akhir. Penurunan tertinggi terjadi pada mikroplastik berjenis fragmen dan fiber, serta pada warna hitam dan transparan. Kombinasi antara proses sedimentasi, filtrasi, dan retensi di *clearwell* menunjukkan efektivitas yang cukup tinggi dalam menyisihkan mikroplastik berdasarkan berbagai karakteristik fisik.

Meskipun tidak sepenuhnya menghilangkan mikroplastik, sistem pengolahan ini telah menunjukkan kinerja yang efisien. Temuan ini konsisten dengan laporan Trihadiningrum *et al.*, (2020) yang mencatat efisiensi penyisihan mikroplastik di berbagai instalasi pengolahan air di Surabaya berkisar antara 54% hingga 76%.

#### 4.5 Evaluasi Efektivitas Unit Pengolahan dalam Menurunkan Mikroplastik

Berdasarkan hasil identifikasi mikroplastik pada tiap titik pengolahan, terjadi penurunan kelimpahan dari intake hingga output. Berikut analisis tiap unit:

##### a. *Inlet* sedimentasi dan Sedimentasi

Unit sedimentasi memiliki panjang 30 m dan lebar 15 m. Dengan debit air 51,7 L/detik, kecepatan aliran rata-rata adalah:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0571 \text{ m}^3/\text{s}}{450 \text{ m}^2} = 0,000115 \text{ m/s}$$

Berdasarkan kecepatan tersebut, partikel dengan densitas di atas air (seperti PVC  $\sim 1.38 \text{ g/cm}^3$ ) berpotensi untuk mengendap lebih cepat dibanding PE/PP ( $0.91\text{--}0.95 \text{ g/cm}^3$ ).

b. Filtrasi

Filtrasi menggunakan pasir kuarsa dan gravel dengan pori-pori sekitar 0.2–1 mm. Mikroplastik dengan ukuran  $>200 \mu\text{m}$  kemungkinan besar tertahan pada lapisan pasir kasar dan kuarsa.

c. *Clearwell*

Meskipun desinfeksi tidak menyisahkan mikroplastik secara kimiawi, kemungkinan adanya sedimentasi lanjutan membuat kelimpahan mikroplastik tetap berkurang.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil identifikasi mikroplastik dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik ditemukan di seluruh tahapan proses pengolahan air di unit Padasan PDAM Tirtamarta, dengan kelimpahan tertinggi di titik intake Sungai Kali Kuning (200 partikel/L) dan terendah di titik clearwell (40 partikel/L).
2. Jenis mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen, dengan persentase tertinggi di semua titik pengambilan sampel. Selain itu, mikroplastik berbentuk fiber juga cukup banyak ditemukan.
3. Warna mikroplastik yang paling dominan adalah hitam dan transparan, yang diduga berasal dari limbah domestik dan degradasi plastik di lingkungan perairan.
4. Analisis FTIR menunjukkan bahwa jenis polimer mikroplastik yang banyak ditemukan adalah *Polypropylene* (PP), *Nylon (all polyamides)*, dan *Poly (methyl methacrylate)* (PMMA or acrylic).

#### **5.2 Saran**

Terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan berdasarkan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Disarankan untuk menambahkan sistem koagulasi-flokulasi dalam proses pengolahan guna meningkatkan efektivitas penyisihan mikroplastik.
2. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan teknologi pada unit padasan dalam mengurangi mikroplastik di air olahan.

3. Perlu dilakukan pemantauan berkala terhadap kelimpahan dan karakteristik mikroplastik di sumber air baku dan air olahan PDAM.
4. Pada pengujian FT-IR, diperlukan ketelitian dalam menentukan titik pada kertas saring sebelum proses pembacaan, sehingga jenis polimer dapat diidentifikasi dengan lebih akurat. Selain itu, mikroplastik yang terlihat secara kasat mata dapat dipisahkan terlebih dahulu menggunakan pinset untuk memastikan hasil analisis yang lebih tepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, D., & Anggiani, M. (2022). Kajian kelimpahan mikroplastik pada sedimen di Perairan Laut Indonesia. *Jurnal Oseana*, 47(1): 20-28.
- Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1977-1984.
- Ariskha, P. T. (2019). Studi Kandungan Micro Debris pada Sistem Distribusi Air Minum Daerah Surabaya Timur Di IPAM Ngagel III. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Basri, K. dkk. (2021) 'Microplastic Pollution in Waters and Its Impact on Health and Environment in Indonesia: A Review', *Journal of Public Health For Tropical and Coastal Region*, Vol 4 No.2, <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jphtr/index>
- Fischer, E.K., Paglialonga, L., Czech, E., dan Tamminga, M. (2016). Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments- a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental pollution*, 213, 648-657.
- Hanif, K. H., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i1.26832>
- Huang, Y. dan Xu, E. G. (2022) 'Black microplastic in plastic pollution: undetected and underestimated?', *Water Emerging Contaminants & Nanoplastics*, 1(3), p. 14. doi: 10.20517/wecn.2022.10.
- Ismiyati, I. dkk. (2023) 'Microplastics pollution in sediment of Serang River Kulon Yogyakarta Province', *Jurnal Rekayasa Proses*. doi: 10.22146/jrekpros.73233.
- Juhaedah Alifah, A., June Murliani, L., Tojaya, T., Nusa Putra, U., Studi Teknik Informatika, P., Studi Sistem Informasi, P., & Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, P. (2023). PENGELOLAAN SAMPAH PLASTIK MENJADI EKOBRIK UNTUK MENCEGAH PENCEMARAN SAMPAH MIKROPLASTIK YANG

ADA DI DESA MEKARASIH. In *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Abdi Nusa* (Vol. 3, Issue Oktober).

- Karami, A., Golieskardi, A., Keong Choo, C., Larat, V., Galloway, T. S., dan Salamatinia, B. 2017. The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Scientific Reports*. 1–9. (Online) (<https://doi.org/10.1038/srep46173>, diakses pada 10 Januari 2022).
- Li, W. C., TSE, H. F. dan FOK, L. (2016) ‘Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects’, *Science of The Total Environment*, 566–567, pp. 333–349. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.084
- Li, Y. dkk. (2020) ‘Microplastics in surface water and sediments of Chongming Island in the Yangtze Estuary, China’, *Environmental Sciences Europe*, 32(1), p. 15. doi: 10.1186/s12302-020-0297-7.
- Ling, D., Mao, R., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., & Yang, C. (2019). Microplastics In Surface Waters And Sediments Of The Wei River, In The Northwest Of China. *Science of the Total Environment* 667 : 427 – 434.
- Liu, S. dkk. (2022) ‘Integrated effects of polymer type, size and shape on the sinking dynamics of biofouled microplastics’, *Water Research*, 220, p. 118656. doi: 10.1016/j.watres.2022.118656.
- Lusher AL, Welden NA, Sobral P, Cole M. (2017). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods*. (9): 1346-1360.
- Maddah, A. S. (2016) ‘Polypropylene as a Promising Plastic: A Review’, *American Journal of Polymer Science* 6(1), pp. 1-11. doi: 10.5923/j.ajps.20160601.01
- Manalu A. dkk. (2017). ‘Microplastics abundance in coastal sediments of Jakarta Bay, Indonesia’. *AAFL Bioflux* 10(5):1164-1173
- Mar'atusholihah, Trihadinigrum. Y, Radityaningrum. D. A. (2020). Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada IPAM Karangpilang III Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2) C154-C160.

- Peltzer, M. A. dan Simoneau, C. (2013) 'Report of an inter-laboratory comparison from the European Reference Laboratory for Food Contact Materials: ILC 002 2013: Identification of Polymeric Materials', pp. 11–12.
- Putri, A. S. (2022). Identifikasi Jenis Dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Dan Sedimen Sungai Gending Kabupaten Probolinggo : Universitas Islam Negri Sunan Ampel Surabaya
- Radulovic, L. L. dan Wojcinski, Z. W. (2014) 'PTFE (Polytetrafluoroethylene; Teflon®)', in *Encyclopedia of Toxicology*. Elsevier, pp. 1133–1136. doi: 10.1016/B978-0-12-386454-3.00970-2.
- Ramadhan, F., Prasasti D.R, F., Firizqy, F., & Nugroho Adji, T. (2019). Pendugaan Distribusi Air Lindi dengan Geolistrik Metode ERT di TPA Piyungan, Bantul, DIY. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(1), 1. <https://doi.org/10.22146/mgi.38813>
- Sandra, S. W., & Radityaningrum, A. D. (2021). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Biota Perairan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 638–648. <https://doi.org/10.14710/jil.19.3.638-648>
- Saputra, S. M. (2024). Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Sumur Pantau dan Drainase TPA Piyungan. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia
- Suprijanto, J., Senduk, J. L., & Makrimea, D. B. (2021). Penggunaan Fourier Transform Infrared untuk Analisis Mikroplastik pada *Loligo sp.* dan *Rastrelliger sp.* dari TPI Tambak Lorok Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3), 291–298. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.38964>
- Tanaka, K. dan Takada, H. (2016) 'Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters', *Scientific Reports*, 6(1), p. 34351. doi: 10.1038/srep34351.
- Tubagus, W. dkk. (2020) 'Identification of Microplastic Composition on Clams (*Gafrarium tumidum*) and Sediments in Seribu Island, Pari Island Area, DKI Jakarta', *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 25(3), pp. 115–120. doi: 10.14710/ik.ijms.25.3.115-120.

- Uogintė, I. dkk. (2022) 'Seasonal variation and complex analysis of microplastic distribution in different WWTP treatment stages in Lithuania', *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(11), p. 829. doi: 10.1007/s10661-022-10478-x.
- Wang, Z., Lin, T., & Chen, W. (2020). Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). *Science of The Total Environment*, 700, 134520.
- Yona, Defri., Mahatma Farrel Zahran., M. Arif Zainul Fuad., Yuniar Ponco Prananto, & Ledhyane Ika Hariyan. 2021. *Mikroplastik di Perairan: Jenis, Metode Sampling dan Analisis Laboratorium*. UB Press. Malang.
- Zhao, X. dkk. (2022) 'Color: An Important but Overlooked Factor for Plastic Photoaging and Microplastic Formation', *Environmental Science & Technology*, 56(13), pp. 9161–9163. doi: 10.1021/acs.est.2c02402.
- Zhou, Q. dkk. (2020) 'Characteristics and distribution of microplastics in the coastal mangrove sediments of China', *Science of The Total Environment*, 703, p. 134807. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134807.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Contoh Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik

*Kelimpahan Mikroplastik*

$$= \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik (partikel/liter)}}{\text{Volume air tersaring (m}^3\text{)}}$$

$$= \frac{18}{0.1}$$

$$= 180 \text{ Partikel/L}$$

### Lampiran 2 Contoh Perhitungan Efisiensi Removal Mikroplastik

$$C_{awal} = 90 \text{ partikel/L}$$

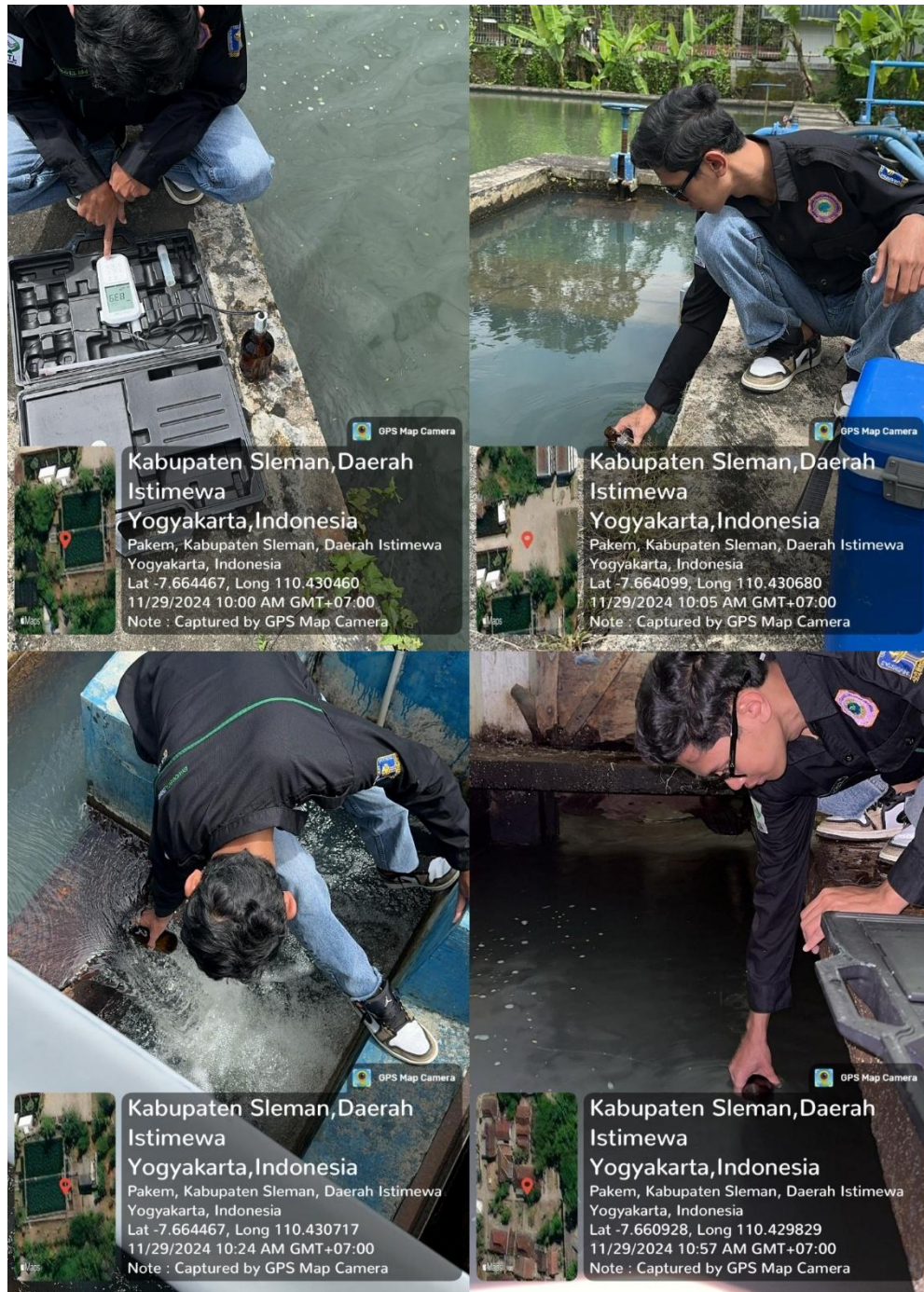
$$C_{akhir} = 70 \text{ partikel/L}$$

$$\text{Efisiensi Removal (\%)} = \left( \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = \left( \frac{90 - 70}{90} \right) \times 100$$

$$= 22,22\%$$

### Lampiran 3 Proses Pengambilan Sampel



### Lampiran 3 Proses Laboratorium





## RIWAYAT HIDUP



Agakhan Syukron Firdausy merupakan nama lengkap penulis yang lahir di Bekasi pada 22 Agustus 2001. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Wahyudin Firdaus dan Ibu Ai Nurhasan. Penulis menempuh pendidikan di TK Baiturrohman, Kabupaten Bekasi, SDIT Permata Hati, Kabupaten Bekasi dan menempuh pendidikan di sebuah SMPIT Al A'raf Boarding School, Sukabumi dan SMAIT Mutiara Hikmah, Kabupaten Bekasi hingga saat ini menempuh pendidikan strata1 (S1) pada program studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Selain aktif dalam bidang akademik, penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan non akademik di Teknik Lingkungan UII seperti Lintas Lingkungan, *Nature Of Art And Culture* (NATURE), dan Agenda Bersih Pantai HMTL.