TA/TL/2023/1764

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK (MPs) DI BALAI PIALAM SEWON BANTUL YOGYAKARTA

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

AFAN FAUZI RAMADHAN
19513221

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK (MPs) DI BALAI PIALAM SEWON BANTUL YOGYAKARTA

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

AFAN FAUZI RAMADHAN
19513221

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
NIK. 155131313
Tanggal: 16/2/2024

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.
NIK. 025100407
Tanggal: 16/2/2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D
NIK. 045130401
Tanggal: 16/2/2024

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK (MPs) DI BALAI PIALAM SEWON BANTUL YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Jumat
Tanggal: 16 Februari 2024

Disusun Oleh:

AFAN FAUZI RAMADHAN
19513221

Tim Penguji:

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. ( ) 16/2 24

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. ( ) 16/2 24

Puji Lestari, S.Si., M.Sc. Ph.D. ( ) 16/2 - 24

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 16 Februari 2024

Yang membuat pernyataan,



Afan Fauzi Ramadhan

NIM: 19513221

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir tentang "Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik (MPs) di Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta" berhasil diselesaikan. Penyusunan tugas akhir ini guna memenuhi syarat akademik mendapat gelar Sarjana Teknik bagi penulis mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada penulisan tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan apresiasi dan rasa Terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang selalu memberikan penulis kekuatan, kemudahan serta kesehatan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
2. Kedua orang tua tercinta dan keluarga yang selalu memberikan doa, dan dukungan kepada penulis.
3. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T., Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T., selaku pembimbing yang selalu sabar membimbing, memberikan saran dan masukan serta dukungan bagi penulis selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan UII, Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng)., Ph.D.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen dan Staff Program Studi Jurusan Teknik Lingkungan, yang sudah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada mahasiswanya.
6. Pengelola dan petugas di Balai PIALAM Sewon, Bantul Yogyakarta yang sudah dengan ramah dan terbuka untuk membantu penulis dalam pengambilan sampel tugas akhir.
7. Teman kelompok tugas akhir Gozy Yoga Pratama yang banyak membantu dan memberi dukungan serta bekerjasama dalam penyusunan tugas akhir.

8. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2019 yang telah mengiringi perjalanan penulis selama perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Seluruh pihak yang sudah membantu, mendukung dan mendoakan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan laporan ini dan penelitian di masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 16 Februari 2024



Afan Fauzi Ramadhan

ABSTRAK

Afan Fauzi Ramadhan. Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik (MPs) di Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta. Dibimbing oleh Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. dan Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan salah satu sumber yang terlibat dalam pelepasan mikroplastik ke lingkungan. Sumber air limbah pada IPAL dapat berasal dari limpasan air hujan, air kamar mandi, dapur, dan air bekas pencucian pakaian. Mikroplastik merupakan partikel plastik dengan ukuran kurang dari 5 mm. IPAL tidak didesain secara khusus untuk melakukan penyisihan pada mikroplastik, sehingga perlu dilakukan identifikasi kelimpahan, karakteristik, dan penyisihan mikroplastik pada IPAL. Pengambilan sampel dilakukan pada hari kerja dan akhir pekan dengan menggunakan *plankton net* dengan diameter 400 mesh. Pengambilan sampel meliputi saluran inlet, kolam ekualisasi, kolam *sequencing batch reactor* (SBR), kolam maturasi, dan saluran outlet. Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan metode yang bersumber dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dengan melakukan modifikasi didalamnya. Pengujian sampel dilakukan menggunakan larutan NaCl dan $ZnCl_2$. Mikroplastik yang berhasil diidentifikasi pada sampel air limbah meliputi mikroplastik jenis fiber, fragmen, foam, pelet, dan film. Adapun warna mikroplastik yang diidentifikasi meliputi warna hitam, merah, biru, hijau, dan transparan. Kelimpahan mikroplastik pada sampel hari kerja paling dominan berada pada saluran inlet yang diuji dengan larutan NaCl, mencapai jumlah 952 partikel/150ml. Di sisi lain, pada sampel yang diuji dengan larutan $ZnCl_2$, kelimpahan paling tinggi tercatat pada unit SBR dengan jumlah 571 partikel/150ml. Sementara pada sampel akhir pekan, kelimpahan mikroplastik yang paling dominan berada pada saluran inlet yang diuji dengan larutan NaCl, mencapai jumlah 1041 partikel/150ml. Sedangkan pada sampel yang diuji dengan $ZnCl_2$, kelimpahan tertinggi juga terdapat pada saluran inlet, dengan total 977 partikel/150ml. Pada IPAL tidak mengindikasikan adanya penyisihan mikroplastik, karena pada setiap unit pengolahan tidak menunjukkan adanya penurunan secara kontinu.

Kata kunci: Air Limbah, Instalasi Pengolahan Air Limbah, Mikroplastik.

ABSTRACT

Afan Fauzi Ramadhan. *Identification of the Abundance and Characteristics of Microplastics (MPs) at Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta*. Supervised by Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. and Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

Wastewater Treatment Plants (WWTP) are significant contributors to the release of microplastics into the environment. The sources include rainwater runoff, bathrooms, kitchens, and laundry water. Microplastics are plastic particles under 5 mm in size. WWTP are not specifically designed to remove microplastics, so to identify the abundance, characteristics, and removal of microplastics in WWTP is necessary. Sampling was conducted on weekdays and weekends using a 400-mesh plankton net, covered inlet, equalization, sequencing batch reactor (SBR), maturation pond, and outlet. Employing a modified method from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), with NaCl and ZnCl2 solutions used for the sample testing. Microplastics that were identified in wastewater samples include fiber, fragment, foam, pellet, and film microplastics. Then as for the colors of microplastics identified they are black, red, blue, green, and transparent. The most dominant abundance of microplastics in weekday samples was in the inlet channel tested with NaCl solution, with a total of 952 particles/150ml. On the other hand, in samples tested with ZnCl2 solution, the highest abundance was recorded in the SBR with a total of 571 particles/150ml. Meanwhile, the weekend samples, showed a peak abundance of microplastics in the inlet channel tested with NaCl solution, with a total of 1041 particles/150ml. In the samples tested with ZnCl2, the highest abundance was also found in the inlet channel, with a total of 977 particles/150ml. The WWTP demonstrated no consistent microplastic reduction across its units.

Keywords: *Microplastics, Wastewater, Wastewater Treatment Plants.*

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR LAMPIRAN ix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Mikroplastik 4
2.2 Sumber Mikroplastik 5
2.3 Bahaya dan Dampak Mikroplastik 5
2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah Sewon 6
2.5 Penelitian Terdahulu 7
BAB III METODE PENELITIAN 9
3.1 Metode 9
3.2 Waktu dan Lokasi 10
3.3 Metode Penelitian 10
3.4 Alat dan Bahan 11
3.5 Analisis Sampel 12
3.6.1 Pengambilan Sampel Air Limbah 12
3.6.2 Pengujian Sampel Air Limbah 14
3.6 Analisis Data 17
3.6.1 Identifikasi Karakteristik Mikroplastik 17
3.6.2 Analisis Korelasi 18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Deskripsi Wilayah Pengambilan Sampel 19

4.2 Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik 25
4.2.1 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Kelimpahan 25
4.2.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis 29
4.2.3 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Warna 35
4.2.4 Identifikasi Karakteristik Kimia Mikroplastik 44
4.3 Analisis Korelasi 47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 49
5.1 Simpulan 49
5.2 Saran 49
DAFTAR PUSTAKA 51
LAMPIRAN 57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 7

Tabel 3. 1 Alat 11
Tabel 3. 2 Bahan 12
Tabel 3. 3 Polymer Density 15

Tabel 4. 1 Titik Pengambilan Sampel 22
Tabel 4. 2 Hasil FTIR Sampel NaCl 44
Tabel 4. 3 Hasil FTIR Sampel $ZnCl_2$ 45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Sewon 7

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 9
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian 10
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengambilan Sampel 11
Gambar 3. 4 Tempat Pengambilan Sampel 13
Gambar 3. 5 Pengambilan Sampel Air Limbah 14
Gambar 3. 6 Diagram Alir Pengujian Sampel 17

Gambar 4. 1 Inlet IPAL Sewon Tampak Atas 20
Gambar 4. 2 Diagram Alir IPAL Sewon 21
Gambar 4. 3 Kelimpahan Mikroplastik Hari Kerja 26
Gambar 4. 4 Kelimpahan Mikroplastik Akhir Pekan 26
Gambar 4. 5 Jenis Mikroplastik Hari Kerja NaCl 29
Gambar 4. 6 Jenis Mikroplastik Hari Kerja $ZnCl_2$ 30
Gambar 4. 7 Jenis Mikroplastik Akhir Pekan NaCl 30
Gambar 4. 8 Jenis Mikroplastik Akhir Pekan ZnCl2 31
Gambar 4. 9 Warna MPs Unit Inlet 35
Gambar 4. 10 Warna MPs Unit Ekualisasi 35
Gambar 4. 11 Warna MPs Unit SBR 36
Gambar 4. 12 Warna MPs Unit Maturasi 36
Gambar 4. 13 Warna MPs Unit Outlet 36
Gambar 4. 14 Warna MPs Unit Inlet 37
Gambar 4. 15 Warna MPs Unit Ekualisasi 38
Gambar 4. 16 Warna MPs Unit SBR 38
Gambar 4. 17 Warna MPs Unit Maturasi 38
Gambar 4. 18 Warna MPs Unit Outlet 39
Gambar 4. 19 Warna MPs Unit Inlet 40
Gambar 4. 20 Warna MPs Unit Ekualisasi 40
Gambar 4. 21 Warna MPs Unit SBR 40
Gambar 4. 22 Warna MPs Unit Maturasi 41
Gambar 4. 23 Warna MPs Unit Outlet 41
Gambar 4. 24 Warna MPs Unit Inlet 42
Gambar 4. 25 Warna MPs Unit Ekualisasi 42
Gambar 4. 26 Warna MPs Unit SBR 43
Gambar 4. 27 Warna MPs Unit Maturasi 43
Gambar 4. 28 Warna MPs Unit Outlet 43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan Sampel 57
Lampiran 2 Pelaksanaan Uji Laboratorium 59
Lampiran 3 Bentuk Mikroplastik 60
Lampiran 4 Grafik FTIR 62
Lampiran 5 Analisis Korelasi Menggunakan Excel 68

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroplastik merupakan partikel plastik dengan ukuran yang sangat kecil dimana ukurannya berada pada <5 mm atau lebih kecil (Lusher et al., 2017). Ukuran mikroplastik yang <5 mm menyebabkan keberadaan di lingkungan sulit terdeteksi, dari permasalahan tersebut akan memberikan dampak yang berbahaya apabila sampai masuk ke dalam tubuh makhluk hidup terutama manusia. Menurut Andrady (2017), mikroplastik memasuki lingkungan karena *leakage* selama pembuatan, pembentukan, pemindahan, dan saat penggunaan. Mikroplastik berdasarkan sumbernya diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu sumber mikroplastik primer dan sumber mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer bersumber dari produk kosmetik dan kesehatan yang mengandung *micro-beads* atau *raw pellets* seperti *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS). Mikroplastik sekunder bersumber dari proses degradasi plastik melalui proses fisik, kimia, dan biologi (Xu et al., 2019).

Dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir telah ditemukan berbagai jalur pelepasan mikroplastik ke lingkungan, salah satunya berada di Instalasi Pengolahan Air Limbah (Xu et al., 2019). Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah sarana yang digunakan dalam pengolahan limbah khususnya dalam bentuk cair. Limbah cair domestik bersumber dari buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, dan lain sebagainya (Sulistia & Septisya, 2020).

Mikroplastik dapat diekstraksi melalui proses *density separation.* Larutan seperti NaCl dan $ZnCl_2$ umum digunakan pada proses *density separation*. Larutan $ZnCl_2$ memiliki tingkat ekstraksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan larutan NaCl, akan tetapi $ZnCl_2$ memiliki sifat toksik khususnya pada lingkungan air (Duong et al., 2022).

Menurut (Mason et al., 2016), kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada air limbah memiliki jenis dan jumlah yang variatif. Berdasar penelitian yang dilakukan, presentase kelimpahan mikroplastik pada *effluent* IPAL terdiri dari *fiber* sebesar 59%, *fragment* sebesar 33%, *film* 5%, *foam* sebesar 2%, dan *pellets* sebesar 1%.

Penelitian ini dilakukan pada Balai PIALAM Sewon Yogyakarta tepatnya pada IPAL Sewon yang berlokasi di Daerah Istimewa Yogyakarta, dusun Cepit, kelurahan Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul. IPAL Sewon memiliki luas lahan sebesar 6,7 Ha. Cakupan pelayanan dari IPAL Sewon telah melayani hampir keseluruhan wilayah Kota Yogyakarta, sebagian wilayah Kabupaten Sleman, dan sebagian wilayah Bantul.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik yang berada di dalam IPAL Sewon. Mengacu pada studi literatur dan penelitian-penelitian seebelumnya terkait mikroplastik, dapat dijadikan sebagai acuan mengenai proses identifikasi kelimpahan serta karakteristik mikroplastik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1) Kajian mengenai kelimpahan mikroplastik, terutama di Instalasi Pengolahan Air Limbah Terpusat di Indonesia, masih terbatas.
2) Kajian mengenai proses Instalasi Pengolahan Air Limbah Terpusat di Indonesia terhadap penyisihan mikroplastik, masih terbatas.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut:

1) Mengidentifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik yang terdapat pada air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta.

2) Mengetahui tingkat efisiensi penyisihan kandungan mikroplastik pada air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1) Sebagai sarana informasi terkait kelimpahan dan karakteristik mikroplastik yang terdapat di dalam air limbah pada *influent*, *effluent*, dan unit pengolahan air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbaih Balai PIALAM Sewon Bantul yogyakarta.
2) Sebagai informasi dan pengetahuan bagi pengelola terkait mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah.
3) Sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1) Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yang dimodifikasi pada proses pengambilan sampel.
2) Penelitian ini dilakukan di Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta yang berada di dusun Cepit, Kelurahan Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul.
3) Pengambilan sampel merupakan air limbah yang berada pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta.
4) Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2023.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Plastik merupakan benda yang umum ditemukan dalam kehidupan dan semakin masif penggunaan setiap harinya. Plastik merupakan bahan yang mempunyai kemampuan untuk dibentuk ke berbagai bentuk apabila terpapar panas dan tekanan. Komposisi dan material plastik tersusun atas rantai monomer serta bersifat ringan (Purwaningrum, 2016).

Mikroplastik merupakan bagian dari plastik yang terdegradasi, dimana partikel dari plastik tersebut dapat dikategorikan sebagai mikroplastik apabila ukuran dari partikel <5 mm. Mikroplastik memiliki berbagai macam bentuk dan jenis, selain itu mikroplastik juga memiliki beberapa variasi pada warna, ukuran, massa jenis, bentuk, dan lain sebagaianya (Browne, 2015).

Mikroplastik dikategorikan berdasarkan bentuk meliputi *fiber*, *fragment*, *film*, *foam*, dan *pellete*. Selain bentuk, warna dari mikroplastik juga beragam, meliputi warna transparan, putih, merah, oren, hitam, biru, abu-abu, coklat, kuning, dan pink (Tirkey & Upadhyay, 2021). Keberadaan mikroplastik di lingkungan juga dipengaruhi oleh berbagai proses. Degradasi plastik menjadi mikroplastik dipengaruhi oleh proses fisik, kimia, dan biologi (Coyle et al., 2020).

Mikroplastik dapat berasal dari berbagai macam sumber termasuk aktivitas sehari-hari seperti limbah kamar mandi, cucian pakaian, dan limpasan hujan.. Air limbah tersebut akan bergerak menuju saluran pembuangan hingga nantinya berakhir di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL menjadi salah satu lokasi yang paling banyak terdapat mikroplastik, pada air limbah ditemukan mikroplastik jenis *fragment*, *fiber*, *film*, *foam*, dan *pellete* (Reddy & Nair, 2022).

2.2 Sumber Mikroplastik

Mikroplastik di lingkungan berasal dari dua macam sumber. Sumber primer mikroplastik meliputi peralatan kosmetik, pembersih tangan, pembersih wajah, dan pasta gigi (Duis & Coors, 2016). Sumber sekunder mikroplastik meliputi potongan dan serat hasil degradasi plastik yang lebih besar dari berbagai sumber, termasuk jala ikan, bahan baku industri, alat rumah tangga, kantong plastik yang terdegradasi di lingkungan, serat sintetis dari pencucian pakaian, dan pelapukan produk plastik (Browne et al., 2011).

Plastik yang terdapat di lingkungan air memiliki kecenderungan untuk mengambang, menyebabkan terjadinya degradasi melalui fotodegradasi oleh sinar matahari, oksidasi, dan proses abrasi mekanik. Akibatnya, plastik menjadi pecahan kecil yang dikenal sebagai mikroplastik (Fachrul et al., 2021).

Keberadaan mikroplastik di lingkungan tidak lepas dari penggunaan plastik setiap hari. Sampah plastik dapat terbawa oleh limpasan air menuju ke saluran pembuangan, selain itu limbah domestik juga menjadi sumber distribusi mikroplastik ke dalam air. Air limbah tersebut akan berakhir di Instalasi Pengolahan Air Limbah (Reddy & Nair, 2022).

2.3 Bahaya dan Dampak Mikroplastik

Mikroplastik yang berada di lingkungan memiliki dampak yang buruk bagi makhluk hidup, baik itu manusia maupun organisme lain. Di dalam mikroplastik terdapat beberapa kandungan organik seperti *polybrominated diphenylethers, polycyclic aromatic hydrocarbon, organochlorine persticides, polychlorinated biphenyl, petroleum hydrocarbon, bisphenol,* dan juga *alkyphenol* yang dapat memberikan dampak yang kronis bagi manusia (Teuten et al., 2009).

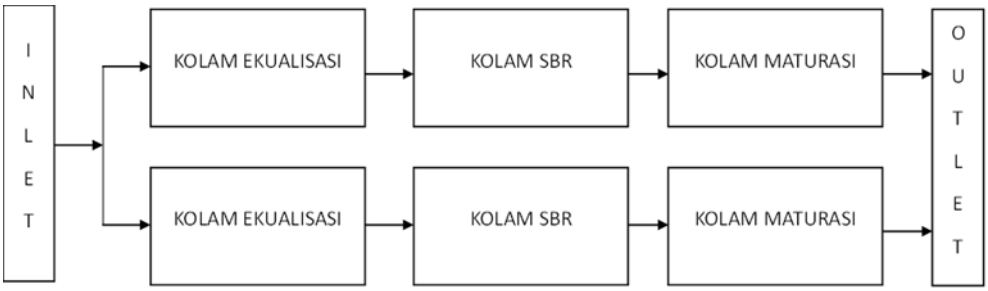
Bahaya dan dampak yang ditimbulkan dari mikroplastik dapat menyebabkan efek akut maupun kronis. Dampak kesehatan pada manusia akibat akumulasi mikroplastik di dalam tubuh melalui sel atau aliran darah dapat menyebabkan kerusakan DNA, selain itu juga mikroplastik yang terkonsumsi melalui air minum dapat menyebabkan gangguan hati (Lusher et al., 2017).

2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah Sewon

Instalasi Pengolahan Air Limbah Sewon terletak di Dusun Cepit, Kelurahan Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul. IPAL Sewon didirikan pada tahun 1995 dengan luas lahan 6.7 Ha. IPAL Sewon didesain untuk melayani produksi limbah rumah tangga dari 125.000 jiwa atau dengan pelayanan Sambungan Rumah (SR) sebanyak 23.755 SR dengan kapasitas volume air masuk 15.500 m^3/hari. Jaringan perpipaan mencapai 234 km, dengan pipa induk berdiameter >300mm, pipa gelontor berdiameter >300mm, dan pipa lateral berdiameter 200-300mm. Tingkat pelayanan mencapai hampir keseluruhan wilayah Kota Yogyakarta sebanyak 13 Kecamatan, wilayah Kabupaten Sleman 4 kecamatan, dan sebagian wilayah Bantul 3 kecamatan (Dinas PUP-ESDM, 2022).

Unit pengolahan pada Instalasi Air Limbah Sewon terdiri dari 5 unit pengolahan, meliputi inlet, kolam ekualisasi, kolam *sequencing batch reactor* (SBR), kolam maturasi, dan outlet. Pada saluran inlet dilengkapi dengan screen yang berfungsi untuk menyaring material kasar sebelum masuk ke tahap selanjutnya. Kolam ekualisasi dilengkapi dengan 1 aerator memiliki dimensi 77m x 70m x 4m. Kolam ekualisasi berfungsi sebagai kolam penampung air limbah dan mengendalikan fluktuasi aliran air (Syafila et al., 2003). SBR merupakan suatu reaktor *cyclic* (atau batch), proses dari SBR akan melewati beberapa fase berikut, pertama, *fill* (pengisian). Memasukkan air limbah ke dalam reaktor. Kedua, *react* (aerasi). Fase ini memperkenankan reaksi-reaksi biologi yang terseleksi hingga terjadi pada batas yang diinginkan. Ketiga, *settle* (sedimentasi) yang memperkenankan kondisi *quescent* di dalam reaktor untuk mendapatkan pemisahan cairan dan padatan dari air dalam reaktor. Keempat, *draw* (decant). Mengeluarkan *supernantant* yang telah terolah dan terklarifikasi dari dalam reaktor. Kelima, *idle*. Saat reaktor tidak beroperasi, beberapa variasi dapat di-desain pada fase ini seperti termasuk di dalamnya *sludge thickening* dan *desluding* (Syafila et al., 2003). Kolam maturasi berfungsi sebagai penghancur *pathogen*, *fecal coliform*, dan virus (Simatupang et al., 2021). Saluran outlet berfungsi sebagai saluran pembuangan air limbah yang

telah diolah melalui proses pengolahan sebelum nantinya dibuang ke badan air (Rawis et al., 2022).



Gambar 2. 1 Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Sewon

2.5 Penelitian Terdahulu

Salah satu acuan peneliti dalam melaksanakan penelitian adalah dengan melakukan kajian referensi dari penelitian sebelumnya. Dari beberapa referensi tersebut, ditemukan penelitian dengan judul yang sama dan merujuk seperti penelitian yang sudah direncanakan. Tetapi terdapat beberapa perbedaan pada referensi yang digunakan seperti metode titik sampling ataupun cara analisis data. Hasil referensi penelitian sebelumnya ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

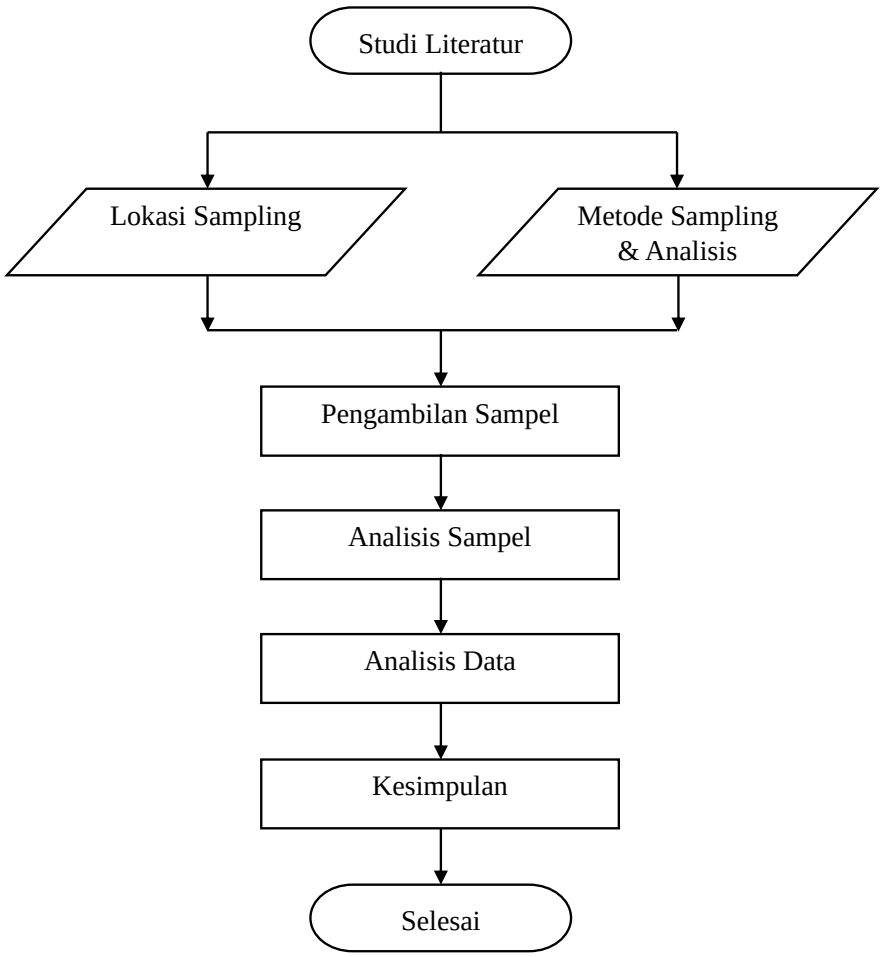
Nama Peneliti	Hasil Penelitian
(Tang et al., 2020)	Penelitian ini membandingkan terkait karakteristik mikroplastik pada influen, efluen, dan di dalam lumpur. Sampel diambil dari dua Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada kota Wuhan, China. Tingkat *removal* mikroplastik pada kedua IPAL tersebut mencapai 66,1% dan 62,7%, angka *removal* tersebut dapat dikaitkan dengan sumber dari air limbah dan teknologi yang digunakan pada IPAL.

Nama Peneliti	Hasil Penelitian
(Xu et al., 2019)	Penelitian ini dilakukan pada 11 IPAL yang berada di Changzhou, China. Pengambilan sampel dilakukan pada influen dan efluen IPAL untuk mengetahui tingkat *removal* mikroplastik pada setiap IPAL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kelimpahan mikroplastik pada influen berada pada 196.00 ± 11.89 n/L dan 9.04 ± 1.12 n/L. Pada salah satu IPAL menunjukkan tingkat *removal* tertinggi mencapai 97,15% dan yang terendah pada presentase 89,17%. Mikroplastik jenis fiber paling banyak diidentifikasi, kemudian diikuti oleh fragmen, dan film.
(Kwon et al., 2022)	Penelitian ini dilakukan pada 3 IPAL yang berlokasi di Provinsi Gyeongsangbuk-do, Korea Selatan. Pengambilan sampel dilakukan sebelum musim gugur untuk mengurangi efek dari alga. Sampel diambil dari influen, efluen dari *primary clarifier*, efluen dari *secondary clarifier*, efluen dari koagulasi, dan outlet. Hasil menunjukan tingkat penyisihan mikroplastik dari IPAL mencapai 98% dari influen hingga ke efluen. Penyisihan terjadi pada proses *screening*, *biological treatment*, dan *sedimentation*.
(Setiadewi et al., 2023)	Penelitian dilakukan pada IPAL Setiabudi yang berlokasi di Jakarta. Pada tahun 2019 IPAL Setiabudi melayani sekitar 1,247,434 penduduk ekivalen. Air limbah yang dihasilkan disalurkan melalui sistem saluran pembuangan menuju ke IPAL. Pengambilan sampel dilakukan pada influen dan efluen, dimana metode yang digunakan adalah *grab sampler*. Pada tahap *density separation* menggunakan larutan $ZnCl_2$ di setiap sampel dan kemudian dibiarkan selama 24 jam untuk proses pemisahan partikel. Setelah proses identifikasi, mikroplastik jenis fiber menjadi mikroplastik yang paling banyak ditemukan dengan total presentase sebesar 70.17% di influen dan 68% pada efluen. Kelimpahan fiber pada air limbah dapat disebabkan karena aktivitas pencucian. Selain fiber, fragmen menempati posisi kedua dengan total presentase 23.68% pada influen dan 26.24% pada efluen.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Metode

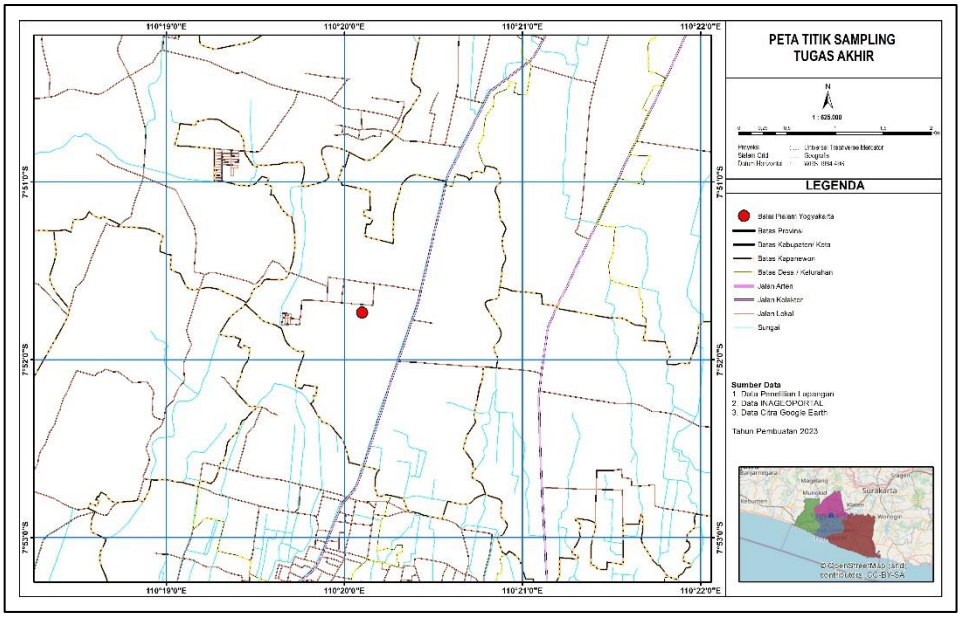
Berikut merupakan diagram alir penelitian untuk memberikan gambaran mengenai tahapan-tahapan dalam penelitian yang dilakukan:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Pengolahan Air Limbah Balai PIALAM Sewon yang terletak di Dusun Cepit, Kelurahan Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul. Lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 3.2.

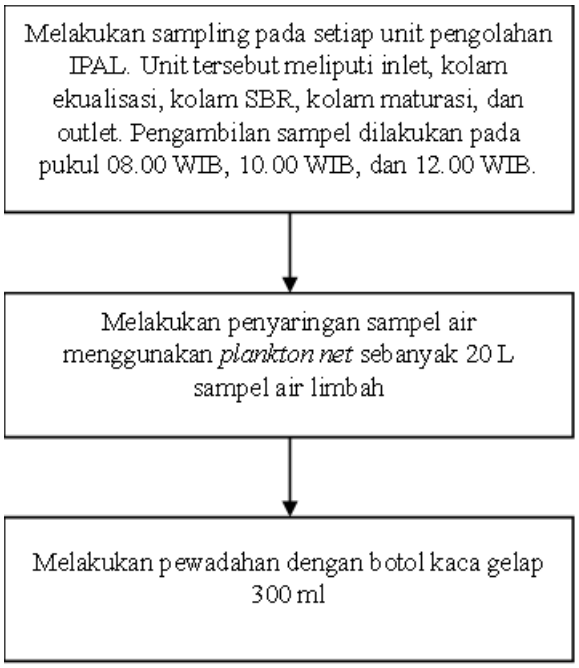


Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian

3.3 Metode Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan pada setiap unit pengolahan air limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah Sewon. Unit pengolahan tersebut meliputi inlet, kolam ekualisasi, kolam SBR, kolam maturasi, dan outlet. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *composite sample. Composite sample* merupakan saampel yang diambil dari satu lokasi dengan beberapa kali periode pengambilan dalam rentang waktu tertentu (Tim Teaching Matakuliah Laboratorium Lingkungan – TL 3103, 2020). Pengambilan sampel dilakukan pada tiga waktu berbeda setiap dua jam sekali yaitu pada pukul 08.00 WIB, 10.00 WIB, dan 12.00 WIB. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap unit pengolahan IPAL Sewon. Tahapan unit

pengolahan IPAL Sewon ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan tahap pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengambilan Sampel

3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk melakukan pengambilan sampel air limbah dan uji laboratorium. Perincian alat dan bahan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Alat

Alat	Satuan	Jumlah
Plankton Net	bh	1
Ice Box	bh	1

Mikroskop	bh	1
FTIR	bh	1
Magnetic Stirer	bh	2
Gelas Beaker 500 mL	bh	6
Erlenmeyer 500 mL	bh	4
Alat Pengaduk (Batang Kaca)	bh	1
Pipet Ukur 100 mL	bh	1
Karet Hisap	bh	1
Pipet Tetes	bh	1
Corong Kaca	bh	1

Tabel 3. 2 Bahan

Bahan	Satuan	Jumlah
H_2O_2 30%	ml	600
Aquades	ml	100
NaCl 10%	ml	300
$ZnCl_2$	ml	300
Kertas Saring Whatman 1 myu m GF/B	bh	20

3.5 Analisis Sampel

Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil air limbah pada unit pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengambilan sampel dilakukan selama dua hari yaitu pada hari jumat sebagai representasi dari hari kerja dan hari sabtu sebagai representasi akhir pekan.

3.5.1 Pengambilan Sampel Air Limbah

Pada penelitian ini berlokasi di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sewon Bantul Yogyakarta. IPAL Sewon memiliki wilayah pelayanan hampir seluruh Kota Yogyakarta, air limbah domestik yang dialirkan memanfaatkan gravitasi melalui saluran pipa air limbah. Air limbah dihasilkan dari berbagai macam sumber, termasuk kegiatan rumah tangga seperti air bekas cucian pakaian, air bekas mandi,

dan sisa makanan yang berwujud cair (Sunarsih, 2014). Air limbah tersebut mengalir melalui saluran perpipaan yang terdiri dari pipa servis yang berfungsi sebagai saluran pengumpul air limbah domestik dari pipa lateral ke pipa induk (Dinas PUP-ESDM, 2022).

Pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan menggunakan *plankton net* dengan diameter 400 mesh (37 mikron). Air limbah tersebut disaring melalui *plankton net* ke dalam botol kaca gelap 100 ml.



Gambar 3. 4 Tempat Pengambilan Sampel



Gambar 3. 5 Pengambilan Sampel Air Limbah

3.5.2 Pengujian Sampel Air Limbah

Dalam penelitian ini, mikroplastik diidentifikasi dan diklasifikasikan melalui penggunaan sampel air limbah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sampel air limbah yang digunakan merupakan sampel yang diambil dari unit pengolahan seperti inlet, kolam ekualisasi, kolam *sequencing batch reactor*, kolam maturasi, dan outlet.

Analisis sampel yang dilakukan yaitu dengan menggunakan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) dan *Density Separation*. WPO merupakan metode analisis laboratorium yang digunakan untuk mengoksidasi sampel air limbah. Dalam metode ini, larutan H_2O_2 digunakan untuk mengoksidasi partikel organik yang terdapat dalam sampel air limbah. Proses dilakukan dengan memanaskan sampel pada suhu 60°C. Tujuan utama dari WPO adalah untuk mengoksidasi partikel organik yang terkandung dalam sampel air limbah. *Density Separation* merupakan metode yang menggunakan NaCl melalui proses flotasi untuk memisahkan serpihan plastik dengan padatan yang mengapung. Proses ekstraksi mikroplastik dilakukan

dengan menambahkan 10 ml larutan NaCl konsentrasi 10% untuk 10 ml sampel (Wilyalodia, 2023).

Terdapat perbedaan efisiensi ekstraksi mikroplastik berdasarkan larutan yang digunakan. Larutan yang umum digunakan selain dengan menggunakan NaCl yaitu dengan menggunakan $ZnCl_2$. Polimer yang lebih berat seperti *polyvinyl chloride* (PVC) bisa diekstraksi dengan menggunakan $ZnCl_2$, berbeda dengan NaCl yang hanya dapat mengekstraksi mikroplastik dengan densitas yang lebih rendah. Kedua larutan tersebut mampu mengekstraksi *polypropylene* (PP) dan *polyethylene* (PE) (Mattsson et al., 2022). Pada Tabel 3.3 menunjukkan terkait jenis polimer dan densitas polimer.

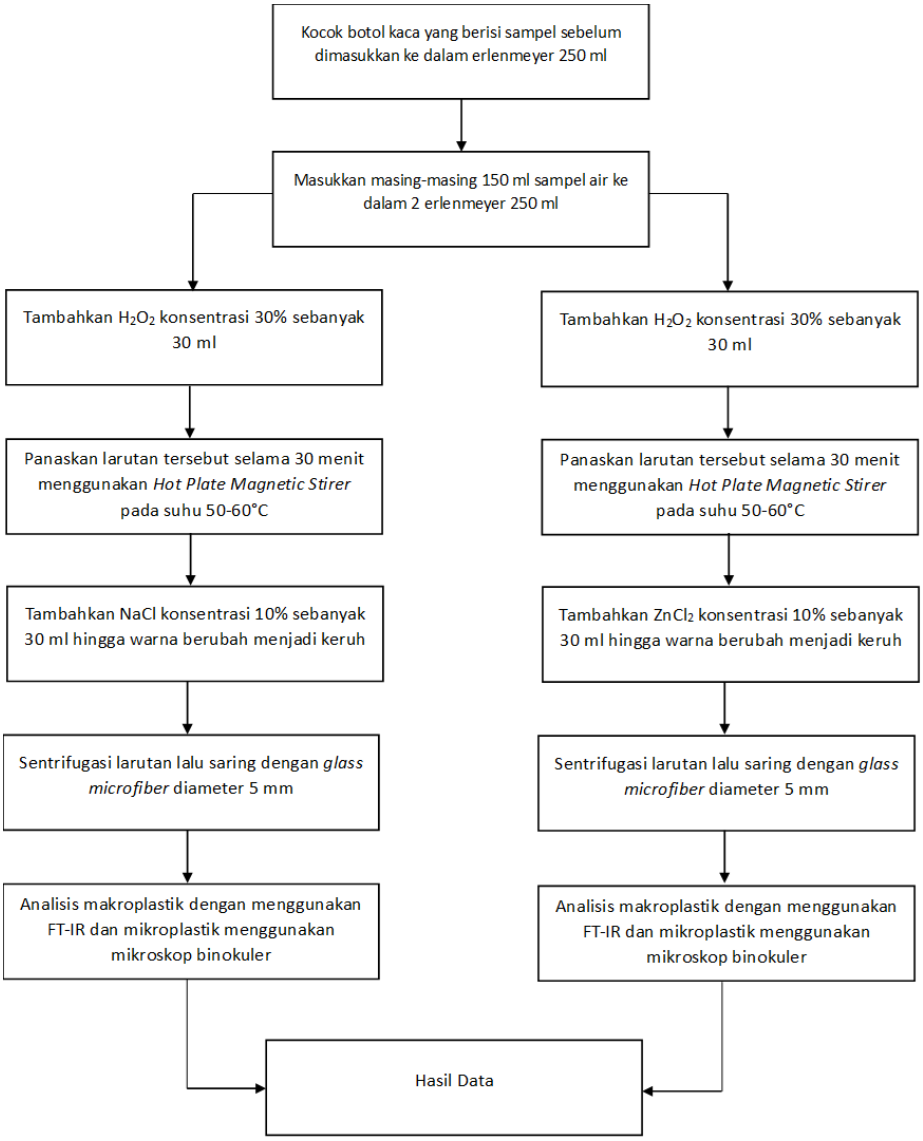
Tabel 3. 3 Polymer Density

Polymer type	**Polymer density (g cm^{-3})**
polyethylene	0.917-0.965
polypropylene	0.9-0.91
polystyrene	1.04-1.1
polyamide (nylon)	1.02-1.05
polyester	1.24-2.3
acrylic	1.09-1.20
polyoximethylene	1.41-1.61
polyvinyl alcohol	1.19-1.31
polyvinylchloride	1.16-1.58
poly methylacrylate	1.17-1.20
polyethylene terephthalate	1.17-1.20
alkyd	1.24-2.10
polyurethane	1.2

Sumber: Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson, et al., 2012

Sampel yang akan diamati disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman Microfiber Filter GF/B berdiameter 47 mm. Kertas saring tersebut memiliki ukuran yang sesuai dengan ukuran mulut vakum untuk dilakukan proses penyaringan sampel. Setelah tahap penyaringan maka sampel dapat diamati dengan menggunakan bantuan mikroskop untuk mengidentifikasi terkait jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik.

Sampel akan dianalisis untuk mengetahui kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dengan menggunakan metode gravimetri. TSS merupakan bahan-bahan tersuspensi dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen (Fachrurozi et al., 2014). Pengujian TSS dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik pada masing-masing sampel. Pengujian TSS dengan metode gravimetri mengacu pada SNI 06-6989.3-2004 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid*, *TSS*) secara Gravimetri (Badan Standardisasi Nasional, 2004).



Gambar 3. 6 Diagram Alir Pengujian Sampel

3.6 Analisis Data

3.6.1 Identifikasi Karakteristik Mikroplastik

Mikroplastik memiliki berbagai macam bentuk yang dapat diklasifikasikan berdasarkan jenisnya. Jenis mikroplastik yaitu fragmen, pelet, fiber, film dan foam (Hidalgo-Ruz, Gutow, C. Thompson, et al., 2012). Setiap jenis dari mikroplastik memiliki beragam warna yang meliputi hitam, transparan, putih, merah, biru dan

hijau (Ugwu et al., 2021). Jenis dan warna mikroplastik tersebut dapat diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop.

Analisis data dilakukan dengan mengidentifikasi bentuk mikroplastik pada tiap-tiap unit dan larutan yang digunakan dalam proses *Density Separation*. Unit tersebut meliputi saluran inlet, kolam ekualisasi, kolam *sequencing batch reactor* (SBR), dan saluran outlet.

Menurut (Laila et al., 2020), kelimpahan mikroplastik dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

1) Rumus Kelimpahan Mikroplastik

$$C = \frac{n(\frac{partikel}{sampel})}{Volume\ sampel\ (ml)}$$

Keterangan:

C = Kelimpahan Mikroplastik (partikel/kg)

n = Jumlah Partikel Mikroplastik Dalam Satu Sampel

3.6.2 Analisis Korelasi

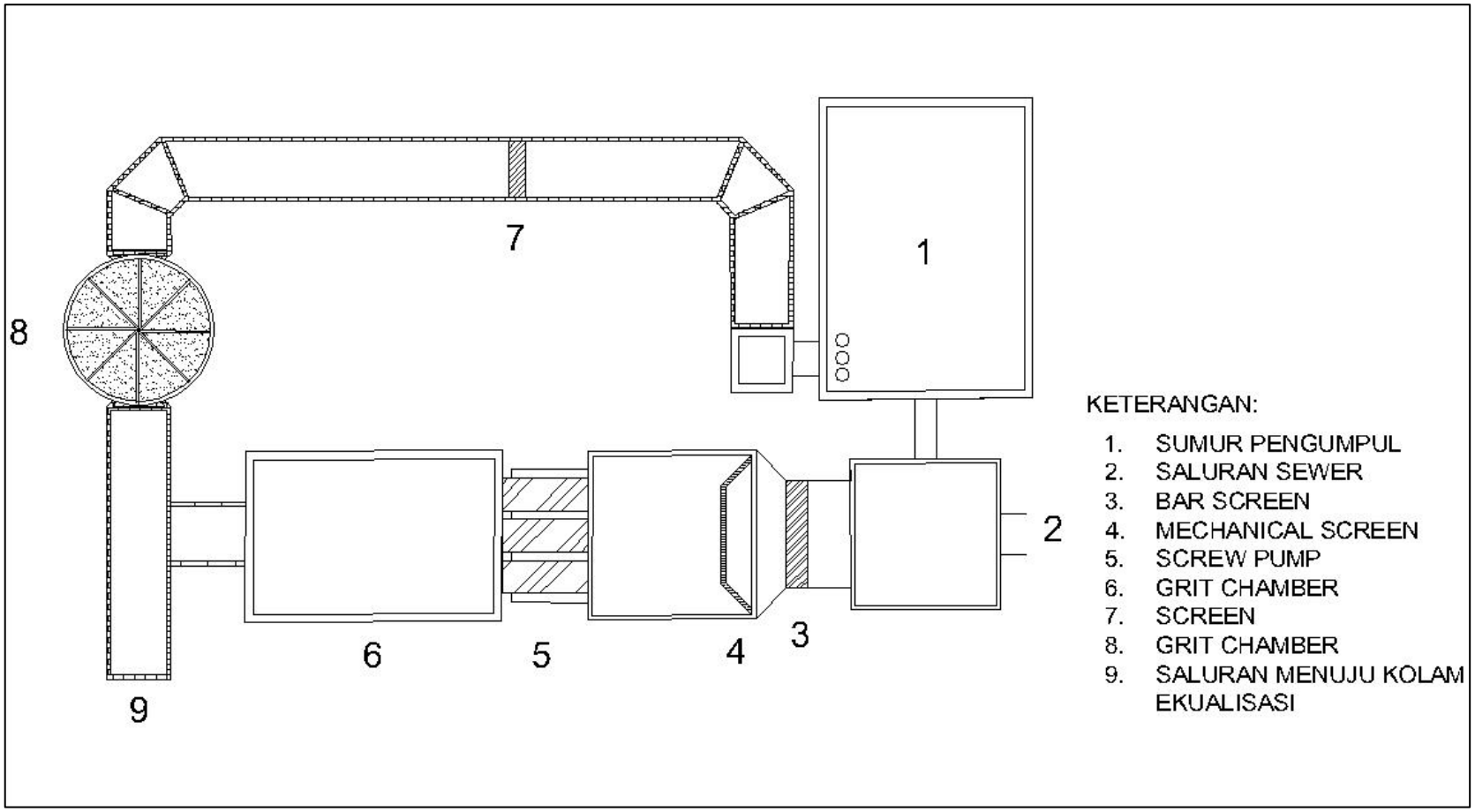
Pengolahan data menggunakan analisis korelasi. Prosedur analisis korelasi ini merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi apakah terdapat atau tidak adanya hubungan antara variabel-variabel dimana semakin nyata hubungan linier maka semakin kuat atau tinggi derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel tersebut (Miftahuddin et al., 2021).

Besar kecilnya nilai koefisien korelasi tidak mencerminkan adanya hubungan sebab-akibat antara dua variabel atau lebih. Sebaliknya, nilai tersebut hanya mencerminkan sejauh mana hubungan linier antar variabel-variabel tersebut (Zainal, 2013).

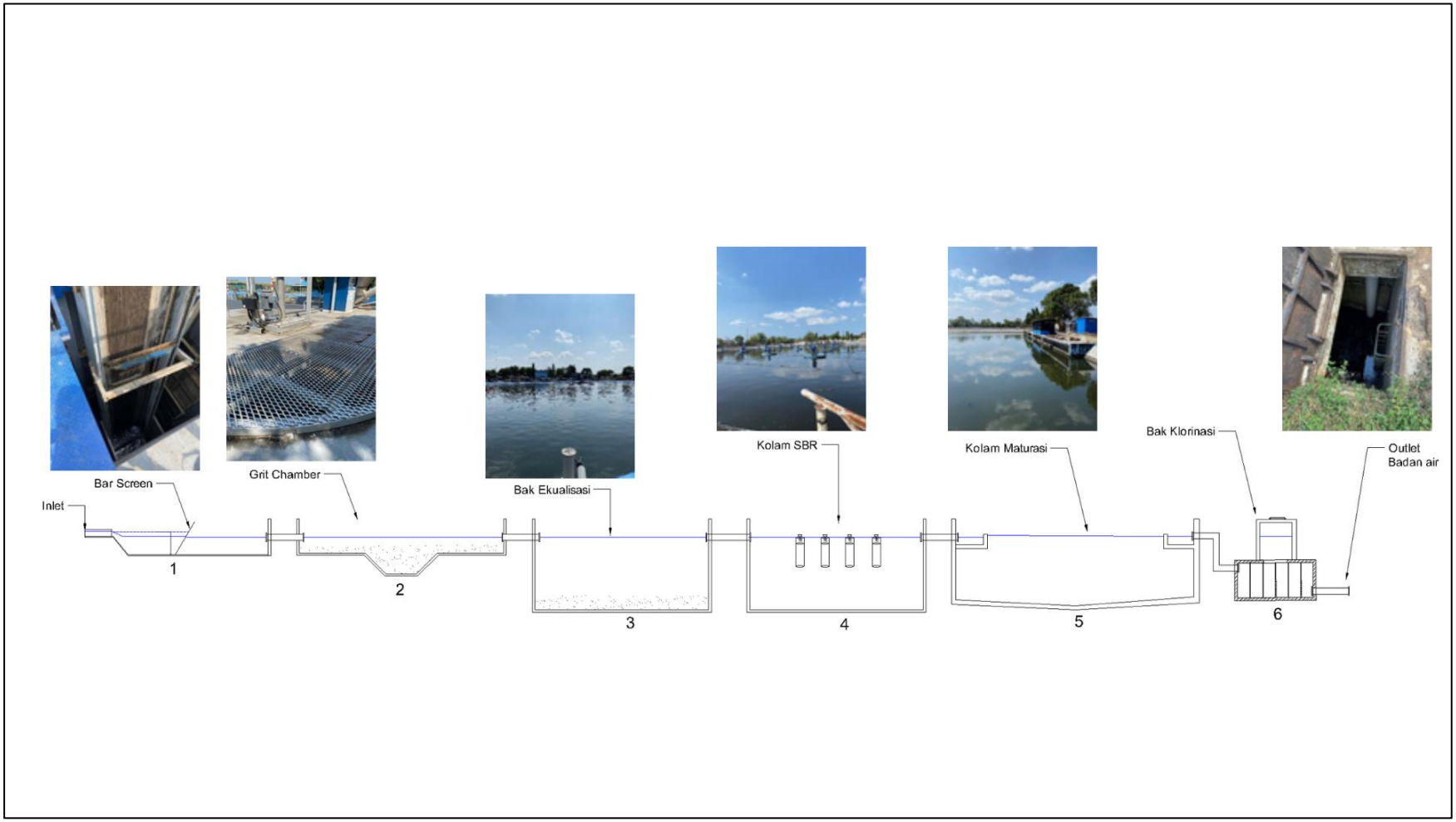
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Wilayah Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai PIALAM Sewon, Yogyakarta. Wilayah pelayanan IPAL Sewon mencakup kawasan perkotaan Yogyakarta, dengan 4 kecamatan di Kabupaten Sleman (Mlati, Depok, Gamping, dan Ngaglik) serta 3 kecamatan di Kabupaten Bantul (Kasihan, Sewon, dan Banguntapan). Unit pengolahan yang ada di IPAL Sewon mencakup saluran inlet, kolam ekualisasi, kolam *sequencing batch reactor* (SBR), kolam maturasi, dan saluran outlet yang berfungsi untuk menyalurkan air ke Sungai Bedog. Berikut Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan skema inlet dan diagram alir yang menggambarkan proses air limbah di IPAL Sewon serta titik pengambilan sampel:



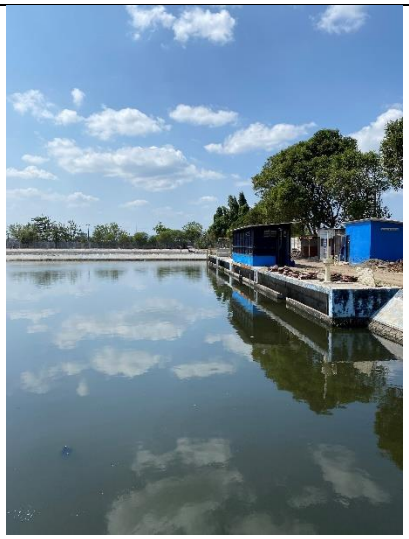
Gambar 4. 1 Inlet IPAL Sewon Tampak Atas



Gambar 4. 2 Diagram Alir IPAL Sewon

Tabel 4. 1 Titik Pengambilan Sampel

Unit	Gambar	Keterangan
Inlet		Unit inlet dilengkapi dengan perangkat penyaring sampah mekanik, flow meter, dan sensor inlet untuk memudahkan pemantauan aliran air limbah yang mengalir ke tahap selanjutnya. Aliran di unit inlet ini memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tahap berikutnya, seperti kolam ekualisasi, kolam SBR, dan kolam maturasi.
Kolam Ekualisasi		Kolam Ekualisasi terdiri dari dua kolam, masing-masing dilengkapi dengan satu aerator. Setiap kolam memiliki dimensi 77 meter x 70 meter x 4 meter, dengan waktu tinggal selama 24 jam.

Unit	Gambar	Keterangan
Kolam SBR		Kolam SBR (*Sequencing Batch Reactor*) terdiri dari dua kolam dengan dimensi 77m x 70m x 4m, tiap kolam dilengkapi 15 aerator, 6 mixer, dan 2 *sludge pump* dengan 6 siklus 4 jam sehari.
Kolam Maturasi		Kolam Maturasi terdiri dari dua kolam dengan dimensi 78m x 70m x 4m. Kolam maturasi merupakan tahap akhir pemrosesan air limbah sebelum nantinya dialirkan menuju ke outlet.

Unit	Gambar	Keterangan
Outlet		Outlet merupakan saluran akhir setelah keseluruhan tahapan pengolahan air limbah. Pada outlet aliran air cukup deras apabila dibandingkan dengan beberapa unit sebelumnya.

Saluran inlet merupakan saluran yang berfungsi sebagai jalur masuknya air limbah menuju ke unit pengolahan. Pada saluran inlet dilengkapi *bar screen* dengan besi disusun secara horizontal yang berguna untuk memisahkan pengotor, seperti sampah atau kotoran berukuran besar. Fungsi utama dari *bar screen* diantaranya yaitu menyaring benda-benda kasar yang melayang, sehingga tidak menghambat operasional unit pengolahan berikutnya (Jayana et al., 2021).

Setelah melalui proses penyaringan melalui *bar screen* pada saluran inlet, kemudian air limbah dialirkan menuju ke unit *grit chamber*. *Grit chamber* berfungsi untuk menyisihkan partikel *grit* seperti pasir, serpihan halus kaca, dan kerikil yang dapat terbawa pada air limbah. Proses yang terjadi pada unit *grit chamber* bertujuan agar mencegah penyumbatan dan terbentuknya endapan pasir pada tahap pengolahan berikutnya (Lukman et al., 2022).

Air limbah yang telah melalui proses pada *grit chamber* kemudian dialirkan menuju kolam ekualisasi. Pada kolam ekualisasi air limbah ditampung untuk mengurangi dan mengendalikan fluktuasi aliran air limbah, baik dalam hal kuantitas maupun kualitas dan menyamakan konsentrasi air limbah. Selain itu fungsi kolam ekualisasi juga mencakup pra-sedimentasi (Sari & Yuniarto, 2016).

Tahap selanjutnya setelah air limbah ditampung pada kolam ekualisasi akan dialirkan menuju *sequencing batch reactor* (SBR). Pada proses SBR terdapat

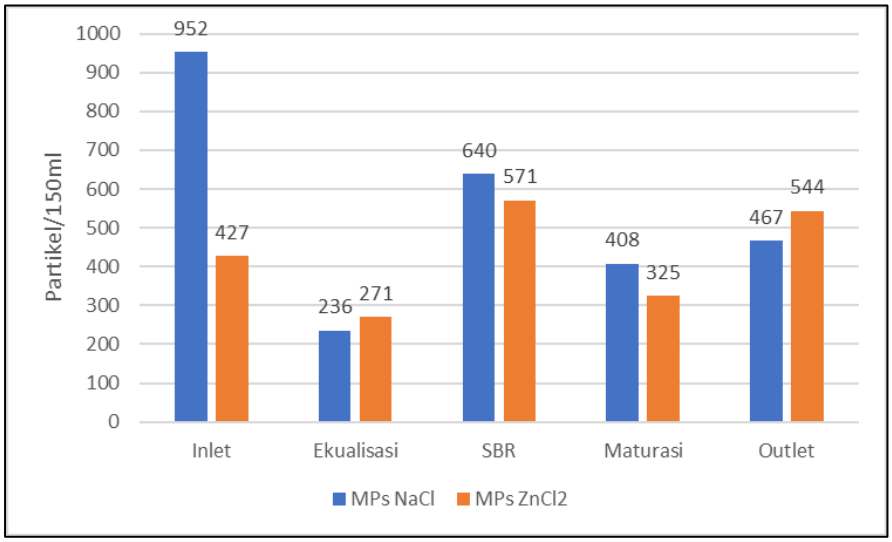
beberapa fase, pertama, *fill* (pengisian), dimana air limbah dimasukkan ke dalam reaktor. Pada tahap ini, reaktor umumnya berada dalam keadaan anoksik (tanpa oksigen) pada SBR aerob. Fase kedua adalah *react* (aerasi), yang memungkinkan terjadinya reaksi biologis yang terseleksi hingga mencapai tingkat yang diinginkan. Selanjutnya tahap *settle* (sedimentasi) memungkinkan kondisi *quiescent* di dalam reaktor untuk pemisahan cairan dan padatan dari air dalam reaktor. Tahap keempat yaitu *draw* (*decant*), dimana supernatan yang telah diolah dan diklarifikasi dikeluarkan dari dalam reaktor. Fase kelima adalah *idle*, yang mencakup periode ketika reaktor tidak beroperasi (Syafila et al., 2003).

Air limbah yang telah melalui proses *decant* pada kolam SBR dialirkan menuju kolam maturasi. Pada proses pengolahan air limbah, kolam maturasi memiliki fungsi untuk menghilangkan kandungan bakteri patogen yang berada pada air limbah, tentunya dengan konsentrasi yang sudah lebih rendah dibandingkan pada konsentrasi limbah saat awal masuk IPAL (Putri, 2015). Hasil olahan air limbah pada kolam maturasi kemudian dialirkan menuju saluran outlet. Saluran outlet merupakan saluran yang mengalirkan air hasil olahan IPAL menuju ke badan air (Fujiati, 2015).

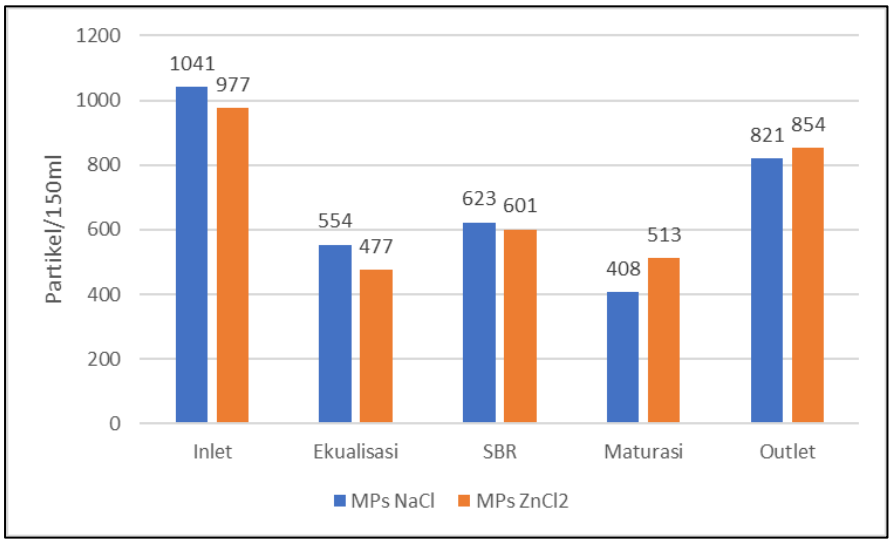
4.2 Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik

4.2.1 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Kelimpahan

Dalam proses identifikasi mikroplastik, dilakukan perhitungan jumlah mikroplastik pada setiap titik pengambilan sampel dengan mikroskop binokuler perbesaran 10 kali. Hasil perhitungan tersebut kemudian disajikan pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4. 3 Kelimpahan Mikroplastik Hari Kerja



Gambar 4. 4 Kelimpahan Mikroplastik Akhir Pekan

Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan kelimpahan mikroplastik dengan menggunakan larutan NaCl dan larutan $ZnCl_2$ pada proses *Density Separation*. Hasil tersebut meliputi kelimpahan mikroplastik pada unit inlet, kolam ekualisasi, kolam *sequencing batch reactor* (SBR), kolam maturasi, dan outlet. Pada sampel hari kerja dengan menggunakan NaCl, jumlah tertinggi yaitu pada unit inlet dengan jumlah 952 partikel/150ml, sedangkan jumlah terendah berada pada unit ekualisasi dengan jumlah 236 partikel/150ml. Kelimpahan

mikroplastik pada sampel hari kerja dengan menggunakan $ZnCl_2$, jumlah tertinggi berada pada unit SBR dengan jumlah 571 partikel/150ml, sedangkan yang terendah berada pada unit ekualisasi dengan total 271 partikel/150ml. Pada sampel akhir pekan dengan menggunakan NaCl, jumlah tertinggi berada pada unit inlet dengan jumlah 1041 partikel/150ml, sedangkan yang terendah berada pada unit maturasi dengan jumlah sebesar 408 partikel/50ml. Kelimpahan mikroplastik pada sampel akhir pekan dengan menggunakan $ZnCl_2$, jumlah tertinggi berada pada unit inlet dengan jumlah sebesar 977 partikel/150ml, sedangkan jumlah terendah berada pada unit ekualisasi dengan jumlah sebesar 477 partikel/150ml.

Berdasarkan pada Gambar 4.2 dan 4.3, tidak setiap unit pengolahan memiliki kemampuan untuk menyisihkan mikroplastik, dimana sampel yang diuji menggunakan larutan NaCl pada unit ekualisasi menuju ke unit *sequencing batch reactor* (SBR) terdapat kenaikan dari 236 partikel/150ml pada kolam ekualisasi menjadi 640 partikel/150ml pada unit SBR, begitu juga pada sampel yang diuji menggunakan larutan $ZnCl_2$ pada unit ekualisasi menuju ke unit SBR terdapat kenaikan dari 271 partikel/150ml pada unit ekualisasi menjadi 571 partikel/150ml pada unit SBR.

Setiap unit pengolahan memiliki kelimpahan mikroplastik yang berbeda. Namun, dari hasil pengujian dengan larutan NaCl dan $ZnCl_2$, terdapat kemiripan kelimpahan mikroplastik pada setiap unit pengolahan. Hal ini berkaitan dengan proses yang terjadi pada unit pengolahan tersebut. Pada sampel akhir pekan di saluran inlet, masing-masing memiliki jumlah 1041 partikel/150ml dan 977 partikel/150ml pada sampel NaCl dan $ZnCl_2$. Kelimpahan mikroplastik pada saluran inlet belum dipengaruhi oleh unit pengolahan lainnya, dimana saluran inlet berfungsi sebagai jalur masuk bagi air limbah dari saluran pembuangan.

Selanjutnya, pada kolam ekualisasi, masing-masing memiliki jumlah 554 partikel/50ml dan 477 partikel/150ml pada sampel NaCl dan $ZnCl_2$. Kelimpahan mikroplastik pada kolam ekualisasi dipengaruhi oleh proses yang terjadi, dimana kolam ekualisasi berfungsi untuk mengendalikan aliran dan menjadi tempat penyimpanan sementara.

Pada kolam sequencing batch reactor (SBR), kelimpahan mikroplastik memiliki jumlah 623 partikel/150ml dan 601 partikel/150ml pada sampel NaCl dan $ZnCl_2$. Peningkatan kelimpahan mikroplastik yang terjadi pada kolam SBR dari unit sebelumnya, yaitu kolam ekualisasi, dipengaruhi oleh proses yang terjadi pada kolam SBR, dimana proses pengambilan sampel dilakukan pada saat reaktor aktif.

Berikutnya, pada kolam maturasi, kelimpahan mikroplastik memiliki jumlah 408 partikel/150ml dan 513 partikel/150ml pada sampel NaCl dan $ZnCl_2$. Kelimpahan mikroplastik pada kolam maturasi tidak dipengaruhi secara langsung oleh proses yang terjadi pada unit tersebut. Namun, kelimpahan mikroplastik pada kolam maturasi merupakan hasil dari proses pengendapan yang terjadi pada tahapan kolam SBR, sehingga terdapat penurunan kelimpahan mikroplastik dari unit sebelumnya.

Terakhir, pada saluran outlet, kelimpahan mikroplastik memiliki jumlah 821 partikel/150ml dan 854 partikel/150ml pada sampel NaCl dan $ZnCl_2$. Saluran outlet merupakan saluran penghubung dari proses pengolahan air limbah menuju badan air. Peningkatan kelimpahan mikroplastik pada saluran inlet dipengaruhi oleh teknik pengambilan sampel yang berada pada aliran yang mengalir, sehingga mengindikasikan adanya akumulasi mikroplastik pada wadah saat pengambilan sampel.

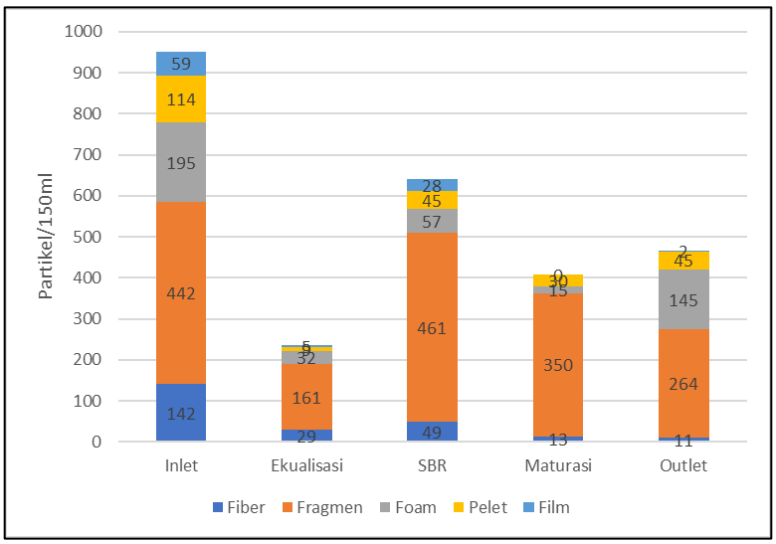
Dari penjelasan tersebut, menunjukkan adanya kandungan mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL menjadi salah sumber pelepasan mikroplastik ke lingkungan, dimana jutaan partikel mikroplastik dengan berbagai macam karakteristik masuk ke IPAL melalui saluran pembuangan di wilayah perkotaan, namun unit IPAL tidak secara khusus dirancang untuk mereduksi mikroplastik (Reddy & Nair, 2022). Menurut penelitian yang dilakukan Xu et al., (2019), kelimpahan mikroplastik akan terus berkurang melalui keseluruhan proses dari pengolahan IPAL, meskipun masih terdapat sejumlah mikroplastik yang dilepaskan ke lingkungan karena debit harian yang tinggi. Pada Tabel 4.2 menunjukkan faktor yang berpengaruh terhadap kelimpahan mikroplastik di setiap titik pengambilan sampel.

Tabel 4. 2 Pengaruh Proses Pengolahan Pada Kelimpahan MPs

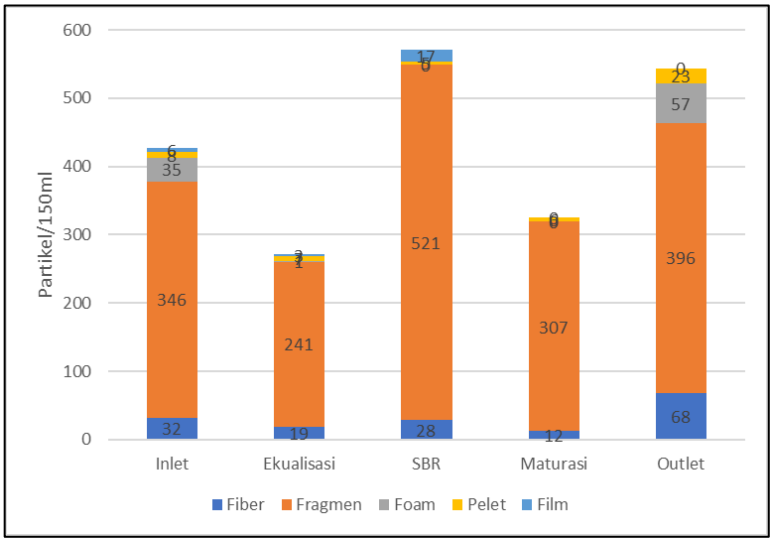
No	Titik Pengambilan Sampel	Keterangan
1.	Inlet	Belum mengalami proses penyisihan
2.	Kolam Ekualisasi	Kolam ekualisasi terjadi proses penyamaan aliran dan penampungan sementara, sehingga mengakibatkan partikel tersuspensi di dalam air
3.	*Sequencing Batch Reactor* (SBR)	Pada saat SBR mulai fase *react* (aerasi) mengakibatkan partikel tersuspensi di dalam air
4.	Kolam Maturasi	Air limbah pada kolam maturasi merupakan hasil dari proses *settle* (pengendapan) pada unit SBR
5.	Outlet	Hasil dari proses unit pengolahan dan teknik pengambilan sampel berada pada air yang mengalir

4.2.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis

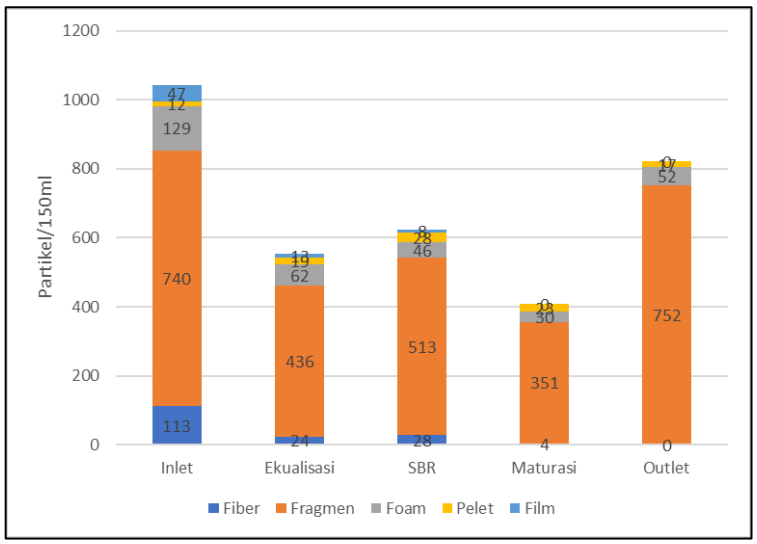
Dari hasil analisis mikroskop diperoleh jenis mikroplastik seperti fiber, fragmen, film, pelet, dan foam. Jenis mikroplastik pada unit pengolahan air limbah disajikan pada Gambar 4.5 hingga Gambar 4.8.



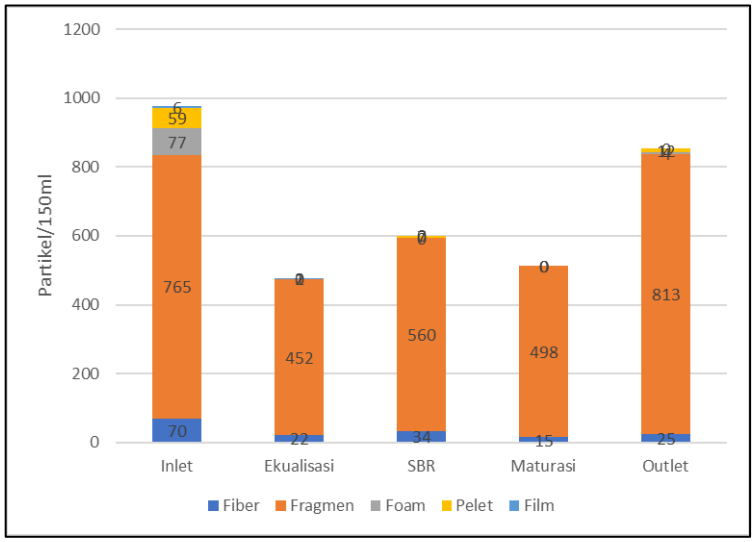
Gambar 4. 5 Jenis Mikroplastik Hari Kerja NaCl



Gambar 4. 6 Jenis Mikroplastik Hari Kerja $ZnCl_2$



Gambar 4. 7 Jenis Mikroplastik Akhir Pekan NaCl



Gambar 4. 8 Jenis Mikroplastik Akhir Pekan ZnCl2

Berdasarkan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, hasil pengujian sampel menggunakan larutan NaCl menunjukkan bahwa mikroplastik jenis fragmen mendominasi pada unit inlet, dengan jumlah mencapai 442 partikel/150ml. Sebaliknya, mikroplastik jenis film memiliki jumlah yang paling sedikit pada unit inlet, hanya sebanyak 59 partikel/150ml. Pada tahap selanjutnya, yaitu pada unit ekualisasi, mikroplastik jenis fragmen kembali menjadi yang paling banyak dengan jumlah mencapai 161 partikel/150ml. Sementara itu, mikroplastik jenis film tetap memiliki jumlah yang paling sedikit, yaitu 5 partikel/150ml. Untuk pengujian sampel dengan menggunakan larutan $ZnCl_2$, terlihat bahwa mikroplastik jenis fragmen juga mendominasi pada unit SBR, dengan jumlah mencapai 521 partikel/150ml. Di sisi lain, mikroplastik jenis foam tidak terdeteksi pada unit SBR. Pada unit ekualisasi, mikroplastik jenis fragmen kembali menjadi yang paling banyak dengan jumlah 241 partikel/150ml. Sebaliknya, mikroplastik jenis foam tetap memiliki jumlah yang paling sedikit, hanya 1 partikel/50ml.

Pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7, hasil pengujian dengan menggunakan larutan NaCl menunjukkan bahwa unit inlet memiliki jumlah mikroplastik paling banyak, mencapai total 1041 partikel/150ml. Mikroplastik jenis fragmen mendominasi dengan jumlah 740 partikel/150ml, sedangkan mikroplastik jenis pelet memiliki jumlah paling sedikit, yaitu 19 partikel/150ml. Sementara itu, unit maturasi

memiliki jumlah mikroplastik paling sedikit sebesar 408 partikel/150ml, dengan mikroplastik jenis fragmen menjadi yang paling banyak 351 partikel/150ml. Mikroplastik jenis foam tidak ditemukan pada unit maturasi.

Pada pengujian dengan menggunakan larutan $ZnCl_2$ pada sampel akhir pekan, unit inlet juga menunjukkan jumlah mikroplastik paling banyak, yakni sejumlah 977 partikel/150ml, dengan mikroplastik jenis fragmen menjadi yang paling banyak, mencapai jumlah 765 partikel/150ml. Pada unit inlet, mikroplastik jenis film memiliki jumlah paling sedikit, yaitu 6 partikel/150ml. Sementara itu, pada unit ekualisasi tercatat total mikroplastik paling sedikit, sejumlah 477 partikel/150ml. Pada unit ekualisasi, mikroplastik jenis fragmen mendominasi dengan jumlah 452 partikel/150ml, sementara mikroplastik jenis pelet tidak ditemukan pada unit ekualisasi.

Berdasarkan pengujian dengan larutan NaCl dan $ZnCl_2$, diperoleh hasil mengenai jenis mikroplastik yang mencakup fiber, fragmen, foam, pelet, dan film. Pada sampel hari kerja yang diuji dengan NaCl, terdapat 244 partikel mikroplastik jenis fiber, 1678 partikel fragmen, 444 partikel foam, 243 partikel pelet, dan 94 partikel film. Sementara itu, pada sampel yang diuji dengan $ZnCl_2$ pada hari kerja, terdapat 159 partikel fiber, 1811 partikel fragmen, 93 partikel foam, 49 partikel pelet, dan 26 partikel film.

Pada sampel akhir pekan yang diuji dengan NaCl, ditemukan 169 partikel fiber, 2792 partikel fragmen, 319 partikel foam, 99 partikel pelet, dan 68 partikel film. Sedangkan pada sampel $ZnCl_2$ pada akhir pekan, terdapat 166 partikel fiber, 3088 partikel fragmen, 82 partikel foam, 78 partikel pelet, dan 8 partikel film. Kelima jenis mikroplastik yang diidentifikasi dapat ditemukan pada sampel yang diuji dengan NaCl maupun $ZnCl_2$, namun kuantitasnya berbeda pada setiap jenis mikroplastik.

Mengacu pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7, diketahui bahwa mikroplastik jenis fragmen dan fiber paling banyak ditemukan pada sampel yang diuji dengan $ZnCl_2$. Meskipun demikian, mikroplastik jenis foam, pelet, dan film memiliki kuantitas yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan sampel yang diuji menggunakan NaCl.

Penelitian yang dilakukan oleh Van Do et al., (2022), menunjukkan air limbah yang berada pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berasal dari berbagai sumber, seperti air limbah domestik, air hujan, dan air limbah yang berasal dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Penelitian ini mengidentifikasi keberadaan mikroplastik yang berasal dari sampel influen dan efluen IPAL. Mikroplastik yang diidentifikasi meliputi jenis fiber, fragmen, foam, pelet, dan film.

1. Fiber

   Mikroplastik jenis fiber berasal dari serat kain sintetis, yang dapat ditemukan dalam berbagai produk tekstil seperti pakaian. Selain itu, mikroplastik fiber juga dapat berasal dari limbah peralatan penangkapan ikan, seperti jaring ikan dan tali pancing. Dalam proses penggunaan atau pencucian pakaian, serat-serat mikroplastik dapat terlepas dan menyebar ke lingkungan. Begitu pula, ketika peralatan penangkapan ikan yang terbuat dari bahan sintetis digunakan, serat-serat mikroplastik dapat terlepas dan menyebar ke lingkungan (Safitri, 2023).

2. Fragmen

   Mikroplastik fragmen berasal dari plastik keras, seperti kantong plastik, wadah plastik, dan mainan (Hanif et al., 2021). Mikroplastik jenis fragmen dapat berasal dari berbagai sumber, seperti kemasan botol minum, kemasan toples, kepingan galon, map mika, dan potongan pipa, yang kemudian dapat mengapung di permukaan air (Seprandita et al., 2022).

3. Foam

   Mikroplastik jenis foam, yang memiliki bentuk seperti kapas dan bertekstur kenyal, dapat dihasilkan dari produk *styrofoam* sekali pakai. Sumber utama mikroplastik ini berasal dari produk-produk *styrofoam* yang seringkali digunakan dalam kemasan sekali pakai atau tempat untuk makanan dan minuman (Safitri, 2023).

4. Pelet

   Mikroplastik jenis pelet memiliki bentuk silindris dan dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk bubuk resin, produk kecantikan, dan bahan

baku produksi plastik yang awalnya berasal dari mikroplastik primer (Victoria, 2017).

5. Film

   Mikroplastik jenis film berasal dari kantong plastik dan kemasan makan yang umumnya memiliki warna transparan. Dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya, film memiliki densitas yang paling rendah (Seprandita et al., 2022).

Mikroplastik sekunder bersumber dari proses degradasi plastik melalui proses fisik, kimia, dan biologi (Xu et al., 2019). Degradasi mikroplastik melalui proses fisik dapat terjadi dengan abrasi, dimana partikel plastik melakukan kontak dengan elemen lingkungan yang dapat menyebabkan abrasi. Elemen lingkungan dapat mencakup butiran sedimen, kerang, dan serpihan kayu (Corcoran, 2021). Degradasi plastik melalui proses biologi dapat terjadi dengan biodegradasi. Pada proses biodegradasi, mikroplastik dijadikan sebagai substrat untuk pertumbuhan biofilm. Biofilm yang terbentuk akan menyebabkan pembentukan lubang dan retakan yang akan melemahkan struktur mikroplastik. Degradasi plastik melalui proses kimia dapat terjadi melalui proses fotodegradasi. Fotodegradasi menjadi proses kunci pada dekomposisis polimer. Pada mikroplastik, paparan sinar matahari serta radiasi ultraviolet dapat menyebabkan pemecahan ikatan kimia dalam struktur molekul plastik karea energi dari sinar UV (Du et al., 2021).

Densitas mikroplastik dapat berubah dengan cepat seiring dengan berjalannya waktu. Hal ini dapat berdampak pada daya apung partikel sehingga akan merubah lintasan partikel (Mendrik et al., 2023). Mikroplastik yang memiliki densitas tinggi cenderung akan mengendap, sementara mikroplastik dengan densitas rendah akan tetap tersuspensi dalam air (Dhea et al., 2023).

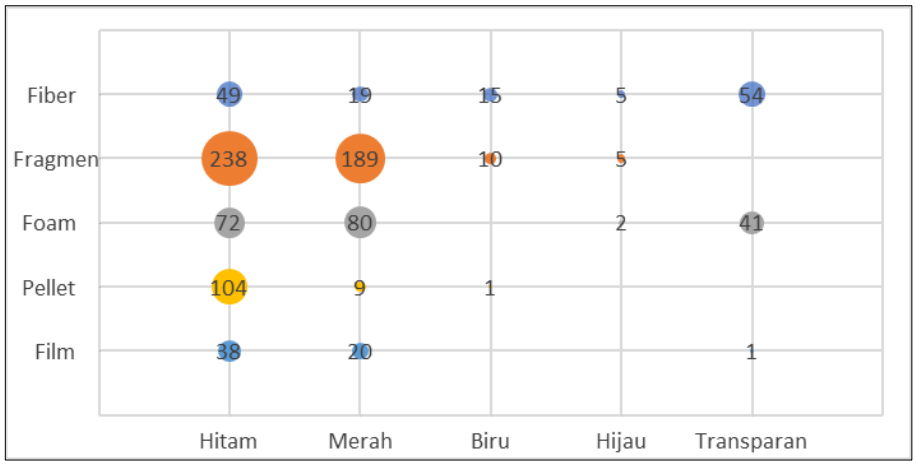
Proses *density separation* dilakukan untuk memisahakan padatan berdasarkan densitasnya. Larutan seperti *sodium chloride* (NaCl) dan *zinc chloride* ($ZnCl_2$), merupakan larutan yang umum digunakan dalam tahap *density separation* pada mikroplastik untuk sampel air (Rodrigues et al., 2020). Penggunaan larutan NaCl pada proses *density separation* dinilai kurang maksimal untuk proses pemisahan

padatan dengan densitas yang tinggi apabila dibandingkan dengan menggunakan larutan $ZnCl_2$ (Lee & Kim, 2017).

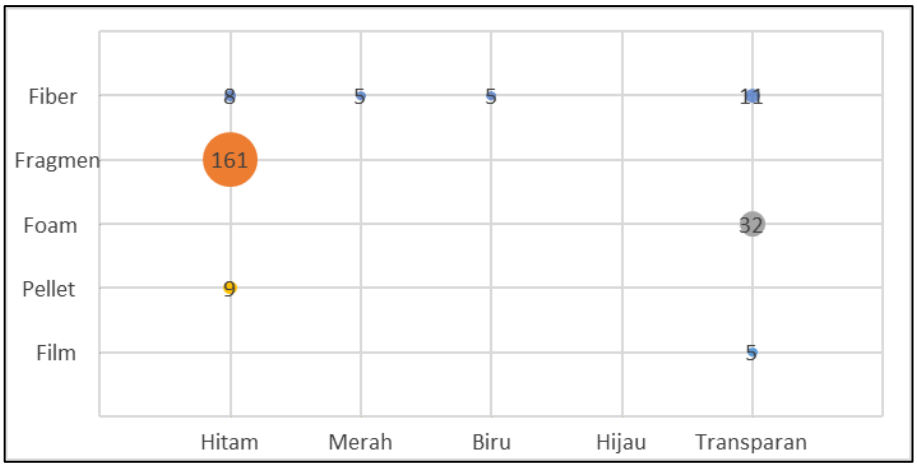
4.2.3 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Warna

Dari hasil analisis yang dilakukan dengan menggunakan mikroskop, ditemukan beberapa warna yang telah diidentifikasi dari berbagai jenis mikroplastik. Warna mikroplastik disajikan pada grafik berikut:

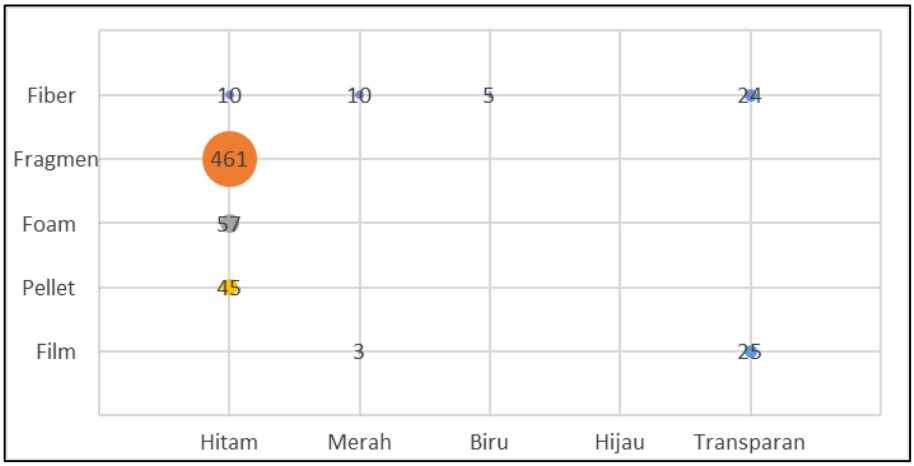
1. Sampel Mikroplastik Hari Kerja pengujian dengan NaCl



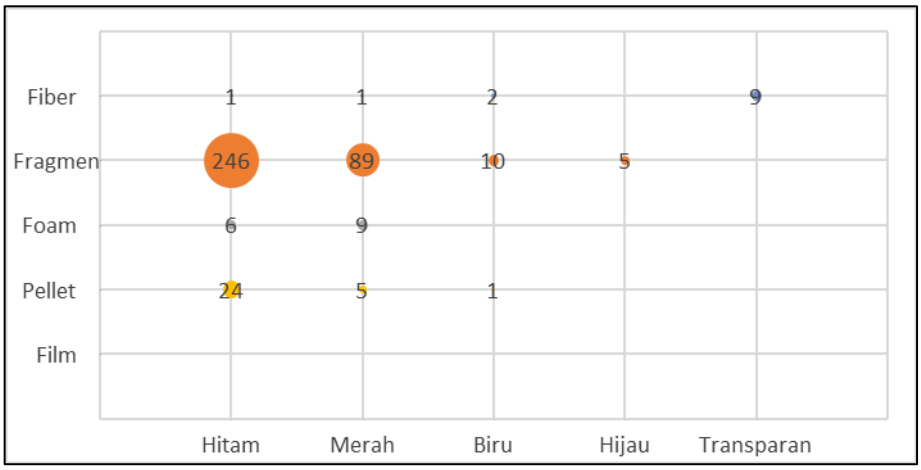
Gambar 4. 9 Warna MPs Unit Inlet



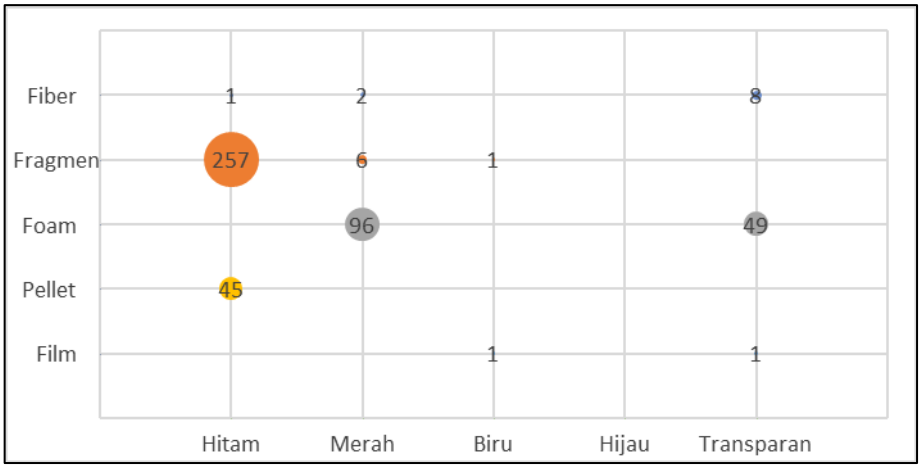
Gambar 4. 10 Warna MPs Unit Ekualisasi



Gambar 4. 11 Warna MPs Unit SBR



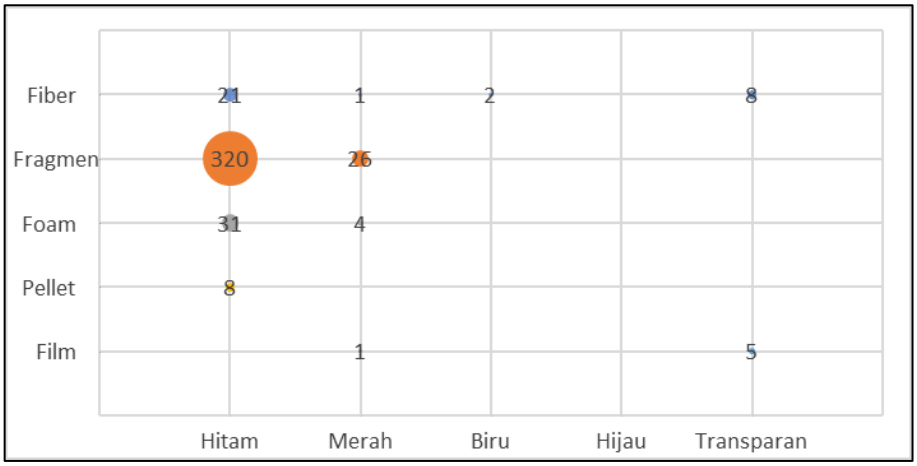
Gambar 4. 12 Warna MPs Unit Maturasi



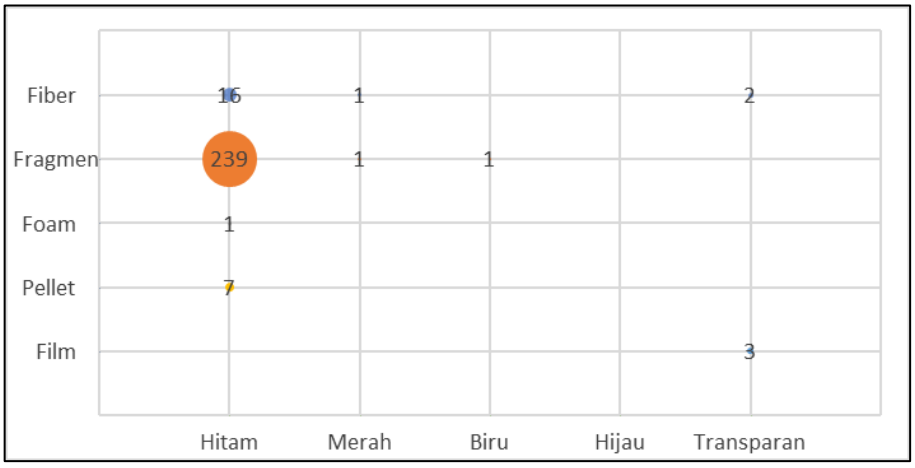
Gambar 4. 13 Warna MPs Unit Outlet

Pada Gambar 4.9 hingga Gambar 4.13 menunjukkan variasi warna mikroplastik pada setiap unit pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang diuji menggunakan larutan NaCl di hari kerja. Pada inlet, warna hitam mendominasi dengan total 501 partikel, sementara warna hijau hanya terdiri dari 12 partikel. Selanjutnya, pada unit ekualisasi, warna hitam tetap mendominasi dengan total 178 partikel, dan tidak ditemukan mikroplastik berwarna hijau. Pada unit SBR, warna hitam juga menjadi yang paling dominan dengan total 573 partikel, sedangkan mikroplastik berwarna hijau tidak terdeteksi. Selanjutnya, pada unit maturasi, mikroplastik berwarna hitam mendominasi dengan total 277 partikel, dan mikroplastik berwarna hijau menjadi yang paling sedikit dengan total 5 partikel. Terakhir, pada unit outlet, mikroplastik berwarna hitam menjadi yang paling dominan dengan total 303 partikel, dan tidak ditemukan mikroplastik berwarna hijau pada unit outlet.

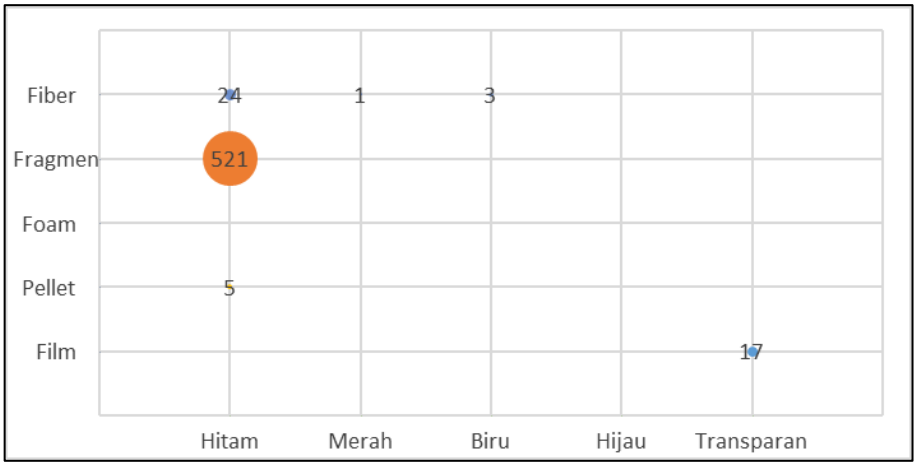
2. Sampel Mikroplastik Hari Kerja pengujian dengan $ZnCl_2$



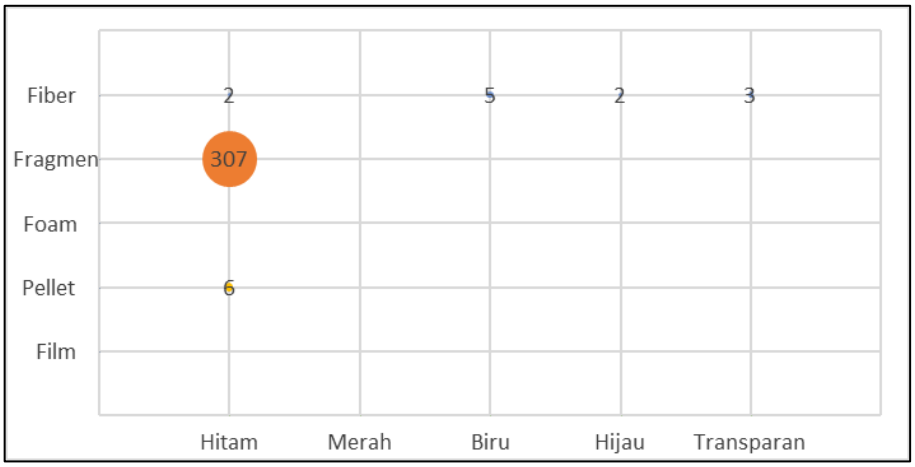
Gambar 4. 14 Warna MPs Unit Inlet



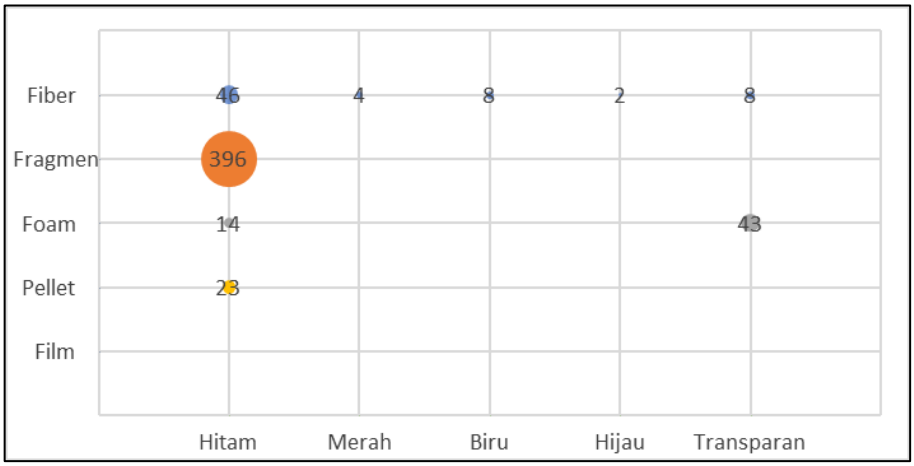
Gambar 4. 15 Warna MPs Unit Ekualisasi



Gambar 4. 16 Warna MPs Unit SBR



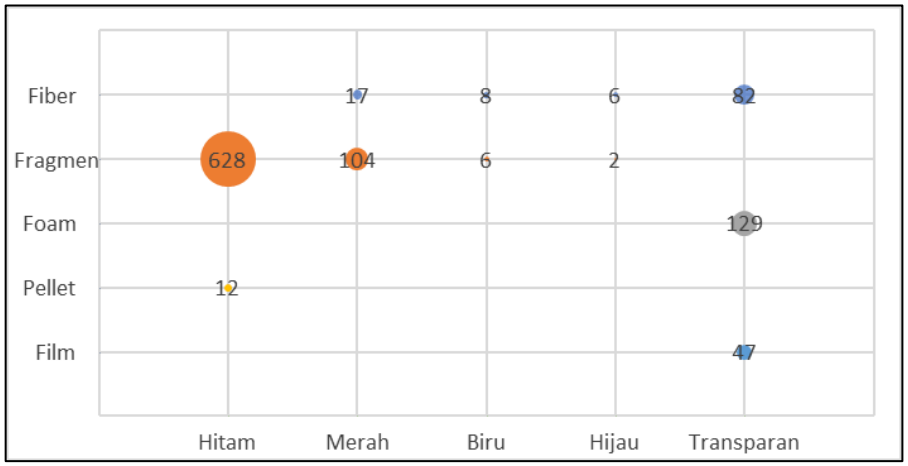
Gambar 4. 17 Warna MPs Unit Maturasi



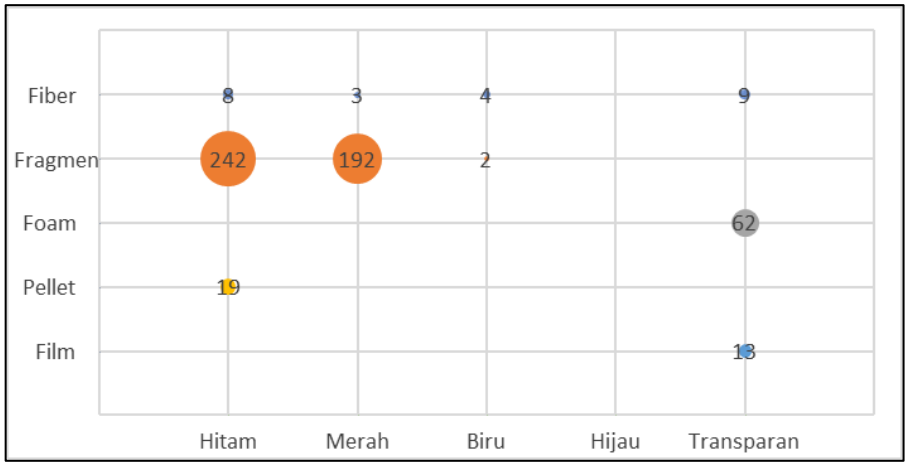
Gambar 4. 18 Warna MPs Unit Outlet

Pada Gambar 4.14 hingga 4.18 menunjukkan variasi warna mikroplastik pada sampel yang diuji dengan larutan $ZnCl_2$ di hari kerja. Pada unit inlet, warna hitam mendominasi dengan total 380 partikel, sementara pada unit inlet tidak terdeteksi mikroplastik berwarna hijau. Selanjutnya, pada unit ekualisasi, warna hitam tetap mendominasi dengan total 263 partikel, dan pada unit ekualisasi juga tidak terdapat mikroplastik berwarna hijau. Pada unit SBR, warna hitam menjadi yang paling dominan dengan total 550 partikel, dan seperti sebelumnya, pada unit SBR tidak ada mikroplastik berwarna hijau. Selanjutnya, pada unit maturasi, warna hitam kembali mendominasi dengan total 315 partikel, dan tidak terdeteksi warna merah pada unit maturasi. Terakhir, pada unit outlet, mikroplastik berwarna hitam mendominasi dengan total 479 partikel, sementara mikroplastik berwarna hijau menjadi yang paling sedikit dengan hanya 2 partikel.

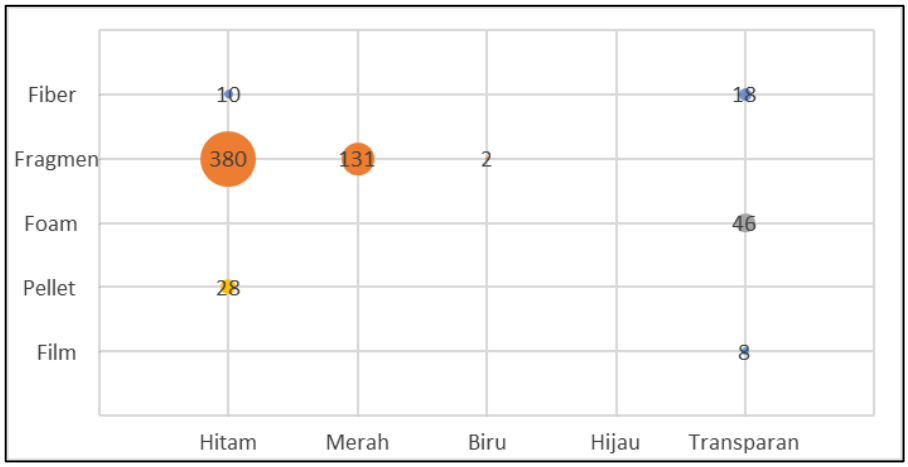
3. Sampel Mikroplastik Akhir Pekan pengujian dengan NaCl



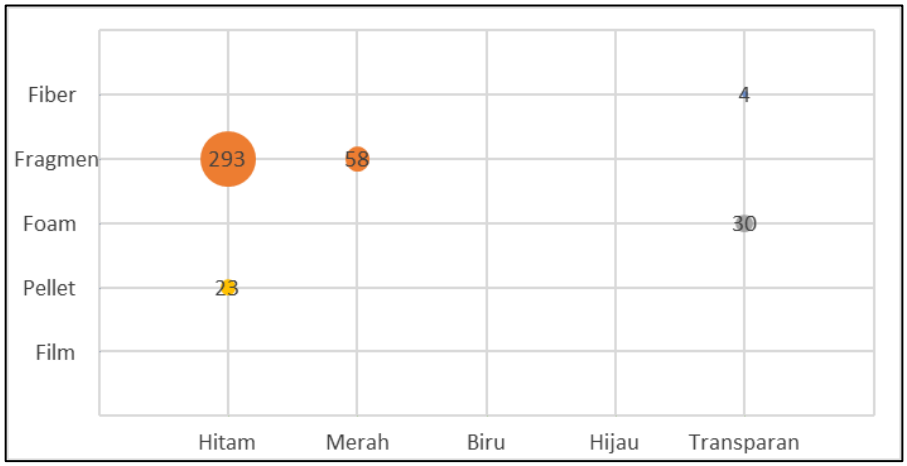
Gambar 4. 19 Warna MPs Unit Inlet



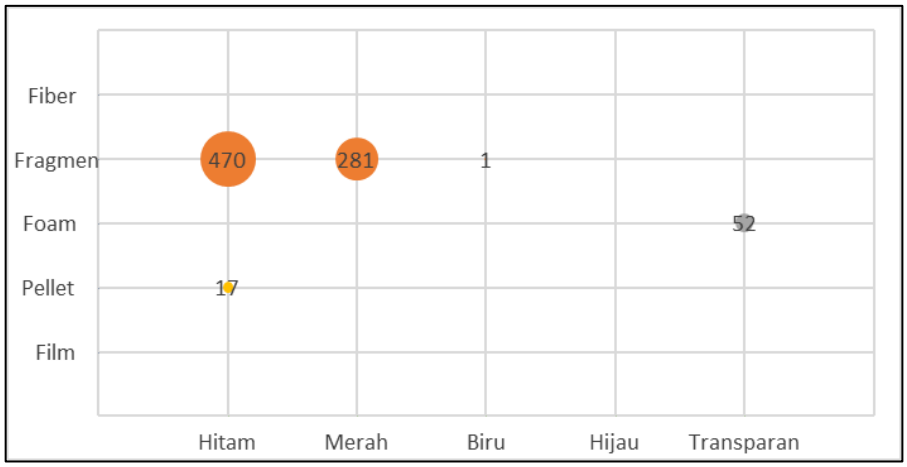
Gambar 4. 20 Warna MPs Unit Ekualisasi



Gambar 4. 21 Warna MPs Unit SBR



Gambar 4. 22 Warna MPs Unit Maturasi

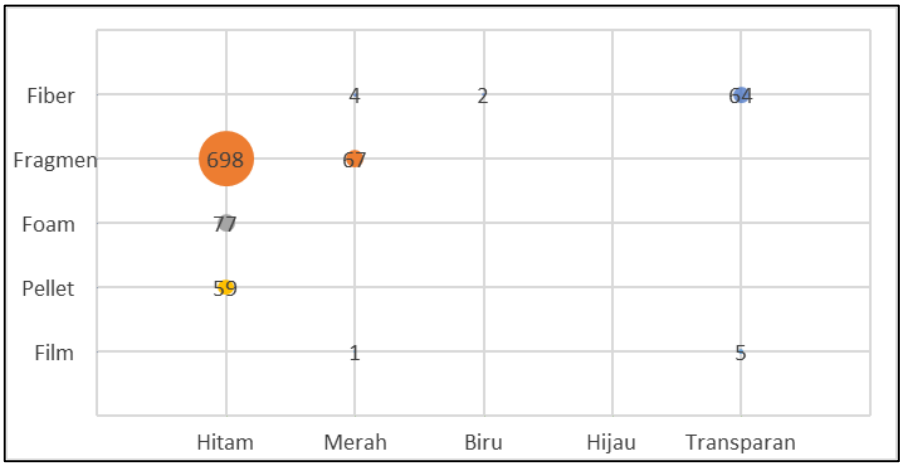


Gambar 4. 23 Warna MPs Unit Outlet

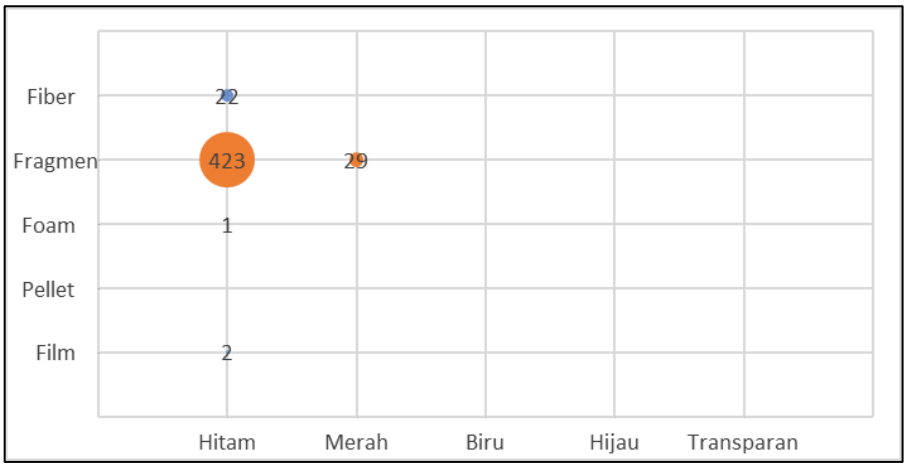
Pada Gambar 4.19 hingga 4.23 menunjukkan variasi warna pada sampel mikroplastik yang diuji dengan larutan NaCl di akhir pekan. Pada inlet, mikroplastik berwarna hitam mendominasi dengan total 640 partikel, sementara mikroplastik berwarna hijau menjadi yang paling sedikit dengan total 8 partikel. Selanjutnya, pada unit ekualisasi, mikroplastik berwarna hitam tetap mendominasi dengan total 269 partikel, dan tidak terdeteksi mikroplastik berwarna hijau pada unit ekualisasi. Pada unit SBR, mikroplastik berwarna hitam juga mendominasi dengan total 418 partikel, dan seperti sebelumnya, tidak ditemukan mikroplastik berwarna hijau pada unit SBR. Selanjutnya, pada unit maturasi, mikroplastik berwarna hitam kembali mendominasi dengan total 316 partikel, sementara

mikroplastik berwarna biru dan hijau tidak terdeteksi pada unit maturasi. Terakhir, pada unit outlet, mikroplastik berwarna hitam mendominasi dengan total 470 partikel, dan tidak ditemukan mikroplastik berwarna hijau pada unit outlet.

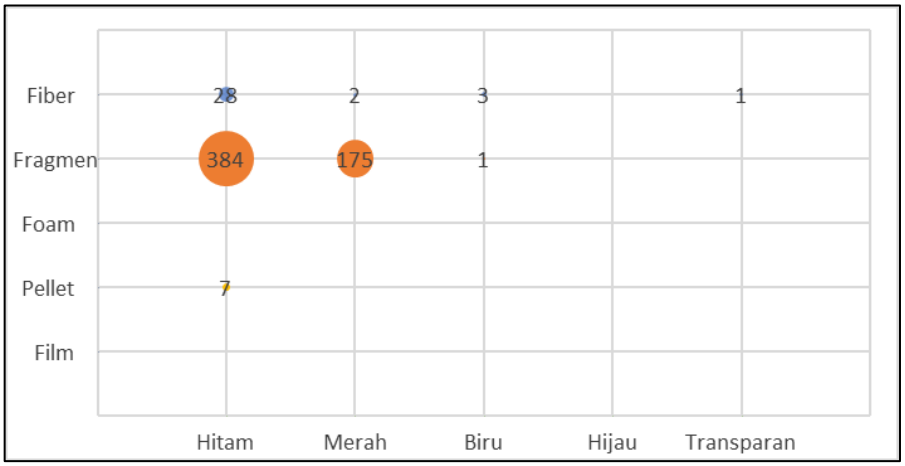
4. Sampel Mikroplastik Akhir Pekan pengujian dengan $ZnCl_2$



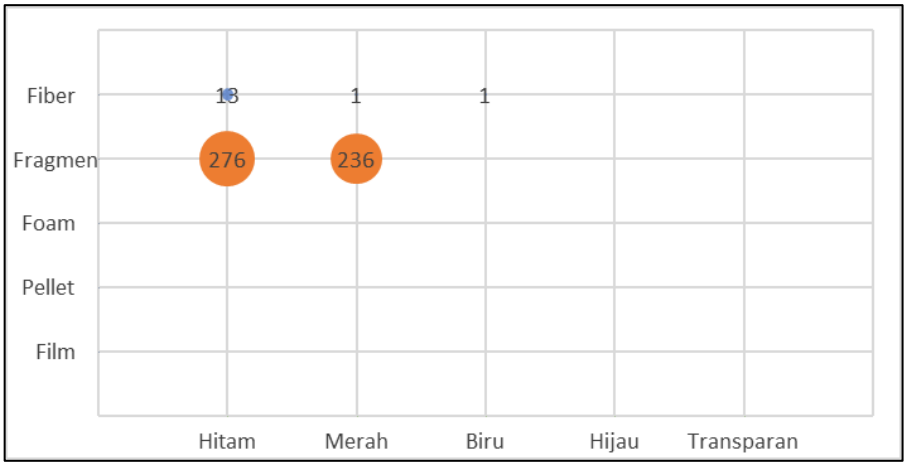
Gambar 4. 24 Warna MPs Unit Inlet



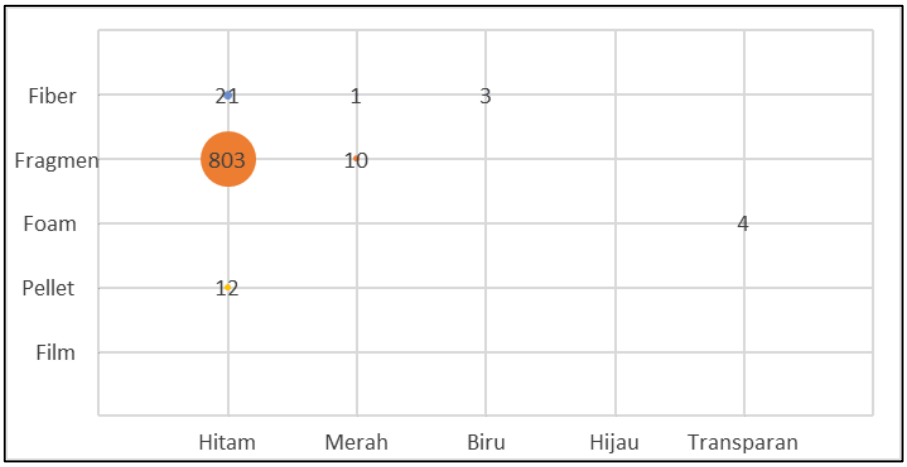
Gambar 4. 25 Warna MPs Unit Ekualisasi



Gambar 4. 26 Warna MPs Unit SBR



Gambar 4. 27 Warna MPs Unit Maturasi



Gambar 4. 28 Warna MPs Unit Outlet

Pada Gambar 4.24 hingga Gambar 4.28 menggambarkan variasi warna mikroplastik pada sampel yang diuji menggunakan $ZnCl_2$ di akhir pekan. Pada inlet, mikroplastik berwarna hitam mendominasi dengan total 834 partikel, sementara mikroplastik berwarna hijau tidak terdeteksi pada unit inlet. Selanjutnya, pada unit ekualisasi, mikroplastik berwarna hitam tetap mendominasi dengan total 448 partikel, dan tidak terdapat mikroplastik berwarna biru, hijau, dan transparan pada unit ekualisasi. Pada unit SBR, mikroplastik berwarna hitam juga mendominasi dengan total 419 partikel, dan seperti sebelumnya, mikroplastik berwarna hijau tidak terdeteksi pada unit SBR. Selanjutnya, pada unit maturasi, mikroplastik berwarna hitam kembali mendominasi dengan total 289 partikel, sementara mikroplastik berwarna hijau dan transparan tidak terdeteksi pada unit maturasi. Terakhir, pada unit outlet, mikroplastik berwarna hitam mendominasi dengan total 836 partikel, dan tidak ditemukan mikroplastik berwarna hijau pada unit outlet.

4.2.4 Identifikasi Karakteristik Kimia Mikroplastik

Identifikasi karakteristik kimia dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Sampel yang dianalisis menggunakan sampel hari kerja yang diuji dengan larutan NaCl dan larutan $ZnCl_2$. Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 merupakan hasil identifikasi FTIR:

Tabel 4. 3 Hasil FTIR Sampel NaCl

Nama Unit	Nama Senyawa	Skor Kemiripan	Keterangan
Inlet	D_Tencel	719	Tencel (Lyocell) merupakan serat yang digunakan untuk bahan pakaian.
	D_Polyacetylene	698	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur
Ekualisasi	D_Cellulose2	705	Cellulose merupakan suatu polimer yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan

			baku dalam berbagai produk industri seperti kertas, tekstil, dan bahan bioetanol.
	D_Polyacetylene	692	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur
SBR	D_Tencel	763	Tencel (Lyocell) merupakan serat yang digunakan untuk bahan pakaian.
	D_Polyacetylene	726	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur
Maturasi	D_Tencel	736	Tencel (Lyocell) merupakan serat yang digunakan untuk bahan pakaian.
	D_Polyacetylene	730	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur
Outlet	D_Tencel	692	Tencel (Lyocell) merupakan serat yang digunakan untuk bahan pakaian.
	D_Polyacetylene	665	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur

Tabel 4. 4 Hasil FTIR Sampel $ZnCl_2$

Nama Unit	**Nama Senyawa**	**Skor Kemiripan**	**Keterangan**
Inlet	D_Tencel	714	Tencel (Lyocell) merupakan serat yang digunakan untuk bahan pakaian.
	D_Polyacetylene	705	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur
Ekualisasi	D_Polyacetylene	755	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur

	D_Tencel	735	Tencel (Lyocell) merupakan serat yang digunakan untuk bahan pakaian.
SBR	Polyacetylene	754	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur
	D_Polyacrylamide	746	Polyacrylamide banyak digunakan menjadi berbagai produk industri dan konsumen.
Maturasi	Polyacetylene	727	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur
	D_Tencel	721	Tencel (Lyocell) merupakan serat yang digunakan untuk bahan pakaian.
Outlet	D_Tencel	679	Tencel (Lyocell) merupakan serat yang digunakan untuk bahan pakaian.
	D_Polyacetylene	649	Polyacetylene merupakan suatu polimer yang digunakan dalam perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur.

Dari hasil FTIR pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, diperoleh polimer jenis *tencel, polyacetylene, polyacrylamide,* dan *cellulose*. Polimer jenis *tencel* memperoleh skor kemiripan tertinggi sebesar 763, kemudian *polyacetylene* dengan skor kemiripan paling tinggi sebesar 755, selanjutnya *polyacrylamide* dengan skor kemiripan 746, dan *cellulose* dengan skor kemiripan 705.

Hasil dari FTIR pada Lampiran 4, menunjukkan spektra dari sampel hari kerja yang diuji dengan NaCl dan $ZnCl_2$. Pada sampel NaCl diperoleh nilai spektra meliputi 3394,72 cm^{-1} dan 3421,72 cm^{-1}, dimana angka tersebut menandakan memiliki gugus fungsi O-H. Kemudian pada sampel $ZnCl_2$ diperoleh nilai spektra meliputi 3421,72 cm^{-1} dan 3228,84 cm^{-1}, dimana angka tersebut menandakan memiliki gugus fungsi O-H dan N-H.

Gugus fungsi O-H dan N-H memiliki jumlah spektra yang sama berada pada 3600-3300 cm^{-1}. Perbedaan pada gugus fungsi O-H dengan N-H dapat diperhatikan dari bentuk spektranya, gugus fungsi O-H memiliki spektra yang melebar namun tidak terbagi, sedangkan gugus fungsi N-H memiliki bentuk spektra yang melebar dan terbagi dua (Humairah et al., 2022).

Tencel (*Lyocell*) merupakan serat yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan pakaian. *Lyocell* diproduksi dari pulp yang dihasilkan dari penguraian serat kayu menggunakan metode *"spinning process"*. Serat lyocell memiliki kekuatan yang tinggi pada keadaan kering maupun basah apabila dibandingkan dengan serat lainnya (Badr et al., 2016).

Polyacetylene merupakan suatu polimer yang umumnya digunakan pada perangkat elektronik dengan sifatnya yang lentur dan memiliki konduktivitas yang tinggi. Konduktivitas dari *polyacetylene* dapat dimodifikasi dengan menggunakan teknik doping, sehingga dengan hal ini konduktivitas dapat diatur sesuai kebutuhan (Saha et al., 2021).

Polyacrylamide merupakan polimer sintetis yang larut dalam air. *Polyacrylamide* terbuat dari kombinasi *acrylamide* dan asam akrilik. Pada pengaplikasiannya, *polyacrylamide* dapat digunakan sebagai bahan produksi kertas, agrikultur, maupun sebagai flokulan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Ikada & Ashida, 1986).

Cellulose merupakan senyawa organik yang sebagian besar dihasilkan oleh tumbuhan. *Cellulose* merupakan suatu polimer yang penggunaannya sangat variatif, dimana polimer ini dapat digunakan pada banyak kegiatan industri seperti pakan hewan, kayu dan kertas, serat dan pakaian, serta industri kosmetik dan farmasi (Shokri & Adibkia, 2013).

4.3 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan dengan menggunakan metode *Rank Spearman*, untuk mengetahui hubungan antara kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) terhadap kelimpahan mikroplastik pada sampel yang diuji dengan menggunakan larutan NaCl dan $ZnCl_2$.

1. Sampel NaCl

   Pada sampel NaCl diperoleh p *value* = 0,002 dan r_s = 0,84. Karena p *value* = 0,002 < α = 0,05, maka terdapat korelasi antara TSS dan mikroplastik. Koefisien korelasi yang diperoleh sebesar 0,84, menunjukkan hubungan yang positif.

2. Sampel $ZnCl_2$

   Pada sampel ZnCl2 diperoleh p *value* = 0,005 dan r_s = 0,81. Karena p *value* = 0,005 < α = 0,05, maka terdapat korelasi antara TSS dan mikroplastik. Koefisien korelasi yang diperoleh sebesar 0,81, menunjukkan hubungan yang positif.

Total Suspended Solid (TSS) dapat berupa zat padat, seperti pasir, lumpur, dan tanah liat, atau partikel yang tersuspensi dalam air. TSS dapat mencakup komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, serta komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel anorganik (Ainy et al., 2011).

Menurut (Wang et al., 2020) Penelitian mengkaji terkait kemampuan *constructed wetlands* (CW) sebagai proses *tertiary treatment* untuk mereduksi mikroplastik. Hasil pengujian yang diperoleh pada efluen CW hampir tidak mengandung mikroplastik, dimana terdapat hubungan linear signifikan antara partikel mikroplastik dengan TSS, sehingga TSS dapat digunakan sebagai indikator terkait kelimpahan mikroplastik pada air limbah.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik (MPs) di Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta ini diketahui simpulannya sebagai berikut:

1. Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai PIALAM Sewon, Bantul, Yogyakarta, teridentifikasi 5 jenis mikroplastik, yakni fiber, fragmen, pelet, foam, dan film. Pada sampel hari kerja, mikroplastik jenis fragmen mendominasi, mencapai total 1811 partikel pada sampel yang diuji dengan larutan $ZnCL_2$. Sementara pada sampel akhir pekan, fragmen tetap mendominasi dengan rata-rata 3088 partikel pada pengujian yang sama. Setiap jenis mikroplastik menunjukkan variasi warna; hasil penelitian mencatat mikroplastik berwarna hitam, merah, biru, hijau, dan transparan.
2. Pada unit pengolahan IPAL tidak menunjukkan adanya penyisihan mikroplastik. Hal ini ditandai dengan penurunan kelimpahan mikroplastik tidak terjadi secara kontinu pada setiap unit IPAL.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat saran dari peneliti yang bertujuan sebagai masukan dan evaluasi pada penelitian berikutnya:

1. Perlu memperhatikan terkait kondisi unit dari IPAL mengenai sampel yang diambil merupakan air dengan aliran yang tenang atau air dengan aliran yang deras.
2. Perlu memperhatikan terkait waktu beroperasi dari unit IPAL, agar sampel yang diambil merupakan sampel air limbah pada saat unit sedang beroperasi bukan pada saat unit sedang tidak beroperasi.

3. Perlu memperhatikan terkait pemilihan metode yang digunakan untuk proses pengujian sampel, khususnya sampel air limbah yang berasal dari IPAL agar hasil uji yang diperoleh sesuai dengan metode yang berlaku.
4. Perlu ketelitian yang tinggi dalam mengidentifikasi jenis, jumlah, dan warna pada mikroplastik agar hasil yang diperoleh memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Ainy, K., Siswanto, A. D., & Nugraha, W. A. (2011). Sebaran Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Sepanjang Jembatan Suramadu Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, *4*(2), 158–162.

Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, *119*(1), 12–22. https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.01.082

Badan Standardisasi Nasional. (2004). Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri. *Sni 06-6989.3-2004*, 10.

Badr, A. A., Hassanin, A., & Moursey, M. (2016). Influence of Tencel/cotton blends on knitted fabric performance. *Alexandria Engineering Journal*, *55*(3), 2439–2447. https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.02.031

Browne, M. A. (2015). Sources and Pathways of Microplastics to Habitats. In L. and K. M. Bergmann Melanieand Gutow (Ed.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 229–244). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_9

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, *45*(21), 9175–9179. https://doi.org/10.1021/es201811s

Corcoran, P. L. (2021). Degradation of Microplastics in the Environment. *Handbook of Microplastics in the Environment*, 1–12. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_10-1

Coyle, R., Hardiman, G., & Driscoll, K. O. (2020). Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes, uptake and exchange in ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, *2*, 100010. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100010

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. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.2777

Dinas PUP-ESDM. (2022). Profil Balai PIALAM. *Ciptakarya*. https://ciptakarya.pu.go.id/balai/di-yogyakarta/buku-profil/16/Profil-IPLT-Sewon

Du, H., Xie, Y., & Wang, J. (2021). Microplastic degradation methods and corresponding degradation mechanism: Research status and future

perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, *418*(June), 126377. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126377

Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, *28*(1), 1–25. https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y

Duong, T. T., Le, P. T., Nguyen, T. N. H., Hoang, T. Q., Ngo, H. M., Doan, T. O., Le, T. P. Q., Bui, H. T., Bui, M. H., Trinh, V. T., Nguyen, T. L., Da Le, N., Vu, T. M., Tran, T. K. C., Ho, T. C., Phuong, N. N., & Strady, E. (2022). Selection of a density separation solution to study microplastics in tropical riverine sediment. *Environmental Monitoring and Assessment*, *194*(2). https://doi.org/10.1007/s10661-021-09664-0

Fachrul, M. F., Rinanti, A., Agustria, A., & Naswadi, D. A. (2021). Degradasi Mikroplastik Pada Ekosistim Perairan Oleh Bakteri Kultur. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah*, *6*, 304–316.

Fachrurozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2014). PENGARUH VARIASI BIOMASSA Pistia stratiotes L. TERHADAP PENURUNAN KADAR BOD, COD, DAN TSS LIMBAH CAIR TAHU DI DUSUN KLERO SLEMAN YOGYAKARTA. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health)*, *4*(1), 1–16. https://doi.org/10.12928/kesmas.v4i1.1100

Fujiati, E. (2015). *PERBEDAAN BOD, COD, Cl2, TSS PADA INLETDAN OUTLET INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) (Studi pada Industri Pengalengan Ikan PT. X di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi)*. *3*(3), 69–70.

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.v9i2.26832

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., C. Thompson, R., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, *46*(6), 3060–3075. https://doi.org/10.1021/es2031505

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*, *46*(6), 3060–3075. https://doi.org/10.1021/es2031505

Humairah, I. P., Husain, F., Kelautan, D. T., & Hasanuddin, U. (2022). *Studi Identifikasi Sampah Mikroplastik Pada Sedimen Pasir di Pantai Lambutoa Kabupaten Takalar*. *5*(2), 180–185.

Ikada, E., & Ashida, M. (1986). Degradation of Polymers. *Memoirs of the Faculty of Engineering, Kobe University*, *33*, 159–169.

https://doi.org/10.5254/1.3539991

Jayana, R., Nisa, K., & Pusphaningrum, S. A. (2021). Uji Kualitatif Penurunan Kadar Lemak, Kandungan Padatan, dan Kekeruhan Pada Air Limbah Domestik Dengan Grease Trap Bar Screen Filtration. *1*, *3*(1), 27–33. https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jppl/article/view/602

Kwon, H. J., Hidayaturrahman, H., Peera, S. G., & Lee, T. G. (2022). Elimination of Microplastics at Different Stages in Wastewater Treatment Plants. *Water (Switzerland)*, *14*(15). https://doi.org/10.3390/w14152404

Laila, Q. N., Purnomo, P. W., & Jati, O. E. (2020). Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, *4*(1), 28–35. https://doi.org/10.14710/jpl.2020.30524

Lee, H., & Kim, Y. (2017). *Microplastics Behavior at Sewage Treatment Facilities*.

Lukman, A., Nasution, A. J., & Harahap, R. (2022). Analisis Proses Pengolahan Air Limbah Domestik Pdam Tirtanadi Cabang Cemara. *Cetak) Buletin Utama Teknik*, *17*(2), 1410–4520.

Lusher, A., Hollman, P., & Mandoza-Hill, J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture. In *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* (Vol. 615, Issue July).

Mason, S. A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D., & Rogers, D. L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution*, *218*, 1045–1054. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.056

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), 1–9. https://doi.org/10.1038/s41598-022-19623-5

Mendrik, F., Fernández, R., Hackney, C. R., Waller, C., & Parsons, D. R. (2023). Non-buoyant microplastic settling velocity varies with biofilm growth and ambient water salinity. *Communications Earth and Environment*, *4*(1), 1–9. https://doi.org/10.1038/s43247-023-00690-z

Miftahuddin, M., Pratama, A., & Setiawan, I. (2021). Hubungan Antara Kelembaban Relatif Dengan Beberapa Variabel Iklim Dengan Pendekatan Korelasi Pearson di Samudera Hindia. *Jurnal Siger Matematika*, *2*(1), 25–33. https://doi.org/10.23960/jsm.v2i1.2753

Purwaningrum, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, *8*(2), 141–147. https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421

Putri, N. C. (2015). Study of Faecal Sludge Treatment Plant Implementation in Indonesia. *Skripsi Institut Teknologi Surabaya*, 5–76.

https://repository.its.ac.id/62941/4/3311100044-Undergraduate_Theses.pdf

Rawis, L., Mangangka, I. R., & Legrans, R. R. . (2022). Analisis Kinerja Instalansi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Bhayangkara Tingkat III Manado. *Tekno*, *20*, 233–243. https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/42567

Reddy, A. S., & Nair, A. T. (2022a). The fate of microplastics in wastewater treatment plants: An overview of source and remediation technologies. *Environmental Technology and Innovation*, *28*, 102815. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102815

Reddy, A. S., & Nair, A. T. (2022b). The fate of microplastics in wastewater treatment plants: An overview of source and remediation technologies. *Environmental Technology and Innovation*, *28*(August), 102815. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102815

Rodrigues, M. O., Gonçalves, A. M. M., Gonçalves, F. J. M., & Abrantes, N. (2020). Improving cost-efficiency for MPs density separation by zinc chloride reuse. *MethodsX*, *7*(January). https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100785

Safitri, T. A. N. (2023). Identifikasi Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan di Sulawesi Tengah. *Environmental Pollution Journal*, *3*(1). https://doi.org/10.58954/epj.v4i1.105

Saha, M., Naik, A., Desai, A., Nanajkar, M., Rathore, C., Kumar, M., & Gupta, P. (2021). Microplastics in seafood as an emerging threat to marine environment: A case study in Goa, west coast of India. *Chemosphere*, *270*, 129359. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129359

Sari, A. P., & Yuniarto, A. (2016). Water Treatment Plant Handbook sixth edition. France : Lavoiser Publishing. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *72*, 174–182.

Seprandita, C. W., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2022). Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Zona Pemukiman, Zona Pariwisata dan Zona Perlindungan Kepulauan Karimunjawa, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, *11*(1), 111–122. https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.30189

Setiadewi, N., Henny, C., Rohaningsih, D., Waluyo, A., & Soewondo, P. (2023). Microplastic occurrence and characteristics in a municipal wastewater treatment plant in Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1201*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012053

Shokri, J., & Adibkia, K. (2013). Application of Cellulose and Cellulose Derivatives in Pharmaceutical Industries. In T. van de Ven & L. Godbout (Eds.), *Cellulose*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/55178

Simatupang, M., Kano Mangalla, L., Lolok, A., Suryaningrat Edwin, R., & Ode Muh Nurrakhmad Arsyad, L. (2021). Pemanfaatan Instalasi Pengolahan Limbah untuk Mereduksi Limbah Berbahaya pada Tempat Pembuangan Akhir Andoolo Utilization of Waste Treatment Plant for Reduction Hazardous Waste

in Andoolo Landfill. *Panrita Abdi - Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, *5*(3), 237–247. http://journal.unhas.ac.id/index.php/panritaabdi

Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2020). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, *12*(1), 41–57. https://doi.org/10.29122/jrl.v12i1.3658

Sunarsih, E. (2014). Konsep Pengolahan Limbah Rumah Tangga dalam Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*, *5*(03), 162–167.

Syafila, M., Setiadi, T., & Aditiawati, P. (2003). Kinerja Sequencing Batch Reactor (Sbr) Aerob Pada Degradasi Glukosa Dengan Variasi Rasio Waktu. *Purifikasi*, *4*(3), 109–114.

Tang, N., Liu, X., & Xing, W. (2020). Microplastics in wastewater treatment plants of Wuhan, Central China: Abundance, removal, and potential source in household wastewater. *Science of The Total Environment*, *745*, 141026. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141026

Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhavong, K., … Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1526), 2027–2045. https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284

Tim Teaching Matakuliah Laboratorium Lingkungan – TL 3103. (2020). *Modul Praktikum Laboratorium Lingkungan*. *1*, 1–12.

Tirkey, A., & Upadhyay, L. S. B. (2021). Microplastics: An overview on separation, identification and characterization of microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, *170*(June), 112604. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112604

Ugwu, K., Herrera, A., & Gómez, M. (2021). Microplastics in marine biota: A review. *Marine Pollution Bulletin*, *169*(June). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112540

Van Do, M., Le, T. X. T., Vu, N. D., & Dang, T. T. (2022). Distribution and occurrence of microplastics in wastewater treatment plants. *Environmental Technology and Innovation*, *26*, 102286. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102286

Victoria, A. V. (2017). Kontaminasi Mikroplastik di Perairan Tawar. *Teknik Kimia ITB*, *January*, 1–10. https://www.researchgate.net/publication/312159424_Kontaminasi_Mikroplastik_di_Perairan_Tawar

Wang, Q., Hernández-Crespo, C., Santoni, M., Van Hulle, S., & Rousseau, D. P. L. (2020). Horizontal subsurface flow constructed wetlands as tertiary treatment:

Can they be an efficient barrier for microplastics pollution? *Science of the Total Environment*, *721*(September). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137785

Wilyalodia, H. C. (2023). *Seasonal Variability on Microplastic Polutions In Water and Sediment of Ciliwung River Seasonal Variability on Microplastic Polutions In Water and Sediment of Ciliwung*. *6*(2).

Xu, X., Jian, Y., Xue, Y., Hou, Q., & Wang, L. (2019). Microplastics in the wastewater treatment plants (WWTPs): Occurrence and removal. *Chemosphere*, *235*, 1089–1096. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.197

Zainal, A. (2013). *Evaluasi Pembelajaran*. 1–3014.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan Sampel



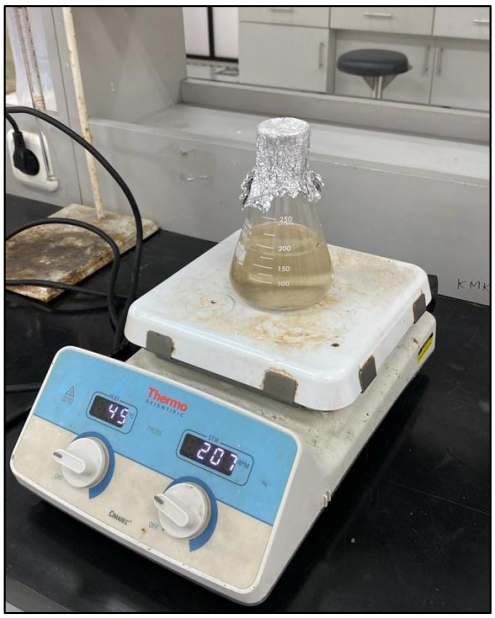




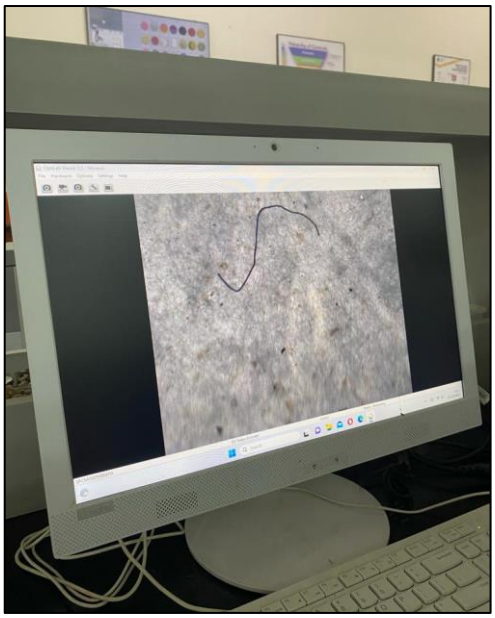




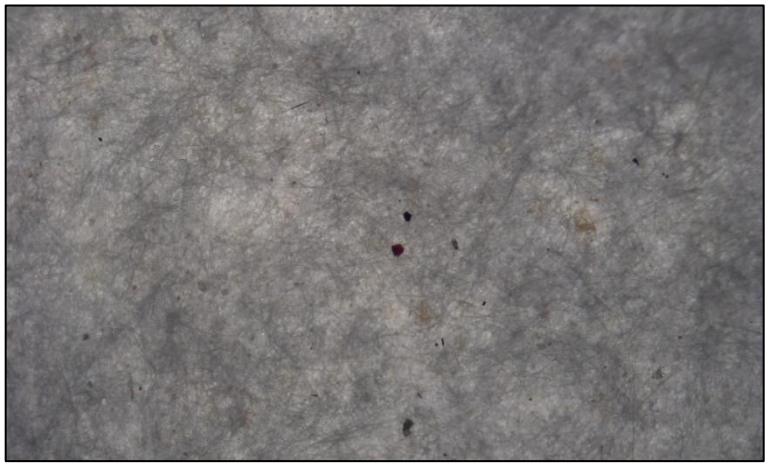
Lampiran 2 Pelaksanaan Uji Laboratorium

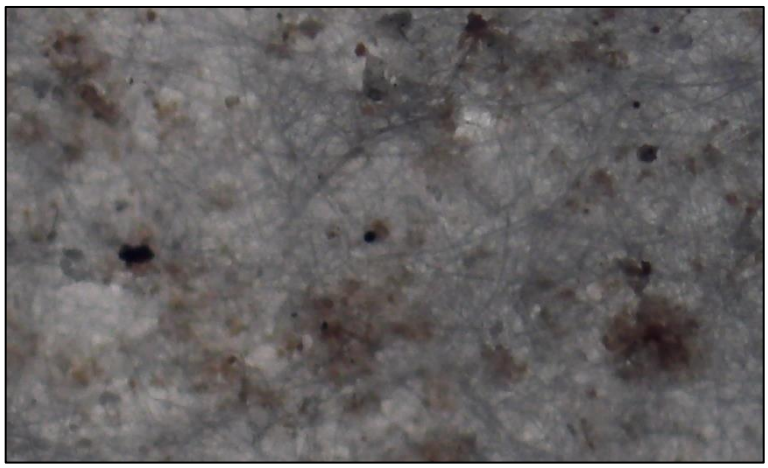


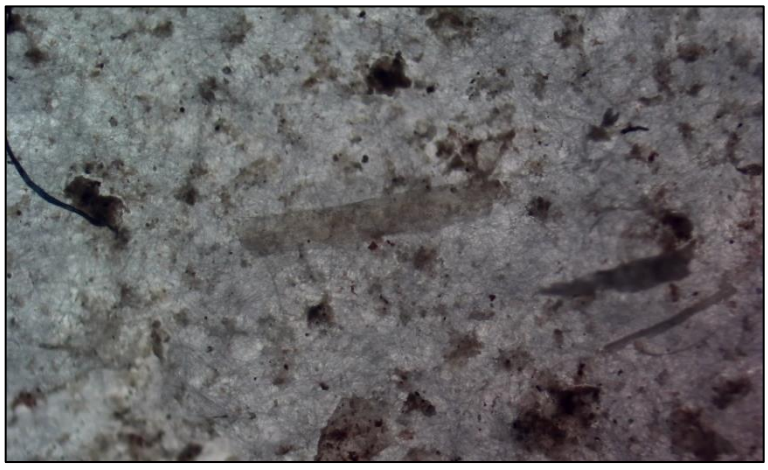


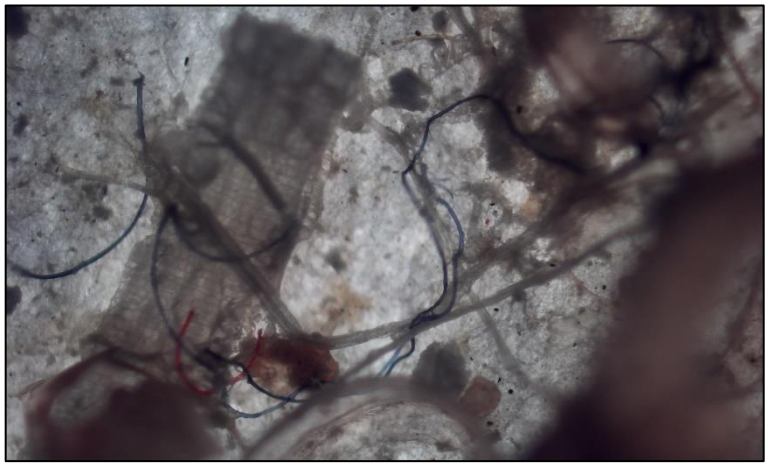


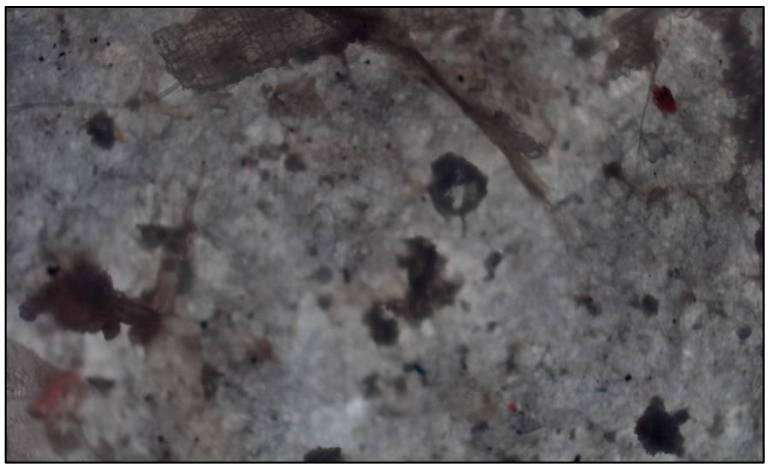
Lampiran 3 Bentuk Mikroplastik



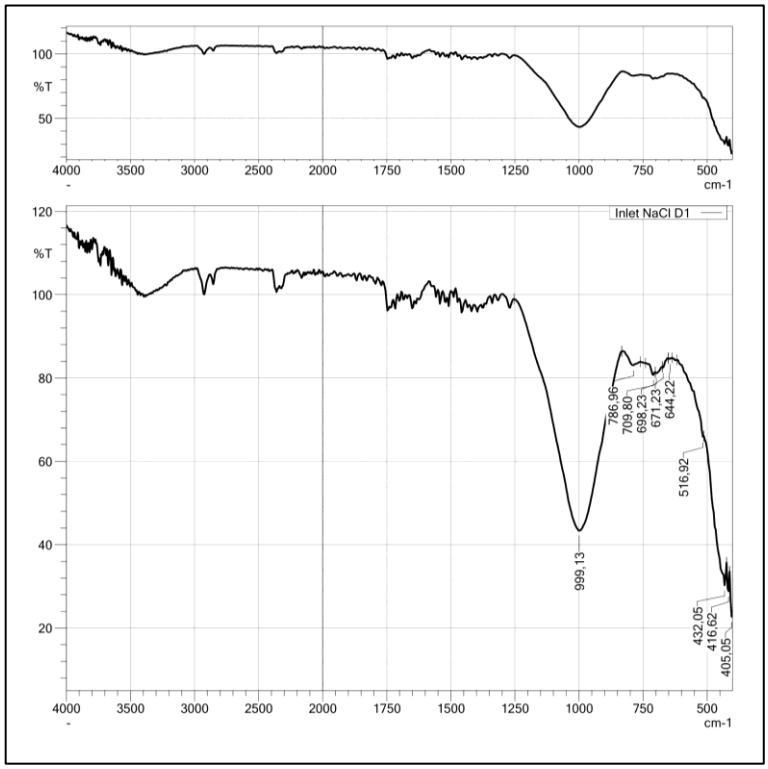




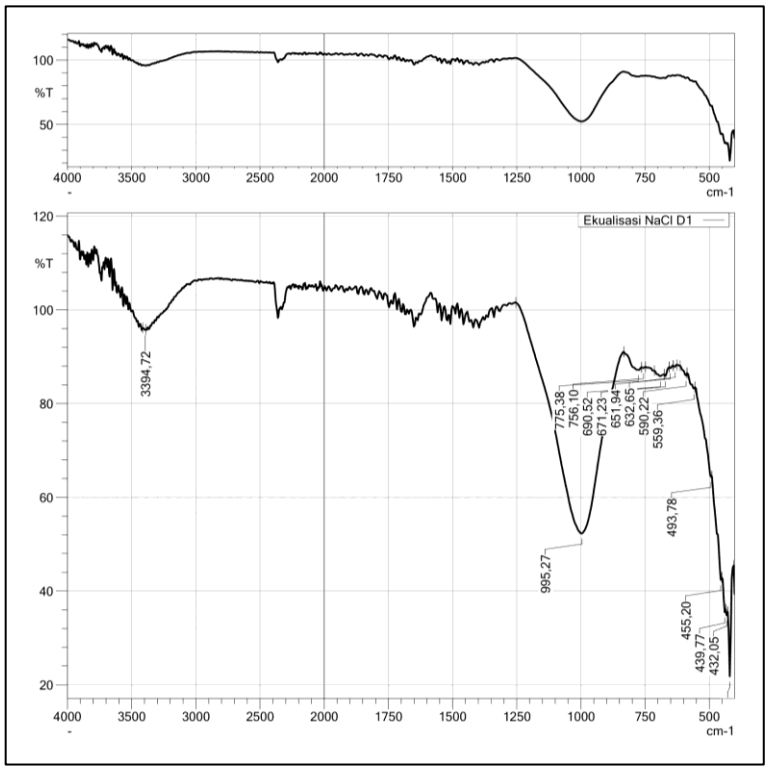




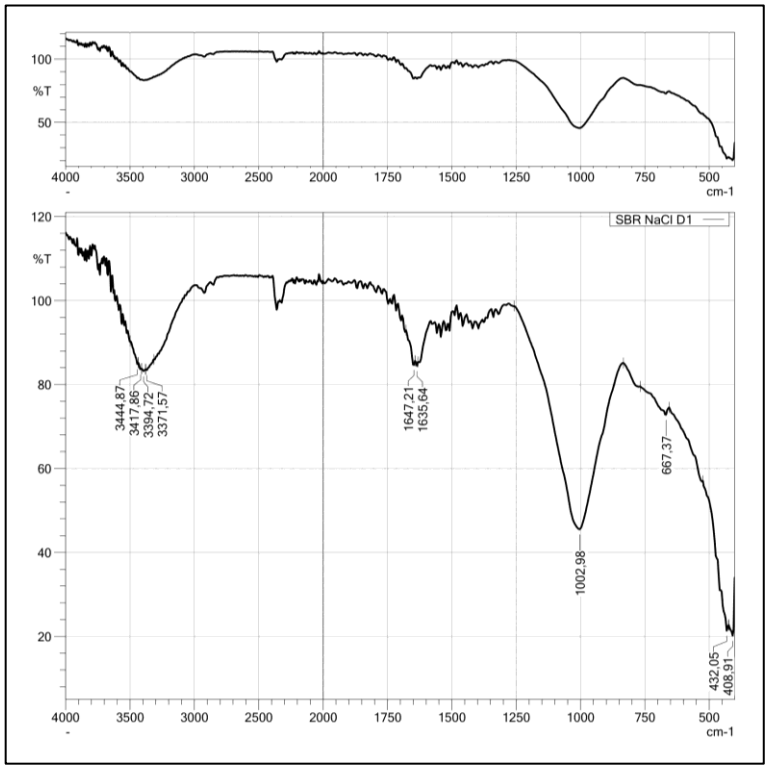
Lampiran 4 Grafik FTIR



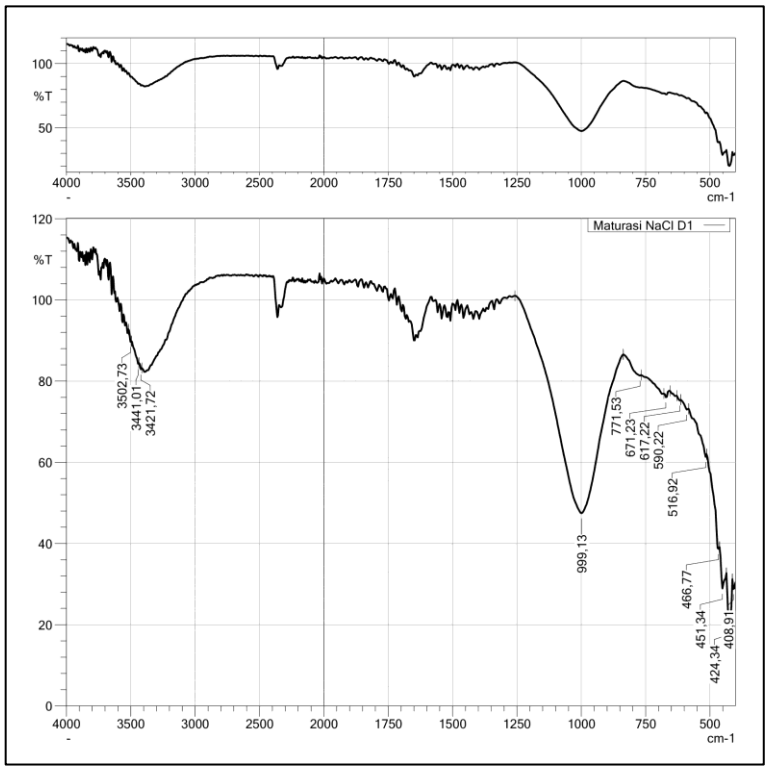
FTIR Inlet NaCl



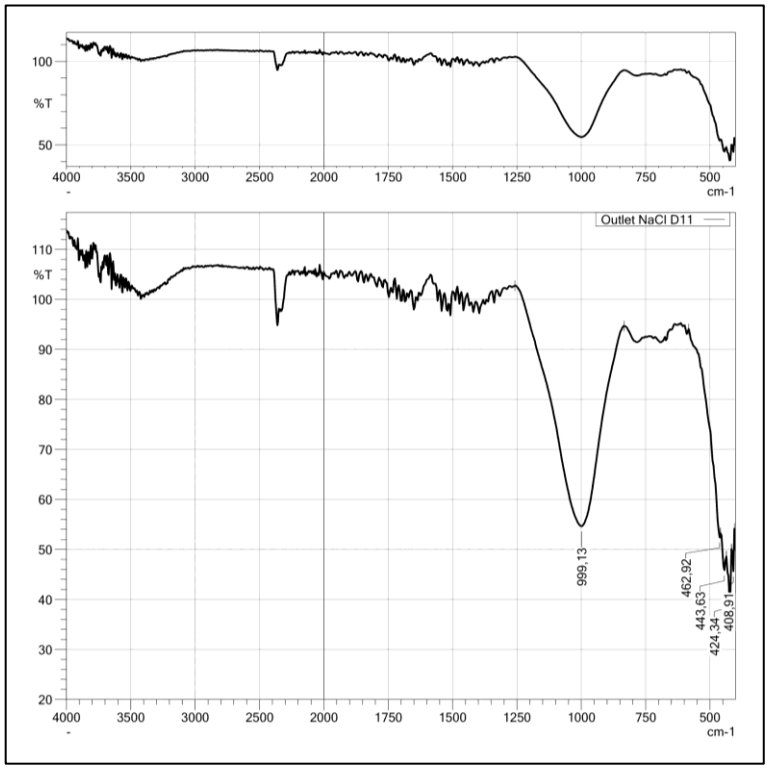
FTIR Ekualisasi NaCl



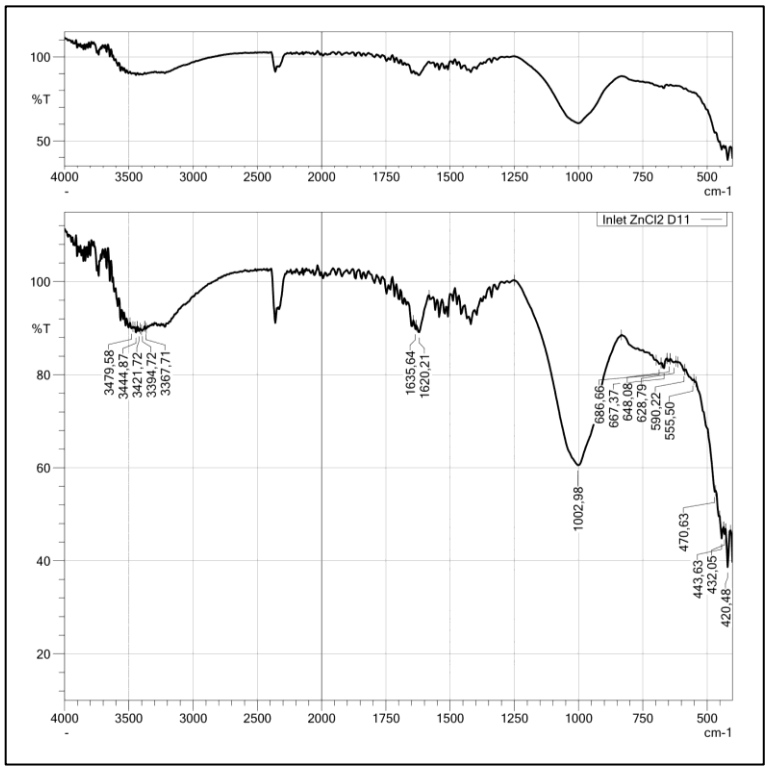
FTIR SBR NaCl



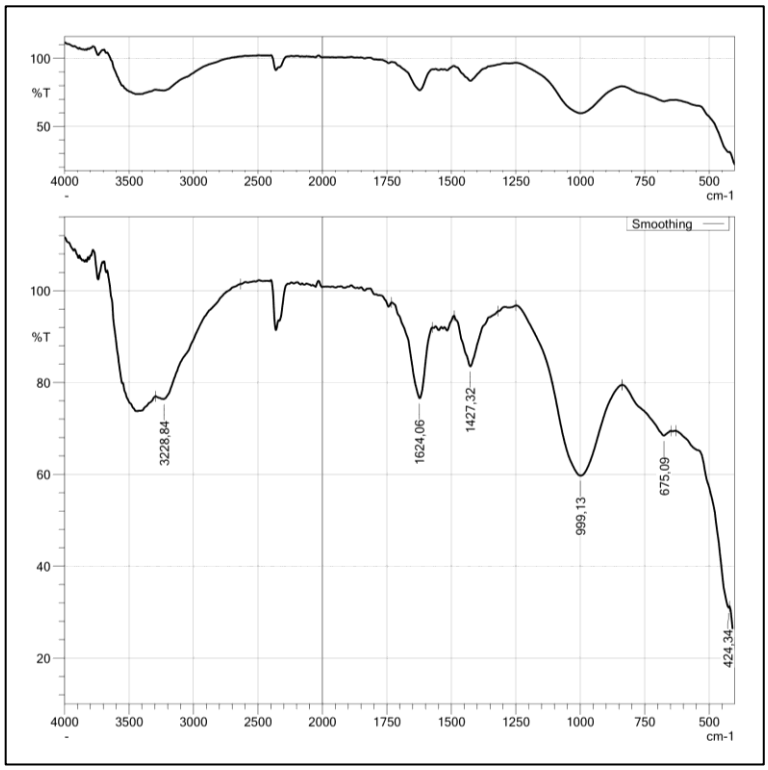
FTIR Maturasi NaCl



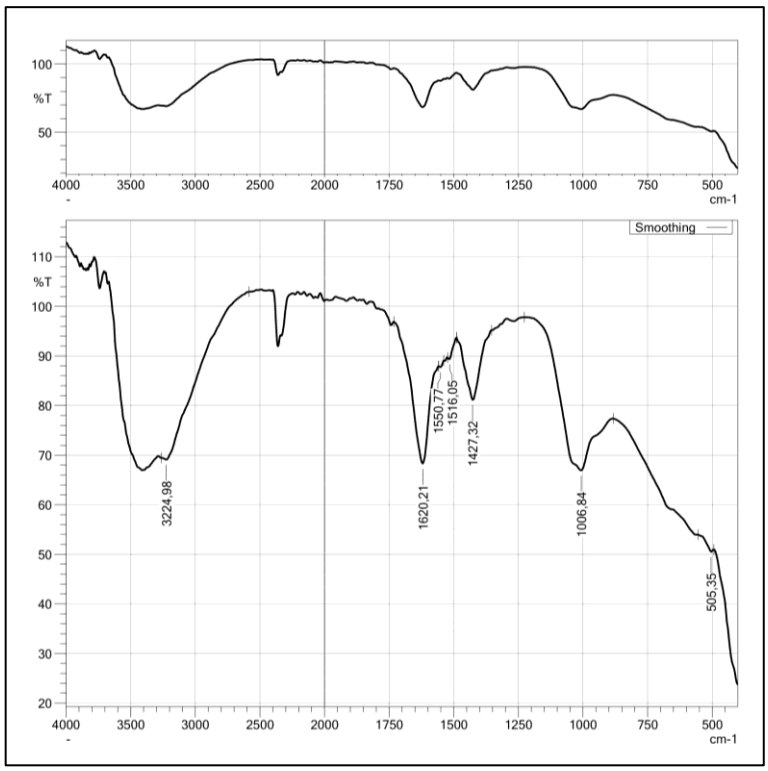
FTIR Outlet NaCl



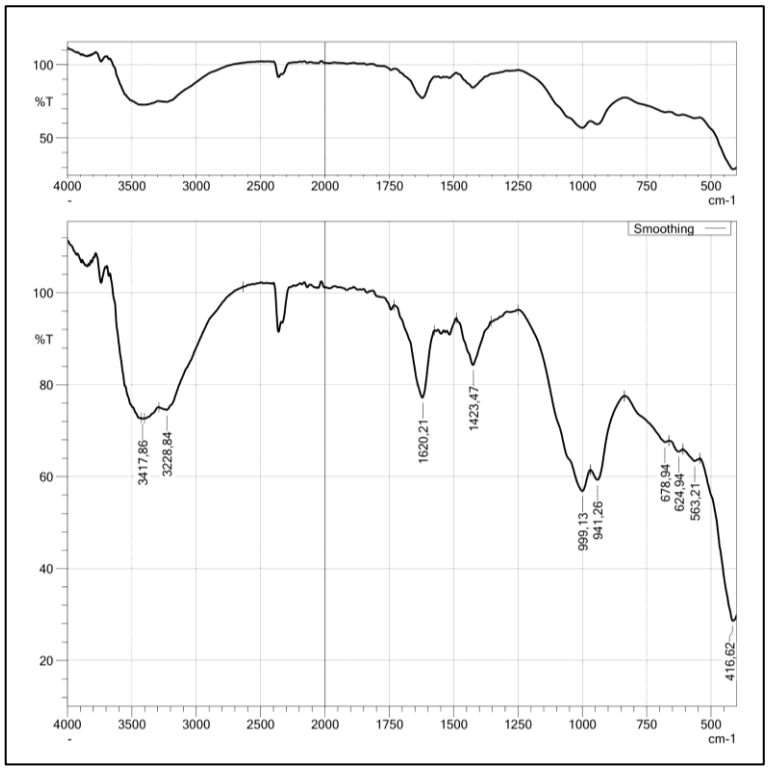
FTIR Inlet $ZnCl_2$



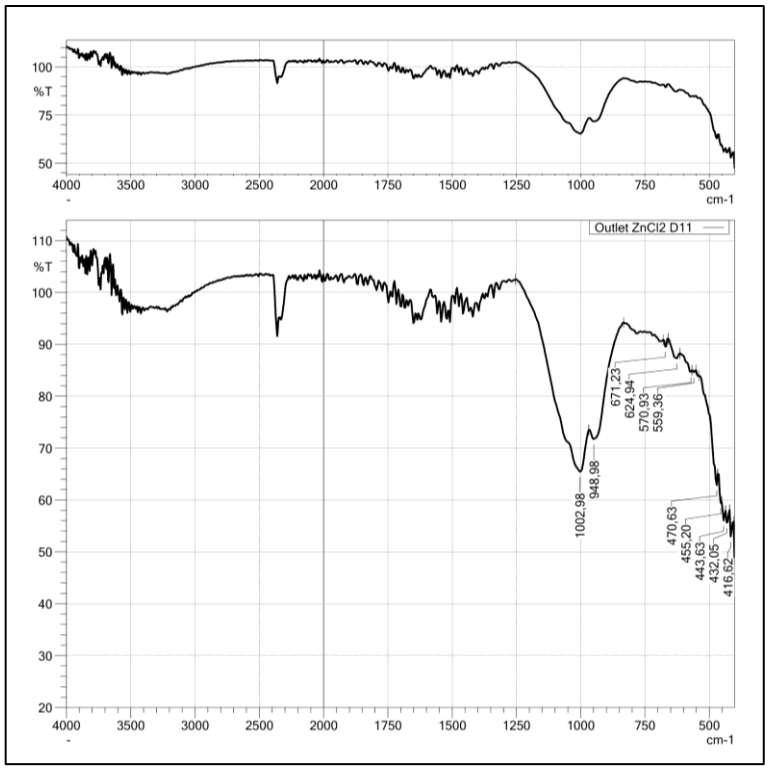
FTIR Ekualisasi $ZnCl_2$



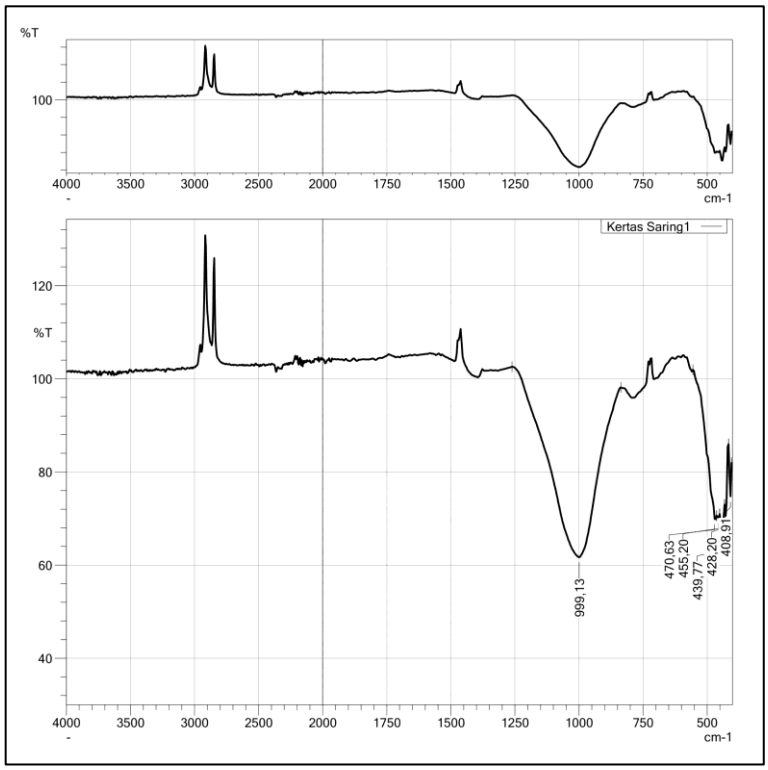
FTIR SBR $ZnCl_2$



FTIR Maturasi $ZnCl_2$



FTIR Outlet $ZnCl_2$



FTIR Kertas Saring Blanko

Lampiran 5 Analisis Korelasi Menggunakan Excel

TSS VS MPs (NaCl)						
TSS (gr)	**MPs/50ml**	**Rank TSS**	**Rank MPs**			
0,384	952	9	9		Koefisien (rs):	0,841463415
0,194	236	2	1		N:	10
0,292	640	8	7		T statistik:	4,404878507
0,18	408	1	2,5		DF:	8
0,272	467	6,5	4		**p value:**	**0,002271895**
0,424	1041	10	10			
0,222	554	3	5			
0,272	623	6,5	6			
0,242	408	4	2,5			
0,262	821	5	8			

TSS VS MPs (ZnCl2)						
TSS (gr)	**MPs/50ml**	**Rank TSS**	**Rank MPs**			
0,264	427	7	3		Koefisien (rs):	0,806060606
0,064	271	1	1		N:	10
0,24	571	5	7		T statistik:	3,852241568
0,12	325	2	2		DF:	8
0,274	544	8	6		**p value:**	**0,004862061**
0,364	977	9	10			
0,168	477	3	4			
0,242	601	6	8			
0,23	513	4	5			
0,464	854	10	9			

MPs VS TSS (NaCl)						
MPs/50ml	**TSS (gr)**	**Rank MPs**	**Rank TSS**			
952	0,384	9	9		Koefisien (rs):	0,841463415
236	0,194	1	2		N:	10
640	0,292	7	8		T statistik:	4,404878507
408	0,18	2,5	1		DF:	8
467	0,272	4	6,5		**p value:**	**0,002271895**
1041	0,424	10	10			
554	0,222	5	3			
623	0,272	6	6,5			
408	0,242	2,5	4			
821	0,262	8	5			

MPs VS TSS (ZnCl2)						
MPs/50ml	**TSS (gr)**	**Rank MPs**	**Rank TSS**			
427	0,264	3	7		Koefisien (rs):	0,806060606
271	0,064	1	1		N:	10
571	0,24	7	5		T statistik:	3,852241568
325	0,12	2	2		DF:	8
544	0,274	6	8		**p value:**	**0,004862061**
977	0,364	10	9			
477	0,168	4	3			
601	0,242	8	6			
513	0,23	5	4			
854	0,464	9	10			

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Afan Fauzi Ramadhan lahir di Banjarnegara pada tanggal 23 Desember 2000, merupakan putra semata wayang dari pasangan Samaun dan Bandinah. Riwayat pendidikan yang ditempuh yaitu TKIT Mutiara Hati Klampok (2006-2007), SDN 3 Kasilib (2007-2013), SMPN 1 Wanadadi (2013-2016), SMAN 1 Bawang (2016-2019), dan melanjutkan ke jenjang universitas pada tahun 2019 di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama menjadi mahasiswa penulis mengikuti kegiatan kepanitiaan seperti Envirotation, dan Lintas Lingkungan. Dalam bidang akademik, penulis beberapa kali mengikuti acara seminar terkait dengan bidang studi yaitu teknik lingkungan. Selain bidang akademik, penulis juga aktif dalam kegiatan olahraga seperti *jogging*, sepakbola, renang, dan lain sebagainya. Kegiatan yang dilakukan penulis saat ini melakukan Tugas Akhir dengan Judul "*Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik (MPs) di Balai PIALAM Sewon Bantul Yogyakarta*". Penulis dapat dihubungi melalui *email*: afanfauziramadhan3@gmail.com.