

TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA
INFLUENT DAN EFFLUENT DI IPAL KOMUNAL WILAYAH
SLEMAN, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA(DIY)**

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



**GOZY YOGA PRATAMA
19513120**

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

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA INFLUENT DAN EFFLUENT DI IPAL KOMUNAL WILAYAH SLEMAN, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY)

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



GOZY YOGA PRATAMA
19513120

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

Tanggal: 14 Desember 2023

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Andik Yulianto S.T., M.T.
NIK. 025100407

Tanggal: 14 Desember 2023

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII
DAN PE

Anv Juliana, S.T., M.Sc. (Res. Eng)., Ph. D.
NIK. 045130401
Tanggal: 18/12/2023

HALAMAN PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA
INFLUENT DAN EFFLUENT DI IPAL KOMUNAL WILAYAH
SLEMAN, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY)**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis


Tanggal : 14 Desember 2023

Disusun Oleh:

**GOZY YOGA PRATAMA
19513120**

Tim Penguji :

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



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



Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.



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 sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 10 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Gozy Yoga Pratama

NIM: 19513120

PRAKATA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan mengucapkan Syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis telah diberi kemampuan untuk menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir tentang "Identifikasi Karakteristik Mikroplastik Pada *Influent* dan *Effluent* di IPAL Komunal Wilayah Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY)".

Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua saya yang senantiasa mendukung dan mendoakan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
3. Pembimbing Tugas Akhir, Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T dan Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membantu dan membimbing agar Tugas Akhir diselesaikan.
4. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res. Eng), Ph.D.
5. Koordinator Tugas Akhir, Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
6. Teman kelompok tugas akhir, Affan Fauzi Ramadhan yang banyak membantu selama Tugas Akhir berjalan.
7. Grup QnA yang sudah menemani dari awal mahasiswa baru dan saling menyemangati selama berjalannya Tugas Akhir.
8. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia khususnya Angkatan

2019 yang telah membantu banyak hal dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

9. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan penulis demi menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat ditindaklanjuti dengan pengimplementasian saran.

Yogyakarta, Agustus 2023

ABSTRAK

GOZY YOGA PRATAMA. Identifikasi Karakteristik Mikroplastik Pada *Influent* dan *Effluent* di IPAL Komunal Wilayah Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Dibimbing oleh Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T dan Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang memiliki ukuran kurang dari 5 mm. mikroplastik memiliki bermacam bentuk seperti serat (fiber), lapisan tipis, fragmen atau granula. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan, karakteristik berupa jenis, bentuk warna dan kelimpahan mikroplastik pada sampel air limbah yang diambil pada IPAL Komunal di Kecamatan Mlati. Pengambilan sampel air limbah dengan menggunakan *plankton net* dengan diameter 400 mesh untuk menyaring mikroplastik. Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan metode yang bersumber dari NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) dengan beberapa modifikasi didalamnya, setelah sampel di analisis, kemudian didapatkan mikroplastik sesuai jenis yaitu Fragmen, Film, Pellet, Foam dan Fiber serta didapatkan beberapa warna seperti hijau, coklat, orange, transparan, merah, hitam dan biru. Pada penelitian kali ini warna mikroplastik yang paling dominan yaitu warna hitam dengan persentase pada *influent* sebesar 56,5% dan *effluent* sebesar 55,4%. beberapa sampel dilakukan analisis menggunakan FT-IR untuk mengetahui rantai ikatan polimer dalam sampel mikroplastik dan didapatkan beberapa polimer yaitu *Ethylenevinylalcohol*, *Polyacetylene*, *Polyamide*, *Polyacrylamyde*, *D_CuSO₄*, *T_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4*, *Soy Bean Powder*, *Polyacrylamyde*, *D_CaSo₄*, *T_Carboxymethyl Cellulose calcium-4*, *T_Fe₂O₃*. Berdasarkan hasil penelitian di dapatkan jumlah rata-rata partikel terbanyak pada *influent* Ipal M3 sebanyak 46 partikel/liter dan pada outlet Ipal M5 sebanyak 31 partikel/liter, sedangkan untuk jumlah terkecil terdapat pada inlet Ipal M6 sebanyak 18 partikel/liter dan pada *effluent* Ipal M6 sebanyak 16 partikel/liter.

Kata kunci: IPAL Komunal, Limbah domestik, Mikroplastik.

ABSTRACT

GOZY YOGA PRATAMA *Identification of Microplastic Characteristics in Influent and Effluent in Communal WWTPs in Sleman Area, Special Region of Yogyakarta (DIY). Supervised oleh Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. and Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T*

Microplastics are plastic particles that have a size of less than 5 mm. microplastics have various forms such as fibers, thin layers, fragments or granules. This study aims to identify the presence, characteristics in the form of type, color shape and abundance of microplastics in wastewater samples taken at IPAL Komunal in Mlati District. Wastewater sampling using plankton net with a diameter of 400 mesh to filter microplastics. Sample analysis was carried out using methods sourced from NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) with several modifications in it, after the sample was analyzed, then obtained microplastics according to the type, namely Fragments, Films, Pellets, Foam and Fiber and obtained several colors such as green, brown, orange, transparent, red, black and blue. In this study, the most dominant color of microplastics is black with a percentage in influent of 56.5% and effluent of 55.4%. Some samples were analyzed using FT-IR to determine the chain of polymer bonds in microplastic samples and obtained several polymers, namely Ethylenevinylalcohol (EVOH), Polyacetylene, Polyamide, Polyacrylamyde, D_CuSo4, T_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4, Soy Bean Powder, Polyacrylamyde, D_CaSo4, T_Carboxymethyl Cellulose calcium-4, T_Fe2O3. Based on the results of the study, it was found that the average number of particles in the influent of Ipal M3 was 46 particles / liter and at the outlet of Ipal M5 was 31 particles / liter, while for the smallest number there were 18 particles / liter at the inlet of Ipal M6 and 16 particles / liter at the effluent of Ipal M6.

Key Word: *Communal WWTPs, Domestic Wastewater, Microplastic.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mikroplastik.....	5
2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal.....	6
2.3 Sumber Mikroplastik pada Air Limbah.....	8
2.4 Penelitian Terdahulu.....	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Lokasi Penelitian.....	14
3.2 Alur Penelitian.....	19
3.3 Metode Penelitian.....	20
3.4 Analisis Sampel.....	21
3.4.1 Pengambilan Sampel Air Limbah.....	21
3.4.2 Pengujian Sampel Air.....	23
3.5 Analisis Data.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian.....	26
4.1.1 Kondisi Eksisting IPAL Komunal.....	26

4.2 Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik.....	29
4.2.1 Identifikasi berdasarkan jumlah mikroplastik.....	29
4.2.2 Identifikasi berdasarkan bentuk dan warna	31
4.2.3 Tingkat Penyisihan Mikroplastik pada IPAL Komunal	42
4.3 Identifikasi Karakteristik Kimia Mikroplastik	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 IPAL Komunal di Kabupaten Sleman	8
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1 Nama IPAL Komunal dan Kode	14
Tabel 4.1 Kondisi Eksisting IPAL Komunal	26
Tabel 4.3 Polimer Mikroplastik	49
Tabel 4.4 Jenis Polimer dan Densitasnya	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema IPAL Komunal Anerobic Baffled Reactor.....	7
Gambar 2.2 Skema IPAL Komunal Rotating Biological Contactor	7
Gambar 3.1 Titik M1 (Ipal Komunal Ngaglik Sejahtera)	15
Gambar 3.2 Titik M2 (Ipal Komunal Tirta Bening).....	15
Gambar 3.3 Titik M3 (Ipal Komunal Bakti Warga).....	16
Gambar 3.4 Titik M4 (Ipal Komunal Sedyo Mulyo)	16
Gambar 3.5 Titik M5 (Ipal Komunal Sedyo Rukun)	17
Gambar 3.6 Titik M6 (Ipal Komunal Sidodadi Rejo)	17
Gambar 3.7 Peta Titik Sampling Tugas Akhir	18
Gambar 3.8 Tahap Alur Penelitian	19
Gambar 3.9 Alur Pengambilan Sampel Air Limbah	20
Gambar 3.10 Tempat Pengambilan Sampel Tugas Akhir	22
Gambar 3.11 Pengambilan Sampel Air Limbah.....	22
Gambar 3.12 Analisis Data Sampel	24
Gambar 4.2 Kelimpahan IPAL M1 (Ngaglik Sejahtera).....	32
Gambar 4.3 Kelimpahan IPAL M2 (Tirta Bening)	33
Gambar 4.4 Kelimpahan IPAL M3 (Bakti Warga).....	35
Gambar 4.5 Kelimpahan IPAL M4 (Sedyo Mulyo).....	36
Gambar 4.6 Kelimpahan IPAL M5 (Sedyo Rukun).....	37
Gambar 4.7 Kelimpahan IPAL M6 (Sidodadi Rejo).....	39
Gambar 4.8 Hubungan Jumlah SR dengan Kelimpahan Mikroplastik di Inffluent	46
Gambar 4.9 Hubungan Jumlah SR dengan Kelimpahan Mikroplastik di Effluent	47
Gambar 4.10 Hubungan Jumlah SR dengan Efisiensi Penyisihan Mikroplastik ...	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan sampel.....	60
Lampiran 2 Dokumentasi Pelaksanaan Laboratorium	61
Lampiran 3 Bentuk dan Warna Mikroplastik pada Air Limbah.....	62
Lampiran 4 Grafik FT-IR	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang memiliki ukuran kurang dari 5 mm. mikroplastik memiliki bermacam bentuk seperti serat (fiber), lapisan tipis, fragmen atau granula. Beberapa penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa mikroplastik dapat meningkatkan bioakumulasi polutan yang dilepaskan ke lingkungan, sehingga dapat menyebabkan toksisitas yang kronis, yang telah dibuktikan melalui adsorpsi *polychlorinated biphenyl* oleh *polystyrene* (PS) (Ren et al., 2020).

Air limbah dapat timbul dari aktivitas domestik manusia, sumber mikroplastik ada dua, yaitu sumber primer dan sumber sekunder. Sumber primer berasal dari produk kosmetik dan produk Kesehatan yang mengandung *microbead* atau *microexfoliate* seperti *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP) dan *polystyrene* (PS). Sumber sekunder berasal dari plastik yang terdegradasi melalui proses fisik, kimia dan biologi (Xu et al., 2019).

Menurut Ben David dkk. Persebaran partikel mikroplastik pada limbah domestik terdiri dari berbagai jenis mikroplastik dan bervariasi antara air limbah yang belum diolah dan limbah sekunder hingga tersier. Kelimpahan mikroplastik pada limbah domestik yang masuk ke IPAL komunal didominasi oleh fiber sebesar 73,8% dan partikel lainnya sebesar 26,2% (Ben-David et al., 2021).

Mikroplastik yang masuk ke IPAL berasal dari berbagai sumber dan jumlah plastik yang masuk ke dalam IPAL dapat dipengaruhi oleh jumlah penduduk, luas wilayah dan jenis aktivitas manusia. Sumber yang lain yaitu berasal dari produk perawatan pribadi dan kosmetik seperti pembersih wajah, sabun mandi, pasta gigi dan juga keperluan industri seperti cairan pengeboran untuk eksplorasi minyak dan gas, hal tersebut umumnya dianggap sebagai sumber dominan mikroplastik yang masuk ke dalam IPAL (Hidayaturrahman & Lee, 2019).

Pada dasarnya setiap limbah yang dihasilkan oleh kegiatan domestik akan dibawa menuju IPAL komunal melalui pipa sambungan yang sudah dipasang di

setiap rumah warga, kemudian air limbah diolah, setelah melewati beberapa rangkaian pengolahan, maka akan menjadi air bersih dan siap dibuang melalui outlet, menurut (Van Do et al., 2022). IPAL merupakan sumber potensial yang menyumbang mikroplastik ke lingkungan yang dibuang melalui outlet IPAL, dalam studi tersebut peneliti menyelidiki distribusi dan timbulnya mikroplastik dalam *influent* dan *effluent* dari tiga Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Penelitian menunjukkan, bahwa pada *influent* dan *effluent* IPAL teridentifikasi yaitu, meliputi ukuran, jenis, bentuk, warna dan komposisi kimia mikroplastik, warna-warna mikroplastik bervariasi, yaitu kuning, putih, biru dan hitam.

Penelitian mengenai mikroplastik yang ada di Indonesia, hanya sebatas pada lingkup sungai, laut, sedimen serta biota yang terdapat pada sungai dan laut, maka dari itu penelitian akan berfokus pada penelitian mengenai karakteristik mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah serta apakah teknologi yang digunakan pada IPAL komunal dapat menyisihkan mikroplastik saat dikeluarkan melalui outlet sebelum dibuang ke lingkungan.

Studi penyisihan mikroplastik pada IPAL telah dilakukan pada beberapa negara di dunia, namun dari hasil yang didapatkan pada jurnal, didapatkan Instalasi Pengolahan Air Limbah pada lokasi penelitian tidak dirancang untuk menghilangkan partikel mikroplastik, sehingga setelah semua proses pengolahan air limbah selesai, maka akan dibuang ke lingkungan bersamaan dengan partikel mikroplastik yang masih belum tersisihkan.

Untuk di negara Indonesia, studi mengenai penyisihan mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah, masih belum terdapat, sehingga diharapkan keadaan tersebut dapat menjadi urgensi pada penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada *influent* dan *effluent* di IPAL komunal Sleman?
- b. Bagaimana efisiensi penyisihan setiap parameter parameter mikroplastik pada IPAL komunal wilayah Sleman?

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan rumusan masalah yang ada, yang menjadi tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- a. Identifikasi kelimpahan dan karakteristik *influent* dan *effluent* di IPAL Komunal Sleman.
- b. Analisis efektivitas penurunan mikroplastik pada IPAL Komunal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dengan adanya penelitian ini adalah :

- a. Mahasiswa mampu mengidentifikasi keberadaan mikroplastik yang ada pada *influent* dan *effluent* IPAL komunal Sleman utamanya Kecamatan Mlati, Sleman.
- b. Memberikan informasi dan pengetahuan untuk masyarakat umum terkait mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah skala komunal.
- c. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk pengembangan pengetahuan di masa mendatang.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini meliputi :

- a. Penelitian dilakukan pada beberapa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kecamatan Mlati, Sleman, D.I. Yogyakarta
- b. Berdasarkan metode NOAA yang telah dimodifikasi sesuai dengan kondisi lingkungan.

- c. Melakukan analisis sampel mikroplastik di laboratorium setelah melakukan pengambilan sampel.
- d. Menggunakan metode analisis deskriptif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Produk plastik Sebagian besar digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan konsumsinya meningkat pesat setiap tahunnya, sehingga menyebabkan penumpukan sampah plastik di sekitar kita. Namun Sebagian besar sampah plastik bersifat *non-biodegradable*, yang akan tetap menjadi sampah di lingkungan untuk waktu yang lama (Setälä et al., 2014). Untuk sampah mikroplastik umumnya memiliki ukuran kurang dari 5 mm (Tang et al., 2020)

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan penemrima partikel plastik yang ada pada air limbah domestik, air limbah industri, air hujan dan *landfill*. Yang dianggap sebagai sumber plastik yang dilepaskan ke lingkungan (Xu et al., 2019).

Zat aditif dalam plastik dapat dilepaskan ke lingkungan dan memiliki efek negatif pada lingkungan sekitar, terutama pada organisme di air. Kemunculan dan distribusi mikroplastik telah banyak dipelajari pada berbagai kondisi lingkungan, namun kondisi dari mikroplastik di beberapa kondisi lingkungan tertentu masih belum jelas, IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) merupakan penyumbang terbesar mikroplastik pada lingkungan, beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui tingkat penyisihan mikroplastik pada IPAL (Ruan et al., 2019)

Meningkatnya masukan mikroplastik ke lingkungan yang menyebabkan polusi telah menjadi perhatian dan isu global, jalur pelepasan mikroplastik ke lingkungan dapat melalui manusia misalnya pembuatan tekstil sintetis, produk perawatan pribadi, dimana Sebagian besar mikroplastik akan terakumulasi ke badan air melalui transportasi Sungai, pembuangan langsung ataupun melalui outlet pengolahan limbah domestik. Mikroplastik yang dilepaskan ke lingkungan beragam, mulai dari mikroplastik primer maupun sekunder (Asih & Levi, 2021).

Persebaran partikel mikroplastik pada limbah domestik terdiri dari berbagai jenis mikroplastik dan bervariasi antara air limbah yang belum diolah dan limbah sekunder hingga tersier. Kelimpahan mikroplastik pada limbah domestik yang

masuk ke IPAL komunal didominasi oleh fiber sebesar 73,8% dan partikel lainnya sebesar 26,2% (Ben-David et al., 2021).

2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal

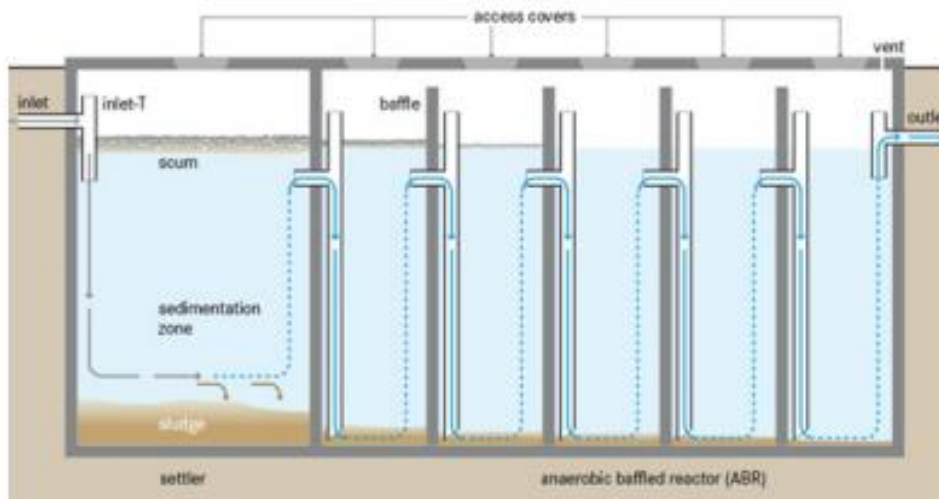
Menurut MENLHK tahun 2016, air limbah domestik merupakan air sisa dari hasil dan atau usaha kegiatan yang berkaitan dengan kegiatan domestik yang berasal dari aktivitas kehidupan manusia sehari-hari sebagai dampak dari penggunaan air sehari-hari. Air limbah domestik yang juga dikenal sebagai air limbah rumah tangga atau air limbah sanitasi merupakan air yang sudah digunakan dari aktivitas permukiman, komersial atau zona institusional dari sebuah wilayah yang harus di kumpulkan serta disalurkan ke sistem IPAL. Secara umum, air limbah domestik mengandung padatan organik dan anorganik, mikroorganisme patogen, yang komposisinya sangat bergantung terhadap proses produksinya (Karia & Christian, 2013).

Air limbah domestik terbagi menjadi *Grey water* dan *Black water*. *Grey water* yaitu air limbah yang berasal dari bekas cucian seperti cucian dapur, pakaian dan air mandi, sedangkan *Blackwater* yaitu air limbah yang mengandung kotoran manusia (Purwatinigrum, 2018).

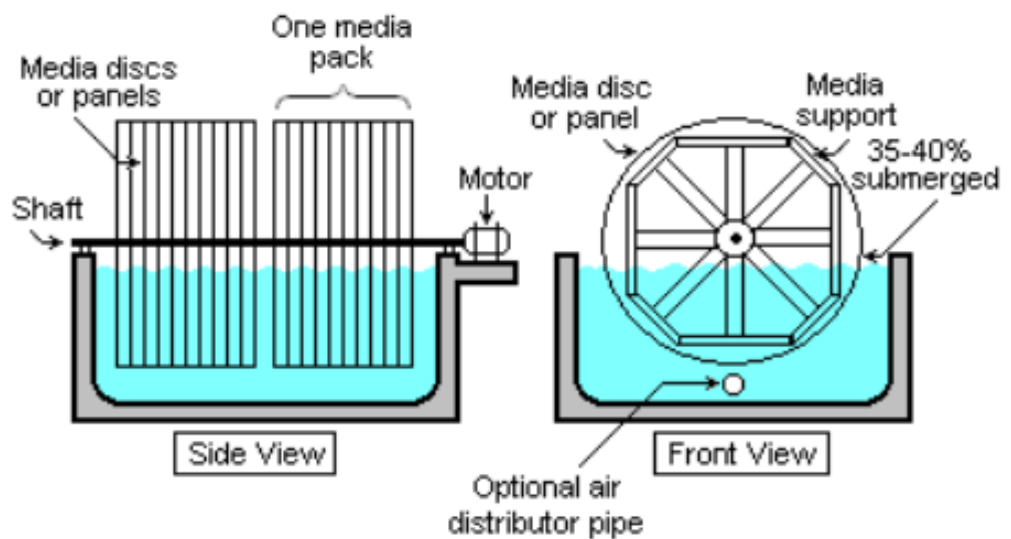
Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal adalah sistem pengolahan air limbah di mana pengolahan dilakukan secara terpusat atau sekelompok rumah tangga guna menekan beban cemaran terhadap lingkungan dengan menyesuaikan *effluent* dari IPAL dengan baku mutu. Biasanya sistem IPAL Komunal dilakukan di daerah yang mana daerah tersebut tidak masuk lingkup layanan IPAL sentral ataupun tidak memungkinkannya pengolahan limbah secara individu pada masing-masing rumah tangga. Sistem IPAL Komunal dapat melayani 19-100 rumah tangga dan bahkan bisa lebih (Rhomaidhi, 2008).

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal dengan sistem perpipaan terdiri bangunan IPAL dan sistem jaringan perpipaan. Adapun komponen-komponen dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal terdiri dari bak inlet, bak pengolahan dengan beberapa opsi teknologi dan bak outlet. Pemilihan opsi teknologi bak pengolahan air limbah bergantung pada kebutuhan dan kapasitas

yang menyesuaikan kondisi kepadatan penduduk, lahan, muka air tanah, kemudahan pengoperasian, serta pemeliharaan unit IPAL (Ditjen Cipta Karya, 2016).



Gambar 2.1 Skema IPAL Komunal Anerobic Baffled Reactor



Gambar 2.2 Skema IPAL Komunal Rotating Biological Contactor

Tabel 2.1 IPAL Komunal di Kabupaten Sleman

Kecamatan	Jumlah IPAL				
		Belum berfungsi	Berfungsi baik	Berfungsi optimal	Tidak diketahui
Kalasan	6			4	2
Berbah	3			2	1
Ngemplak	5			4	1
Depok	19		2	8	9
Ngaglik	22		2	9	11
Mlati	8	1		4	3
Gamping	17			8	9
Godean	11		1	7	3
Moyudan	8		1	2	5
Seyegan	6		3	2	1
Sleman	9			4	5
Minggir	3				3
Turi	3				3
Tempel	10			3	7

(Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman 2017)

2.3 Sumber Mikroplastik pada Air Limbah

Penelitian mengenai kelimpahan dan risiko dari mikroplastik telah meningkat pesat di seluruh dunia dalam beberapa tahun terakhir. Mikroplastik primer dan sekunder dapat masuk ke lingkungan melalui pelepasan langsung dari aktivitas pelayaran, perikanan dan garis pantai serta limbah yang tidak terolah, limbah yang diolah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah dan limpasan air hujan (Liu et al., 2021). Meskipun bahan plastik kuat dan murah, namun Sebagian besar bahan plastik memiliki masa pakai yang terbatas dan dapat menyebabkan dampak buruk terhadap Kesehatan Ketika partikel partikel tersebut masuk ke lingkungan. Risiko yang ditimbulkan plastik akan beragam, bergantung dengan ukuran, komposisi dan Riwayat hidupnya (Conley et al., 2019).

Instalasi Pengolahan Air Limbah berfungsi untuk mengumpulkan dan mengolah limbah yang diketahui mengandung sumber mikroplastik, seperti partikel mikroplastik dari produk kecantikan, perawatan pribadi dan serat sintetis dari pencucian pakaian sintetis. Selama beberapa tahun terakhir, berbagai jenis mikroplastik yang diduga berasal dari IPAL telah dilaporkan mencemari ekosistem perairan. Salah satu mikroplastik berbahan dasar dari air limbah adalah *microbeads*, seperti polietilena, polipropilena yang menyumbang lebih dari 90% *microbeads* yang terkait dengan produk kosmetik dan perawatan pribadi, selain itu penelitian terbaru terhadap IPAL Perkotaan di California Selatan, mengungkapkan bahwa Sebagian besar mikroplastik terdeteksi berasal dari pasta gigi. Oleh karena itu *microbeads* dalam produk perawatan pribadi saat ini merupakan sumber mikroplastik yang potensial dalam limbah IPAL (Liu et al., 2021).

2.4 Penelitian Terdahulu

Salah satu acuan penulis dalam melaksanakan penelitian adalah dengan membaca referensi dari penelitian sebelumnya. Dari beberapa referensi tersebut, ditemukan judul yang sama seperti penelitian yang sudah direncanakan, namun beberapa referensi memiliki perbedaan dalam metode titik sampling ataupun cara analisisnya. Hasil referensi penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
(Tang et al., 2020)	<i>Microplastics in wastewater treatment plants of Wuhan, Central China: Abundance, removal, and potential source in household wastewater.</i>	Dalam penelitian ini, karakteristik mikroplastik dari <i>influent, effluent</i> dan <i>sludge</i> dari 2 IPAL yang dilakukan penelitian di Kota Wuhan telah dibandingkan, didapatkan pada kedua IPAL tersebut tingkat kehilangan mikroplastik masing-masing yaitu, 66,1 dan 62,7% yang

		<p>dapat dikaitkan dengan sumber air limbah dan teknologi pengolahan pada IPAL. Mikroplastik berbentuk manik-manik hanya ditemukan pada sabun wajah yang mengandung scrub, kemudian pada limbah cucian juga ditemukan mikroplastik. Peneliti mengamati bahwa mikroplastik primer yang dihasilkan dari rumah tangga berkontribusi terhadap sumber mikroplastik yang ditemukan pada kedua IPAL yang berada di Kota Wuhan.</p>
(Xia Xu dkk. 2019)	<p><i>Microplastics in the wastewater treatment plants (WWTPs) Occurrence and removal</i></p>	<p>Dalam penelitian ini, peneliti bertujuan untuk mempelajari kontaminasi mikroskopis pada IPAL di daerah Changzou, China dan untuk mengetahui prevalensi mikroplastik dalam air limbah. Selain mikroplastik yang terdapat dalam lumpur, Sebagian besar juga mengapung dan dibuang pada air permukaan. Karena inkonsistensi metode pengumpulan, pemisahan dan identifikasi mikroplastik serta diversifikasi kualitas air limbah, karakteristik pencemaran mikroplastik di IPAL bisa saja berbeda, hal ini akan menjadi referensi data mengenai efisiensi</p>

		dan kontaminasi mikroplastik pada IPAL.
(Steve A. Carr, Jin Liu, Arnold G. Tesoro, 2016)	<i>Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants</i>	Hasil penelitian ini didapatkan bahwa, effluent IPAL pada pengolahan air limbah sekunder dan tersier hanya berkontribusi minimal terhadap beban mikroplastik yang berada di lautan dan badan air permukaan. Plastik yang memasuki fasilitas pengolahan air limbah, Sebagian besar berbeda dari plastik yang dibuang di <i>storm drains</i> , pantai, laut dan lokasi air tawar lain seperti danau dan sungai. Sumber utama mikroplastik di lingkungan ini dilaporkan berasal dari kemasan konsumen (wadah plastik, tas, botol) dan sampah industri
(Magnusson & Norén, 2014)	<i>Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant</i>	Pada penelitian ini, IPAL yang digunakan penelitian termasuk kecil, namun masih terdapat banyak mikroplastik. Hal ini menunjukkan bahwa IPAL berkontribusi terhadap kandungan mikroplastik di laut. Namun, masih sangat sedikit studi tentang mikroplastik dari berbagai sumber, sehingga belum memungkinkan untuk memperkirakan keefektifan IPAL terhadap penyisihan mikroplastik.

(Talvitie et al., 2017)	<i>Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies</i>	Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dapat bertindak sebagai penghalang tetapi juga sebagai jalur masuk mikroplastik ke lingkungan perairan. Pengolahan air limbah konvensional dengan proses pengolahan primer dan sekunder dapat menghilangkan mikroplastik dari air limbah hingga 99% dan Sebagian besar mikroplastik yang sudah dihilangkan selama fase <i>pre-treatment</i> . Penghilangan mikroplastik pada penelitian ini menggunakan teknologi yang canggih, teknologi ini merupakan teknologi lanjutan dari <i>pre-treatment</i> yaitu discfilter (DF), <i>Rapid Sand Filter</i> (RSF), <i>Dissolve Air Flotation</i> (DAF), <i>Membrane Bio Reactor</i> (MBR) dapat menghilangkan lebih dari 95% kandungan mikroplastik.
(Magni dkk. 2019)	<i>The fate of microplastics in an Italian Wastewater Treatment Plant</i>	Pada penelitian ini, untuk menilai keberadaan, efisiensi penyisihan dan pelepasan mikroplastik terapan di pabrik, air limbah diambil sampelnya pada tiga Langkah pengolahan yang berbeda yaitu, saluran inlet, saluran pengumpulan dan saluran outlet. Selain itu mikroplastik juga dapat mengendap

		<p>berdasarkan densitas polimer, diambil sampelnya. Untuk mengurangi variabilitas intrinsic yang terkait dengan kondisi cuaca dan/atau kemungkinan perubahan arus urbanisasi, pengambilan sampel diulangi selama 3 hari dalam minggu musim semi, tanpa hujan, dan pada waktu yang sama (antara pukul 9 dan 11 pagi). Secara rinci 30 liter air limbah permukaan dikumpulkan menggunakan ember baja, kemudian sampel disaring dengan jarring ukuran 5 mm, 2 mm dan 63 mikrometer.</p>
--	--	--

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada IPAL Komunal yang berada disekitar Kabupaten Sleman, tepatnya di Kecamatan Mlati, penelitian ini berupa pengambilan sampel air pada 6 IPAL Komunal, karena penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya, namun pada penelitian ini hanya berbeda jenis parameter saja, untuk penelitian sebelumnya parameter yang diambil menggunakan acuan pada Permen Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 Tahun 2016 mengenai baku mutu air limbah, sedangkan untuk penelitian sekarang, parameter yang diambil yaitu kelimpahan mikroplastik pada *influent* dan *effluent* IPAL Komunal. Untuk 6 IPAL Komunal yang digunakan penelitian dicantumkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 Nama IPAL Komunal dan Kode

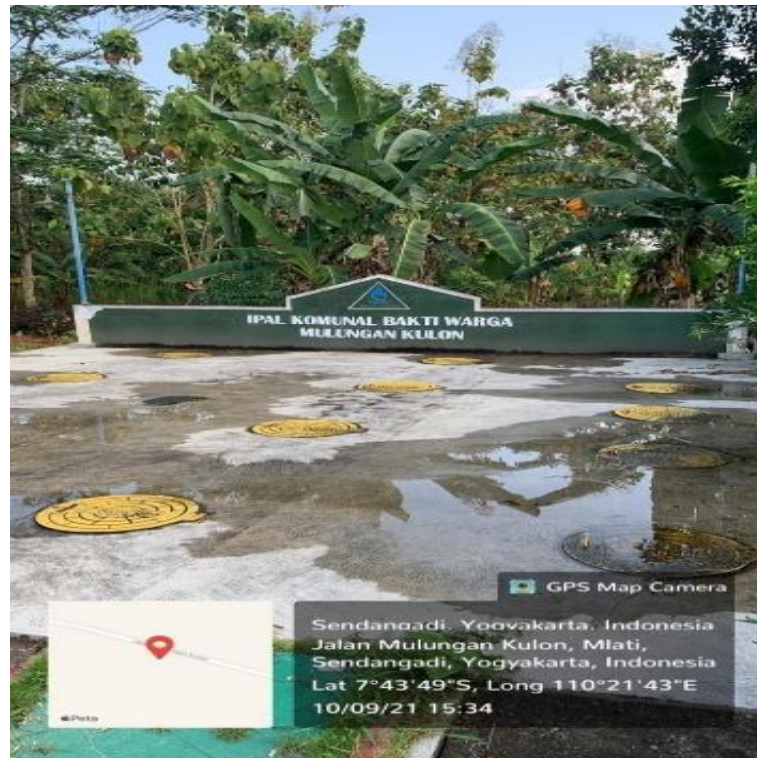
No.	Nama IPAL Komunal
1	Ngaglik Sejahtera (M1)
2	Tirta Bening (M2)
3	Bakti Warga (M3)
4	Sedyo Mulyo (M4)
5	Sedyo Rukun (M5)
6	Sidodadi Rejo (M6)



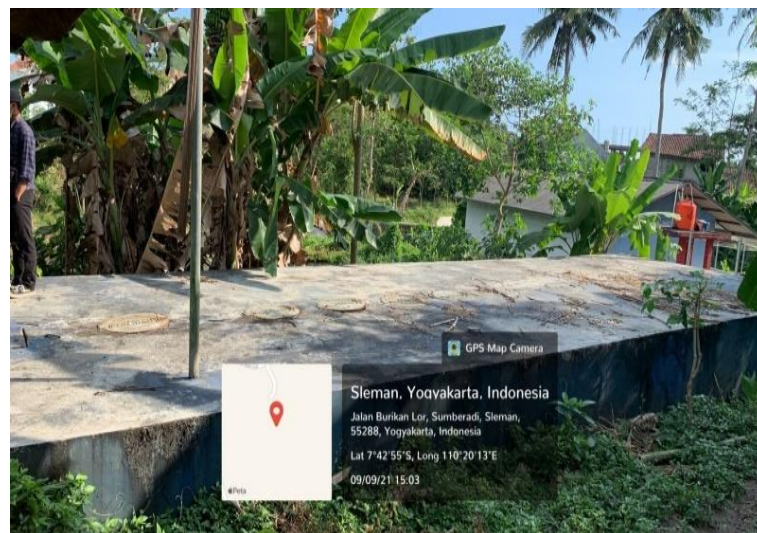
Gambar 3.1 Titik M1 (Ipal Komunal Ngaglik Sejahtera)



Gambar 3.2 Titik M2 (Ipal Komunal Tirta Bening)



Gambar 3.3 Titik M3 (Ipal Komunal Bakti Warga)



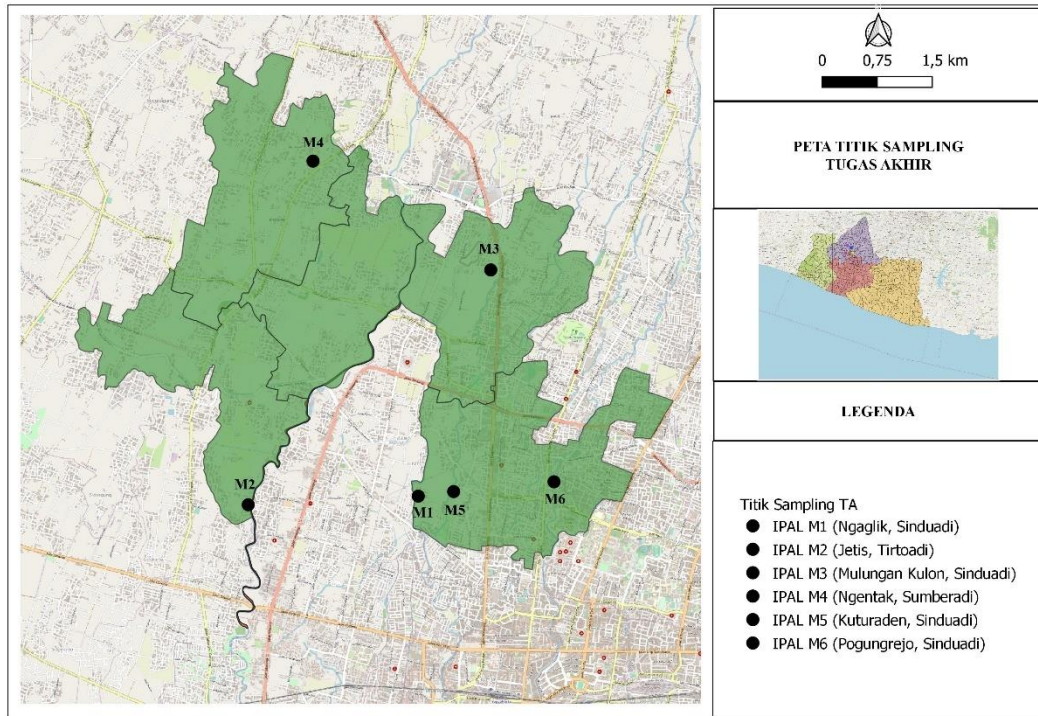
Gambar 3.4 Titik M4 (Ipal Komunal Sedyo Mulyo)



Gambar 3.5 Titik M5 (Ipal Komunal Sedyo Rukun)



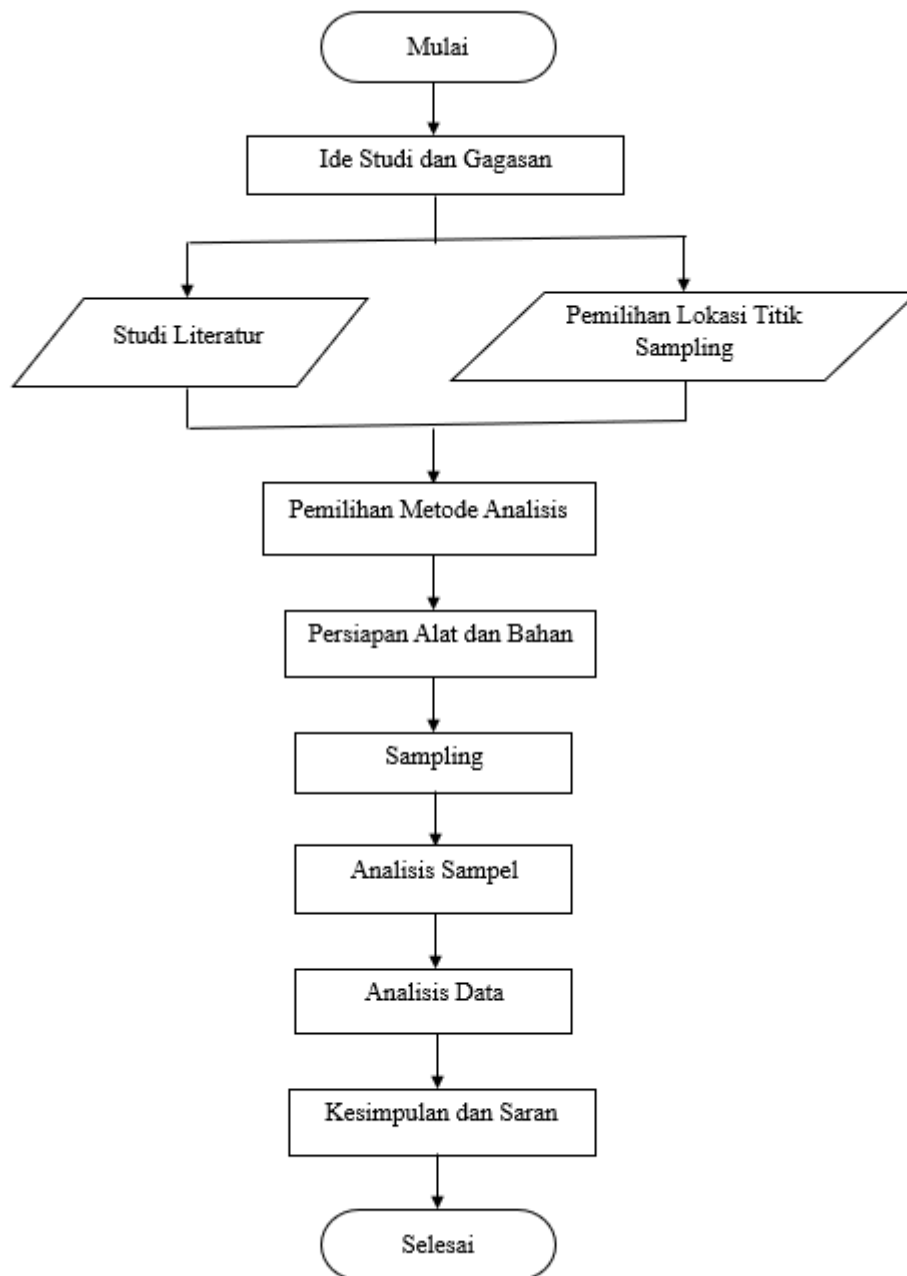
Gambar 3.6 Titik M6 (Ipal Komunal Sidodadi Rejo)



Gambar 3.7 Peta Titik Sampling Tugas Akhir

3.2 Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alir yang menunjukkan gambaran tahapan dari penelitian ini, yaitu :



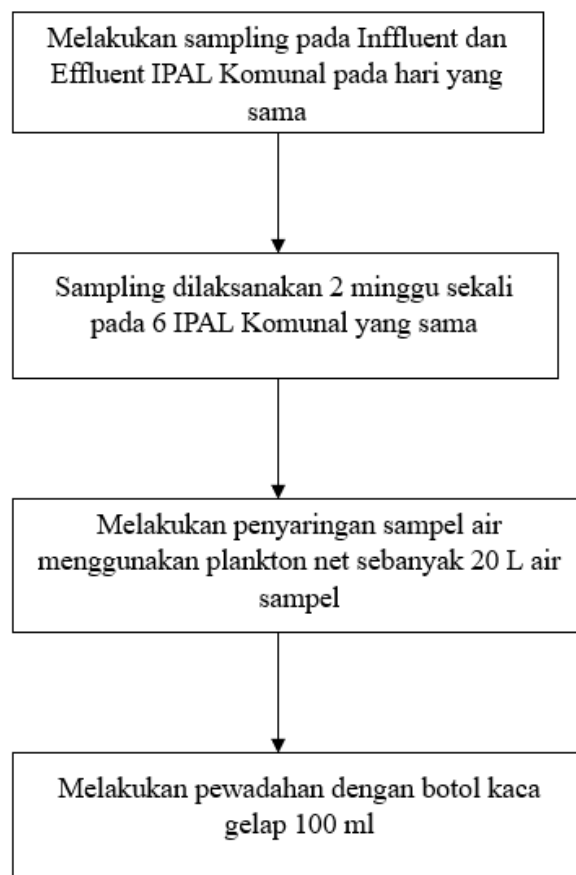
Gambar 3.8 Tahap Alur Penelitian

3.3 Metode Penelitian

Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer meliputi observasi titik lokasi sampling, pengambilan sampel, dan pengujian sampel. Sumber dari sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu berasal dari 6 IPAL Komunal yang sudah disebutkan diawal. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap *influent* dan *effluent* pada setiap unit IPAL Komunal tersebut. Untuk pengambilan sampel mikroplastik ini, beracuan pada NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) (Marine Debris Program, 2015). dengan beberapa modifikasi, berikut merupakan urutan pengambilan sampel mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (Komunal) :



Gambar 3.9 Alur Pengambilan Sampel Air Limbah

b. Data Sekunder

Data sekunder berupa studi pustaka melalui penelitian yang berkaitan dengan mikroplastik seperti jurnal internasional mengenai mikroplastik air limbah, penelitian sebelumnya dan data dari Dinas Lingkungan Hidup D.I. Yogyakarta berupa status dan jumlah IPAL Komunal di Kabupaten Sleman.

3.4 Analisis Sampel

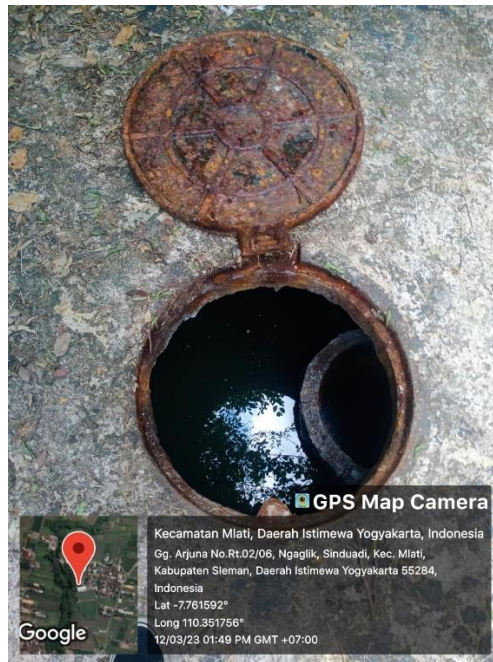
Pengumpulan data primer dilakukan dengan mengambil sampel air limbah dari IPAL Komunal yaitu pada *Influent* dan *Effluent* IPAL. Pengambilan sampel dilakukan dua kali dengan selang waktu dua minggu setiap pengambilan dan terdapat 6 titik lokasi dalam sekali pengambilan sampel.

3.4.1 Pengambilan Sampel Air Limbah

Pada penelitian ini lokasi yang digunakan untuk meneliti yaitu beberapa IPAL Komunal yang berada di Kecamatan Mlati. IPAL Komunal merupakan tempat pengolahan air limbah yang bersumber dari limbah domestik rumah tangga, yang mana limbah yang dibuang tidak hanya komponen organik namun juga terdapat beberapa limbah anorganik yang susah terurai oleh mikroorganisme pada IPAL seperti air sisa detergen, air sisa sabun muka, puntung rokok, bungkus detergen, bungkus sampo dll.

Limbah anorganik tersebut secara tidak langsung dapat mempengaruhi kinerja IPAL Komunal dalam mengolah limbah domestik dan juga dapat menimbulkan sampah berukuran kecil (mikroplastik), apabila air yang selesai diolah dan dibuang ke DAS (Daerah Aliran Sungai) sehingga hal ini yang mendasari IPAL Komunal dijadikan sebagai tempat penelitian ini.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *plankton net* dengan diameter 400 mesh (37 mikron), sampel diambil dengan cara menyaring 20 liter air limbah kemudian sampel dimasukkan pada 100 ml botol kaca gelap.



Gambar 3.10 Tempat Pengambilan Sampel Tugas Akhir



Gambar 3.11 Pengambilan Sampel Air Limbah

3.4.2 Pengujian Sampel Air

Dalam penelitian ini, mikroplastik diidentifikasi dan diklasifikasikan dengan menggunakan sampel air dari 6 titik IPAL Komunal yang diamati melalui mikroskop. Yang selanjutnya yaitu diamati dengan menggunakan kertas saring Whatman Microfiber Filter GF/B, yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya oleh (Rahman, 2022) yang melakukan penelitian mikroplastik pada sungai gajah wong. Kertas saring ini dipilih karena kemudahannya dalam penggunaan dan juga ukurannya yang sesuai dengan ukuran mulut vakum saat proses penyaringan. Setelah penyaringan dilakukan, selanjutnya mikroplastik diklasifikasikan dan dicatat berdasarkan bentuk, warna dan kelimpahannya.

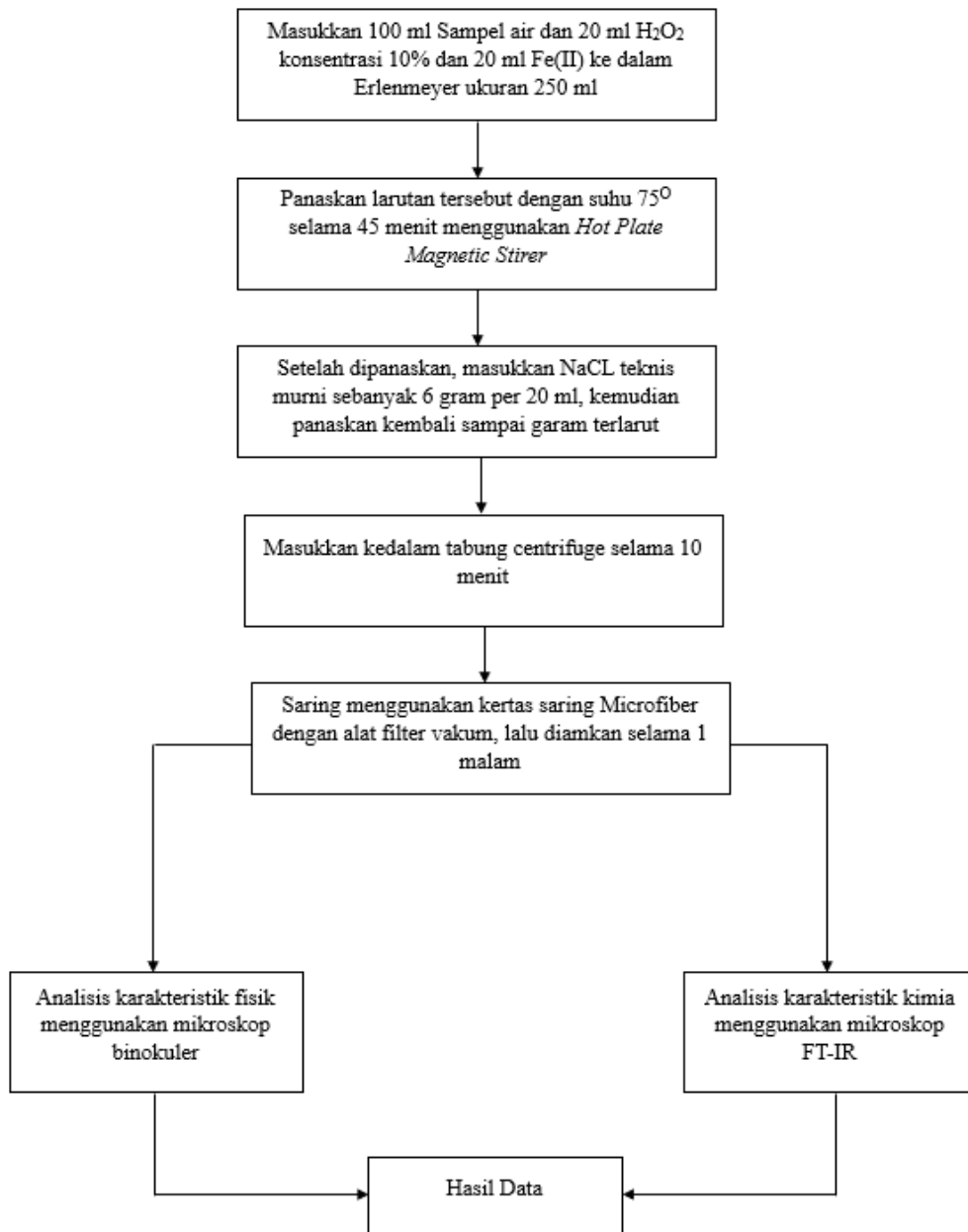
Setelah melakukan pengambilan sampel pada IPAL Komunal, kemudian selanjutnya yaitu melakukan analisis. Pada sampel air tidak perlu memisahkan padatan sehingga dapat langsung dilakukan WPO (*Wet Peroxide Oxidation*). Analisis dilakukan di laboratorium, sampel air limbah yang akan di analisis yaitu berupa bentuk dan warna nya harus dilakukan pemisahan dari zat-zat terlarut pada air limbah seperti senyawa organik. Proses pemisahan antara air dengan mikroplastik terdapat beberapa cara yaitu, *Density Separation*, *Wet Peroxide Oxide* (WPO) dan penyaringan menggunakan vakum.

- WPO (*Wet Peroxide Oxidation*)

Metode WPO (*Wet Peroxide Oxidation*) merupakan metode yang digunakan dalam analisis laboratorium, yang mana WPO digunakan untuk mengoksidasi sampel air limbah dengan menggunakan larutan Fe(II) dan H₂O₂, dengan cara memanaskan sampel dengan suhu 75⁰C. WPO ini bertujuan untuk mengoksidasi partikel organik yang terkandung pada sampel air limbah.

- *Density Separation*

Metode *Density Separation* merupakan metode yang digunakan dalam analisis laboratorium yang bertujuan untuk memisahkan densitas antara mikroplastik dan air limbah dengan menggunakan NaCL sebesar 6 gram/20 ml air limbah.



Gambar 3.12 Analisis Data Sampel

Sebelum sampel dilakukan analisis dengan mikroskop FT-IR (*Fourier transfer Infrared*). Terlebih dahulu sampel air limbah dilakukan analisis menggunakan metode WPO (*Wet Peroxide Oxidation*) dan *Density Separation*, kemudian setelah dilakukan WPO dan *Density Separation* sampel dilakukan analisis kelimpahan

dengan menggunakan mikroskop binokuler, kemudian setelah itu dilakukan pembacaan rantai ikatan kimia menggunakan mikroskop FT-IR.

3.5 Analisis Data

Data yang sudah diperoleh setelah melakukan pengambilan sampel, akan dilakukan analisis laboratorium dengan menggunakan metode yang sudah ditentukan, kemudian setelah melakukan laboratorium, kemudian melakukan pengolahan data dengan membandingkan hasil sampel dari pengambilan sampel pertama hingga kedua kali. Pengolahan data dilakukan dengan membuat grafik yang menunjukkan kelimpahan sampel mikroplastik dari setiap IPAL Komunal.

Analisis data yaitu dengan menggunakan analisis kuantitatif grafik yang menunjukkan jenis dan bentuk mikroplastik yaitu dengan mengombinasikan data antara banyak mikroplastik sesuai jenis dan bentuknya kemudian ditampilkan menggunakan grafik.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan Pada 6 titik IPAL Komunal seperti pada gambar 3.1 dan pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali dengan rentang waktu 2 minggu. Pengambilan ini dilakukan dengan memperhatikan jam puncak IPAL yaitu pada pagi hari sampai siang hari, yang mana hal ini memperhatikan kondisi IPAL yang mencapai debit puncaknya.

4.1.1 Kondisi Eksisting IPAL Komunal

Sebelum mengambil sampel air limbah dari IPAL Komunal, survei lokasi dilakukan terlebih dahulu untuk memeriksa kondisi di lapangan dan memastikan izin pengambilan sampel dari pengurus IPAL Komunal yang memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Enam IPAL Komunal yang dipilih sebagai lokasi pengambilan sampel air limbah adalah IPAL Komunal Ngaglik Sejahtera, IPAL Komunal Tirta Bening, IPAL Komunal Bakti Warga, IPAL Komunal Sedyo Mulyo, IPAL Komunal Sedyo Rukun dan IPAL Komunal Sidodadi Rejo. Sebelum melakukan pengambilan sampel, penulis berkoordinasi dengan pengurus IPAL untuk mendapatkan pendampingan dan melakukan wawancara terkait kondisi eksisting IPAL yang akan dilakukan pengambilan sampel.

Tabel 4.1 Kondisi Eksisting IPAL Komunal

IPAL Komunal Ngaglik Sejahtera	- Dekat dengan permukiman - Debit puncak 67 m ³ /hari - Biasa menampung limbah laundry dan rumah tangga	ABR <i>(Anaerobic Baffled Reactor)</i>	75 KK
IPAL Komunal Tirta Bening	- Dekat dengan permukiman - Debit puncak 61 m ³ /hari - Biasa menampung limbah rumah tangga	ABR <i>(Anaerobic Baffled Reactor)</i>	68 KK

IPAL Komunal Bakti Warga	<ul style="list-style-type: none"> - Posisi strategis - Debit puncak 127 m³/hari - Biasa menampung limbah rumah tangga 	<p>ABR (<i>Anaerobic Baffled Reactor</i>) RBC (<i>Rotating Biological Contactor</i>)</p>	165 KK
IPAL Komunal Sedyo Mulyo	<ul style="list-style-type: none"> - Dekat dengan permukiman - Debit puncak 67 m³/hari - Biasa menampung limbah rumah tangga 	<p>ABR (<i>Anaerobic Baffled Reactor</i>)</p>	75 KK
IPAL Komunal Sedyo Rukun	<ul style="list-style-type: none"> - Dekat dengan permukiman - Debit puncak 45 m³/hari - Biasa menampung limbah laundry dan rumah tangga 	<p>ABR (<i>Anaerobic Baffled Reactor</i>)</p>	50 KK
IPAL Komunal Sidodadi Rejo	<ul style="list-style-type: none"> - Dekat dengan permukiman - Debit puncak 11 m³/hari - Biasa menampung limbah rumah tangga 	<p>ABR (<i>Anaerobic Baffled Reactor</i>)</p>	12 KK

- Ipal Komunal Ngaglik Sejahtera

Ipal Komunal ini dalam pengolahan air limbah menggunakan teknologi Anaerobic Baffled reactor dengan jumlah bak sebanyak 7, untuk kondisi dari Ipal Komunal ini tidak terdapat saringan sebelum bak pertama, sehingga untuk sampah yang memiliki ukuran besar akan tetap masuk kedalam Ipal, namun pengelola bersama Masyarakat pengguna Ipal Komunal berswadaya untuk melakukan pembersihan Ipal Komunal.

- Ipal Komunal Tirta Bening

Ipal Komunal ini dalam pengolahan air limbah menggunakan teknologi Anaerobic Baffled reactor dengan jumlah bak sebanyak 8, untuk kondisi dari Ipal Komunal ini tidak terdapat saringan sebelum bak pertama sehingga

untuk sampah yang memiliki ukuran besar akan tetap masuk kedalam Ipal, namun pengelola dengan sukarela akan mengambil sampah plastik yang berukuran besar agar tidak mengotori dan menyumbat proses pengolahan dan juga untuk Ipal Komunal Tirta Bening biasa dilakukan pengurasan dari Dinas Lingkungan Hidup kabupaten Sleman setiap 6 bulan atau 1 tahun sekali.

- Ipal Komunal Bakti Warga

Ipal Komunal ini dalam pengolahan air limbah mengkombinasikan 2 teknologi yaitu, Anaerobic Baffled reactor dan Rotating Biological Contactor. Untuk pengolahan pertama yaitu ABR dan untuk RBC baru dibangun pada tahun 2019. Untuk ABR terdapat 12 bak dan bak sedimentasi berada ditengah antara bak 6 dan 7, untuk Ipal ini, sebelum memasuki bak pertama terdapat bar screen untuk menyaring sampah yang berukuran besar, namun untuk bar screen memiliki ukuran bar yang lebar. Setelah air melewati pengolahan pada teknologi ABR, kemudian dilanjutkan dengan pengolahan teknologi RBC.

- Ipal Komunal Sedyo Mulyo

Ipal komunal ini dalam pengolahan air limbah menggunakan teknologi Anaerobic Baffled reactor dengan jumlah bak sebanyak 8, untuk kondisi dari Ipal Komunal ini banyak terdapat endapan disetiap baknya, bahkan pada bak terakhir menumpuk endapan lumpur, sehingga mengganggu proses pengolahan Ipal itu sendiri. Menurut pengelola Ipal Komunal, karena lokasi tidak strategis sehingga tidak bisa dijangkau oleh truk penguras Ipal, sehingga Ipal Komunal ini jarang dilakukan pengurasan, kecuali pada saat setelah hujan, karena Ipal Komunal akan membludak dan menimbulkan bau yang tidak sedap disekitarnya.

- Ipal Komunal Sedyo Rukun

Ipal Komunal ini dalam pengolahan air limbah menggunakan teknologi Anaerobic Baffled reactor dengan jumlah bak sebanyak 9, untuk kondisi dari Ipal Komunal ini tidak terdapat saringan sebelum bak pertama sehingga untuk sampah yang memiliki ukuran besar akan tetap masuk kedalam Ipal,

namun pengelola dengan warga pengguna Ipal Komunal biasanya mengadakan kerja bakti untuk optimalisasi Ipal Komunal dan juga untuk Ipal Komunal Sedyo Rukun biasa dilakukan pengurusan dari Dinas Lingkungan Hidup kabupaten Sleman setiap 6 bulan atau 1 tahun sekali.

- Ipal Komunal Sidodadi Rejo

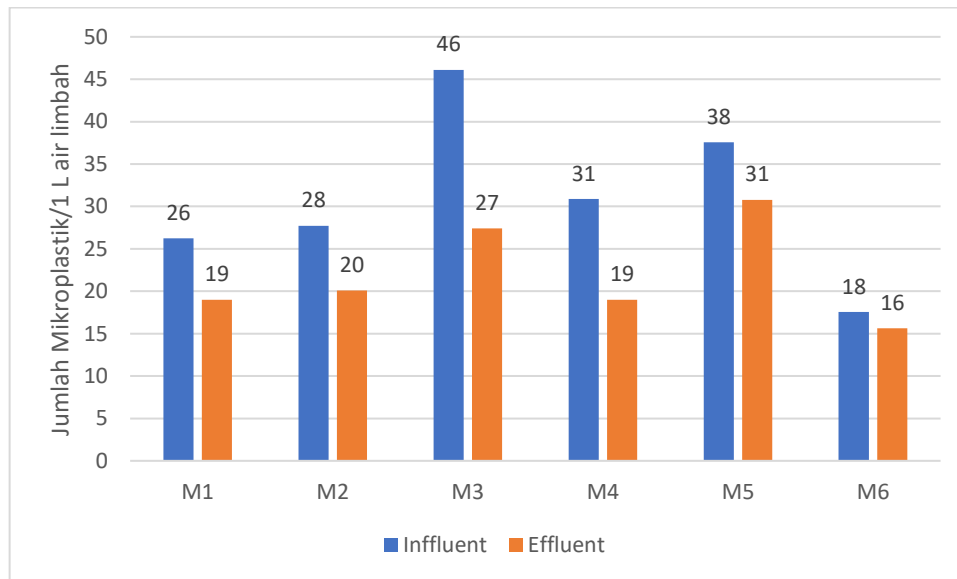
Ipal Komunal ini dalam pengolahan air limbah menggunakan teknologi Anaerobic Baffled reactor dengan jumlah bak sebanyak 6, untuk kondisi dari Ipal Komunal ini, banyak terdapat sampah plastik pada bak pertama dan mengendap cukup lama, karena memang Ipal Komunal jarang dilakukan pembersihan dan kondisi bak yang belum memenuhi batas pelimpah yang dibangun.

4.2 Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik

Dalam penelitian ini, mikroplastik diidentifikasi dan diklasifikasikan dengan menggunakan sampel air dari 6 titik IPAL Komunal yang diamati melalui mikroskop. Yang selanjutnya yaitu diamati dengan menggunakan kertas saring Whatman Microfiber Filter GF/B, yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya oleh Muhammad Aulia Rahman pada tahun 2022 yang melakukan penelitian mikroplastik pada sungai Gajah Wong. Kertas saring ini dipilih karena kemudahannya dalam penggunaan dan juga ukurannya yang sesuai dengan ukuran mulut vakum saat proses penyaringan. Setelah penyaringan dilakukan, selanjutnya mikroplastik diklasifikasikan dan dicatat berdasarkan bentuk, warna dan kelimpahannya.

4.2.1 Identifikasi berdasarkan jumlah mikroplastik

Pada tahap identifikasi mikroplastik, telah dilakukan perhitungan jumlah mikroplastik pada masing-masing titik sampling menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 10 kali, kemudian didapatkan data seperti grafik berikut ini:



Gambar 4.1 Perbandingan Jumlah Mikroplastik per liter

Data di atas merupakan sebuah data yang menampilkan grafik perbandingan jumlah mikroplastik antara pengambilan sampel pertama dengan pengambilan sampel kedua pada titik Inlet dan Outlet IPAL Komunal. Didapatkan bahwa jumlah mikroplastik paling dominan pada titik inlet berada pada titik M3 (IPAL Komunal Bakti Warga) dengan jumlah rata-rata mikroplastik sebesar 46,1 partikel/liter air limbah, sedangkan untuk jumlah yang paling sedikit pada titik inlet ini yaitu pada titik M6 dengan jumlah rata-rata mikroplastik sebesar 18 partikel/liter air limbah. Untuk titik outlet, jumlah mikroplastik paling banyak berada pada titik M5 dengan jumlah rata-rata mikroplastik sebesar 31 partikel/liter air limbah, sedangkan untuk jumlah yang paling sedikit pada titik inlet ini yaitu pada titik M6 dengan jumlah rata-rata mikroplastik sebesar 16 partikel/liter air limbah.

Kondisi di atas sebanding dengan penelitian yang dilakukan Le dkk, 2023, bahwa morfologi mikroplastik (bentuk, warna, ukuran) pada penelitian Le dkk, telah diamati dan berfokus pada bentuk fiber dan fragmen. Pada penelitian ini terjadi penurunan kadar mikroplastik pada IPAL. Penurunan terjadi selama pengolahan primer, kadar mikroplastik berkurang disebabkan oleh penyerapan mikroplastik dalam lumpur yang mengendap selama tahap sedimentasi primer (Le et al., 2023).

Sehingga dapat dibandingkan dengan penelitian pada IPAL Komunal, bahwa IPAL Komunal juga mengalami penurunan, namun karena keterbatasan teknologi yang dipakai dan di beberapa IPAL Komunal jumlah saluran yang sudah melebihi kapasitas, sehingga kadar mikroplastik tidak dapat dikurangi sepenuhnya, sedangkan untuk penelitian Le dkk, 2023 hanya fokus pada bentuk fiber dan fragmen saja untuk penelitian efisiensi IPAL untuk mengurangi mikroplastik.

4.2.2 Identifikasi berdasarkan bentuk dan warna

Dari hasil mikroskop yang telah dilakukan menggunakan mikroskop binokuler perbesaran 10 kali pada 24 sampel air limbah dari 6 IPAL Komunal yang berbeda, beberapa warna dapat diamati melalui mikroskop. Diantaranya yaitu, transparan, merah, hitam, biru, hijau, coklat dan orange. Juga terdapat beberapa bentuk mikroplastik seperti fragmen, fiber, pellet, foam, film.

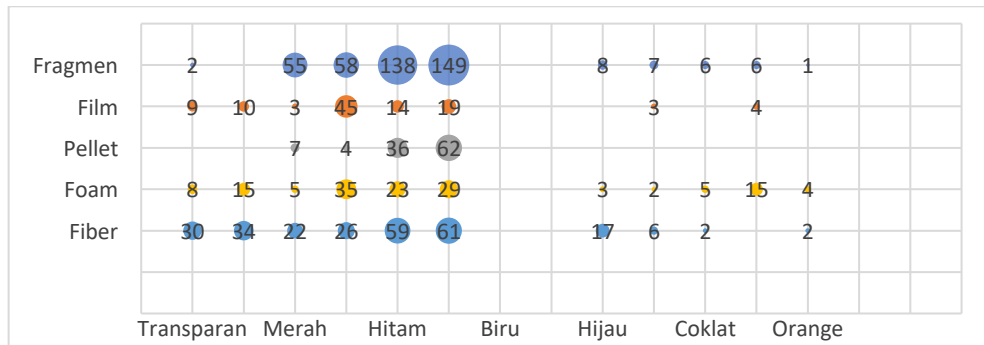
Salah satu faktor yang mempengaruhi migrasi atau transportasi mikroplastik di perairan adalah ukuran badan air, angin, arus dan kerapatan partikel. Urbanisasi, kepadatan populasi manusia di sekitar perairan, jenis pengelolaan limbah dan kebocoran limbah juga berperan dalam menentukan jumlah mikroplastik dalam sistem perairan (Wang et al., 2021).

Selain itu, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) memiliki potensi untuk melepaskan mikroplastik ke lingkungan. Mikroplastik yang tidak sepenuhnya terperangkap dalam lumpur limbah atau yang tidak tersaring selama proses pengolahan limbah, sehingga setelah air limbah yang keluar dari outlet IPAL akan membawa partikel mikroplastik ke badan air (Purwanti, 2022).

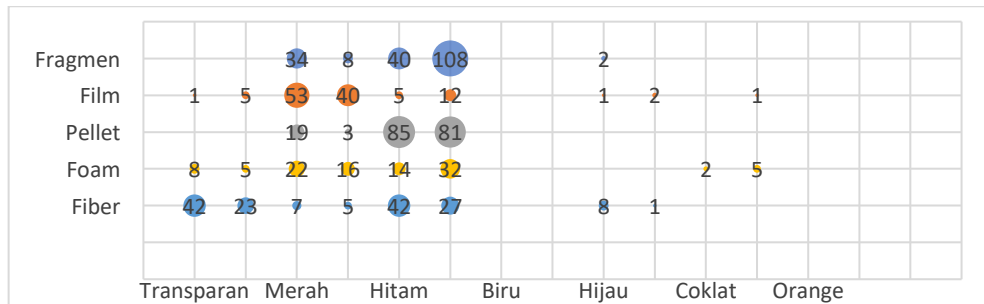
Laporan menunjukkan bahwa persentase penyisihan mikroplastik di IPAL tanpa pengolahan tersier sekitar 88%, namun angka ini meningkat menjadi lebih dari 97% dengan tambahan pengolahan tersier. Meskipun IPAL dapat menahan partikel plastik di kolam oksidasi atau bak sedimentasi limbah, tetapi masih ada jumlah mikroplastik yang signifikan yang dilepaskan ke badan air (Kang et al., 2020). Berdasarkan pada pengamatan melalui mikroskop, didapatkan jumlah mikroplastik berdasarkan bentuk dan warna mikroplastik, seperti pada gambar dibawah ini:

a. Pengambilan sampel M1 (Ngaglik Sejahtera)

Pengambilan Inlet



Pengambilan Outlet



Gambar 4.2 Kelimpahan IPAL M1 (Ngaglik Sejahtera)

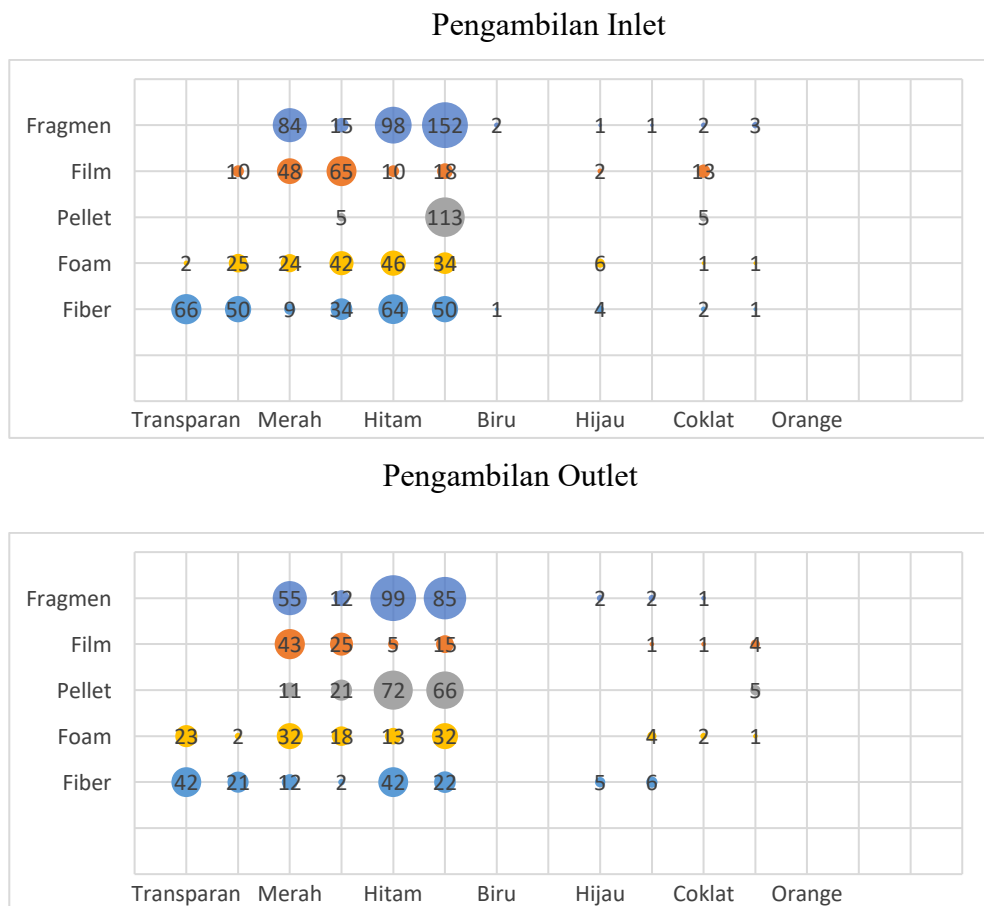
Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada inlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Ngaglik Sejahtera. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar, dan jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam dengan jumlah pada pengambilan sampel pertama 138 partikel dan pengambilan kedua 149 partikel.

Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada outlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Ngaglik Sejahtera. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar, dan jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam

dengan jumlah pada pengambilan sampel pertama 99 partikel dan pengambilan kedua 108 partikel.

Kuantitas mikroplastik yang didapatkan ini karena kondisi bak inlet yang dipenuhi oleh sampah rumah tangga seperti, bungkus makanan, bungkus peralatan mandi dan juga sesuai dengan data yang didapatkan dalam wawancara dengan pengelola, pengguna IPAL lebih sering membuang berbagai sampah padat ke IPAL komunal seperti bekas botol minum, bungkus sampo saset. IPAL komunal ini juga jarang dilakukan pembersihan ataupun pengurasan pada tiap baknya, sehingga terdapat mikroplastik dikarenakan endapan yang sudah lama tertahan pada inlet.

b. Pengambilan sampel M2 (Tirta Bening)



Gambar 4.3 Kelimpahan IPAL M2 (Tirta Bening)

Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada inlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Tirta Bening. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna

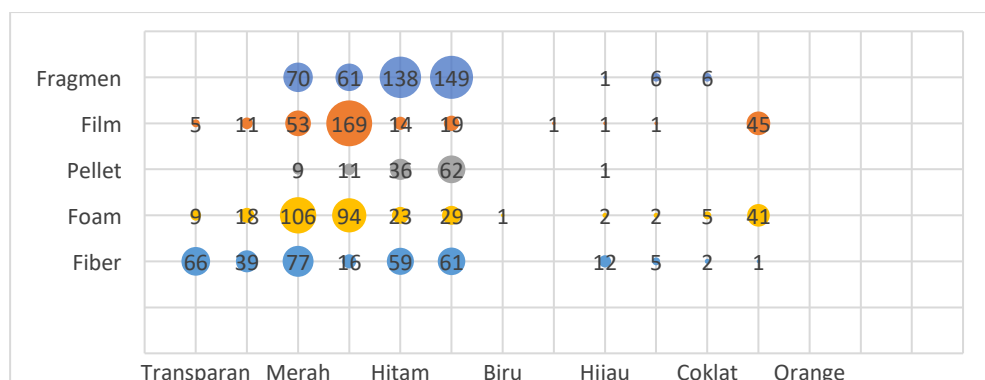
pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar, dan jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam dengan jumlah pada pengambilan sampel pertama 98 partikel dan pengambilan kedua 152 partikel.

Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada outlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Tirta Bening. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar, dan jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam dengan jumlah pada pengambilan sampel pertama 99 partikel dan pengambilan kedua 85 partikel.

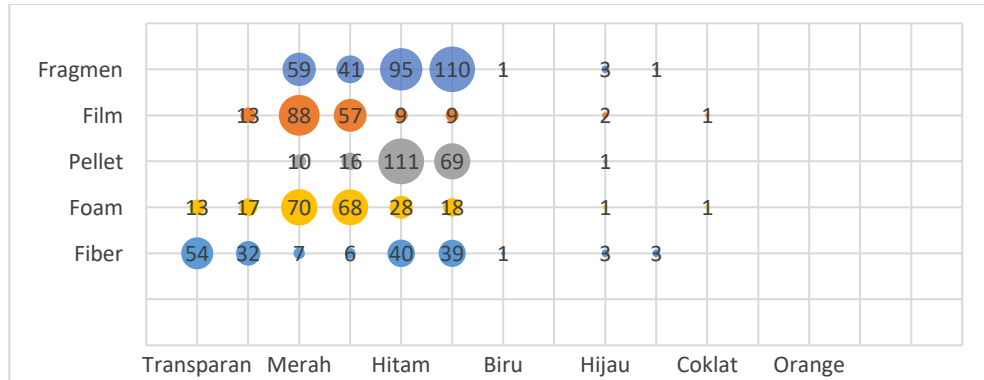
Kuantitas mikroplastik yang didapatkan ini karena kondisi bak inlet yang dipenuhi oleh sampah rumah tangga seperti, bungkus makanan, bungkus peralatan mandi dan alat kontrasepsi, sesuai dengan data yang didapatkan dalam wawancara dengan pengelola, pengguna IPAL lebih sering membuang berbagai sampah padat ke IPAL komunal seperti tutup minuman, bungkus sampo saset. IPAL komunal ini sering dilakukan pembersihan langsung oleh pengelola dengan mengangkat kotoran kotoran menggunakan jaring agar IPAL tidak tersumbat dan tidak terlalu banyak sampah yang tertinggal didalam IPAL.

c. Pengambilan sampel M3 (Bakti Warga)

Pengambilan Inlet



Pengambilan Outlet



Gambar 4.4 Kelimpahan IPAL M3 (Bakti Warga)

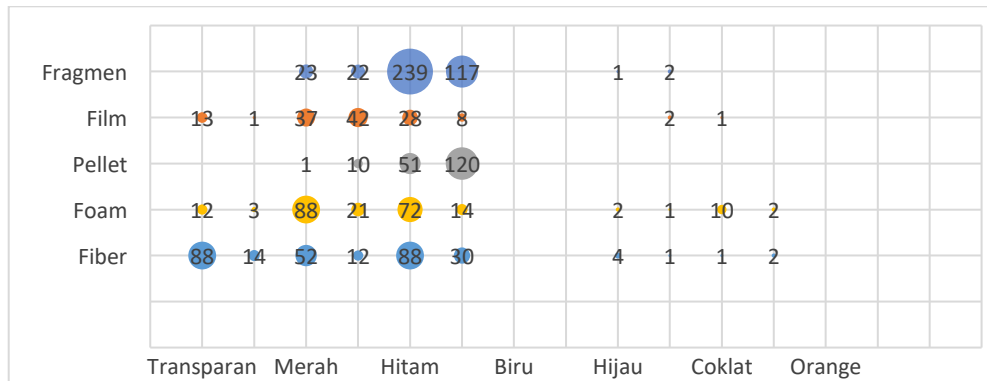
Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada inlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Bakti Warga. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar, dan jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk film warna merah pada pengambilan kedua dengan jumlah 169 partikel.

Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada outlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Bakti Warga. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar, dan jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk pellet warna hitam pada pengambilan pertama dengan jumlah 111 partikel dan fragmen jitam pada pengambilan kedua dengan jumlah 110 partikel.

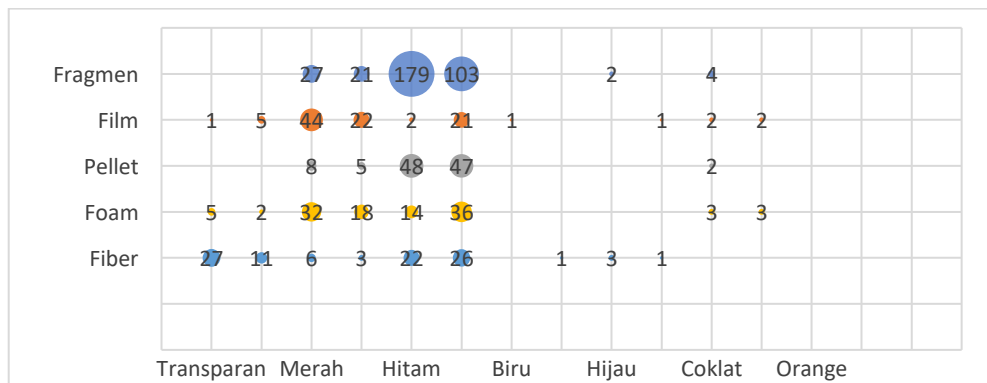
Kuantitas mikroplastik yang didapatkan ini karena kondisi bak inlet yang berisi sampah domestik seperti bungkus makanan wadah sampo saset, namun sebelum air limbah menuju bak inlet terdapat preliminary treatment berupa penyaringan sampah plastik yang terbuang pada IPAL, namun karena sekat pada penyaringan yang sangat jarang sehingga beberapa sampah plastik akan tetap masuk pada bak inlet.

d. Pengambilan sampel M4 (Sedyo Mulyo)

Pengambilan Inlet



Pengambilan Outlet



Gambar 4.5 Kelimpahan IPAL M4 (Sedyo Mulyo)

Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada inlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Sedyo Mulyo. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua cukup besar dan jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam pada pengambilan pertama dengan jumlah 239 partikel.

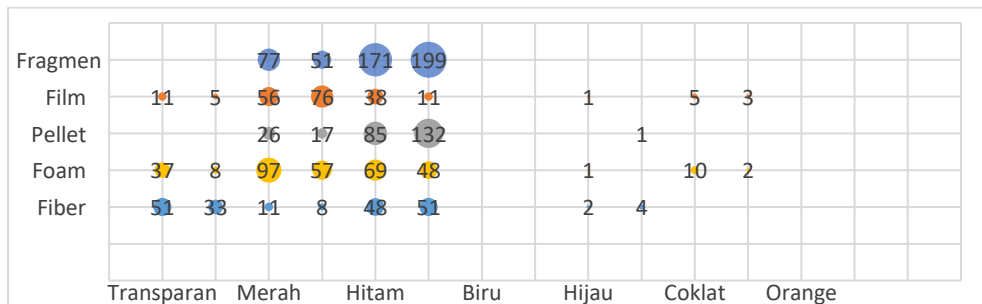
Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada outlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Sedyo Mulyo. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua cukup besar dan jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam pada

pengambilan pertama dengan jumlah 63 partikel dan pengambilan kedua dengan jumlah 103 partikel.

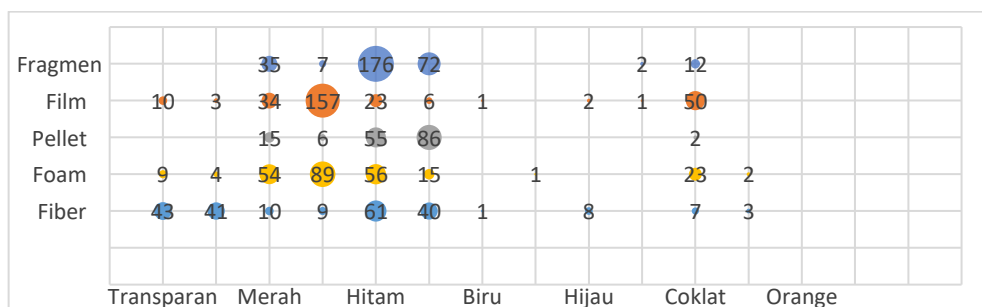
Kuantitas mikroplastik yang didapatkan ini karena kondisi bak inlet yang dipenuhi oleh sampah rumah tangga seperti, bungkus makanan, bungkus peralatan mandi dan juga sesuai dengan data yang didapatkan dalam wawancara dengan pengelola, pengguna IPAL lebih sering membuang berbagai sampah padat ke IPAL komunal seperti bekas botol minum, bungkus sampo saset. IPAL Komunal ini juga sangat jarang dilakukan pembersihan sehingga pada bak inlet sangat dipenuhi oleh lumpur bercampur dengan sampah plastik dan juga saat musim hujan, IPAL sering mengalami kendala seperti over capacity dikarenakan terlalu banyak volume air yang ditampung sehingga IPAL mengalami kelebihan volume dan dapat mengganggu penduduk sekitar berupa bau dari IPAL Komunal.

e. Pengambilan sampel M5 (Sedyo Rukun)

Pengambilan Inlet



Pengambilan Outlet



Gambar 4.6 Kelimpahan IPAL M5 (Sedyo Rukun)

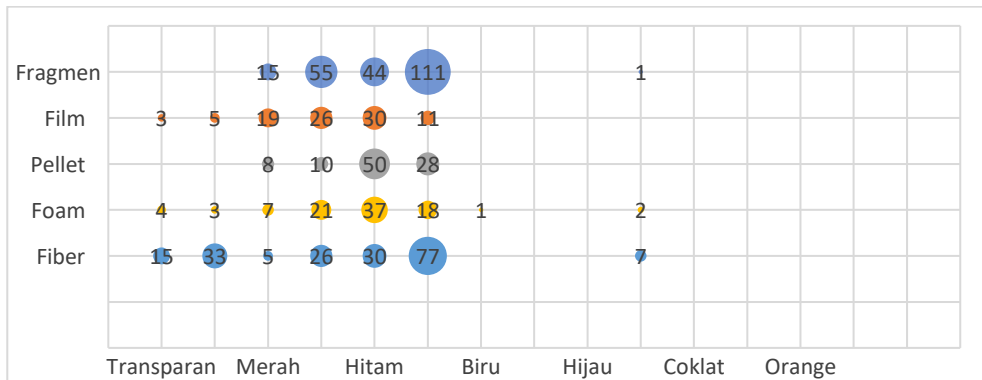
Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan inlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Sedyo Rukun. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar. jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam pada pengambilan pertama dengan jumlah 171 partikel dan pengambilan kedua 199 partikel

Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada outlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Sedyo Rukun. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar. jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam pada pengambilan pertama dengan jumlah 176 partikel dan film warna merah pada pengambilam kedua dengan jumlah 157 partikel.

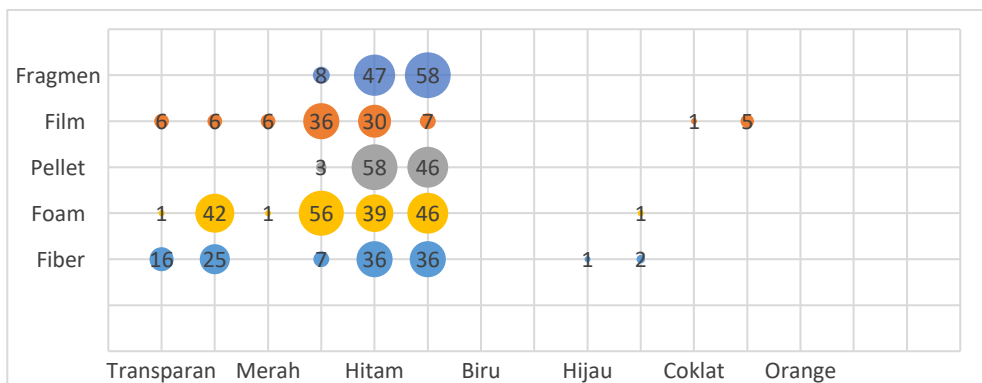
Kuantitas mikroplastik yang didapatkan ini karena kondisi bak inlet yang dipenuhi oleh sampah rumah tangga seperti limbah laundry dan juga sesuai dengan data yang didapatkan dalam wawancara dengan pengelola, pengguna IPAL lebih sering membuang berbagai sampah padat ke IPAL komunal seperti bekas botol minum, bungkus sampo saset, namun sebelum ke bak inlet terdapat preliminary treatment berupa penyaringan sampah plastik sehingga dapat meminimalisir sampah plastik masuk kedalam bak inlet dan juga pada IPAL Komunal ini dilakukan pengurasan oleh DLH setiap 6 bulan sekali

f. Pengambilan sampel M6 (Sidodadi Rejo)

Pengambilan Inlet



Pengambilan Outlet



Gambar 4.7 Kelimpahan IPAL M6 (Sidodadi Rejo)

Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada inlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Sidodadi Rejo. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar. jumlah paling besar yang didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk fragmen warna hitam pada pengambilan pertama dengan jumlah 171 partikel dan pada pengambilan kedua 199 partikel

Gambar di atas merupakan sebuah grafik yang merepresentasikan data pada pengambilan pada outlet sampel pertama dan kedua pada IPAL Komunal Sidodadi Rejo. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa selisih jumlah bentuk dan warna pada pengambilan pertama dan kedua tidak begitu besar. jumlah paling besar yang

didapat selama pengambilan sampel yaitu pada bentuk pellet warna hitam pada pengambilan pertama dengan jumlah 58 partikel dan pengambilan kedua 46 partikel.

Kuantitas mikroplastik yang didapatkan ini karena kondisi bak inlet yang dipenuhi oleh sampah rumah tangga seperti, bungkus makanan, bungkus peralatan mandi dan juga sesuai dengan data yang didapatkan dalam wawancara dengan pengelola, pengguna IPAL lebih sering membuang berbagai sampah padat ke IPAL komunal seperti bekas botol minum, bungkus sampo saset. IPAL komunal ini merupakan IPAL komunal dengan kondisi yang kurang normal dikarenakan pemasangan pipa yang tidak memperhatikan kondisi elevasi sehingga air limbah tidak mengalir dengan lancar menuju IPAL.

Data di atas merupakan data mikroplastik yang meliputi bentuk dan warna, berdasarkan sajian data di atas bentuk dan warna paling dominan yaitu warna hitam pada titik M3 pengambilan kedua dengan jumlah mikroplastik sebesar 226 partikel. Untuk data di atas paling dominan setelah fragmen, urutan kedua yaitu pellet dan untuk urutan ketiga yaitu terdapat fiber.

Pada penelitian kali ini warna mikroplastik yang paling dominan yaitu warna hitam dengan persentase pada *influent* sebesar 56,5% dan *effluent* sebesar 55,4%. Warna yang mendominasi selanjutnya pada *influent* yaitu merah, transparan, coklat, hijau dan biru dengan persentase 30,2%, 8,4%, 3,4%, 1,4% dan 0,03%. Selanjutnya untuk warna yang mendominasi pada *effluent* yaitu merah, transparan, coklat, hijau dan biru dengan persentase 31,7%, 10,4%, 1,3%, 1,1% dan 0,1%.

Pada penelitian Reddy (2022) mengindikasikan bahwa dalam air limbah yang sebelum diolah berasal dari berbagai sumber, termasuk dari kompleks perumahan, komersial, industri dan bahkan dari air hujan, pada penelitian Reddy menunjukkan bahwa air limbah yang masuk pada IPAL berasal dari pencucian kain menggunakan detergen, produk perawatan pribadi dan pecahan barang-barang plastik pada rumah tangga (Reddy & Nair, 2022).

Bentuk-bentuk mikroplastik tersebut dapat terjadi dikarenakan, adanya degradasi dari lingkungan, seperti degradasi fisik, kimia dan biologi (bakteri dan

jamur). Bentuk mikroplastik yang paling dominan ditemukan pada IPAL Komunal yaitu fragmen, menurut penelitian dari Sugandi (2021) mikroplastik bentuk fragmen berasal dari pembuangan plastik seperti botol, kantong plastik dan bungkus detergen (Sugandi et al., 2021)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hiwari (2019) warna hitam pada mikroplastik, terdapat indikasi banyaknya kontaminan yang terserap terutama kontaminan organik, karena mikroplastik berwarna hitam memiliki kemampuan lebih untuk menyerap kontaminan lebih tinggi. (Hiwari et al., 2019)

1. Fragmen

Mikroplastik jenis fragmen merupakan jenis yang paling dominan ditemukan pada IPAL Komunal. Mikroplastik jenis ini memiliki karakteristik yang keras dan berasal dari pembuangan kantong plastic, kemasan makanan yang keras dan bungkus detergen (Sugandi et al., 2021).

2. Fiber

Mikroplastik jenis fiber memiliki warna yang berbeda-beda tergantung dari sumbernya, mikroplastik jenis ini biasanya berbentuk seperti tali atau serabut memanjang (Ambasari & Anggiani, 2022). mikroplastik jenis fiber dapat muncul karena berasal dari limbah pencucian pakaian yang dapat menelbarkan serat-serat pakaian (Hiwari et al., 2019).

3. Pellet

Mikroplastik jenis pellet memiliki ciri-ciri bentuk silindris yang sempurna dengan warna yang beragam, namun memiliki warna pekat dengan permukaan yang halus. Mikroplastik jenis pellet termasuk dalam mikroplastik primer yang merupakan bahan baku dari pembuatan plastik pada pabrik (Hiwari et al., 2019). Sumber dari mikroplastik jenis ini berasal dari *microbeads* yang dibuat untuk produk kecantikan (Sugandi et al., 2021).

4. Foam

mikroplastik jenis foam memiliki ciri-ciri lembut seperti kapas dan bertekstur kenyal (Ambasari & Anggiani, 2022). Mikroplastik jenis ini memiliki karakter berpori dan memiliki densitas yang tinggi. Sumber dari

mikroplastik foam ini berasal dari potongan atau serpihan sampah makro Styrofoam, kemasan makanan dan punting rokok.

5. Film

Film merupakan jenis mikroplastik yang memiliki bentuk seperti pecahan atau lembaran plastik,. Jenis ini banyak ditemukan di air dan sedimen karena adanya pengaruh dari kegiatan Masyarakat disekitar IPAL Komunal, salah satunya penggunaan kantong plastik (Ambasari & Anggiani, 2022). Selain itu, penggunaan kemasan produk berbahan plastik juga dapat menyebabkan terbentuknya mikroplastik jenis Film ini.

Kuantitas mikroplastik yang didapatkan ini karena kondisi bak inlet yang dipenuhi oleh sampah rumah tangga seperti, bungkus makanan, bungkus peralatan mandi dan juga sesuai dengan data yang didapatkan dalam wawancara dengan pengelola, pengguna IPAL lebih sering membuang berbagai sampah padat ke IPAL komunal seperti bekas botol minum, bungkus sampo saset. IPAL komunal ini juga jarang dilakukan pembersihan ataupun pengurasan pada tiap baknya, sehingga terdapat mikroplastik dikarenakan endapan yang sudah lama tertahan pada inlet.

4.2.3 Tingkat Penyisihan Mikroplastik pada IPAL Komunal

Kuantitas mikroplastik yang didapatkan ini karena kondisi bak inlet yang dipenuhi oleh sampah rumah tangga seperti, bungkus makanan, bungkus peralatan mandi dan juga sesuai dengan data yang didapatkan dalam wawancara dengan pengelola, pengguna IPAL lebih sering membuang berbagai sampah padat ke IPAL komunal seperti bekas botol minum, bungkus sampo saset. IPAL komunal ini juga jarang dilakukan pembersihan ataupun pengurasan pada tiap baknya, sehingga terdapat mikroplastik dikarenakan endapan yang sudah lama tertahan pada inlet.

Mikroplastik pada IPAL dapat muncul karena aktivitas domestik dari manusia, sedangkan IPAL komunal di Indonesia hanya fokus untuk mengolah air limbah menjadi layak buang ke lingkungan dan belum maksimal dalam melakukan penyisihan pada partikel mikroplastik, untuk itu dibawah ini merupakan tingkat penyisihan mikroplastik pada setiap IPAL Komunal.

Tabel 4.2 Efisiensi penyisihan Mikroplastik IPAL Komunal

Teknologi	Ipal Komunal	Inffluent	Effluent	% Penyisihan	Rata-rata	Skala Range
ABR	M1 (Ngaglik Sejahtera)	459	385	16,12	26,37	10 - 35
		590	374	36,61		
ABR	M2 (Tirta Bening)	490	460	6,12	25,27	
		619	344	44,43		
ABR	M4(Sedyo Mulyo)	811	432	46,73	34,69	
		424	328	22,64		
ABR	M5 (Sedyo Rukun)	796	687	13,69	18,32	
		706	544	22,95		
ABR	M6 (Sidodadi Rejo)	268	242	9,70	10,61	
		434	384	11,52		
ABR dan RBC	M3 (Bakti Warga)	865	598	30,87	39,95	40
		979	499	49,03		

Data di atas merupakan tingkat penyisihan partikel mikroplastik pada IPAL komunal di wilayah Kecamatan Mlati, pada data di atas diketahui bahwa tingkat penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal paling tinggi terdapat pada Ipal M3 dengan rata-rata penyisihan 39,95%, sedangkan tingkat penyisihan paling rendah terdapat pada Ipal M6 dengan rata-rata penyisihan 10,61%, hal itu karena teknologi yang digunakan masih belum efisien dalam melakukan penyisihan mikroplastik.

Teknologi pada IPAL komunal ini yaitu Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dan Rotating Biological Contactor (RBC). Anaerobic baffled Reactor merupakan pengolahan dengan jenis Suspended Growth dengan menggunakan sekat (Baffled) dalam pengadukan yang bertujuan untuk terjadinya kontak antara air limbah domestik dan mikroorganisme. Pengolahan ini adalah pengolahan yang relative murah dari aspek operasional, karena tidak memerlukan penggunaan energi listrik dan memiliki efisiensi yang baik dalam penyisihan beban organik yang cukup baik, namun teknologi ini memiliki tingkat penyisihan bakteri patogen dan nutrient yang rendah, sehingga effluennya masih membutuhkan pengolahan lanjutan (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018).

Rotating Biological Contactor merupakan proses bio-disc yang terdiri dari seri cakram plastik yang dipasang pada poros (shaft) yang berputar secara perlahan,

Sebagian cakram akan terendam didalam air. Cakram diberi jarak sehingga air limbah dan udara bisa masuk ke ruangnya. Pertumbuhan biologis berlangsung di atas cakram yang berkontak dengan air limbah domestik dan oksigen di udara secara bergantian sehingga dapat membentuk biofilm dengan ketebalan 1 sampai 3 mm. keunggulan dari sistem ini yaitu membutuhkan daya yang rendah dan mampu menerima beban organik tinggi (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018).

IPAL komunal pada penelitian ini menggunakan teknologi seperti yang disebutkan pada paragraf sebelumnya, yaitu Anaerobic baffled reactor (ABR) dan Rotating Biological Contactor (RBC). pada kondisi lapangan 5 IPAL komunal menggunakan teknologi ABR dan 1 IPAL menggunakan teknologi ABR dengan pengolahan tambahan 1 bak RBC.

- IPAL Komunal Ngaglik Sejahtera

Tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal Ngaglik Sejahtera sebesar 26,37%. Pengambilan sampel dilakukan selama 2 kali, kemudian untuk dapat mengetahui efisiensi penyisihannya dilakukan rata-rata dan ditemukan tingkat efisiensi seperti pada kalimat diawal. Tingkat penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal ini dapat menghilangkan partikel jenis fragmen dan fiber.

- IPAL Komunal Tirta bening

Tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal Tirta Bening sebesar 25,27%. Pengambilan sampel dilakukan selama 2 kali, kemudian untuk dapat mengetahui efisiensi penyisihannya dilakukan rata-rata dan ditemukan tingkat efisiensi seperti pada kalimat diawal. Tingkat penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal ini dapat menghilangkan partikel jenis fragmen dan fiber.

- IPAL Komunal bakti Warga

Tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal Bakti Warga sebesar 39,95%. Pengambilan sampel dilakukan selama 2 kali, kemudian untuk dapat mengetahui efisiensi penyisihannya dilakukan rata-rata dan ditemukan tingkat efisiensi seperti pada kalimat diawal. Tingkat penyisihan

mikroplastik pada IPAL komunal ini dapat menghilangkan partikel jenis fragmen dan fiber.

- IPAL Komunal Sedyo Mulyo

Tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal Sedyo Mulyo sebesar 34,69%. Pengambilan sampel dilakukan selama 2 kali, kemudian untuk dapat mengetahui efisiensi penyisihannya dilakukan rata-rata dan ditemukan tingkat efisiensi seperti pada kalimat diawal. Tingkat penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal ini dapat menghilangkan partikel jenis fragmen dan fiber.

- IPAL Komunal Sedyo Rukun

Tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal Sedyo Rukun sebesar 18,32%. Pengambilan sampel dilakukan selama 2 kali, kemudian untuk dapat mengetahui efisiensi penyisihannya dilakukan rata-rata dan ditemukan tingkat efisiensi seperti pada kalimat diawal. Tingkat penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal ini dapat menghilangkan partikel jenis fragmen dan fiber.

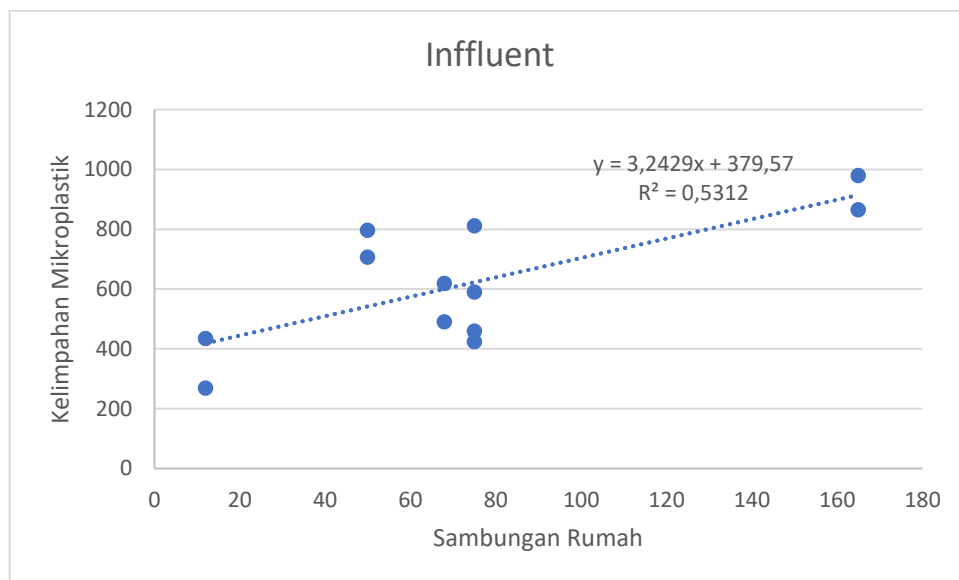
- IPAL Komunal Sidodadi Rejo

Tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal Sidodadi Rejo sebesar 10,61%. Pengambilan sampel dilakukan selama 2 kali, kemudian untuk dapat mengetahui efisiensi penyisihannya dilakukan rata-rata dan ditemukan tingkat efisiensi seperti pada kalimat diawal. Tingkat penyisihan mikroplastik pada IPAL komunal ini dapat menghilangkan partikel jenis fragmen dan fiber.

Berdasarkan penelitian Liu, dkk 2021. Teknologi pengolahan mikroplastik di Ipal tidak sepenuhnya dapat dihilangkan dari air limbah dengan teknologi pengolahan seperti pengolahan pendahuluan, pengolahan pertama, pengolahan sekunder dan pengolahan tersier, setelah pengolahan, mikroplastik yang dihilangkan akan dipindahkan kedalam fase lumpur. Kemudian pada penelitian setelahnya untuk proses pengolahan mikroplastik yang sama, efisiensi penyisihan mikroplastik berbeda-beda setiap IPAL, seperti pada teknologi ruang pasir aerasi,

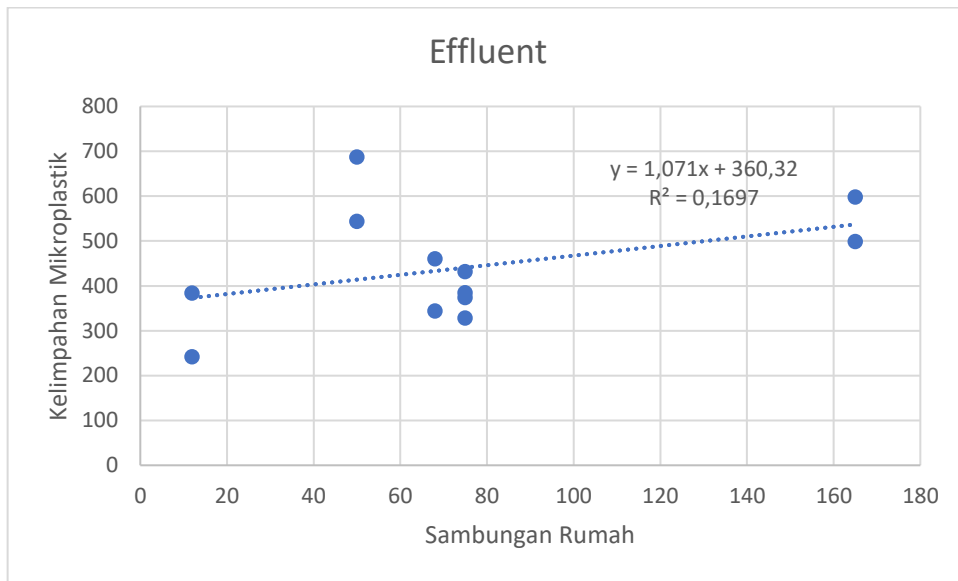
anaerobik – anoksik - oksik (A^2O) dan oksidasi lanjutan dengan sinar UV dan ozon (Liu et al., 2021).

Pada penelitian kooi, dkk 2019, diperoleh beberapa kombinasi sifat plastik, dalam penelitian kooi batas ukuran partikel (20-5000 mikron) dan bentuk terlihat. Rata-rata mikroplastik lingkungan memiliki densitas sebesar 1 gram/cm^3 . Efisiensi penyisihan mikroplastik penelitian ini terdapat pada tabel 4.2 diatas dan efisiensi pada penelitian ini masih sangat kecil, karena mikroplastik masih bisa melewati setiap tahapan dari Ipal Komunal yang disebabkan densitas dari mikroplastik sama dengan densitas dari air limbah itu sendiri (Kooi & Koelmans, 2019).



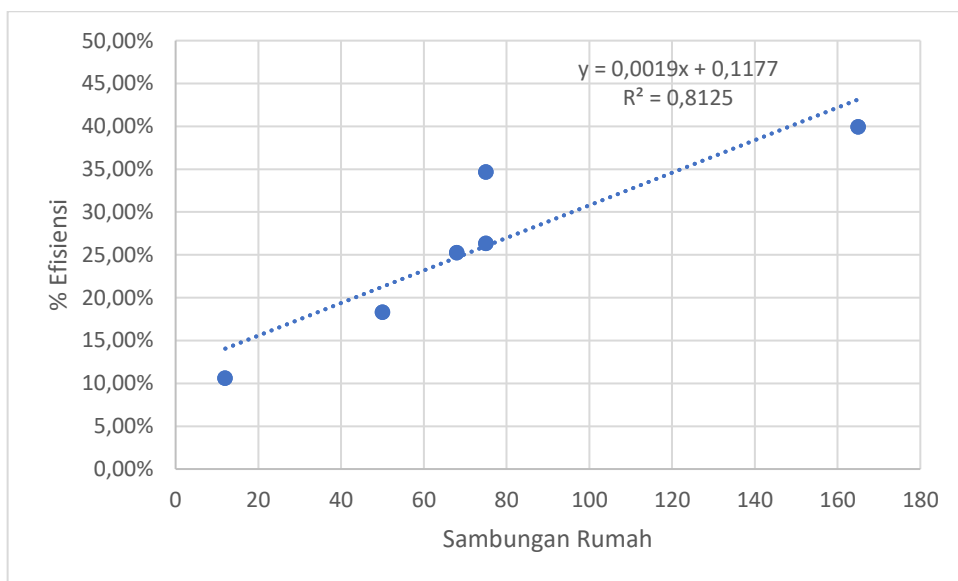
Gambar 4.8 Hubungan Jumlah SR dengan Kelimpahan Mikroplastik di Influent

Grafik diatas memiliki nilai regresi sebesar 0,53, artinya 53% data yang dapat dijelaskan dari persamaan tersebut, yang artinya semakin banyak SR semakin banyak juga mikroplastik yang dihasilkan.



Gambar 4.9 Hubungan Jumlah SR dengan Kelimpahan Mikroplastik di Effluent

Grafik diatas memiliki nilai regresi sebesar 0,17, artinya 17% data yang dapat dijelaskan dari persamaan tersebut, yang artinya semakin banyak SR semakin banyak juga mikroplastik yang dihasilkan dan dari grafik diatas didapatkan bahwa, pada effluent masih banyak terdapat mikroplastik, sehingga Ipal Komunal ini masih belum efektif untuk mengurangi polutan mikroplastik.



Gambar 4.10 Hubungan Jumlah SR dengan Efisiensi Penyisihan Mikroplastik

Grafik diatas memiliki nilai regresi sebesar 0,81, artinya 81% data yang dapat ditampilkan dari persamaan tersebut, yang artinya terdapat hubungan antara jumlah sambungan rumah dengan tingkat efisiensi removal dari Ipal Komunal tersebut.

4.3 Identifikasi Karakteristik Kimia Mikroplastik

Sebelum menganalisis setiap sampel yang mewakili setiap titik mikroplastik, dilakukan analisis pada kertas saring Microfiber (GF/B) Whatman, tujuan dari analisis ini yaitu untuk mengidentifikasi senyawa asli yang terkandung pada kertas saring Microfiber tersebut, agar dapat meminimalisir disorientasi pada analisis mikroplastik berdasarkan senyawa kimianya.

Setelah sampel mikroplastik selesai diidentifikasi morfologi nya dengan menggunakan mikroskop, Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi karakteristik kimianya dengan menggunakan FT-IR (Fourier Transform Infrared). Terdapat 4 sampel yang dianalisis menggunakan FT-IR Shimadzu, yang mana 4 sampel tersebut telah mewakili setiap pengambilan sampel tersebut. Berikut dibawah ini merupakan hasil dari identifikasi tersebut :

Tabel 4.3 Polimer Mikroplastik

Lokasi sampel	Nama senyawa	Skor kemiripan	Keterangan
M3 INLET 1	<i>D_Polyacrylamyde-1</i>	772	<i>Polyacrylamyde</i> merupakan polimer sintetis yang biasa digunakan pada pengolahan air minum ataupun air limbah yang berfungsi untuk menghilangkan padatan dan kotoran di dalam air.
	<i>D_Polyacrylamyde-2</i>	763	<i>Polyacrylamyde</i> merupakan polimer sintetis yang biasa digunakan pada pengolahan air minum ataupun air limbah yang berfungsi untuk menghilangkan padatan dan kotoran di dalam air.
	<i>T_Polyacrylamyde-1</i>	762	<i>Polyacrylamyde</i> merupakan polimer sintetis yang biasa digunakan pada pengolahan air minum ataupun air limbah yang berfungsi untuk menghilangkan padatan dan kotoran di dalam air.
M3 INLET 2	EVOH	768	EVOH (<i>Ethylenevinylalcohol</i>) memiliki sifat hambatan oksigen yang tinggi, polimer jenis ini biasanya digunakan untuk kemasan makanan yang menarik.
	<i>Polyacetylene</i>	753	<i>Polyacetylene</i> merupakan polimer aromatik yang dapat mengeluarkan

			styrene ke makanan. Polyacetylene biasanya untuk pembuatan pengemasan plastik untuk makanan
	T_Polyamide_Resin	748	<i>Polyamide</i> merupakan jenis polimer sintetis yang mengandung ikatan amida, polimer ini biasanya digunakan untuk pembuatan pengemasan plastik makanan
M3 OUTLET 1	<i>Soy Bean Powder</i>	746	<i>Soy Bean Powder</i> merupakan bio-polimer yang berasal dari bubuk kedelai atau dapat ditemukan pada sisa pembuatan minuman sari kedelai. Bahan-bahan ini memiliki potensi untuk mengurangi dampak lingkungan dari plastik sekali pakai dan produk berbasis minyak bumi lainnya.
	<i>D_Polyacrylamyde-2</i>	739	<i>Polyacrylamyde</i> merupakan polimer sintetis yang biasa digunakan pada pengolahan air minum

			ataupun air limbah yang berfungsi untuk menghilangkan padatan dan kotoran di dalam air
	<i>T_Polyacrylamyde-1</i>	738	<i>Polyacrylamyde</i> merupakan polimer sintesis yang biasa digunakan pada pengolahan air minum ataupun air limbah yang berfungsi untuk menghilangkan padatan dan kotoran di dalam air
M3 OUTLET 2	<i>D_Polyacrylamyde-1</i>	755	D_CaSo4 merupakan senyawa yang biasa ditemukan pada gypsum dan anhidrit. Gypsum (kalsium sulfat dihidrat) biasa digunakan dalam konstruksi untuk membuat plester, dinding kering. Gypsum juga dapat digunakan sebagai protein tanah dalam pertanian dan ditambahkan ke makanan sebagai agen pengeras atau sebagai sumber kalsium. Anhidrit (kalsium sulfat anhidrat) digunakan dalam aplikasi

			industri, seperti produksi semen dan sebagai agen pengering.
	<i>T_Carboxymethyl Cellulose calcium-4</i>	754	T_Carboxymethyl Cellulose calcium-4 merupakan jenis turunan selulosa yang umum digunakan sebagai pengentalan, penstabil dan pengemulsi dalam berbagai industri, seperti industri kosmetik, farmasi dan makanan.
	<i>T_Carboxymethyl Cellulose calcium-4</i>	753	T_Carboxymethyl Cellulose calcium-4 merupakan jenis turunan selulosa yang umum digunakan sebagai pengentalan, penstabil dan pengemulsi dalam berbagai industri, seperti industri kosmetik, farmasi dan makanan.

Ethylene-Vinil Alcohol Copolymer (EVOH) merupakan struktur kimia yang diperoleh dari hidrolisis ethylene vynil (EVA). Polyethylene (PE) merupakan polimer semi-kristal yang memiliki sifat hidrofobik, yang memiliki kerapatan yang baik terhadap air, tetapi sangat permeable terhadap oksigen dan karbondioksida, sedangkan Polyvynil alcohol (PVOH) merupakan polimer semi-kristalin hidrofilik, dengan permeabilitas rendah apabila dalam kondisi kering, tetapi polimer ini larut

dalam air dan sulit diproses. Kopolimer EVOH merupakan gabungan dari karakter hidrofobik etilena-polimer berbasis dan perilaku hidrofilik PVOH. Kehadiran gugus OH pada struktur rantai polimer, menggantikan jumlah atom hydrogen yang setara dalam rantai polietilen, hal ini memiliki efek luar biasa pada polimer jenis EVOH, karena EVOH biasa digunakan pada industri makanan untuk digunakan sebagai pembuatan kemasan makanan dikarenakan polimer jenis EVOH dapat menjadi pelindung terhadap paparan gas dari luar kemasan. (Gavara et al., 2016).

Polyacetylene merupakan sebuah polimer yang memiliki ikatan polimer aromatic yang dapat mengeluarkan styrene pada makanan. Polimer jenis ini biasanya digunakan untuk pembuatan pengemasan plastik untuk makanan (Rahman, 2022).

Polyamide merupakan nama kimia dari nilon yang mempunyai sifat dapat dibentuk menjadi serat, film dan plastik. Nilon mempunyai struktur yang terdiri dari gugus amida yang berkaitan dengan unit hidrokarbon ulangan yang memiliki Panjang berbeda-beda dalam suatu polimer. Polimer jenis polyamide ini pada industri tekstil digunakan untuk serat benang jahit, rekayasa plastik untuk suku cadang otomotif, juga biasa digunakan untuk pengemasan makanan dan minuman saset seperti bungkus kopi, dan lain-lain. (Iman Mujiarto *), 2005).

Pada tabel 4.3 diatas yang berisi daftar polimer pada sampel mikroplastik yang merupakan hasil dari pembacaan melalui mikroskop FT-IR, setiap polimer pasti mempunyai densitas atau mass jenis, untuk densitas setiap polimer terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.4 Jenis Polimer dan Densitasnya

Tipe Polimer	Densitas (gr/cm ³)	Sumber
<i>Polyacrylamyde</i>	0,75-0,95	(Roth & Co, 2022)
<i>Ethylenevinylalcohol</i>	1,15	https://kg-m3.com/material/evoh-ethylene-vinyl-alcohol
<i>Soy Bean Powder</i>	0,64	https://kg-m3.com/material/soya-flour
<i>Polyacrylamyde</i>	0,75-0,95	(Roth & Co, 2022)

Densitas polimer mikroplastik diatas sama dengan densitas air limbah yaitu sebesar 1 gr/cm³, sehingga mikroplastik akan mengambang dan mengalir mengikuti aliran air limbah di Ipal Komunal. Pada saat FT-IR sampel yang akan di FT-IR dipilih sampel dominan paling banyak pada kertas filter, untuk penelitian ini rata-rata sampel dominan adalah mikroplastik bentuk fragmen, sehingga untuk polimer yang terdapat pada tabel diatas terdapat pada mikroplastik jenis fragmen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis data yang di lakukan, didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Karakteristik fisik telah diidentifikasi menggunakan mikroskop telah ditemukan mikroplastik dengan morfologi Fragmen, Film, Fiber, Foam, Pellet. Bentuk mikroplastik yang paling dominan yaitu bentuk fragmen warna hitam dengan jumlah paling banyak yaitu pada inlet pengambilan kedua dengan jumlah 979 partikel. Untuk kelimpahan mikroplastik pada penelitian ini yang paling besar yaitu ditemukan pada IPAL Komunal Bakti Warga pada pengambilan kedua dengan jumlah 46,1 partikel/1 Liter air limbah.
2. Penyisihan mikroplastik terbesar terdapat pada IPAL Komunal Bakti Warga dengan tingkat penyisihan 39,95%. Karakteristik kimia yang teridentifikasi pada FT-IR yang paling dominan yaitu, EVOH, Polyacetylene dan T_Polyamide_Resin.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis data yang di lakukan, didapatkan beberapa saran antara lain:

1. Perlu adanya ketelitian dan pemahaman terkait mikroplastik berupa bentuk, warna dan ciri-ciri mikroplastik, agar hasil yang didapatkan dapat lebih maksimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya ditambah juga parameter makroplastik untuk mengetahui kelimpahannya, sehingga didapatkan perbandingan antara mikroplastik dengan makroplastiknya dan juga menambahkan kaitan antara penyisihan mikroplastik dengan teknologi yang digunakan pada IPAL Komunal yang diteliti.

3. Pada pengujian FT-IR, sampel yang akan diujikan perlu ditandai terlebih dahulu agar dapat FT-IR dapat membaca sampel sesuai dengan jenis mikroplastiknya, sehingga akan didapatkan jenis polimer yang sesuai juga.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambasari, D. A., & Anggiani, M. (2022). *KAJIAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DI WILAYAH PERAIRAN LAUT INDONESIA Diah Ayu Ambarsari I* dan Milani Anggiani 2*. 47, 20–28.
- Asih, P., & Levi, A. (2021). *Mikroplastik di Lingkungan dan Potensi Risikonya terhadap Kesehatan Manusia*. 13.
- Ben-David, E. A., Habibi, M., Haddad, E., Hasanin, M., Angel, D. L., Booth, A. M., & Sabbah, I. (2021). Microplastic distributions in a domestic wastewater treatment plant: Removal efficiency, seasonal variation and influence of sampling technique. *Science of the Total Environment*, 752, 141880. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141880>
- Conley, K., Clum, A., Deepe, J., Lane, H., & Beckingham, B. (2019). Wastewater treatment plants as a source of microplastics to an urban estuary : Removal efficiencies and loading per capita over one year. *Water Research X*, 3, 100030. <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2019.100030>
- Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR. (2018). Panduan Perencanaan Teknik Terinci - Sub Sistem Pengolahan Terpusat. *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Terpusat (SPALD-T)*, 53(9), 1689–1699.
- Gavara, R., Catalá, R., López Carballo, G., Cerisuelo, J. P., Dominguez, I., Muriel-Galet, V., & Hernandez-Muñoz, P. (2016). Use of EVOH for Food Packaging Applications. *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21125-6>
- Hidayaturrahman, H., & Lee, T. G. (2019). A study on characteristics of microplastic in wastewater of South Korea: Identification, quantification, and fate of microplastics during treatment process. *Marine Pollution Bulletin*, 146(May), 696–702. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.071>
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). *Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote , Provinsi Nusa Tenggara Timur Condition of microplastic garbage in sea surface water at around Kupang and Rote , East Nusa Tenggara Province*. 5, 165–171. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050204>
- Iman Mujiarto *). (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif. *Traksi*, 3(2), 65–74.

- Kang, P., Ji, B., Zhao, Y., & Wei, T. (2020). How can we trace microplastics in wastewater treatment plants: A review of the current knowledge on their analysis approaches. *Science of the Total Environment*, 745, 140943. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140943>
- Kooi, M., & Koelmans, A. A. (2019). *Simplifying Microplastic via Continuous Probability Distributions for Size, Shape, and Density*. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.9b00379>
- Le, T., Truong, T., & Nguyen, P. (2023). Environmental Technology & Innovation Evaluation of microplastic removal efficiency of wastewater-treatment plants in a developing country ., *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102994. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102994>
- Liu, W., Zhang, J., Liu, H., Guo, X., Zhang, X., Yao, X., Cao, Z., & Zhang, T. (2021). A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants: Characteristics and mechanisms. *Environment International*, 146, 106277. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106277>
- Magnusson, K., & Norén, F. (2014). Screening of microplastic particles in and downstream a wastewater treatment plant. *IVL Swedish Environmental Research Institute, C 55(C)*, 22.
- Marine Debris Program, N. (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*. July.
- Purwatinigrum, O. (2018). Description of Communal Domestic Wastewater Treatment Plant in Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 211. <https://doi.org/10.20473/jkl.v10i2.2018.211-219>
- Rahman, M. A. (2022). *Identifikasi Keberadaan Dan Bentuk Mikroplastik Pada Air Di Sungai Gajah Wong, D.I. Yogyakarta*.
- Reddy, A. S., & Nair, A. T. (2022). 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>
- Ren, P. J., Dou, M., Wang, C., Li, G. Q., & Jia, R. (2020). Abundance and removal characteristics of microplastics at a wastewater treatment plant in Zhengzhou. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(29), 36295–36305. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09611-5>
- Roth, C., & Co, G. (2022). *SECTION 1 : Identification of the substance / mixture and of*

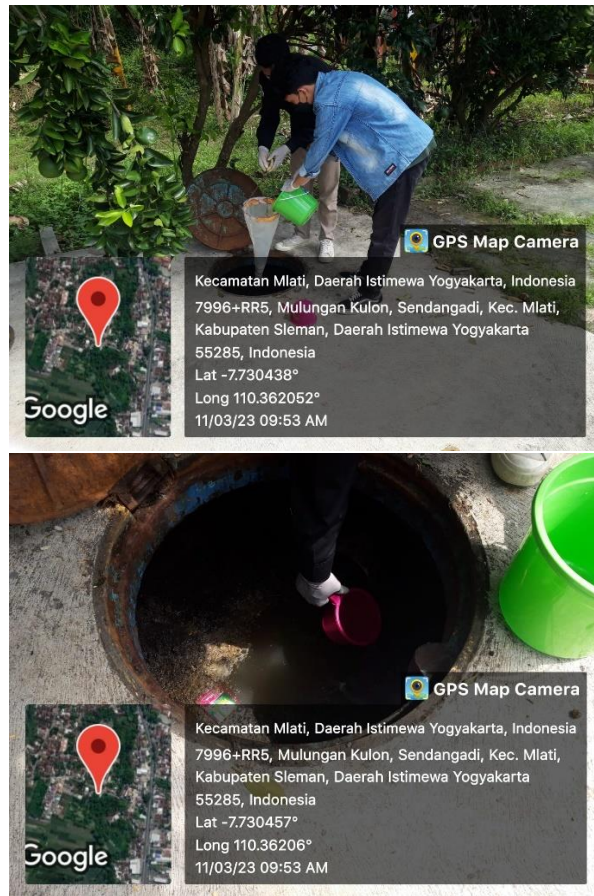
the company / SECTION 2 : Hazards identification SECTION 3 : Composition / information on ingredients SECTION 4 : First aid measures SECTION 5 : Firefighting measures. 2006(1907), 1–12.

- Ruan, Y., Zhang, K., Wu, C., Wu, R., & Lam, P. K. S. (2019). A preliminary screening of HBCD enantiomers transported by microplastics in wastewater treatment plants. *Science of the Total Environment*, *674*, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.007>
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, *185*, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.013>
- Sugandi, D., Agustawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., & Wahyuni, N. (2021). Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak. *Positron*, *11*(2), 112. <https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.49355>
- Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., & Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Research*, *123*, 401–407. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005>
- 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/10.1016/j.scitotenv.2020.141026>
- 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*(January), 102286. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102286>
- Wang, C., Zhao, J., & Xing, B. (2021). Environmental source, fate, and toxicity of microplastics. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 407). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124357>
- Xu, X., Jian, Y., Xue, Y., Hou, Q., & Wang, L. P. (2019). Microplastics in the wastewater treatment plants (WWTPs): Occurrence and removal. *Chemosphere*, *235*, 1089–1096. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.197>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan sampel

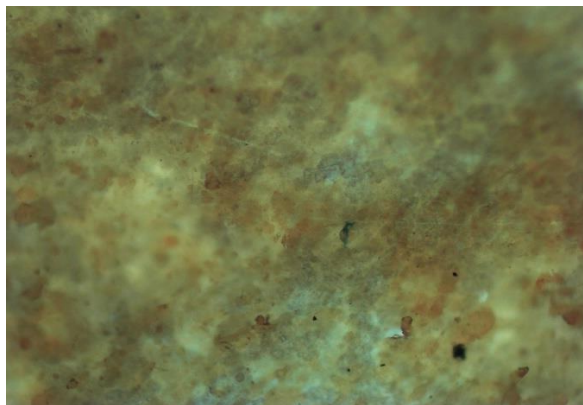
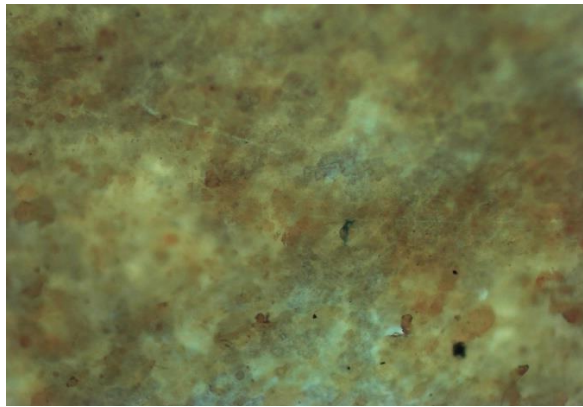


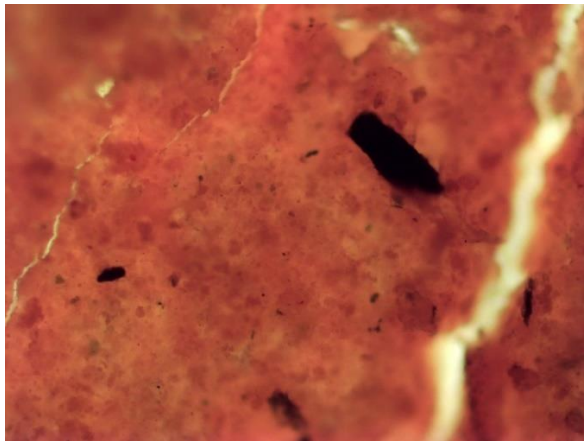
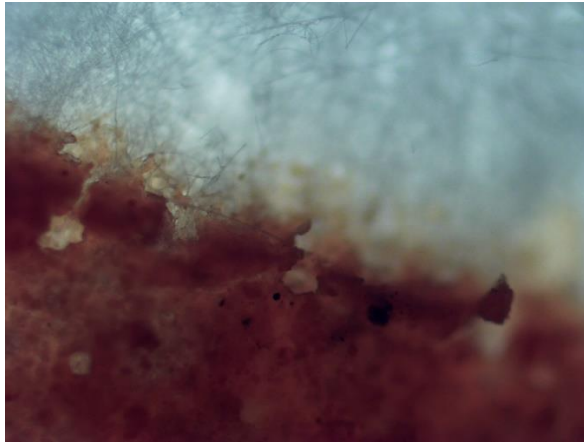
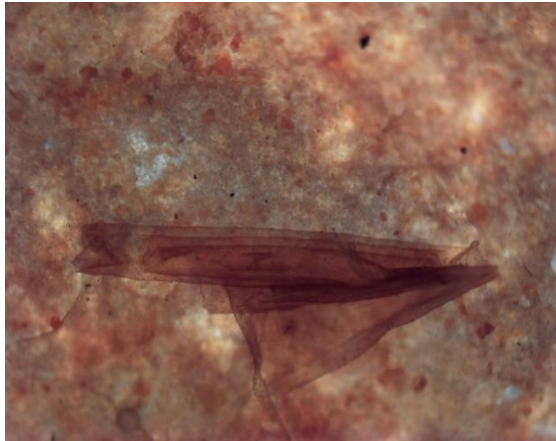


Lampiran 2 Dokumentasi Pelaksanaan Laboratorium

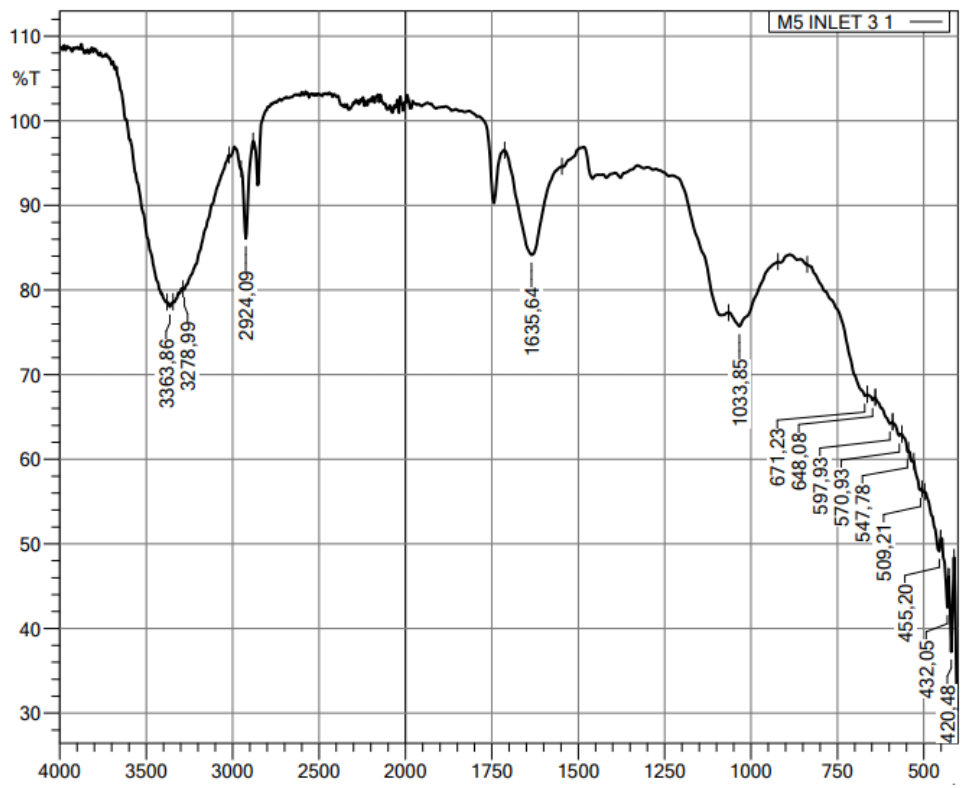
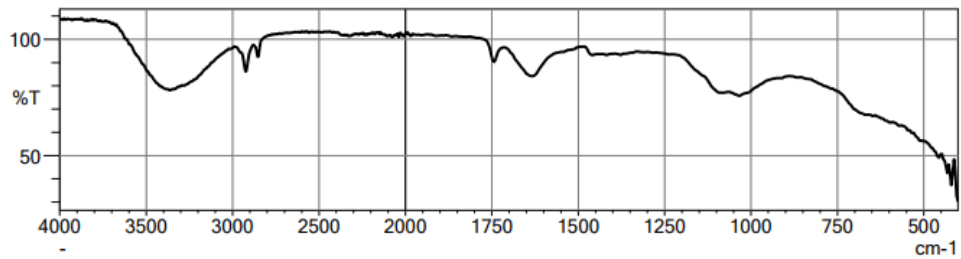


Lampiran 3 Bentuk dan Warna Mikroplastik pada Air Limbah

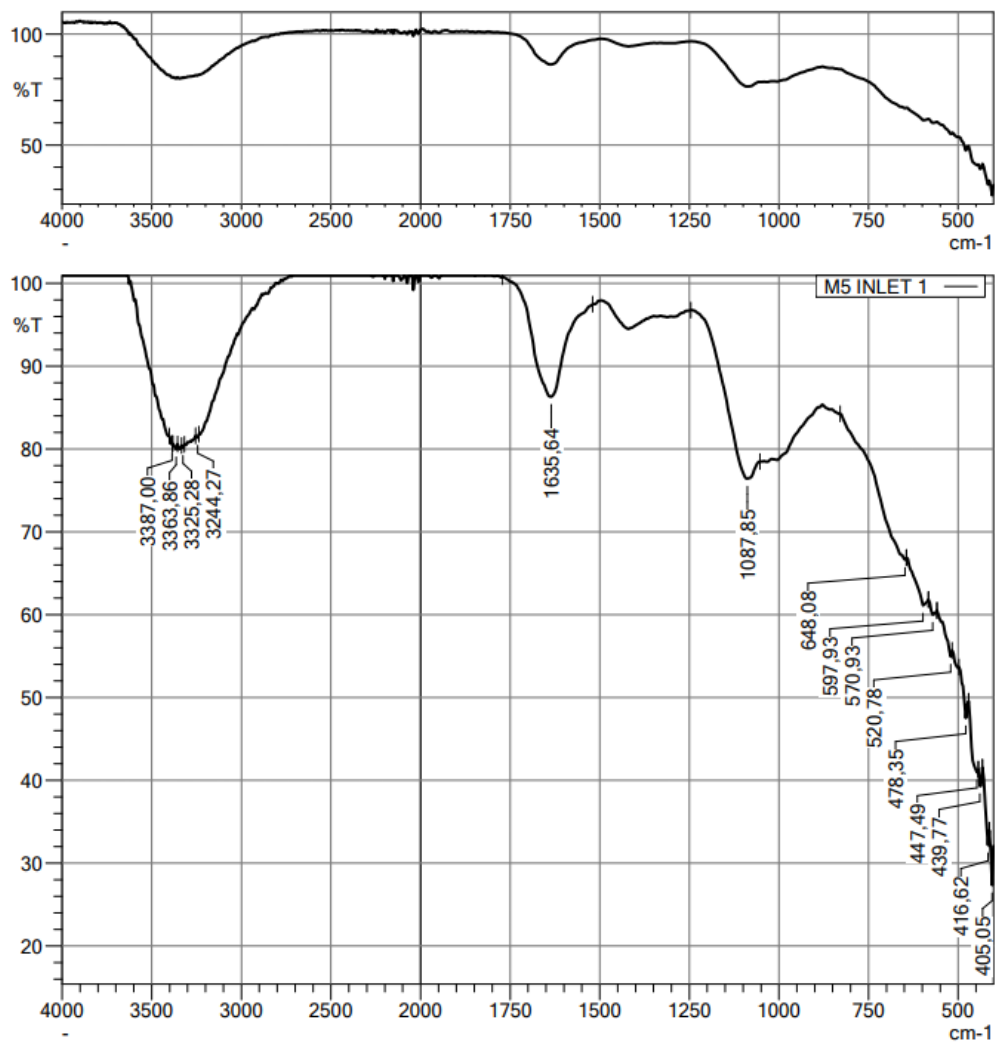




Lampiran 4 Grafik FT-IR



M3 INLET Pengambilan Kedua



M3 INLET Pengambilan Pertama