

TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI KANDUNGAN MIKROPLASTIK
PADA BADAN AIR SUNGAI OPAK DI SEKITAR TPA
PIYUNGAN, BANTUL**

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



**AMALIA HARDIYANTI PUTRI
20513094**

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

2024

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KANDUNGAN MIKROPLASTIK PADA BADAN AIR SUNGAI OPAK DI SEKITAR TPA PIYUNGAN, BANTUL

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



AMALIA HARDIYANTI PUTRI
20513094

Disetujui,

Pembimbing 1:

Fajri Mulva Iresha, S.T., M.T.,
Ph.D.
NIK. 155130507
Tanggal:

Pembimbing 2:

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T
NIK. 155131313
Tanggal: 23/10/24

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI KANDUNGAN MIKROPLASTIK PADA BADAN AIR SUNGAI OPAK DI SEKITAR TPA PIYUNGAN, BANTUL

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat

Tanggal : 11 Oktober 2024

Disusun Oleh:

AMALIA HARDIYANTI PUTRI
20513094

Tim Penguji:

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

() 21/10/24

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

() 21/10/24

Noviani Ima Wantonoputri, S.T., M.T

() 21/10/2024

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 dan masukan dari Dosen Pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali yang tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis serta dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian 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, 23 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Amalia Hardiyanti Putri

20513094

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Identifikasi Kandungan Mikroplastik pada Badan Air Sungai Opak di Sekitar TPA Piyungan, Bantul”**. Penyusunan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan jenjang Strata Satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak melewati rintangan dan hambatan. Namun rintangan dan hambatan tersebut dapat dilalui oleh penulis berkat adanya rahmat Allah SWT, beserta dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak dalam bentuk moral maupun spiritual. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kelancaran dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis terutama Bapak Ragil Saliman dan Ibu Rahayu yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan turut memberikan bimbingan, bantuan, dukungan serta saran kepada penulis selama masa pengerjaan Tugas Akhir.
4. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan turut memberikan bimbingan, bantuan, dukungan serta saran kepada penulis selama masa pengerjaan Tugas Akhir.
5. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir

6. Seluruh tenaga pengajar, staff dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan sehingga penulis dapat menyusun laporan tugas akhir ini.
7. Andi Tegar Virgie Sinensis yang telah membantu dalam proses pengambilan sampel serta memberikan dukungan penuh dan semangat terhadap penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini selesai.
8. Teman-teman “ytta” (Annisa Yumna Azzahro dan Nur Shadrina Ghasani) yang telah mendukung, memberikan saran bahkan menemani penulis dari awal perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini selesai.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak hal-hal detail yang perlu dituliskan dalam Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang dapat membangun kemajuan penulis untuk melengkapi laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir dapat memberikan bermanfaat bagi penulis serta pembacanya.

Billahi Taufiq wak hidayah

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Yogyakarta, 23 Oktober 2024

Penulis,



Amalia Hardiyanti Putri

ABSTRAK

AMALIA HARDIYANTI PUTRI. Identifikasi Kandungan Mikroplastik pada Badan Air Sungai Opak di Sekitar TPA Piyungan, Bantul. Dibimbing oleh Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. dan Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

Mikroplastik dapat terdegradasi karena adanya paparan radiasi matahari dalam jangka waktu yang lama dan akan memecah menjadi partikel berukuran kecil <5 mm. Dengan ukuran mikroplastik yang sangat kecil dapat membahayakan biota air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah, kelimpahan, bentuk dan warna mikroplastik pada badan air Sungai Opak di sekitar TPA Piyungan serta menganalisis kandungan polimer yang terbaca pada alat Spektrofotometri FTIR. Penelitian ini mengacu pada metode NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) dengan sedikit modifikasi, meliputi *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) dan *Density Separation*. Titik pengambilan lokasi terdapat 6 titik. Hasil analisis mikroplastik pada sampel air dan telah dilakukan pengamatan mikroskop dapat dikelompokkan berdasarkan jenis dan warna. Hasil identifikasi ditemukan 5 jenis mikroplastik pada sampel air yaitu, *fragment*, *fiber*, *film*, *pellet* dan *foam* dengan jenis yang paling dominan merupakan jenis *film* sebesar 3831 partikel. Selain itu, terdapat 6 warna yang ditemukan yakni transparan, hijau, biru, coklat, merah dan hitam dengan warna yang paling banyak pada warna hitam sebesar 3436 partikel. Setelah menghitung jumlah partikel mikroplastik selanjutnya menghitung kelimpahan, didapatkan hasil kelimpahan pada titik 6 yang ditemukan paling banyak dengan jumlah sebesar 7,62 partikel/mL. Senyawa polimer yang ditemukan meliputi *Polycarbonate* (PC), *Polystyrene* (PS), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *Polytetrafluorethylene* (PTFE) dan *Polypropylene* (PP).

Kata Kunci: Air, Mikroplastik, Senyawa Polimer, Spektrofotometri FTIR, Sungai Opak

ABSTRACT

AMALIA HARDIYANTI PUTRI. The Identification of Microplastic Content in the Water Stream Body Around the Piyungan Landfill, Bantul. Supervised by Fajri Mulra Iresha, S.T., M.T., Ph.D and Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

Microplastics can degrade due to exposure to solar radiation over a long period of time and will break down into particles as small as <5 mm. With a very small microplastic size, it can endanger aquatic biota. This study aims to determine the number, abundance, shape and color of microplastics in the Opak River water body around the Piyungan Landfill and analyze the polymer content read on the FTIR Spectrophotometry tool. This research refers to the NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) method with minor modifications, including wet peroxide oxidation (WPO) and density separation. The results of microplastic analysis on water samples and microscope observations can be grouped by type and color. The identification results found 5 types of microplastics in water samples, namely, fragments, fibers, films, pellets and foam with the most dominant type being the film type of 3831 particles. In addition, there are 6 colors found, namely transparent, green, blue, brown, red and black with the most color in black at 3436 particles. After calculating the number of microplastic particles, then calculating the abundance, the abundance results at point 6 were found to be the most with a total of 7.62 particles /mL. The polymer compounds found include Polycarbonate (PC), Polystyrene (PS), Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), Polytetrafluorethylene (PTFE) and Polypropylene (PP). The polymer compounds found include Polycarbonate (PC), Polystyrene (PS), Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), Polytetrafluorethylene (PTFE) and Polypropylene (PP).

Keywords: Water, Microplastics, Polymer Compound, FTIR Spectrophotometry, Opak River

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	4
PRAKATA.....	5
ABSTRAK.....	7
<i>ABSTRACT</i>	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR TABEL.....	11
DAFTAR GAMBAR.....	12
DAFTAR LAMPIRAN.....	1
BAB I PENDAHULUAN.....	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Mikroplastik.....	6
2.2 Dampak Mikroplastik.....	9
2.3 Mekanisme Mikroplastik pada Air Sungai.....	10
2.4 Sungai Opak.....	11
2.5 Penelitian Terdahulu.....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Lokasi.....	17
3.2 Tahapan Penelitian.....	18

3.3	Pengumpulan Data	20
3.3.1	Data Sekunder	20
3.3.2	Data Primer	20
3.4	Alat dan Bahan	20
3.4.1	Alat	20
3.4.2	Bahan	22
3.5	Metode Pengambilan Sampel	22
3.6	Metode Preparasi Sampel	23
3.7	Analisis Sampel	25
3.8	Prosedur Analisis Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Deskripsi Lokasi Penelitian	29
4.2	Identifikasi Karakteristik Mikroplastik	31
4.2.1	Identifikasi kelimpahan Mikroplastik	32
4.2.2	Identifikasi Berdasarkan Jenis Mikroplastik	36
4.2.3	Identifikasi Berdasarkan Warna Mikroplastik	42
4.2.4	Identifikasi Penggabungan Mikroplastik Jenis dan Warna	48
4.2.5	Identifikasi Senyawa Polimer	
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	7
Tabel 2. 2 Densitas Polimer Plastik.....	8
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu.....	12
Tabel 3. 1 Alat Pengujian	20
Tabel 3. 2 Bahan Penelitian.....	22
Tabel 4. 1 Lokasi Pengambilan Titik Sampling	29
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengamatan Mikroplastik Berdasarkan Jumlah.....	32
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik.....	34
Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Mikroplastik Berdasarkan Warna.....	44
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Spektrofotometri FTIR pada Sampel Air.....	50
Tabel 4. 6 Penggunaan Polimer.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Mikroplastik.....	8
Gambar 2. 2 Mekanisme Mikroplastik ke Perairan.....	11
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Titik Sampling	17
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	18
Gambar 3. 3 Diagram Alir Preparasi Sampel	19
Gambar 3. 4 Alur Pengambilan Sampel Air.....	20
Gambar 3. 5 Proses Pengambilan Sampel Air.....	23
Gambar 3. 6 Proses WPO: (a) Proses Pengadukan dan (b) Setelah Centrifuge ..	24
Gambar 3. 7 <i>Density Separation</i> : (a) Proses Penyaringan dan (b) Hasil Penyaringan.....	25
Gambar 3. 8 Pengamatan menggunakan Mikroskop.....	26
Gambar 3. 9 Pengujian Menggunakan FTIR IRTracer-100	27
Gambar 4. 1 Mikroplastik pada Air Sungai Berdasarkan Jumlah	33
Gambar 4. 2 Kelimpahan Mikroplastik pada Air di Setiap Titik Sampel	35
Gambar 4. 3 Mikroplastik Jenis <i>Fragment</i>	36
Gambar 4. 4 Mikroplastik Jenis <i>Fiber</i>	37
Gambar 4. 5 Mikroplastik Jenis <i>Film</i>	38
Gambar 4. 6 Mikroplastik Jenis <i>Pellet</i>	39
Gambar 4. 7 Mikroplastik Jenis <i>Foam</i>	39
Gambar 4. 8 Jumlah Mikroplastik pada Setiap Titik Sampel.....	40
Gambar 4. 9 Peta Distribusi Mikroplastik Berdasarkan Jenis	42
Gambar 4. 10 Mikroplastik Berdasarkan Warna	43
Gambar 4. 11 Peta Distribusi Mikroplastik Berdasarkan Warna	44
Gambar 4. 12 Mikroplastik pada Sampel Air Berdasarkan Jenis dan Warna	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Pengambilan Sampel	61
Lampiran 1. 2 Pengecekan Suhu dan pH	62
Lampiran 1. 3 Hitlist Sampel 1.1	63
Lampiran 1. 4 Graph Sampel 1.1	63
Lampiran 1. 5 Hitlist Sampel 1.2	64
Lampiran 1. 6 Graph Sampel 1.2	64
Lampiran 1. 7 Hitlist Sampel 2.1	65
Lampiran 1. 8 Graph Sampel 2.1	65
Lampiran 1. 9 Hitlist Sampel 2.2	66
Lampiran 1. 10 Graph Sampel 2.2	66
Lampiran 1. 11 Hitlist Sampel 3.1	67
Lampiran 1. 12 Graph Sampel 3.1	67
Lampiran 1. 13 Hitlist Sampel 3.2	68
Lampiran 1. 14 Graph Sampel 3.2	68
Lampiran 1. 15 Hitlist Sampel 4.1	69
Lampiran 1. 16 Graph Sampel 4.1	69
Lampiran 1. 17 Hitlist Sampel 4.2	70
Lampiran 1. 18 Graph Sampel 4.2	70
Lampiran 1. 19 Hitlist Sampel 5.1	71
Lampiran 1. 20 Graph Sampel 5.1	71
Lampiran 1. 21 Hitlist Sampel 5.2	72
Lampiran 1. 22 Graph Sampel 5.2	72
Lampiran 1. 23 Hitlist Sampel 6.1	73
Lampiran 1. 24 Graph Sampel 6.1	73
Lampiran 1. 25 Hitlist Sampel 6.2	74
Lampiran 1. 26 Graph Sampel 6.2	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroplastik merupakan jenis partikel plastik yang berukuran kecil, yaitu sekitar < 5 mm. Mikroplastik dapat terdegradasi karena adanya paparan radiasi sinar matahari dengan jangka waktu yang lama dan mampu memecah menjadi kepingan dengan ukuran yang lebih kecil dan tidak kasat mata (Yudhantari *et al.*, 2019). Keberadaan mikroplastik tidak hanya ada di air, tetapi ada pada biota air, sedimen dan udara. Dengan ukuran mikroplastik yang sangat kecil dapat membahayakan biota air, lingkungan bahkan manusia. Dampak yang ditimbulkan bagi biota dan manusia dapat berpotensi merusak fungsi organ pencernaan, mengurangi tingkat pertumbuhan, dan dampak lainnya (Ismi *et al.*, 2019). Selain itu, mikroplastik tidak dapat terdegradasi dengan sendirinya, melainkan mikroplastik akan terakumulasi pada air laut maupun bagian dalam tubuh (Pan *et al.*, 2023).

Pembentukan mikroplastik berdasarkan sumbernya dapat disebabkan oleh dua proses yaitu primer dan sekunder. Pada proses primer, plastik memang sudah memiliki bentuk dan ukuran mikro sehingga apabila plastik ini terbuang ke lingkungan maka mikroplastik akan terbentuk dan terdistribusi secara langsung. Biasanya primer dapat dihasilkan dari kegiatan industri maupun limbah domestik. Proses sekunder memiliki tahap dalam pemecahan plastik dengan ukuran besar menjadi plastik yang berukuran kecil pada lingkungan (Ramadan & Sembiring, 2020).

Mikroplastik yang berada pada permukaan air dapat melalui beberapa cara, salah satunya melalui air lindi. Air lindi berpotensi meningkatkan pencemaran air tanah. Hal ini menyebabkan, air lindi yang mengandung mikroplastik dan tidak dikelola dengan baik akan merembes ke dalam tanah dan dapat masuk ke dalam rantai makanan jika tertelan oleh makhluk hidup (Sari, 2017). Pencemaran mikroplastik dapat dijumpai di lingkungan di sekitar TPA karena, banyaknya sampah plastik yang menumpuk.

Salah satu TPA yang menggunakan metode *Sanitary landfill* untuk pengelolaan sampah adalah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan yang terletak di Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Metode *Sanitary landfill* dilakukan dengan memadatkan sampah pada tempat yang cekung dan meratakannya kembali dengan tanah. Sampah yang berada pada TPA akan terdegradasi dan menghasilkan air lindi. Lindi dapat bercampur dengan cepat terutama pada musim hujan, hal ini dapat mempermudah air lindi untuk mencemari saluran air, salah satunya badan air Sungai Opak.

Jalur utama dari daratan ke lautan akan melalui aliran sungai yang memungkinkan mikroplastik masuk ke lingkungan perairan dan akan berakhir mengendap pada sedimen. Salah satu jalur air di D.I Yogyakarta adalah Sungai Opak. Bagian hulu Sungai Opak mengalir ke arah selatan dari lereng Gunung Merapi sebelum bermuara di Samudera Hindia. Sungai Opak memiliki beberapa anak sungai, antara lain Sungai Code, Sungai Gajahwong, Sungai Tambakbayan, Sungai Tepus, Sungai Oyo, Sungai Winongo, Sungai Gendol, Sungai Kuning, Sungai Nongko, dan Sungai Gendol. Sungai Opak memiliki aliran sungai dengan total ± 65 km dan daerah aliran seluas $\pm 1398,18 \text{ km}^2$. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi kadar kelimpahan, bentuk, warna dan jumlah mikroplastik pada badan air di sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan, terutama pada aliran Sungai Opak. Selain itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan pembelajaran untuk mengurangi dampak serta persebaran mikroplastik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah didapatkan terkait dengan plastik dan mikroplastik, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Apakah aktivitas di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan memiliki pengaruh terhadap keberadaan mikroplastik pada aliran Sungai Opak?
- 2) Bagaimana kelimpahan mikroplastik yang terkandung dalam aliran Sungai Opak pada aktivitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan?

- 3) Bagaimana karakteristik fisik (keberadaan, jenis, warna dan jumlah) mikroplastik di perairan Sungai Opak?

1.3 Tujuan Penelitian

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

- 1) Mengetahui keberadaan mikroplastik pada aktivitas TPA Piyungan di aliran Sungai Opak
- 2) Mengidentifikasi kadar kelimpahan mikroplastik pada aliran Sungai Opak dari aktivitas TPA
- 3) Karakterisasi berdasarkan jenis, warna dan jumlah mikroplastik yang berada pada aliran Sungai Opak

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Mengetahui sumber mikroplastik pada aliran Sungai Opak di sekitar TPA piyungan.
- 2) Memberikan informasi terkait keberadaan mikroplastik, karena dampak pencemaran mikroplastik sangat merugikan baik bagi manusia maupun biota air, penting bagi masyarakat untuk turut andil dalam menjaga kebersihan lingkungan dan tidak membuang sampah sembarangan di sungai.
- 3) Sebagai referensi penelitian selanjutnya. Serta dapat menjadi evaluasi di pembelajaran di masa mendatang sehingga mahasiswa dapat mendapatkan hasil terbaik.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

a. Ruang Lingkup Metode

Penelitian ini mencakup jenis, jumlah dan warna pada mikroplastik.

Metode yang digunakan mengacu pada metode NOAA (*National Oceanic*

and Atmospheric Administration) dengan sedikit modifikasi, meliputi tahapan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) dan *Density Separation*.

b. Ruang Lingkup Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Badan Air Sungai Opak D.I Yogyakarta. Penelitian dilakukan selama 6 bulan terhitung dari bulan Maret - September 2024 dengan pengambilan beberapa titik sampel.

c. Ruang Lingkup Pengambilan titik Sampel

Pengambilan sampel air pada aliran Sungai Opak di sekitar aktivitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan serta terdapat 6 (enam) titik. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggabungkan 2 L air sungai yang dicampur pada ember aluminium, setelah itu sampel air akan diambil sebanyak 1 L.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Mikroplastik adalah salah satu partikel plastik yang memiliki ukuran partikel < 5 mm dan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis mikroplastik, jenis primer dan sekunder. Menurut Alam *et al.*, (2019), mikroplastik primer adalah plastik berukuran mikro yang biasanya ditemukan dalam produk pembersih dan kosmetik sedangkan, mikroplastik sekunder adalah plastik yang sudah terfragmentasi dari lingkungan dan dibuat menjadi plastik yang lebih kecil dengan ukuran mikro atau kecil dengan diameter <5 mm dan mikroplastik ini mengandung *microbeads*. Setelah dicampur dengan bahan kosmetik lainnya, *microbeads* akan berubah menjadi butiran scrub, yang dapat dijumpai pada pasta gigi, skincare dan produk kosmetik lainnya. Mikroplastik dapat terdegradasi melalui proses kimia, fisik serta biologis, dimana partikel dapat terdegradasi kembali menjadi ukuran yang lebih kecil yang biasanya dapat disebut nanoplastik dengan ukuran partikel <100 nm.

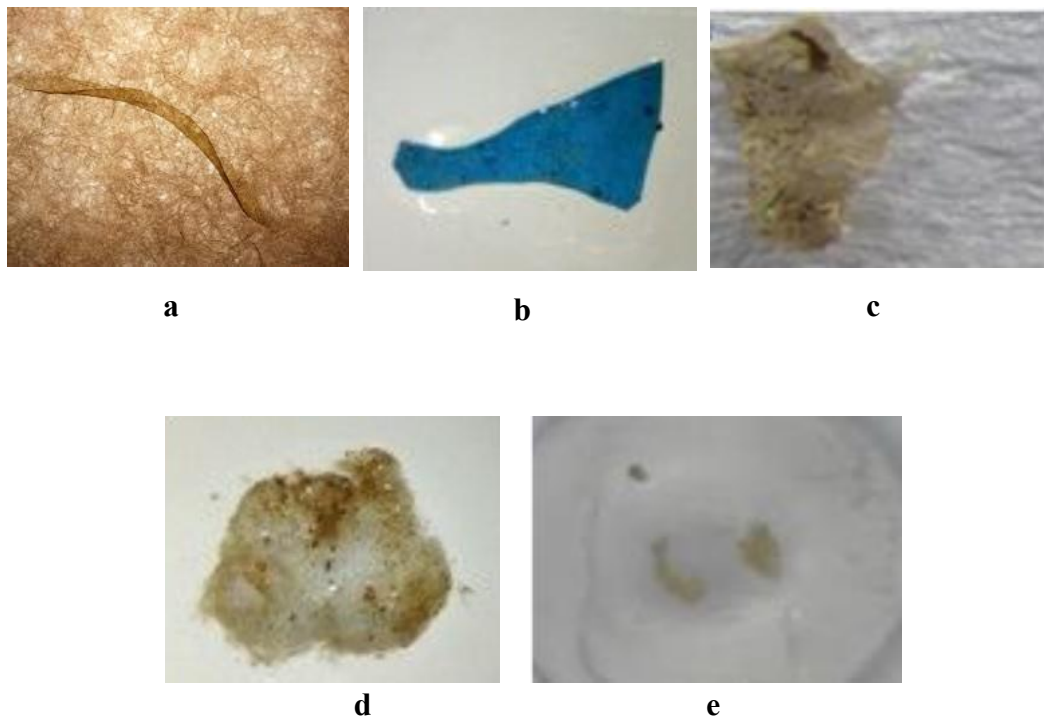
Secara umum, mikroplastik memiliki berbagai bentuk dan jenis serta variasi dalam berbagai aspek, seperti warna, ukuran, massa jenis, bentuk serta komposisi (Bergmann *et al.*, 2015). Ukuran menjadi salah satu faktor penting karena berkaitan dengan luasnya pengaruh yang dipengaruhi oleh organisme. Dengan terdistribusinya mikroplastik di perairan dapat menyebabkan mikroplastik akan bertahan lama dan dapat menyebabkan kerusakan ekologi dan biologis. Hal ini dapat berpotensi buruk bagi ekosistem dan akan berdampak negatif bagi biota dan konsumen. Organisme akuatik dapat dengan mudah menelan mikroplastik dengan ukuran yang kecil dan mirip dengan larva (Besseling *et al.*, 2017)

Mikroplastik dapat digolongkan berdasarkan karakteristik morfologi yaitu melalui ukuran, warna dan bentuk. Secara umum, klasifikasi dapat dibagi berdasarkan bentuk yaitu *fiber*, *fragment*, *film*, *foam* dan *pellet*. Dengan teridentifikasinya jenis mikroplastik dapat mempermudah untuk mengetahui sumber pencemarnya berasal dari mana. Klasifikasi mikroplastik berdasarkan bentuk ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. 1 Klasifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Klasifikasi Bentuk	Deskripsi	Sumber Literatur
<i>Fiber</i>	Berasal dari alat pemancing dan tali perahu yang berada di daerah pasang surut dan mengalami gesekan yang dapat terurai menjadi partikel plastik dengan ukuran yang sangat kecil serta <i>fiber</i> dapat berasal dari pencucian pakaian.	Browne <i>et al.</i> , (2011);Sari Dewi <i>et al.</i> , (2015);Mohamed Nor & Obbard, (2014)
<i>Fragment</i>	Berbentuk partikel tidak beraturan, kristal, bulu, serpihan dan memiliki tepi yang tajam	Ebere <i>et al.</i> , (2019)
<i>Film</i>	Berasal dari potongan plastik yang sudah terdegradasi dan memiliki klasifikasi fisik fleksibel dan tipis	Ebere <i>et al.</i> , (2019)
<i>Foam</i>	Berasal dari kemasan polysrtyrene dan terdegradasi dari <i>foam</i> atau <i>fragment</i> .	GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, (2015)
<i>Pellet</i>	Berasal dari sisa bahan baku dari hasil kegiatan industri dan jenis ini lebih banyak ditemukan di air sungai	Eko Irianto & Giyatmi, (2021)

Adapun lima jenis mikroplastik sebagaimana yang telah disebutkan pada tabel diatas dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 1 Jenis Mikroplastik

a (*fiber*), b (*fragment*), c (*film*), d (*foam*), e (*pellet*)

Polyethylene (PE), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyethylene terephthalate* (PET) dan lainnya merupakan beberapa jenis polimer mikroplastik yang paling umum. Polimer yang membentuk mikroplastik biasanya bervariasi dalam jenis serta densitas. Polimer dengan densitas yang tinggi akan lebih mudah terakumulasi dan tenggelam di dalam sedimen, sedangkan polimer dengan densitas yang lebih rendah akan lebih mudah mengapung di permukaan air. Berikut merupakan penjelasan dari densitas jenis polimer berbentuk plastik.

Tabel 2. 2 Densitas Polimer Plastik

Jenis Polimer	Densitas (g/cm^3)
Polyethylene	0,917 – 0,965
Polypropylene	0,9 – 0,91
Polystyrene	1,04 – 1,1
Polyamide (nylon)	1,02 – 1,05
<i>Polyester</i>	1,24 – 2,3

Arcylic	1,09 – 1,2
Polyoxymethylene	1,41 – 11,61
Polyvinyl alcohol	1,19 – 1,31
Polyvinyl chloride	1,16 – 1,58
Poly methacrylate	1,17 – 1,2
Polyethene terephalate	1,37 – 1,45
Polyethylene terephthalate	1,37 – 1,45
Alkyd	1,24 – 2,1
Polyurethane	1,2

Sumber : (Syakti *et al.*, 2019)

Menurut Andrady (2011), dengan kemampuan mikroplastik untuk menyerap bahan kimia di permukaan dapat menyebabkan bahaya bagi lingkungan. mikroplastik telah meningkat dalam jumlah yang cukup dan telah masuk ke dalam rantai makanan. Mikroplastik dianggap sebagai makanan bagi biota laut karena dapat mengapung di permukaan air, sehingga menyebabkan biota laut memakan dan menyebabkan bioakumulasi. Partikel yang terakumulasi dalam tubuh biota laut akan menghambat saluran pencernaan, mengganggu proses penyerapan serta bahan kimia akan terserap oleh organisme (Wright *et al.*, 2013).

2.2 Dampak Mikroplastik

Keberadaan mikroplastik di lingkungan memberikan dampak negatif terhadap manusia, biota air, dan lingkungan. Plastik dibuat dengan menggunakan bahan kimia yang sangat berbahaya. Proses pembuatan plastik membuat ikatan kimia sederhana menjadi lebih kompleks, yang menyebabkan plastik memiliki kerapatan massa molekul yang tinggi dan tetap di lingkungan dalam jangka waktu yang lama tanpa hancur. Menurut Vandermeersch *et al.*, (2015), Partikel mikroplastik biasanya dianggap sebagai makanan oleh biota air, karena bobotnya yang ringan dan kemampuannya untuk mengapung di permukaan air. Hal ini dapat mengakibatkan biota air akan mati karena mikroplastik masuk ke organ pencernaannya (Ari Wijaya & Trihadiningrum, 2020).

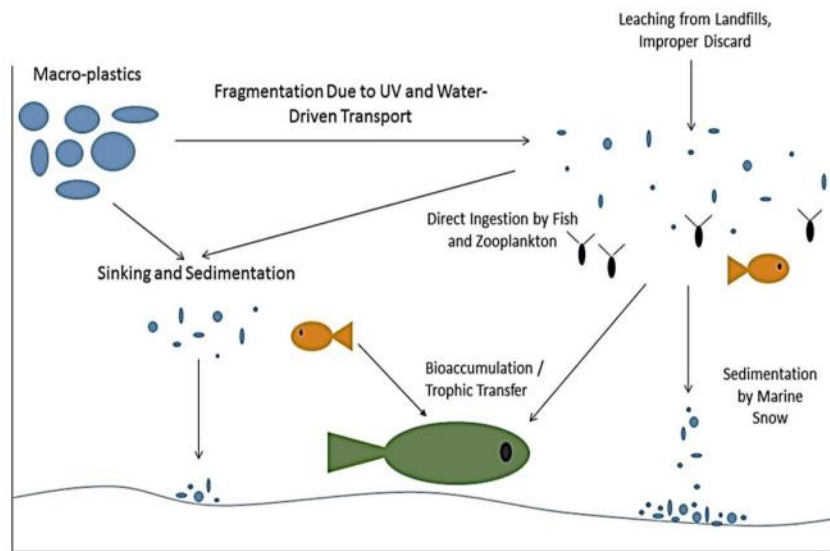
Selain berbahaya bagi biota air, mikroplastik yang dicerna oleh hewan juga dapat berdampak pada manusia ketika manusia memakan biota yang telah terpapar mikroplastik. Hal ini mengakibatkan, akumulasi mikroplastik dapat merusak kehidupan biota di air dan manusia (Wibowo *et al.*, 2021)

2.3 Mekanisme Mikroplastik pada Air Sungai

Sebagian besar mikroplastik tersebar di air dan sedimen, selain itu keberadaan mikroplastik terdapat di biota air, sedimen dan udara. Dengan adanya aktivitas manusia yang terus-menerus di badan air, sungai menjadi salah satu badan air utama yang paling rentan terhadap pencemaran air. Karena mikroplastik di perairan ter bioakumulasi pada organisme tingkat tinggi, maka akan mempengaruhi rantai makanan dan organisme yang hidup di lingkungannya.

Sampah plastik yang tidak dikelola dengan baik dapat terurai menjadi ukuran yang lebih kecil oleh paparan cahaya matahari, abarasi mekanis, biodegradasi dan pelapukan. Di sisi lain, fungsi hidrolis akan memecah dan sampah plastik di dalam air dapat mengambang ke atas dan ke bawah (Cai *et al.*, 2022). Tergantung pada kepadatan polimernya, mikroplastik dapat mengapung atau tenggelam di dalam air. Hal ini karena, densitas mikroplastik lebih rendah atau tinggi daripada densitas air. Ukuran mikroplastik membuat bahan kimia lebih mudah dilepaskan ke lingkungan daripada volumenya.

Selain itu, mikroplastik yang memiliki ukuran yang kecil dan luas di permukaan yang besar, akan menempel pada cemaran kimia dalam air dan masuk ke biota air dan manusia. Dengan demikian, mikroplastik membawa bahan pencemar laut seperti timbal, besi, dan lainnya (Febriani *et al.*, 2020).



Gambar 2. 2 Mekanisme Mikroplastik ke Perairan

2.4 Sungai Opak

Sungai Opak merupakan salah satu sungai besar di D.I Yogyakarta. Sungai Opak mengalir dari lereng Gunung Merapi ke selatan sebelum bermuara di Samudera Hindia. Sungai Opak memiliki panjang total ± 65 km dan daerah aliran seluas $\pm 1398,18 \text{ km}^2$. Selain itu, sungai ini melintasi dua kabupaten yakni Kabupaten Sleman dan Bantul. Sungai Opak memiliki beberapa anak sungai, antara lain Sungai Code, Sungai Gajahwong, Sungai Tambakbayan, Sungai Tepus, Sungai Oyo, Sungai Winongo, Sungai Gendol, Sungai Kuning, Sungai Nongko, dan Sungai Gendol.

Badan air Sungai Opak sebagian besar dimanfaatkan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti, irigasi persawahan, memenuhi kebutuhan rumah tangga dan mencari biota air yang dapat dikonsumsi oleh masyarakat sekitar seperti udang dan ikan (Djumanto & Probosunu, 2011). Pembangunan kawasan pemukiman dan industri serta Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan, secara tidak langsung memberikan ancaman lebih lanjut terhadap Badan Air Sungai Opak dalam hal pencemaran yang akan mempengaruhi kualitas Badan Air Sungai Opak.

2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu mengenai penelitian mikroplastik dengan menggunakan metode FTIR

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti, Tahun	Judul Peneliti	Hasil Penelitian
Sutanhaji <i>et al.</i> , (2021)	Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Air Permukaan di Sungai Metro, Malang	Metode pengambilan sampling yang dilakukan pada penelitian ini, mengambil air sungai dengan pengulangan sebanyak 3 kali pada kanan, kiri dan tengah. Jenis mikroplastik paling dominan ditemukan jenis <i>fiber</i> , selain itu adapun jenis <i>film</i> dan fragmen dengan jumlah mikroplastik paling sedikit yang ditemukan. untuk kelimpahan sendiri, ditemukan dibagian hulu sebesar 60,300 partikel $((M^3)^{-1})$.
Hasibuan <i>et al.</i> , (2020)	Analisa jenis, bentuk dan kelimpahan mikroplastik di Sungai Sei Sikambing Medan	Pada penelitian ini bentuk mikroplastik yang ditemukan yaitu <i>film</i> , <i>fragment</i> , <i>foam</i> , <i>granule</i> dan <i>fiber</i> . Bentuk mikroplastik yang paling mendominasi adalah jenis <i>fragment</i> karena, disekitar sungai rata-rata pemukiman hal ini menyebabkan limbah rumah tangga menjadi penyumbang terbesar. Karena densitas air tawar 0,83 – 0,85 g mL maka jenis mikroplastik yang paling sering ditemukan adalah <i>polietilen</i> , <i>polipropilen</i> dan <i>polyester</i> dan dari hasil uji FTIR pun menunjukkan yang serupa. Kelimpahan rata-rata mikroplastik di air Sungai Sei Sikambing sebesar 28,6 partikel/250 ml air

Nama Peneliti, Tahun	Judul Peneliti	Hasil Penelitian
		sungai dan 32,3 partikel/100g berat kering sedimen.
Seftianingrum <i>et al.</i> , (2023)	Identifikasi Mikroplastik pada Air, Sedimen, dan Ikan Nila (<i>oreochromis niloticus</i>) di Sungai Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.	Pada penelitian ini pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan plankton net No. 25. Penggunaan plankton net untuk menyaring mikroplastik dan akan dibilas atau dialirkan di sungai. Untuk penelitian akan menggunakan mikroskop streio dan jenis polimer akan diuji menggunakan <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR). Hasil penelitian menunjukkan ikan nila yang diteliti mengandung mikroplastik dalam bentuk <i>fiber</i> . Dengan kelimpahan mikroplastik pada air paling besar terdapat pada bentuk <i>fragment</i> sebesar 222 partikel/10 liter dan kelimpahan sedimen paling dominan terdapat pada bentuk <i>fiber</i> sebesar 213 partikel/100 gr dan warna paling didominasi oleh warna hitam.
Napper <i>et al.</i> , (2023)	The Distribution and Characterisation of Microplastics in Air, Surface Water and Sediment within a Major River System	Pada penelitian ini metode pengambilan sampling air dilakukan menggunakan jaring nilon dengan ukuran 330 μm . Secara keseluruhan partikel yang berada di udara, air dan sedimen berjumlah 396 partikel. Dari hasil <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) paling dominan ditemukan rayon maupun serat dari hasil aktivitas rumah tangga maupun tekstil. Kelimpahan mikroplastik lebih banyak ditemukan di air dan

Nama Peneliti, Tahun	Judul Peneliti	Hasil Penelitian
		udara, dengan seiring berjalannya waktu aliran sungai maka mikroplastik yang terdapat di dalam sedimen dapat meningkat.
Ariyunita <i>et al.</i> , (2022)	Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Air dan Gastropoda di Sungai Bedadung Segmen Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember	Pada Sungai Bedadung, jenis mikroplastik yang ditemukan di air adalah <i>fiber</i> dan jenis ini berasal dari kegiatan domestik. Selain itu, ada beberapa jenis mikroplastik yang terdapat di Sungai Bedadung antara lain, <i>foam</i> , <i>granule</i> dan <i>framgen</i> . Sedangkan, mikroplastik di gastropoda di dominasi oleh <i>fiber</i> dan jenis lain yang dapat ditemukan yaitu, <i>fragment</i> dan <i>granule</i> . Selain itu, untuk pengambilan sampel air, tidak menggunakan plankton net, melainkan air diambil dan diletakkan di wadah, kemudian disaring menggunakan filter stainless.
Liu <i>et al.</i> , (2021)	The Distribution of Microplastics in Water, Sediment, and Fish of the Dafeng River, a Remote River in China	Pengambilan sampel diambil pada musim kemarau dan hujan. Jumlah mikroplastik saat musim kemarau lebih tinggi dibanding musim hujan. Kelimpahan mikroplastik paling meningkat pada ikan dan kelimpahan sedikit pada air permukaan.
Scherer <i>et al.</i> , (2020)	Comparative Assessment of Microplastics in Water and Sediment of a Large European River	Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan plankton net yang dibilas menggunakan ultrapure water untuk mencegah atau menghilangkan kontaminasi. Sedangkan, sampel sedimen menggunakan sampler Van-Veen

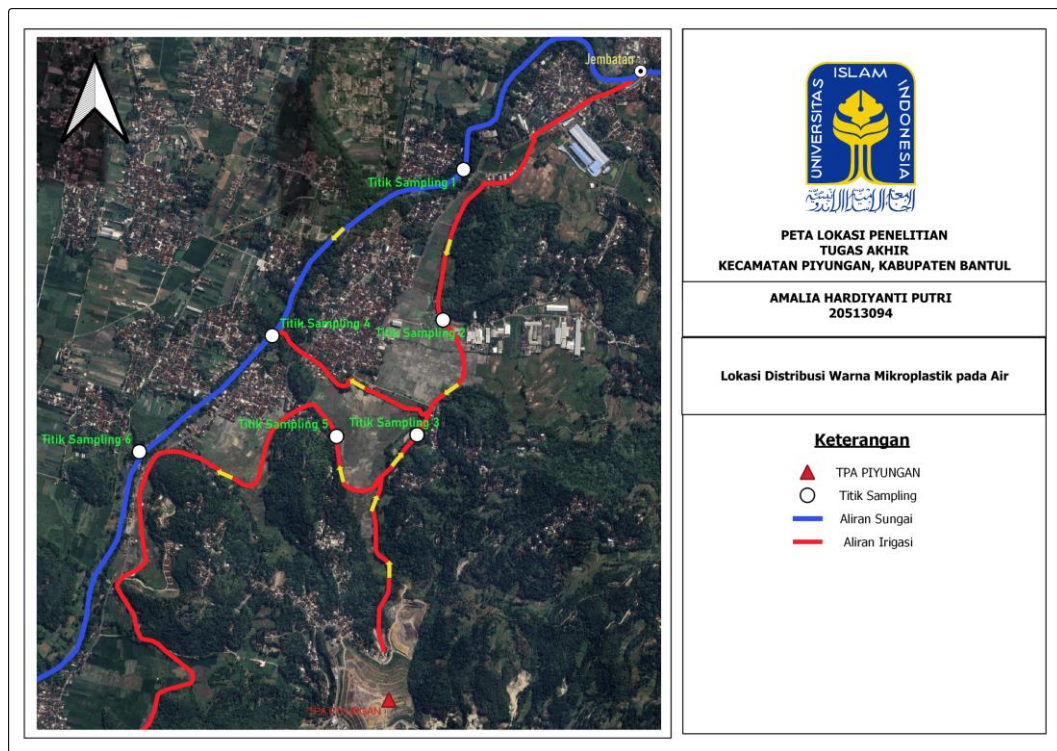
Nama Peneliti, Tahun	Judul Peneliti	Hasil Penelitian
		Grab dengan dilengkapi penutup agar tidak terkontaminasi. Jenis polimer mikroplastik yang paling dominan ditemukan pada air yaitu, PE dan PP, sedangkan untuk sedimen cukup banyak jenis polimer mikroplastik.
Utami & Liani, (2021)	Identifikasi Mikroplastik pada Air Sumur Gali di Sekitar TPA Piyungan Yogyakarta	Pada masing-masing sampel air sumur yang dilakukan, terdapat mikroplastik dengan jumlah kelimpahan paling dominan berada pada titik sampling yang jaraknya lebih dekat dengan TPA Piyungan. Untuk pengambilan sampel dilakukan dengan pengulangan sebanyak 2 (dua) kali pada waktu pagi dan sore hari.
Afrin <i>et al.</i> , (2020)	Microplastics Contaminantion in the Soil from Urban Landfill site, Dhaka, Bangladesh	Penelitian ini memiliki tujuan yaitu mengidentifikasi keberadaan mikroplastik pada sampel tanah TPA. Sampel yang digunakan sebanyak 10 sampel. Hasil dari penelitian ini ditemukan beberapa jenis mikroplastik, salah satu jenis mikroplastik yang ditemukan adalah jenis <i>film</i> . Setelah itu, pada tahapan selanjutnya, penelitian ini menggunakan <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR), untuk melihat gugus fungsi kimia. Hasil yang diperoleh pada FTIR yaitu <i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE), <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) dan <i>Cellulose Acetate</i> (CA)
He <i>et al.</i> , (2019)	Municipal Solid Waste (MSW) Landfill: A Source	Pada penelitian ini memiliki tujuan yaitu mengidentifikasi air lindi dari hasil penimbunan

Nama Peneliti, Tahun	Judul Peneliti	Hasil Penelitian
	of Microplastics? Evidence of Microplastics in Landfill Leache	sampah di beberapa Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang masih beroperasi dan yang sudah tutup. Sampel yang digunakan sebanyak 12 sampel dan pada ke-12 sampel tersebut teridentifikasi bahwa air lindi pada sampel mengandung mikroplastik. Dari data yang dihasilkan, sebanyak 99,36% ditemukan jenis polimer mikroplastik polietilen dan polipropilena.
Zhang <i>et al.</i> , (2024)	Microplastics in Water: Occurrence, Fate and Removal	Penelitian ini melakukan pengujian pada mikroplastik pada air lindi TPA dengan 3 sampel air lindi yang berbeda. Salah satu sampel yang digunakan diambil dengan masa operasional yang berbeda yaitu 8 dan 16 tahun. Dari hasil sampel yang ditemukan, mikroplastik dari masa operasional TPA selama 8 tahun lebih banyak dibandingkan dengan masa operasional 16 tahun. Jenis polimer mikroplastik yang ditemukan dominan PE sebesar 32% dan polipropilen (PP) sebesar 24%.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

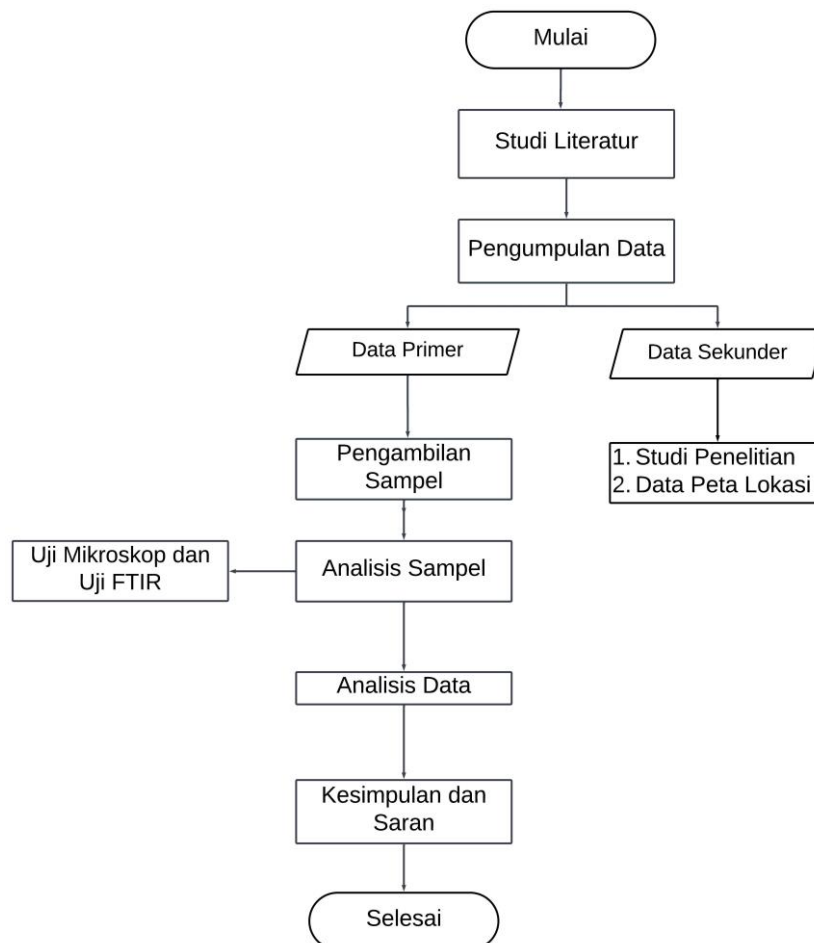
Penelitian akan dilaksanakan selama 6 bulan terhitung sejak Maret 2024 sampai dengan September 2024. Lokasi penelitian dilakukan pada air Sungai Opak, D.I Yogyakarta di sekitar wilayah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan dan lokasi pengambilan sampel terdapat 6 titik yang terbagi menjadi 1 titik sebelum kegiatan pelaksanaan aktivitas di piyungan atau kontrol dan 5 titik pada kegiatan setelah aktivitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan. Kemudian penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (UII). Lokasi pengambilan sampel uji ditunjukkan pada **Gambar 3.1** dengan ditandai titik berwarna putih pada denah pengambilan titik sampling.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Titik Sampling

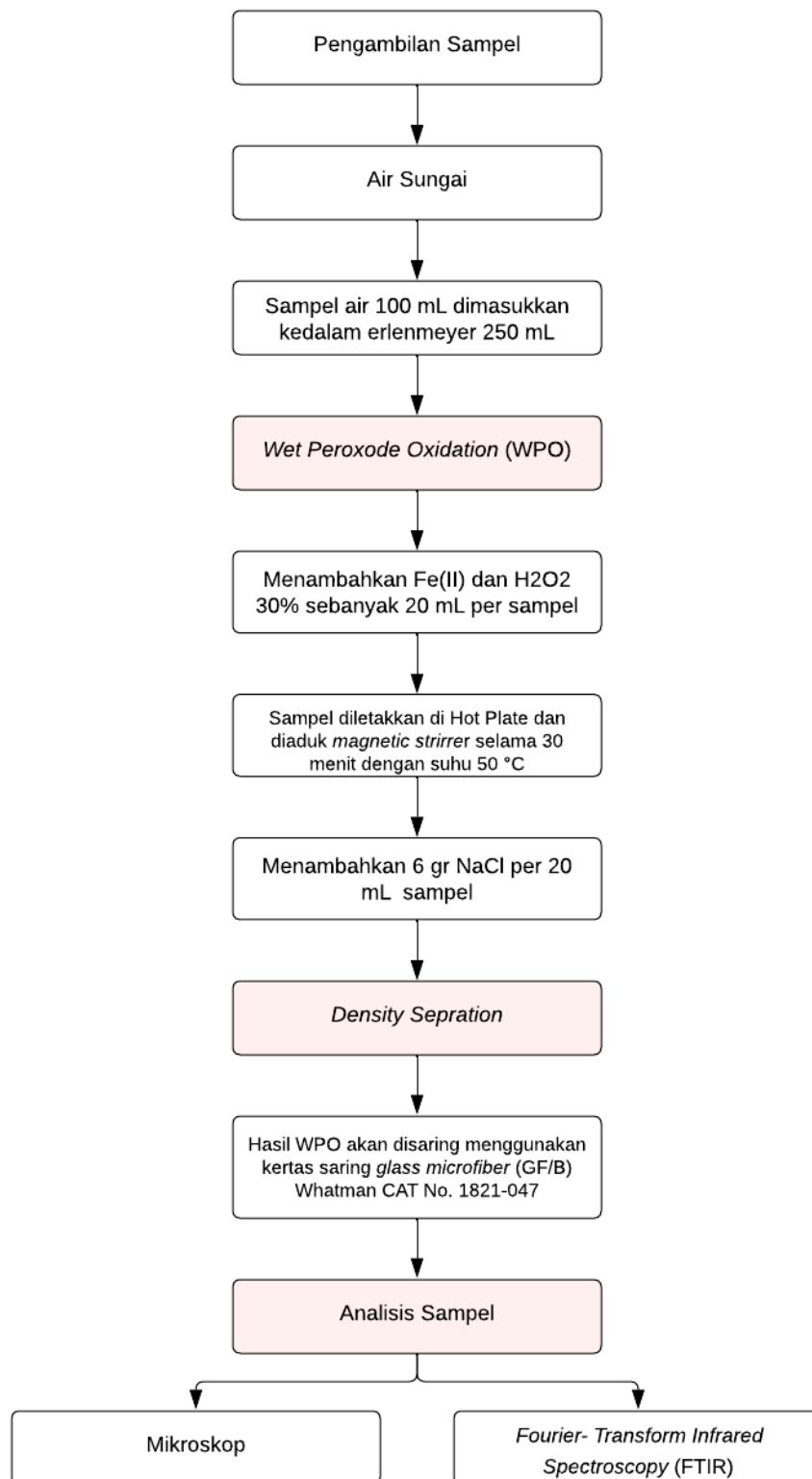
3.2 Tahapan Penelitian

Proses penelitian tentang sebaran mikroplastik di sungai akan digambarkan data diagram alir.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Ada beberapa tahap yang terlibat dalam persiapan sampel selain tahapan penelitian, dalam melakukan preparasi mengacu pada analisis *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dengan sedikit modifikasi. Diagram alir preparasi sampel air sungai terdapat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Preparasi Sampel

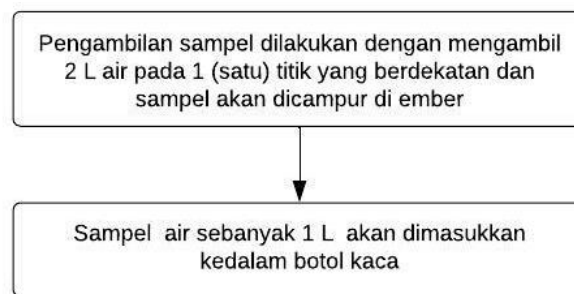
3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan melihat studi kasus yang membahas mikroplastik di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan.

3.3.2 Data Primer

Pengumpulan data primer didapatkan dengan melakukan observasi langsung pada titik lokasi pengambilan sampel serta mengamati lingkungan sekitar lokasi pengambilan sampel. Pengamatan ini dilakukan untuk melihat aktivitas di sekitar lokasi, hal ini dapat membantu mengetahui sumber pencemar mikroplastik. Pengambilan sampel pada penelitian ini diambil 6 (enam) titik, urutan pengambilan sampel mikroplastik pada aliran badan air Sungai Opak sebagai berikut:



Gambar 3. 4 Alur Pengambilan Sampel Air

3.4 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini:

3.4.1 Alat

Tabel 3. 1 Alat Pengujian

No	Jenis Alat	Nama Alat
1		Botol Kaca ukuran 1 L
2		Cool Box

No	Jenis Alat	Nama Alat
3	Alat di lapangan	Aluminium Foil
4		Ember Stainless
5	Alat di Laboratorium	Erlenmeyer 250 mL
6		Stainless steel sieve dengan ukuran mesh 5 mm dan 0.3 mm
7		Gelas Beaker 100 mL
8		Hot Plate
9		Preparat
10		Corong Kaca
11		Spatula
12		<i>Fourier- Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)
13		Mikroskop Olympus BX53
14		Aluminium Foil
15		Gelas Ukur 100 mL & 250 mL
16		Pipet Tetes
17		Karet Hisap
18		Vacuum Filter
19		Kaca Arloji
20		Pipet Ukur 10 mL
21		Timbangan Analitik
22		Pinset Stainless
23		Rak Tabung Reaksi
24		Tabung Reaksi
25		Pengaduk Kaca
26		Cawan Petri
27		Termometer

3.4.2 Bahan

Berikut merupakan bahan yang digunakan pada penelitian:

Tabel 3. 2 Bahan Penelitian

No	Nama Bahan
1	NaCl
2	Fe(II) 0.05 M
3	H_2O_2 30% (Hidrogen peroksida)
4	Kertas saring <i>glass microfiber</i> (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047
5	Aquades

3.5 Metode Pengambilan Sampel

Sampel yang diambil merupakan air yang berasal dari badan air Sungai Opak, D.I Yogyakarta di sekitar wilayah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan. Metode pengambilan sampel mengacu pada analisis *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dengan sedikit modifikasi. Pengambilan sampel diambil di permukaan air sebanyak 6 (enam) titik dan pengambilan sampel dilakukan dengan 2 cara, yaitu pengambilan dengan menggunakan metode grab sampling dengan alat *horizontal water sampler* apabila, kondisi lokasi pengambilan tidak memungkinkan untuk turun secara langsung ke sungai dan pengambilan secara langsung dengan mengalirkan air sungai.

Sampel air dilakukan dengan menggabungkan 2 L pada 1 (satu) titik yang berdekatan dan sampel akan dicampur di ember. Selanjutnya, 1 L sampel akan dimasukan ke dalam botol kaca yang sudah diberi label dan pada tutup botol akan diberi aluminium foil untuk mencegah sampel akan terkontaminasi. Setelah itu, untuk mencegah mikroplastik tercemar selama penyimpanan sampel, sampel akan dimasukan ke dalam botol kaca dengan warna gelap sehingga tidak terpapar sinar matahari. Proses pengambilan sampel pada badan air sungai dapat dilihat pada **Gambar 3.5**



Gambar 3. 5 Proses Pengambilan Sampel Air

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada tahapan berikutnya, sampel yang telah diambil akan disaring di laboratorium pada masing-masing 100 mL, karena pada penelitian ini pengujian dilakukan secara duplo untuk menjadi pembandingan dari data pertama dan kedua, dimana hasil akhir dari data adalah dengan mengambil rata-rata dari kedua sampel yang sudah diuji, agar menghasilkan data yang akurat.

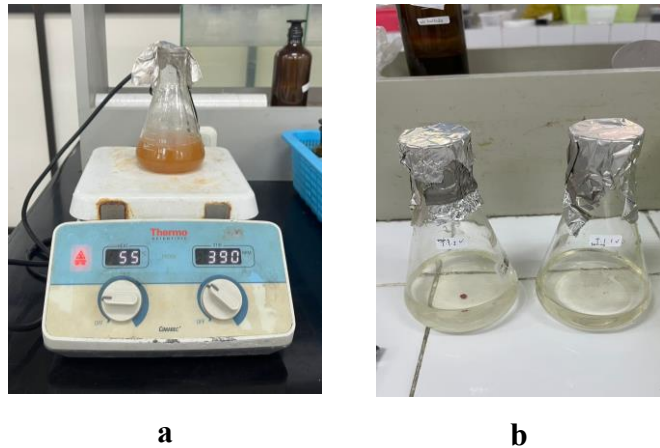
3.6 Metode Preparasi Sampel

Preparasi sampel dilakukan sebelum pengujian di laboratorium, berikut merupakan penjelasan dari masing-masing tahapan:

1. *Wet Peroxide Oxidation (WPO)*

Wet Peroxide Oxidation (WPO) digunakan untuk menghilangkan zat organik yang terdapat pada sampel air. Pada tahapan ini, sampel air digunakan sebanyak 100 mL dan proses ini dilakukan dengan menambahkan larutan Fe (II) 0,05 M dan H_2O_2 30% pada masing-masing sampel sebanyak 20 mL. Setelah itu, sampel akan diletakan di atas hot plate dan diaduk dengan magnetic stirrer dengan suhu 50°C selama 30 menit serta ditambah 6 gr NaCl pada setiap 20 mL, kemudian

diaduk hingga NaCl larutan larut. Proses tahapan WPO dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.

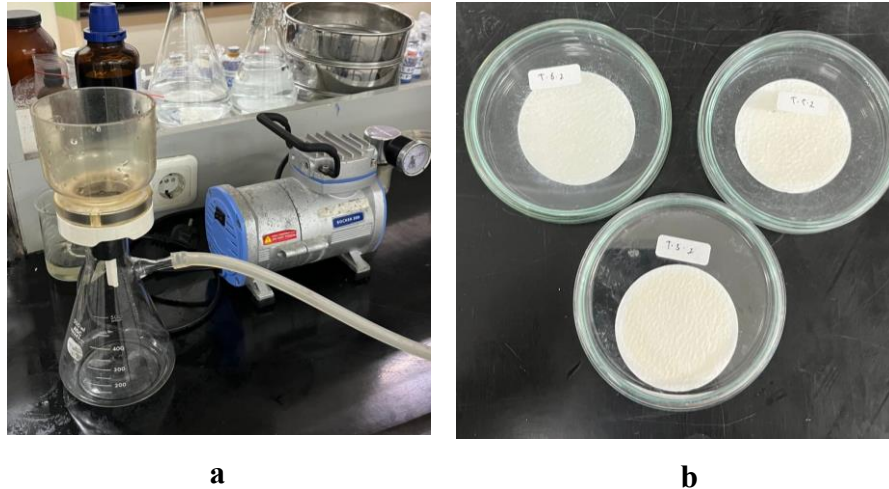


Gambar 3. 6 Proses WPO: (a) Proses Pengadukan dan (b) Setelah Centrifuge

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. *Density Separation*

Setelah tahapan proses *Wet Peroxide Oxidation* (WPO), selanjutnya proses membedakan endapan organik dari partikel mikroplastik. Bahan yang digunakan pada tahapan ini kertas saring *glass microfiber* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 dengan dibantu menggunakan filter vacuum agar proses penyaringan lebih cepat. Penyaringan akan dilakukan dengan menyaring partikel dengan menggunakan kertas saring berukuran pori $0,45 \mu\text{m}$ (Cordova *et al.*, 2019). Sampel yang telah disaring akan diletakkan pada cawan petri untuk menghindari kertas saring dapat terkontaminasi, kertas saring akan dikeringkan sebelum tahap pengamatan menggunakan mikroskop.



Gambar 3. 7 *Density Separation*: (a) Proses Penyaringan dan (b) Hasil Penyaringan

3.7 Analisis Sampel

Dilakukan pengujian pada sampel yang telah dilakukan preparasi sebelumnya dengan menggunakan alat seperti mikroskop dan *Fourier- Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

1. Mikroskop

Dengan ukuran mikroplastik yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat langsung dengan mata telanjang, maka untuk mengidentifikasi mikroplastik dapat menggunakan mikroskop. Mikroskop yang digunakan jenis Mikroskop Olympus BX53 Trinocular dengan perbesaran 4x dan 10x. Mikroskop digunakan untuk mengetahui bentuk dari jenis partikel, jumlah partikel dalam sampel dan warna. Karena mikroskop terhubung ke komputer, pengamatan menjadi lebih mudah karena visualisasi yang disajikan menjadi lebih jelas dan hasil pengamatan dalam bentuk gambar. Proses identifikasi menggunakan Mikroskop Olympus BX53 Trinocular dapat dilihat pada **Gambar 3.8** di bawah ini:



Gambar 3. 8 Pengamatan menggunakan Mikroskop

Sumber: Dokumentasi Pribadi

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

Unsur kimia yang terkandung pada mikroplastik dapat diidentifikasi melalui pengamatan sampel dengan FTIR yang terhubung dengan komputer agar hasil pengamatan berupa grafik dan gugus kimia yang dapat dilihat secara langsung. Pengukuran inframerah ini menggunakan alat FTIR pada panjang gelombang yang dapat dibaca. Sinar inframerah yang ditransmisikan dari permukaan sampel akan dibaca oleh detektor. Sinar yang dipantulkan menuju detektor untuk pengukuran terakhir, yang kemudian mengubah sinar menjadi sinyal listrik yang dapat direkam. Pengujian alat FTIR dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan menggunakan FTIR IRTracer-100 dengan meletakan kertas saring di tengah alas besi.



Gambar 3. 9 Pengujian Menggunakan FTIR IRTracer-100

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.8 Prosedur Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan melihat hasil pemeriksaan mikroskop yang menunjukkan karakteristik morfologi partikel mikroplastik seperti bentuk (*fiber*, *fragment*, *film*, *foam*, *pellet*), warna (merah, biru, hijau, putih, kuning, abu-abu, hitam, pink, transparan, pigmentasi dan lainnya) dan kuantitas mikroplastik. Kelimpahan jumlah partikel mikroplastik pada masing-masing sampel dengan total volume air total saat sampling. Berikut rumus kelimpahan mikroplastik pada satu sampel (Pasaribu *et al.*, 2022):

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

Dimana:

- C : Kelimpahan Mikroplastik (partikel/liter)
- n : Jumlah Partikel Mikroplastik per Sampel
- V : Total Volume Air

Dari data yang didapatkan setelah melakukan analisis sampel menggunakan mikroskop maka, jumlah partikel mikroplastik per 100 mL menunjukan banyaknya mikroplastik pada badan air sungai.

Hasil identifikasi jenis mikroplastik pada sampel air dengan menggunakan alat FTIR dimana data yang digunakan berupa jumlah mikroplastik yang ditemukan melalui pengujian mikroskop. Sampel dilakukan dengan pengukuran inframerah pada panjang gelombang yang terbaca. Hasil dari alat FTIR pada saat pembacaan gelombang dapat menghasilkan berbagai data termasuk struktur molekul, presentasi kemiripan sampel yang terbaca dengan gugus fungsi kimia, dan lain – lain. Setelah selesai pembacaan gelombang pada alat FTIR, data yang dihasilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada badan air Sungai Opak di sekitar TPA Piyungan, Bantul D. I Yogyakarta dan pada titik pengambilan akan mengalami perbedaan pada kondisi aliran serta kegiatan yang berada pada sekitar titik lokasi pengambilan sampel. Deskripsi mengenai setiap titik lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada **Tabel 4.1** di bawah ini:

Tabel 4. 1 Lokasi Pengambilan Titik Sampling

Lokasi	Gambar	Deskripsi
Titik Lokasi 1 (Jembatan Gantung Ngampon)		Lokasi titik 1 terletak di Jembatan Gantung Ngampon, Kecamatan Piyungan, D. I Yogyakarta. Pada titik ini, kondisi aliran air sungai cukup deras dan disekitar sungai terdapat pemukiman. Pada saat pengambilan sampel cuaca cukup terik dan suhu yang tinggi, dengan pH 8 dan suhu 31,5 °C.
Titik Lokasi 2		Aliran air pada lokasi ini tergolong kecil dan terdapat vegetasi di kanan kiri aliran air serta tidak terdapat pemukiman dan tidak ditemukannya sampah pada sekitar lokasi pengambilan sampel, pH air pada lokasi ini 7 dan suhu air 30 °C.

Lokasi	Gambar	Deskripsi
Titik Lokasi 3		<p>Kondisi aliran pada titik ini tergolong tidak terlalu kecil dan pada titik ini terdapat vegetasi disekitar aliran air. Pada aliran ini merupakan aliran terdekat dari kegiatan aktivitas TPA dengan pH air 7 dan suhu air 32 °C.</p>
Titik Lokasi 4 (Titik Akhir TPA)		<p>Lokasi ini berada pada titik akhir Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang terletak di Kecamatan Banguntapan, D. I Yogyakarta. Kondisi aliran air pada titik ini relatif kecil dan kondisi air pada titik ini memiliki air yang bewarna kecoklatan serta disekitar lokasi tersebut terdapat beberapa warung dan beberapa pemukiman serta ditemukannya sampah yang berasal dari warga sekitar dan membuat sampah menumpuk pada lokasi ini. Pada pengambilan sampel cuaca cukup terik sehingga suhu pada saat itu 32 °C dan pH sebesar 8.</p>

Lokasi	Gambar	Deskripsi
Titik Lokasi 5		Pada lokasi ini ditemukan beberapa sampah disekitar aliran air, hal ini disebabkan oleh warga sekitar atau petani yang sedang istirahat dari aktivitas memanen di sawah. Kondisi aliran air relatif kecil dan disekitar lokasi tidak ada pemukiman. Suhu air 31 °C. dan pH air pada lokasi ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan titik lain, yaitu 8.
Titik Lokasi 6 (Jembatan Jlamprang & Ngablak)		Pada lokasi titik pengambilan sampling ini terletak di Jembatan Jlamprang & Ngablak dengan kondisi aliran sungai yang cukup deras dan dilokasi sekitar sungai terdapat pemukiman yang cukup padat. Hal ini, menyebabkan sungai menjadi tercemar oleh sampah yang dihasilkan oleh kegiatan masyarakat disekitar sungai. Selain itu, sungai tersebut digunakan juga untuk memancing oleh masyarakat, dengan pH air 7 dan suhu 32 °C

4.2 Identifikasi Karakteristik Mikroplastik

Pengamatan mikrosplastik dilakukan dengan mengamati kertas saring yang pada tahap sebelumnya sudah melewati proses preparasi sampel air sungai. Kertas saring akan diidentifikasi menggunakan mikroskop dengan perbesaran 4x dan 10x. Kertas saring akan dibagi menjadi 4 (empat) kuadran untuk mempermudah dalam

pengamatan mikroskop serta untuk mempermudah pembacaan senyawa polimer, maka kertas saring akan diberi tanda dengan menggunakan pensil pada ukuran mikroplastik dengan ukuran yang cukup besar. Jenis mikroskop yang digunakan yaitu Mikroskop Olympus BX53 Trinocular serta kertas saring yang digunakan memiliki jenis kertas saring *glass microfiber grade* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047. Selanjutnya, data yang didapatkan pada hasil mikroskop dapat membantu identifikasi mikroplastik berdasarkan jenis, jumlah dan warna.

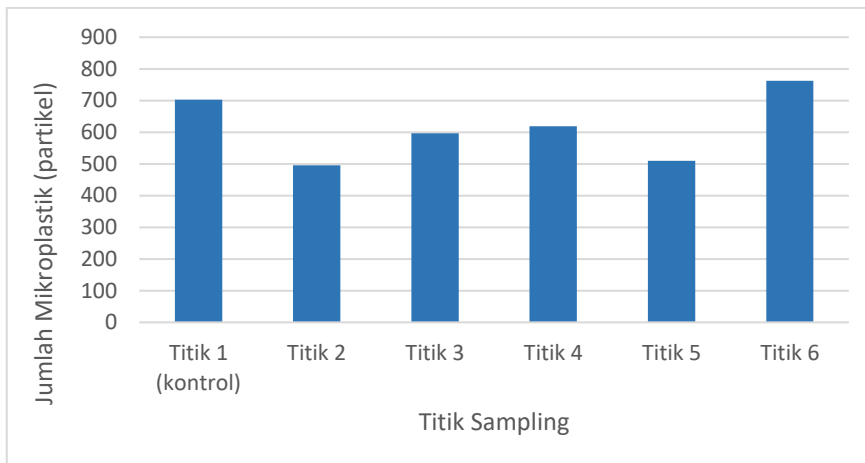
4.2.1 Identifikasi kelimpahan Mikroplastik

Hasil pengamatan mikroplastik pada setiap titik sampling akan diperoleh data berupa jumlah mikroplastik. Hasil perhitungan mikroplastik didapatkan dengan menghitung jumlah mikroplastik yang telah diamati melalui mikroskop. Data yang didapatkan akan diolah kembali dalam bentuk tabel untuk mendapatkan hasil jumlah mikroplastik serta rata-rata yang ditemukan pada sampel badan air sungai. Hasil pengamatan jumlah mikroplastik pada setiap sampel dapat dilihat pada **Tabel 4.2** sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengamatan Mikroplastik Berdasarkan Jumlah

Lokasi Sampling	Jumlah Keseluruhan	Rata-rata (partikel)
T.1.1 (kontrol)	623	703
T.1.2 (kontrol)	783	
T.2.1	515	496
T.2.2	477	
T.3.1	589	597
T.3.2	605	
T.4.1	616	620
T.4.2	623	
T.5.1	525	510
T.5.2	495	
T.6.1	814	762
T.6.2	710	

Grafik akan digunakan untuk menggambarkan hasil perhitungan yang dilakukan dengan mengklasifikasi berdasarkan lokasi pengambilan dan total partikel mikroplastik pada sampel air. Hasil pengamatan jumlah mikroplastik pada rata- rata di setiap sampel dapat disajikan pada **Gambar 4.1** sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Mikroplastik pada Air Sungai Berdasarkan Jumlah

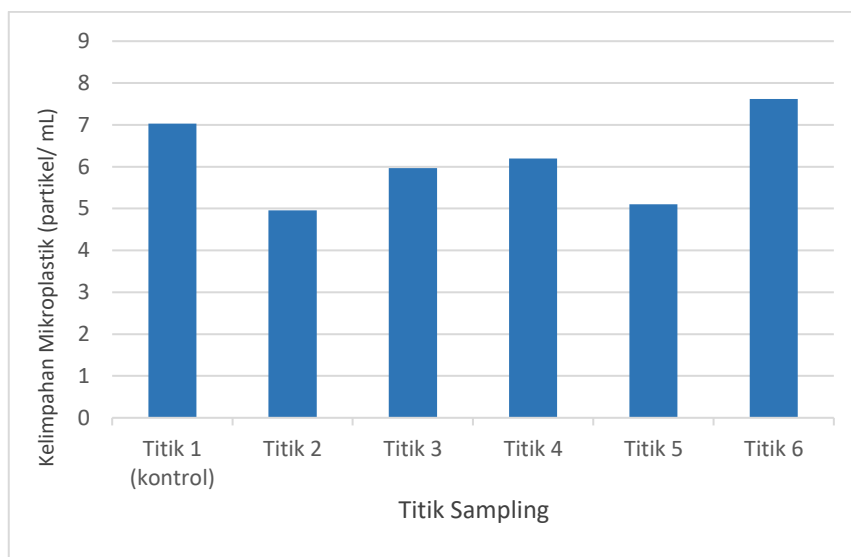
Dari grafik diatas didapatkan hasil yaitu pada masing-masing mikroplastik memiliki jumlah mikroplastik yang berbeda pada setiap titiknya. Maka dapat disimpulkan bahwa jumlah mikroplastik terbanyak ditemukan pada titik sampel 6 yaitu sebanyak 762 partikel mikroplastik karena lokasi pengambilan sampel cukup ditemukan beberapa sampah yang dihasilkan oleh aktivitas masyarakat dan pada titik ini masyarakat melakukan aktivitas. Kemudian, ditemukan jumlah mikroplastik paling sedikit pada titik sampel 2 yaitu sebesar 496 partikel karena lokasi ini tidak dapat dengan mudah diakses oleh masyarakat serta tidak adanya pemukiman disekitar lokasi ini. Perbedaan jumlah mikroplastik pada setiap titiknya memiliki perbedaan yang dapat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kondisi aliran air pada saat pengambilan sampel, kegiatan apa saja yang dapat ditimbulkan pada daerah titik lokasi pengambilan sampel serta tata guna lahan yang berbedapun bisa menjadi faktor sedikit dan banyaknya jumlah mikroplastik pada tiap titiknya.

Setelah, menghitung jumlah partikel mikroplastik pada setiap titik sampel, langkah selanjutnya menghitung data kelimpahan partikel mikroplastik pada setiap titik sampel. Volume sampe air yang digunakan untuk menghitung kelimpahan mikroplastik sebanyak 100 mL, sampel yang digunakan hasil dari proses preparasi sampel. Data kelimpahan mikroplastik telah didapatkan dapat dilihat pada **Tabel 4.3** di bawah ini:

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik

Lokasi Sampling	Jumlah	Kelimpahan (partikel)
Titik 1 (kontrol)	1406	7
Titik 2	992	4.96
Titik 3	1194	5.97
Titik 4	1239	6.20
Titik 5	1020	5.10
Titik 6	1524	7.62

Selanjutnya, hasil data dari **Tabel 4.3** grafik diklasifikan berdasarkan lokasi pengambilan dan total partikel mikroplastik pada sampel air. Hasil pengamatan kelimpahan dalam bentuk grafik dapat disajikan pada **Gambar 4.2** Di bawah ini:



Gambar 4. 2 Kelimpahan Mikroplastik pada Air di Setiap Titik Sampel

Gambar 4.2, terlihat bahwa kelimpahan mikroplastik dalam sampel air memberikan hasil yang bervariasi. Hal ini disebabkan adanya perbedaan hasil dalam menghitung jumlah mikroplastik di setiap titik sampel. Pada data grafik yang sudah disajikan, dapat disimpulkan bahwa dari 6 sampel yang telah diamati, jumlah kelimpahan mikroplastik pada titik 6 paling banyak ditemukan dengan jumlah kelimpahan sebesar 7,62 partikel/mL. Banyaknya mikroplastik pada titik 6 ini dapat dipengaruhi oleh sampah yang dihasilkan pada kegiatan warga, karena lokasi tersebut terdapat pemukiman di sekitar sungai yang berpotensi menimbulkan sampah plastik serta pada titik 6 terdapat beberapa warga yang melakukan aktivitas memancing pada sungai ini. Sedangkan pada titik 2 jumlah mikroplastik ditemukan paling rendah diantara titik lainnya yaitu sebanyak 4,96 partikel/mL, pada area ini jika dilihat dari kondisi aliran air merupakan aliran paling kecil diantara yang lain dan tidak terdapat pemukiman di sekitar titik pengambilan sampel, hanya saja titik 2 menjadi salah satu titik terdekat dari aliran air dari TPA Piyungan.

Selain jumlah dan kelimpahan, jenis dan warna digunakan untuk dikategorikan pada hasil mikroplastik yang telah diamati. Jenis yang mendominasi pada sampel air ditemukan jenis *film* sebanyak 3831 partikel

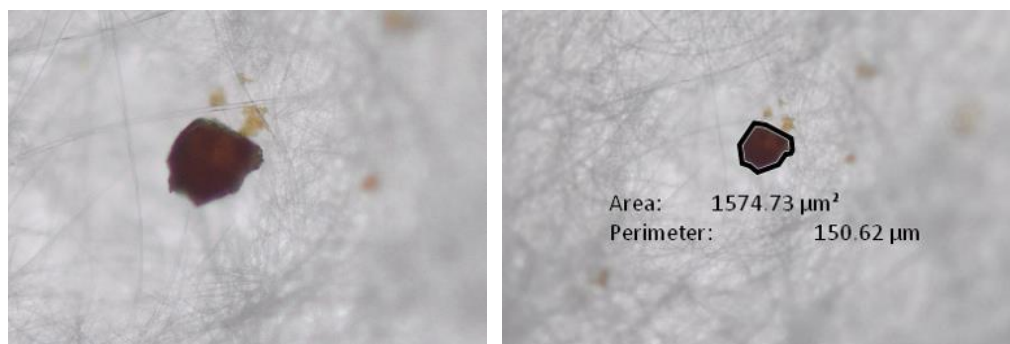
mikroplastik dan jenis mikroplastik paling sedikit ditemukan pada jenis *pellet* yaitu sebanyak 54 partikel.

4.2.2 Identifikasi Berdasarkan Jenis Mikroplastik

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan dengan menggunakan mikroskop dapat disimpulkan bahwa jenis mikroplastik yang ditemukan pada sampel air yaitu *fragment*, *fiber*, *film*, *Pellet*, dan juga *foam*. Mikroplastik diamati menggunakan mikroskop. Mikroskop Olympus BX53 Trinocular dengan perbesaran 4x dan 10x. Berikut mikroplastik berdasarkan jenisnya:

1. *Fragment*

Mikroplastik jenis *fragment* memiliki bentuk tidak beraturan, pada tepi ujung memiliki tepi yang tajam, bulu, kristal dan serpihan. Biasanya mikroplastik jenis ini berasal dari potongan dengan jenis polimer yang kuat dan *fragment* berasal dari aktivitas rumah tangga disekitar lokasi titik penelitian. Menurut Kabir *et al.*, (2021), jenis ini termasuk mikroplastik sekunder karena ketika plastik yang berukuran besar terurai karena faktor kondisi lingkungan maka akan mencemari ekosistem secara keseluruhan.



Gambar 4. 3 Mikroplastik Jenis *Fragment*

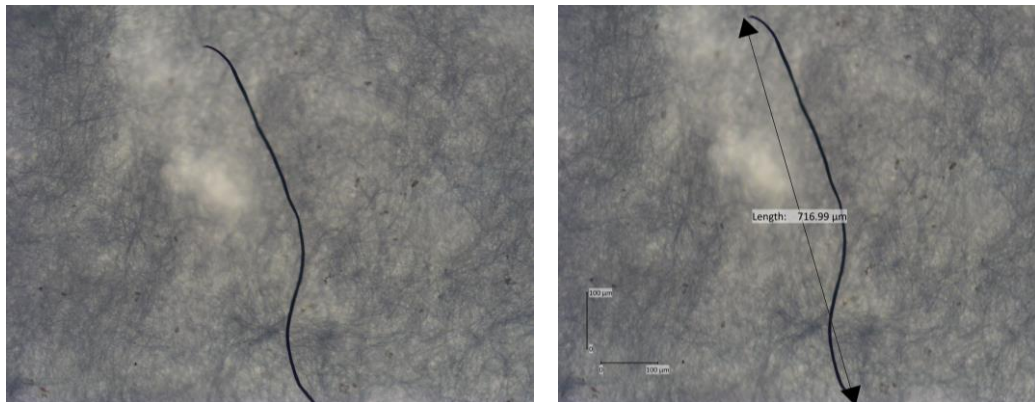
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan **Gambar 4.3**, jenis *fragment* yang ditemukan berwarna merah pekat dengan bentuk tepi yang tajam dan tidak beraturan. Pengamatan jenis mikroplastik ini menggunakan

mikroskop dengan perbesaran 10x dengan ukuran *fragment* sebesar $1574,73 \mu m^2$.

2. *Fiber*

Mikroplastik jenis *fiber* memiliki bentuk yang panjang dan tipis dengan warna yang bervariasi sesuai dengan sumber sampah pada sampel. Mikroplastik *fiber* dapat berasal dari alat pemancing dan tali perahu yang berada di daerah pasang surut dan mengalami gesekan yang dapat terurai menjadi partikel plastik dengan ukuran yang sangat kecil serta *fiber* dapat berasal dari pencucian pakaian (Mohamed Nor & Obbard, 2014).



Gambar 4. 4 Mikroplastik Jenis *Fiber*

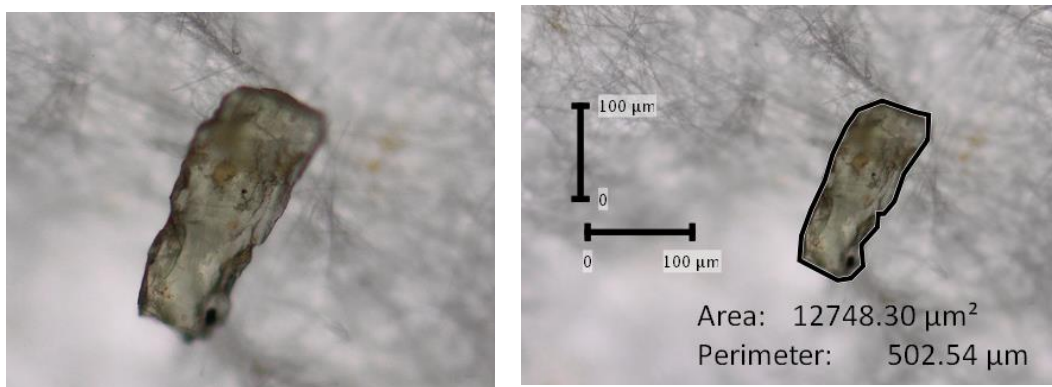
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan **Gambar 4.4**, terlihat mikroplastik jenis *fiber* berwarna hitam dengan panjang 716,99 *mm*. Pengamatan ini dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x. Dalam penelitian ini jenis *fiber* dapat ditemukan dari aktivitas memancing yang dilakukan oleh warga sekitar.

3. *Film*

Mikroplastik jenis *film* merupakan potongan plastik yang sudah terdegradasi dan memiliki klasifikasi fisik fleksibel dan tipis (Ebere

et al., 2019). Mikroplastik jenis ini memiliki bentuk yang tidak beraturan serta warna paling dominan transparan. *Film* mempunyai densitas paling rendah diantara jenis mikroplastik yang lain karena, memiliki karakteristik seperti serpihan. Sumber mikroplastik pada jenis ini biasanya ditemukan dari pertanian, seperti sampah plastik yang berasal dari botol atau produk kemasan (Wojnowska-Baryła *et al.*, 2022).



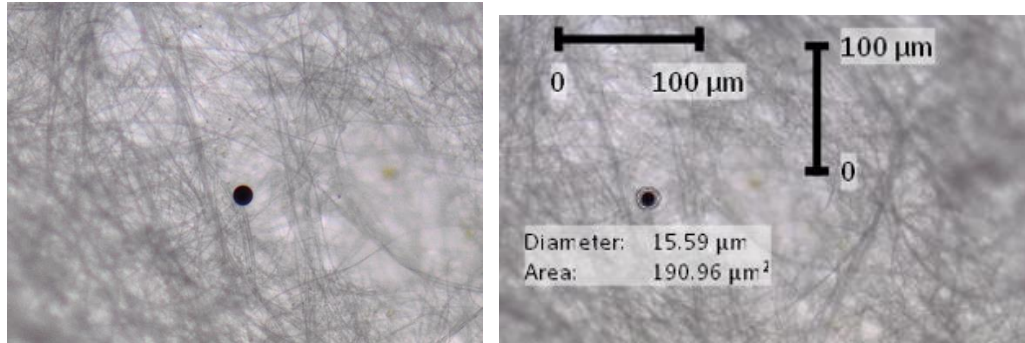
Gambar 4.5 Mikroplastik Jenis *Film*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan **Gambar 4.5** diatas, dapat terlihat jenis mikroplastik *film* memiliki warna transparan dan bentuk tidak beraturan. Pengamatan ini dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x. Pengukuran dilakukan dengan mengukur luas permukaan sebesar 12784,3 μm^2 .

4. *Pellet*

Pellet merupakan jenis mikroplastik dengan karakteristik berbentuk bulatan kecil seperti manik-manik atau berbentuk silinder. *Pellet* berasal dari bahan baku pada pembuatan plastik. Selain itu, *pellet* dapat ditemukan dari produk kosmetik seperti lipstik dan bedak.



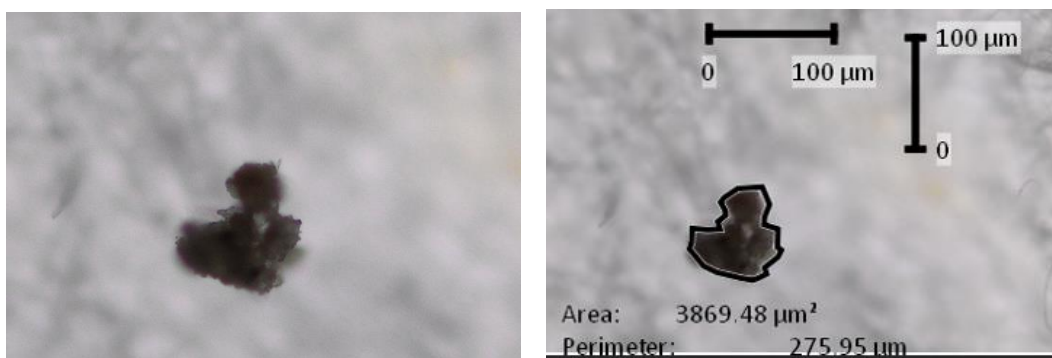
Gambar 4. 6 Mikroplastik Jenis *Pellet*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan **Gambar 4.6**, jenis *pellet* ditemukan paling sedikit diantara jenis yang lainnya dan *pellet* yang ditemukan memiliki warna hitam pekat dengan bentuk bulat sempurna. Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop perbesaran 10x dengan luas permukaan sebesar $0,05 \text{ mm}^2$.

5. *Foam*

Foam merupakan jenis mikropastik yang memiliki rongga dan bervolume. Biasanya mikropastik jenis ini berasal dari *styrofoam* yang cukup sering digunakan pada aktivitas manusia dan jenis ini juga dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga.

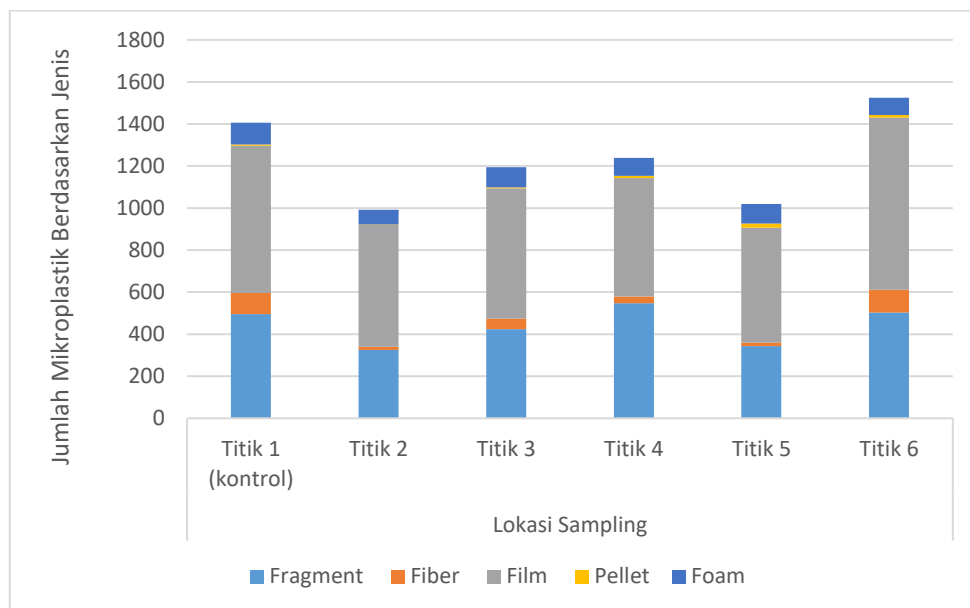


Gambar 4. 7 Mikroplastik Jenis *Foam*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan **Gambar 4.7**, terlihat mikroplastik jenis *foam* ditemukan berwarna hitam. Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop perbesaran 10x dengan luas permukaan sebesar $3869,48 \mu m^2$

Hasil identifikasi mikroplastik pada sampel air sungai dan sudah dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop. Hasil pengamatan dapat dikelompokkan berdasarkan jenis dan warna diantara lain jenis yang ditemukan antara lain: *fragment*, *fiber*, *film*, *pellet* dan *foam*. Berikut hasil pengamatan jenis yang dapat disajikan pada grafik berikut:



Gambar 4. 8 Jumlah Mikroplastik pada Setiap Titik Sampel

Berdasarkan **Gambar 4.8** diketahui bahwa setiap titik sampel memiliki jenis *film* yang cukup dominan, terlihat pada titik sampel 6 jenis *film* memiliki jumlah sebanyak 819 partikel mikroplastik, kemudian pada titik 1 jenis *film* cukup banyak ditemukan dengan jumlah sebanyak 710 partikel mikroplastik dan jumlah mikroplastik jenis *film* paling sedikit ditemukan pada titik 5 dengan jumlah sebanyak 547 partikel mikroplastik. Jenis *film* sendiri banyak ditemukan karna memiliki densitas yang rendah dibandingkan

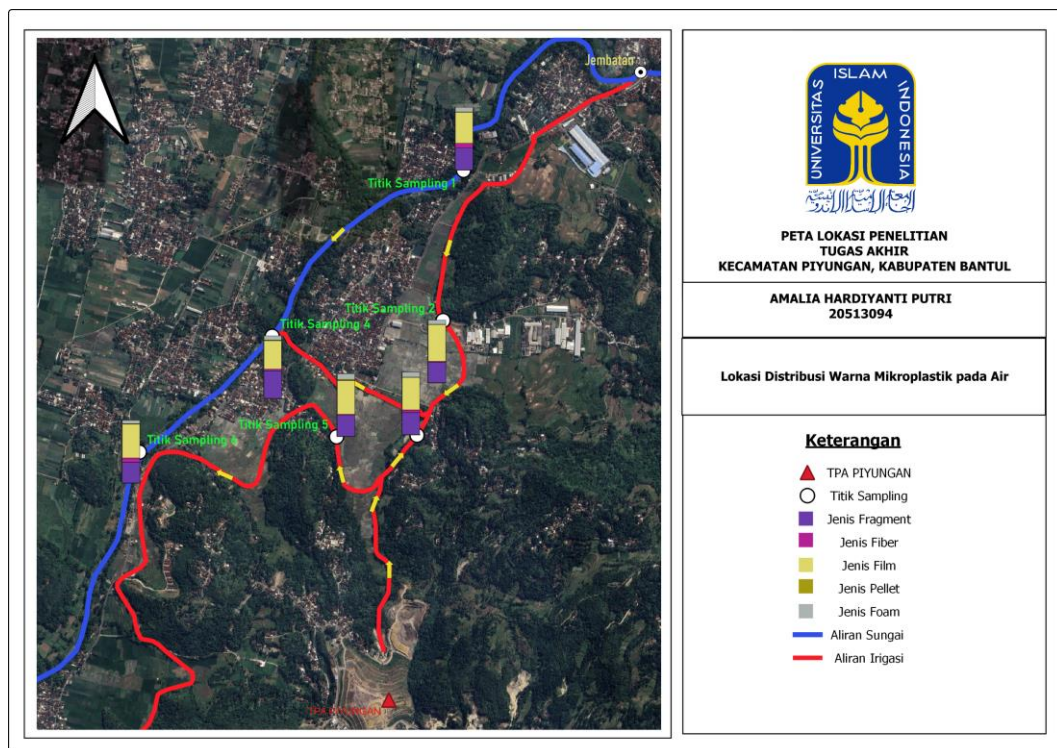
dengan jenis mikropplastik lainnya, sehingga jenis *film* memiliki bentuk yang cenderung mengapung serta pada jenis ini cukup banyak ditemukan pada permukaan air (Ayuningtyas, 2019). Selain jenis *film*, *fragment* cukup mendominasi pada titik 4 dan 6 yaitu sebanyak 546 partikel dan 504 partikel. Kemudian, mikropplastik jenis *foam* ditemukan paling banyak terdapat pada titik sampel titik 1 sebesar 104 partikel dan mikropplastik jenis *fiber* cukup banyak ditemukan pada titik 1 dan 6 yaitu sebanyak 101 partikel dan 107 partikel serta mikropplastik jenis *pellet* paling sedikit ditemukan pada titik 5 sebanyak 19 partikel.

Dari hasil data pengamatan bahwa, mikropplastik jenis *pellet* merupakan jenis paling sedikit diantara jenis mikropplastik yang lain. Hal ini dapat disebabkan karena, pada area sekitar titik tidak adanya pabrik yang produksi bahan baku pembuatan plastik selain itu, *pellet* juga dapat berasal dari produk kecantikan. Kemudian mikropplastik jenis *fiber* juga tergolong cukup sedikit, jenis ini mendominasi titik 6 dikarenakan pada titik tersebut terdapat limbah hasil pencucian pakaian dan pada titik ini juga digunakan warga sekitar dijadikan tempat pancing. Pada titik 6 jenis *fiber* ditemukan sebanyak 107 partikel.

Berdasarkan penelitian dari He *et al.*, (2019), terdapat beberapa jenis mikropplastik yang telah teridentifikasi yaitu, *fiber*, *fragment*, *pellet*, *foam* dan juga *film*. Jenis yang paling dominan ditemukan pada mikropplastik pada jenis *fragment* sebesar 22,87% karena disetiap titik ditemukan jenis *fragment* dan jenis *film*. Kemudian, jenis yang paling sedikit yang ditemukan adalah jenis *pellet* sebesar 0,64% yang ditemukan hanya pada titik S2 dan S4. Sampah yang tertimbun pada TPA akan melewati proses yang cukup panjang dan akan melepaskan mikropplastik karena, dengan ukuran sampah yang lebih kecil akan mudah terbawa melalui air lindi dan akan berakhir pada aliran air yang berada pada sekitar lingkungan Tempat Pemrosesan Sampah (TPA). Sedangkan, pada hasil penelitian Afrin *et al.*, (2020), pada tanah TPA ditemukan jenis mikropplastik yang paling banyak yaitu jenis *film* karena pada

jenis ini biasanya dihasilkan dari pertanian, sampah plastik seperti botol plastik dan produk kemasan.

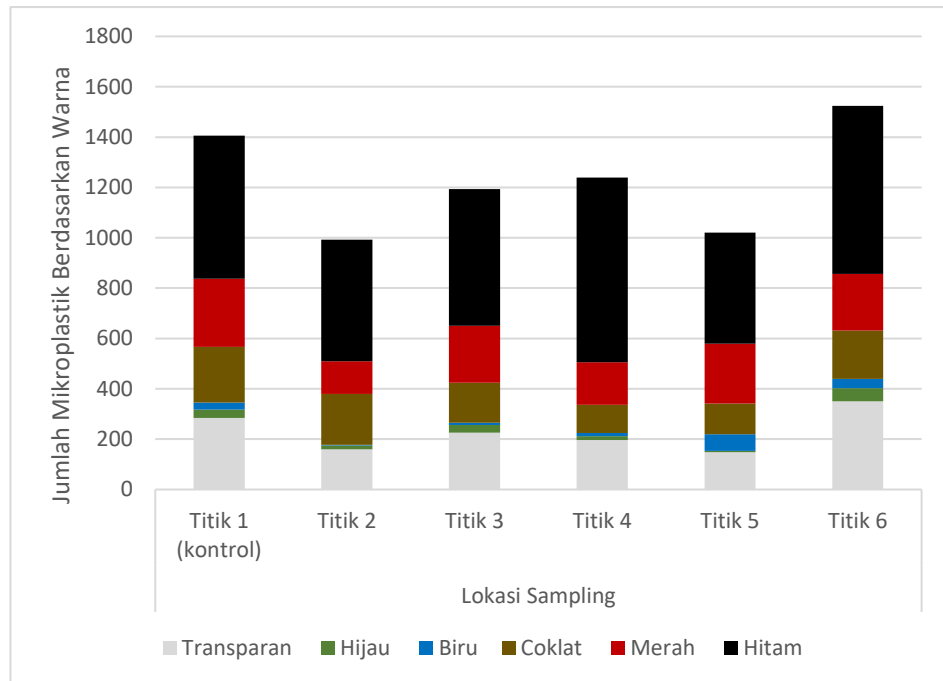
Peta penyebaran mikroplastik dapat dibuat dengan memetakan pengamatan mikroplastik berdasarkan jenis. Peta penyebaran berdasarkan jenis mikroplastik di setiap titik sampel dapat diidentifikasi dengan lebih mudah dengan bantuan peta ini. Peta distribusi mikroplastik berdasarkan jenis dapat ditunjukkan pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4. 9 Peta Distribusi Mikroplastik Berdasarkan Jenis

4.2.3 Identifikasi Berdasarkan Warna Mikroplastik

Pada pengamatan dapat diidentifikasi berdasarkan warna menggunakan mikroskop sekaligus tahap analisa saat pengamatan jenis serta jumlah mikroplastik. Hasil identifikasi mikroplastik pada air dapat teridentifikasi warna antara lain, transparan, biru, hijau, coklat, merah dan hitam. Mikroplastik berdasarkan warna dapat dilihat pada **Gambar 4.10** dibawah ini:



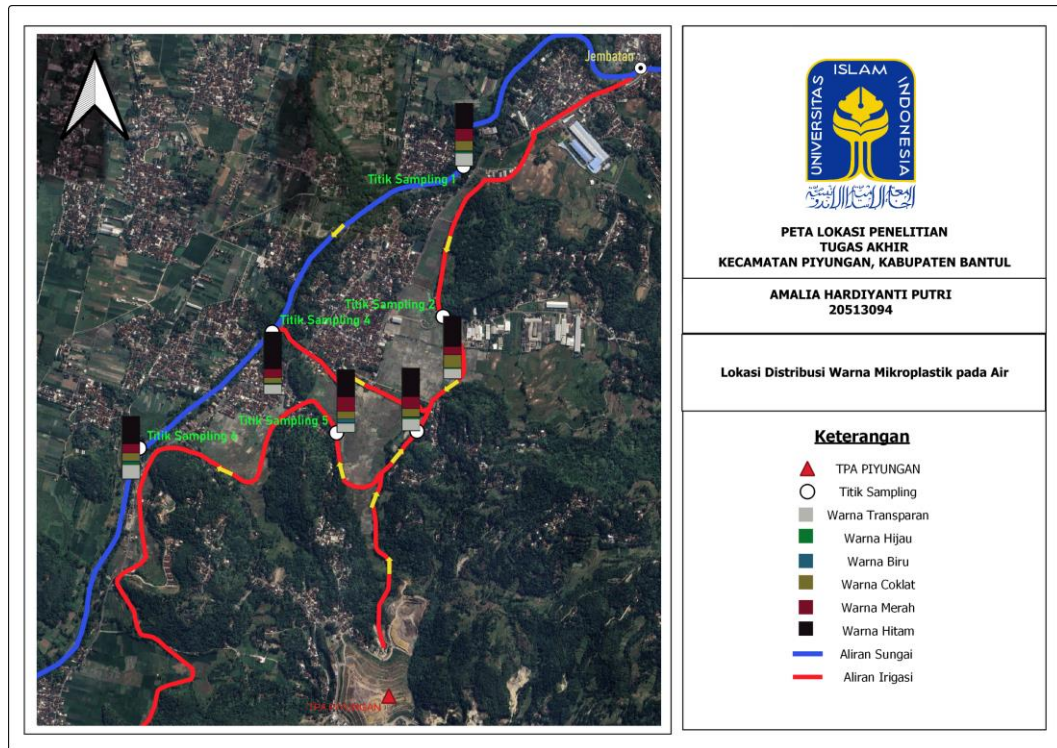
Gambar 4. 10 Mikroplastik Berdasarkan Warna

Berdasarkan **Gambar 4.10** diatas, terlihat warna yang dominan pada sampel air yaitu warna hitam sebanyak 3436 partikel, selanjutnya jumlah warna kedua yang cukup banyak ditemukan selain warna hitam yaitu warna transparan dan merah sebanyak 1366 partikel dan 1261 partikel. Kemudian, pada warna coklat yang telah diidentifikasi ditemukan sebanyak 1007 partikel dan warna yang paling sedikit diidentifikasi berada pada warna biru dan hijau yaitu sebanyak 154 partikel dan 151 partikel.

Berdasarkan hasil penelitian Napper *et al.*, (2023), warna mikroplastik yang ditemukan bervariasi seperti biru, merah, hitam, transparan dan hijau. Warna yang paling dominan ditemukan pada warna biru sebesar 68% pada sampel semua sampel (udara, sedimen dan air) dan warna yang paling sedikit ditemukan pada warna hijau sebesar 5%. Warna yang ditemukan dapat berasal dari pakaian sintetis atau pada saat proses pencucian.

Peta penyebaran mikroplastik dapat dibuat dengan memetakan pengamatan mikroplastik berdasarkan warna. Peta penyebaran berdasarkan

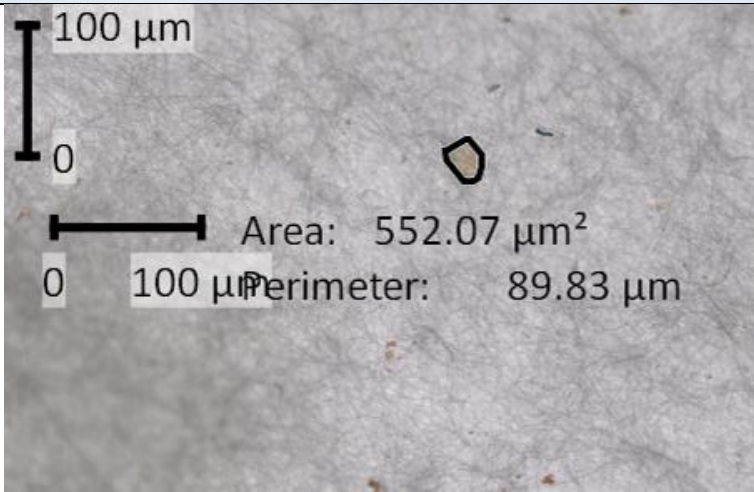
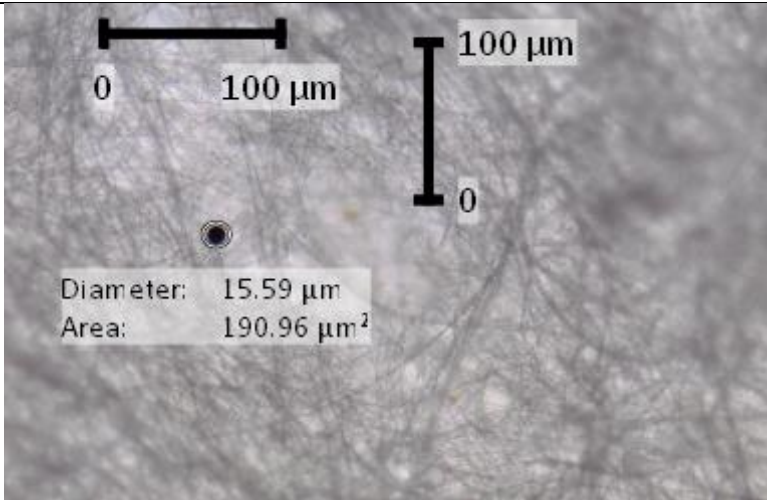
warna mikroplastik di setiap titik sampel dapat diidentifikasi dengan lebih mudah dengan bantuan peta ini. Peta distribusi mikroplastik berdasarkan warna dapat ditunjukkan pada **Gambar 4.11**.

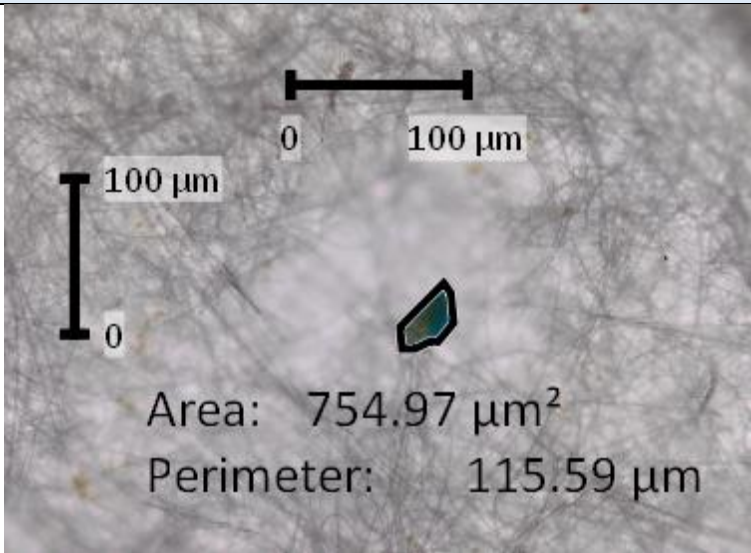
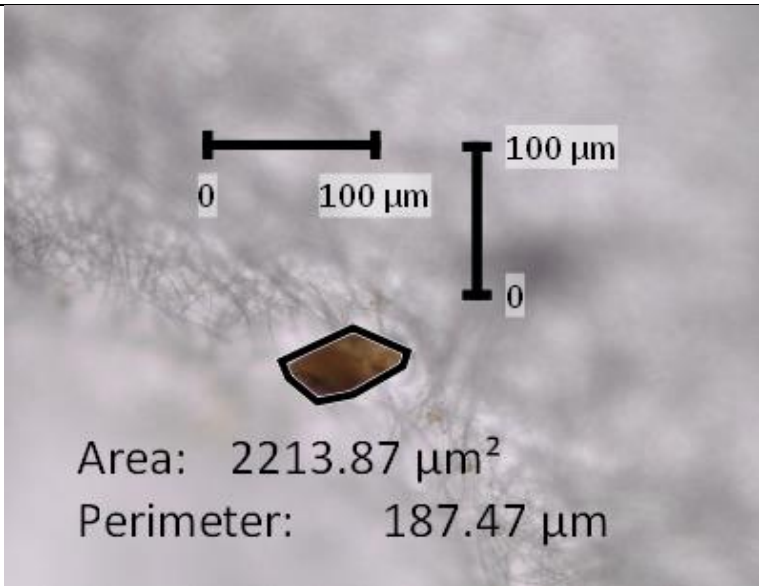


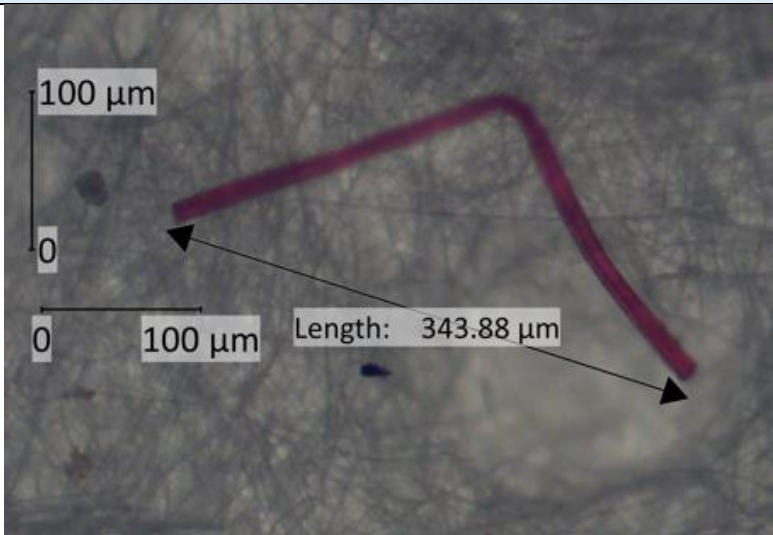
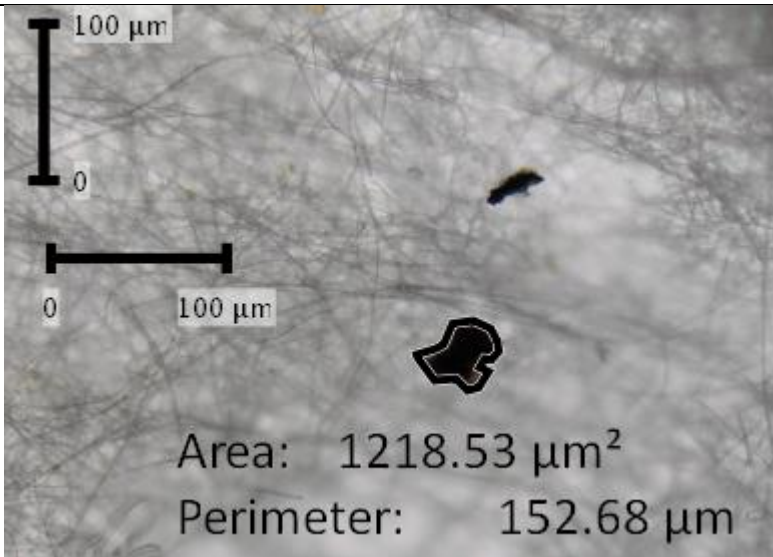
Gambar 4. 11 Peta Distribusi Mikroplastik Berdasarkan Warna

Hasil pengamatan mikroskop berdasarkan warna dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Mikroplastik Berdasarkan Warna

Warna	Gambar
Transparan	 <p>100 μm</p> <p>0</p> <p>Area: 552.07 μm^2</p> <p>0 100 μm Perimeter: 89.83 μm</p>
Hijau	 <p>100 μm</p> <p>0 100 μm</p> <p>0</p> <p>Diameter: 15.59 μm</p> <p>Area: 190.96 μm^2</p>

Warna	Gambar
Biru	 <p>Area: 754.97 μm^2 Perimeter: 115.59 μm</p>
Coklat	 <p>Area: 2213.87 μm^2 Perimeter: 187.47 μm</p>

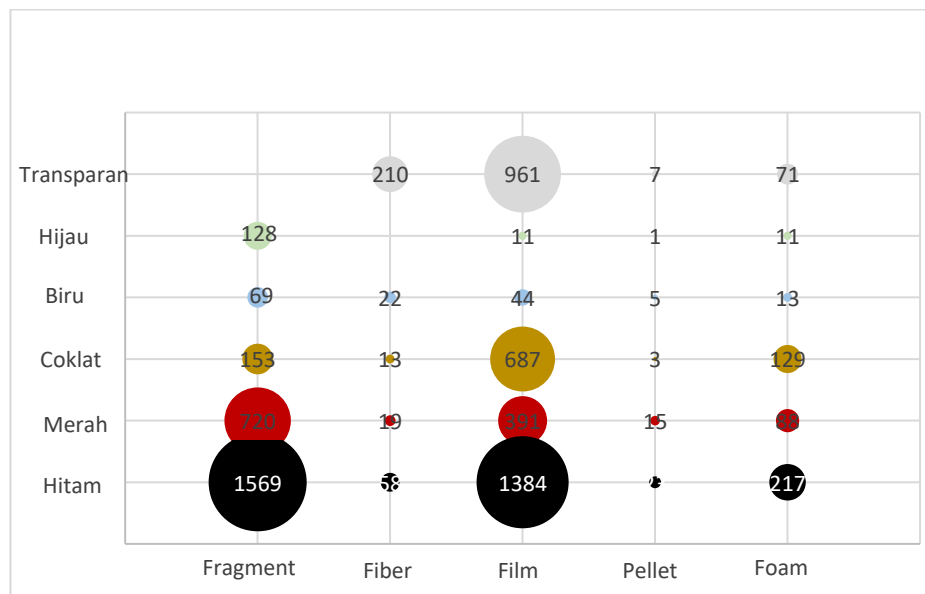
Warna	Gambar
Merah	 <p>100 μm</p> <p>0</p> <p>0 100 μm</p> <p>Length: 343.88 μm</p>
Hitam	 <p>100 μm</p> <p>0</p> <p>0 100 μm</p> <p>Area: 1218.53 μm^2</p> <p>Perimeter: 152.68 μm</p>

Pada penelitian ini kertas saring digunakan untuk memisahkan partikel mikroplastik dengan air. Penggunaan kertas saring dibantu menggunakan filter vacuum agar proses penyaringan lebih cepat, penyaringan ini menggunakan kertas saring *glass microfiber* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 dengan ukuran pori

0,45 μm (Cordova *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil pengukuran yang telah diukur pada setiap jenis mikroplastik dengan ukuran 0,45 μm - < 5 mm menunjukan bahwa partikel yang di analisis termasuk kedalam ukuran mikroplastik.

4.2.4 Identifikasi Penggabungan Mikroplastik Jenis dan Warna

Pengamatan mikroplastik dilakukan berdasarkan penggabungan antaran jenis dan warna. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop setelah itu, hasil pengamatan akan diidentifikasi dan diklasifikasi berdasarkan jumlah, jenis dan warna. Terdapat korelasi dalam pengamatan antara jenis, warna dan jumlah pada air. Mikroplastik yang telah diidentifikasi mempunyai jenis dan jumlah yang lebih banyak pada area yang yang lebih banyak terkontaminasi oleh lingkungan sekitar. Selain itu, sumber kontaminasi pada air dapat meningkatnya variasi banyak warna pada mikroplastik. Hasil pengamatan mikroplastik berdasarkan jenis dan warna dapat dilihat pada **Gambar 4.12** dibawah ini.



Gambar 4. 12 Mikroplastik pada Sampel Air Berdasarkan Jenis dan Warna

Berdasarkan data yang telah diolah, mikroplastik berdasarkan warna yang paling banyak ditemukan jenis *fragment* bewarna hitam pada sampel air sebanyak 1569 partikel, sedangkan warna hijau adalah warna yang paling

sedikit ditemukan pada semua jenis mikroplastik. Warna hitam paling banyak karena memiliki daya serap yang tinggi dalam menyerap kontaminan yang menyebabkan warna pada mikroplastik dapat mengalami perubahan (Napper *et al.*, 2023). Sedangkan, jika dilihat pada gambar diatas warna transparan merupakan warna kedua yang cukup banyak ditemukan pada sampel ini, hal ini menandakan bahwa mikroplastik dengan warna transparan sudah lama terpapar oleh sinar Ultra Violet (UV).

Selain warna yang ditemukan pada mikroplastik, adapun jenis mikroplastik yang telah teridentifikasi. Jenis mikroplastik *film* paling banyak ditemukan pada sampel air ini. *Film* merupakan mikroplastik yang berasal dari aktivitas pertanian, sampah plastik seperti botol maupun produk kemasan (Afrin *et al.*, 2020). *Film* dengan mudah distribusi pada sampel air karena pada jenis ini memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis lain. Hal ini menyebabkan, mikroplastik jenis *film* lebih sering ditemukan pada air dibandingkan dengan sedimen (Wojnowska-Baryła *et al.*, 2022).

4.2.5 Identifikasi Senyawa Polimer Menggunakan Spektrofotometri FTIR

Setelah mengidentifikasi jumlah, jenis dan warna mikroplastik dengan menggunakan mikroskop, tahapan selanjutnya adalah pengujian sampel menggunakan *Fourier- Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) pada panjang gelombang yang dapat dibaca untuk menganalisis senyawa polimer yang terbaca pada kertas saring, kertas saring akan diletakan di tengah alas besi. Dengan membagi 4 kuadran pada kertas saring dapat membantu mempermudah untuk pembacaan senyawa polimer dengan menandakan mikroplastik yang berukuran besar pada kertas saring menggunakan pensil. Analisis menggunakan spektrofotometri FTIR menghasilkan skor kemiripan senyawa kimia yang terbaca dengan hitlist yang dimiliki oleh setiap sampel atau pembacaan FTIR dengan membaca peak serta melihat panjang gelombang dan akan dicocokkan pada puncak karakteristik FTIR pada gugus fungsi dan jenis polimernya (Jung *et al.*, 2018)

dan hasil akan didata dalam grafik dan tabel. Pembacaan gelombang FTIR dengan panjang gelombang $500 - 4000\text{cm}^{-1}$. Kertas saring yang digunakan jenis kertas saring *glass microfiber grade* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 untuk analisis sampel air. Hasil analisis spektrofotometri FTIR pada sampel air dapat ditunjukkan pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Spektrofotometri FTIR pada Sampel Air

Lokasi	Peak (cm^{-1})	Nilai Peak pada Acuan (cm^{-1})	Dugaan Jenis Polimer Jung et al., (2018)
1	1006,84	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
2	1002,98	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	536,21	537	Polystyrene (PS)
3	1010,70	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	779,24	759	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)
4	1010,70	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	779,24	759	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)
	551,64	554	Polytetrafluorethylene (PTFE)
5	1002,98	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	783,10	758	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)
	690,52	694	Polystyrene (PS)
6	1006,84	1013	Polycarbonate (PC)
		1027	Polystyrene (PS)
	999,13	997	Polypropylene (PP)

Sumber: Olah Data Pribadi

Berdasarkan polimer yang telah dianalisis, terdapat 5 jenis polimer yang ditemukan pada sampel air Sungai Opak yaitu *Polycarbonate* (PC), *Polystyrene* (PS), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *Polytetrafluorethylene* (PTFE) dan *Polypropylene* (PP). **Tabel 4.6** merupakan kegunaan dari masing-masing polimer yang telah ditemukan pada sampel air Sungai Opak.

Tabel 4. 6 Penggunaan Polimer

Polimer	Kegunaan
<i>Polycarbonate</i> (PC)	<i>Polycarbonate</i> (PC) dapat digunakan pada peralatan elektronik atau sebagai produksi CD dan DVD pembentuk alat rumah dan material pembentuk atap (Park & Seo, 2011). Selain itu, polimer ini dapat ditemukan di galon, gelas balita dan botol bayi.
<i>Polystyrene</i> (PS)	<i>Polystyrene</i> (PS) senyawa utama dengan bahan styrofoam dan biasanya digunakan untuk wadah makanan plastik, gelas plastik dan alat makanan plastik yang digunakan untuk sekali pakai.
<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (ABS)	<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (ABS) digunakan sebagai interior mobil dan peralatan elektronik karena polimer ini dapat menghantarkan listrik dengan baik. Jenis polimer ini dapat berasal dari wadah makanan, mainan anak maupun pada pipa.
<i>Polytetrafluorethylene</i> (PTFE)	<i>Polytetrafluorethylene</i> (PTFE) biasanya digunakan sebagai pelapis anti leket yang digunakan pada

	peralatan masak (Sajid & Ilyas, 2017). Selain itu PTFE dapat digunakan peralatan medis.
<i>Polypropylene</i> (PP)	<i>Polypropylene</i> (PP) biasanya digunakan untuk botol kemasan, sedotan, alat pancing, tali serta wadah tahan panas

Sumber: Olah Data Pribadi

Pada penelitian Utami & Liani, (2021), beberapa jenis polimer yang telah terbaca pada pengujian Spektrofotometri FTIR. Pada sampel air sumur gali di sekitar TPA Piyungan ditemukan dua jenis polimer yaitu *Polystyrene* (PS) dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) . Selain itu pada penelitian Afrin *et al.*, (2020), jenis polimer yang terbaca oleh Spektrofotometri FTIR pada sampel tanah di TPA hasil yang diperoleh pada FTIR yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Cellulose Acetate* (CA).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, penulis dapat menyimpulkan bahwa identifikasi kelimpahan mikroplastik pada titik 6 menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik tertinggi pada sampel air dengan rata-rata sebanyak 7,62 partikel/mL. Sedangkan, kelimpahan mikroplastik yang paling sedikit ditemukan pada titik 2 dengan rata-rata kelimpahan sebanyak 4,96 partikel/mL. Hasil analisis mikroplastik berdasarkan jenis dapat ditemukan 5 (lima) jenis mikroplastik yang berbeda yaitu, *Fragment*, *Fiber*, *Film*, *Pellet* dan *Foam* beserta presentase pada masing-masing. Dengan presentase sebesar 44,2% jenis *fragment* yang ditemukan pada titik 4, *fiber* dengan presentase sebesar 7,2% pada titik 1, *film* dengan presentase 58,8% pada titik 2, *pellet* dengan presentase 1,9% pada titik 5 dan *foam* dengan presentase 9,2% pada titik 5. Selanjutnya, hasil analisis berdasarkan warna ditemukan 6 (enam) warna mikroplastik yang berbeda, yaitu warna transparan, hijau, biru, coklat, merah dan hitam. Dengan hasil presentasi warna transparan terbanyak ditemukan pada titik 6 sebesar 23%, warna hijau pada titik 6 sebesar 3,4%, warna biru pada titik 5 sebesar 6,6%, warna coklat pada titik 2 sebesar 20,5% dan warna hitam pada titik 4 sebesar 59,2%. Pada analisis mikroplastik jenis polimer menggunakan alat Spektrofotometri FTIR, diperoleh hasil polimer yang terbaca yaitu *Polycarbonate* (PC), *Polystyrene* (PS), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *Polytetrafluorethylene* (PTFE) dan *Polypropylene* (PP).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Pada saat proses WPO (*Wet Peroxide Oxidation*) lebih diperhatikan suhu dan waktu yang tepat serta memperhatikan perbandingan penggunaan larutan Fe (II) 0,05 M dan H_2O_2 30%.
2. Perlu pemahaman dan ketelitian tingkat tinggi saat mengidentifikasi berbagai jenis mikroplastik, untuk memastikan tidak terjadi kesalahan pada saat identifikasi dengan menggunakan pengamatan mikroskop.
3. Pengujian polimer mikroplastik dengan menggunakan instrumen FTIR kurang akurat dan sering mengalami error. Sebaiknya pengujian menggunakan instrumen FTIR ditujukan pada makroplastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrin, S., Uddin, M. K., & Rahman, M. M. (2020). Microplastics contamination in the soil from Urban Landfill site, Dhaka, Bangladesh. *Heliyon*, 6(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05572>
- Alam, F. C., Sembiring, E., Muntalif, B. S., & Suendo, V. (2019). Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area (case study: Ciwalengke River, Majalaya district, Indonesia). *Chemosphere*, 224, 637–645. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.188>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Ari Wijaya, B., & Trihadiningrum, Y. (2020). Pencemaran Meso- dan Mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Driyorejo hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 2–7. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.46000>
- Ariyunita, S., Subchan, W., Alfath, A., Wardatun Nabilla, N., & Nafar, S. A. (2022). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Dan Gastropoda Di Sungai Bedadung Segmen Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember. *Jurnal Biosense*, 5(2), 47–51. <https://doi.org/10.36526/biosense.v5i2.2267>
- Ayuningtyas, W. C. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 41–45. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.5>
- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). Marine anthropogenic litter. In *Marine Anthropogenic Litter*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Besseling, E., Foekema, E. M., Van Den Heuvel-Greve, M. J., & Koelmans, A. A. (2017). The Effect of Microplastic on the Uptake of Chemicals by the Lugworm *Arenicola marina* (L.) under Environmentally Relevant Exposure Conditions. *Environmental Science and Technology*, 51(15), 8795–8804. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02286>
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide:

- Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, 45(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Cai, Y., Li, C., & Zhao, Y. (2022). A review of the migration and transformation of microplastics in inland water systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010148>
- Cok Istri Agung Sucipta Yudhantari, I Gede Hendrawan, & Ni Luh Putu Ria Puspitha. (2019). Kandungan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Lemuru Protolan (*Sardinella Lemuru*) Hasil Tangkapan di Selat Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 2(2), 48–52.
- Cordova, M. R., Purwiyanto, A. I. S., & Suteja, Y. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 142(March), 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.040>
- Djumanto, & Probosunu, N. (2011). Biodiversitas sumber daya ikan di hulu Sungai Opak [Biodiversity of fisheries resources in upstream of Opak River]. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 11(1), 1–10. <http://www.jurnal-iktiologi.org/index.php/jii/article/view/144>
- Ebere, E. C., Wirnkor, V. A., Ngozi, V. E., & Chukwuemeka, I. S. (2019). Macrodebris and microplastics pollution in Nigeria: First report on abundance, distribution and composition. *Environmental Health and Toxicology*, 34(4). <https://doi.org/10.5620/eaht.e2019012>
- Eko Irianto, H., & Giyatmi, G. (2021). Determination of rate constant, order reaction model and shelf life of crude hoki (*Macruronus novaezelandiae*) oil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012072>
- Febriani, I. S., Amin, B., & Fauzi, M. (2020). Distribusi mikroplastik di perairan Pulau Bengkalis Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. *Depik*, 9(3), 386–392. <https://doi.org/10.13170/depik.9.3.17387>
- GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. (2015). Sources, fate and effects of microplastics

- in the marine environment: a global assessment". *Reports and Studies GESAMP*, 90(April), 96. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3803.7925>
- Hasibuan, N. H., Suryati, I., Leonardo, R., Risky, A., Ageng, P., & Addauwiyah, R. (2020). Analisa Jenis, Bentuk Dan Kelimpahan Mikroplastik Di Sungai Sei Sikambing Medan. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 20(2), 108. <https://doi.org/10.36275/stsp.v20i2.270>
- He, P., Chen, L., Shao, L., Zhang, H., & Lü, F. (2019). Municipal solid waste (MSW)landfill: A source of microplastics? -Evidence of microplastics in landfill leachate. *Water Research*, 159, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.04.060>
- Ismi, L. N., Elfidasari, D., Puspitasari, R. L., & Sugoro, I. (2019). Kandungan 10 Jenis Logam Berat pada Daging Ikan Sapu-Sapu (*Pterygoplichthys pardalis*) Asal Sungai Ciliwung Wilayah Jakarta. *JURNAL AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 5(2), 56. <https://doi.org/10.36722/sst.v5i2.350>
- Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez C., V., Beers, K. L., Balazs, G. H., Jones, T. T., Work, T. M., Brignac, K. C., Royer, S. J., Hyrenbach, K. D., Jensen, B. A., & Lynch, J. M. (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 127(December 2017), 704–716. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.061>
- Kabir, A. H. M. E., Sekine, M., Imai, T., Yamamoto, K., Kanno, A., & Higuchi, T. (2021). Assessing small-scale freshwater microplastics pollution, land-use, source-to-sink conduits, and pollution risks: Perspectives from Japanese rivers polluted with microplastics. *Science of the Total Environment*, 768, 144655. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144655>
- Liu, S., Chen, H., Wang, J., Su, L., Wang, X., Zhu, J., & Lan, W. (2021). The distribution of microplastics in water, sediment, and fish of the Dafeng River, a remote river in China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 228, 113009. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113009>

- Mohamed Nor, N. H., & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1–2), 278–283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>
- Napper, I. E., Baroth, A., Barrett, A. C., Bhola, S., Chowdhury, G. W., Davies, B. F. R., Duncan, E. M., Kumar, S., Nelms, S. E., Niloy, M. N. H., Nishat, B., Maddalene, T., Smith, N., Thompson, R. C., & Koldewey, H. (2023). The distribution and characterisation of microplastics in air, surface water and sediment within a major river system. In *Science of the Total Environment* (Vol. 901). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166640>
- Pan, Y., Gao, S. H., Ge, C., Gao, Q., Huang, S., Kang, Y., Luo, G., Zhang, Z., Fan, L., Zhu, Y., & Wang, A. J. (2023). Removing microplastics from aquatic environments: A critical review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 13, 100222. <https://doi.org/10.1016/j.es.2022.100222>
- Park, S. J., & Seo, M. K. (2011). Element and Processing. In *Interface Science and Technology* (Vol. 18). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375049-5.00006-2>
- Pasaribu, R. S. B., Nedi, S., & Elizal, E. (2022). Analysis of Microplastics on Sediments in the Waters of Selat Panjang of Tebing Tinggi Subdistrict, Meranti Islands Regency, Riau Province. *Jurnal Natur Indonesia*, 19(2), 51. <https://doi.org/10.31258/jnat.19.2.51-56>
- Ramadan, A. H., & Sembiring, E. (2020). Occurrence of Microplastic in surface water of Jatiluhur Reservoir. *E3S Web of Conferences*, 148, 1–4. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014807004>
- Sajid, M., & Ilyas, M. (2017). PTFE-coated non-stick cookware and toxicity concerns: a perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(30), 23436–23440. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0095-y>
- Sari Dewi, I., Aditya Budiarsa, A., & Ramadhan Ritonga, I. (2015). Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*, 4(3), 121–131. <https://doi.org/10.13170/depik.4.3.2888>
- Sari, R. N. (2017). 273-541-1-Sm. 6(1), 93–99.
- Scherer, C., Weber, A., Stock, F., Vurusic, S., Egerci, H., Kochleus, C., Arendt, N., Foeldi, C., Dierkes, G., Wagner, M., Brennholt, N., & Reifferscheid, G.

- (2020). Comparative assessment of microplastics in water and sediment of a large European river. *Science of the Total Environment*, 738, 139866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139866>
- Seftianingrum, B., Hidayati, I., & Zummah, A. (2023). Identifikasi Mikroplastik pada Air, Sedimen, dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Sungai Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Jeumpa*, 10(1), 68–82. <https://doi.org/10.33059/jj.v10i1.7408>
- Sutanhaji, A. T., Rahadi, B., & Firdausi, N. T. (2021). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Permukaan di Sungai Metro, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 74–84. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.3>
- Syakti, A. D., Jaya, J. V., Rahman, A., Hidayati, N. V., Raza'i, T. S., Idris, F., Trenggono, M., Doumenq, P., & Chou, L. M. (2019). Bleaching and necrosis of staghorn coral (*Acropora formosa*) in laboratory assays: Immediate impact of LDPE microplastics. In *Chemosphere* (Vol. 228). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.156>
- Utami, I., & Liani, M. (2021). Identifikasi Mikroplastik pada Air Sumur Gali di sekitar TPA Piyungan Yogyakarta. *Jurnal Riset Daerah*, 21(3), 4003–4014.
- Vandermeersch, G., Van Cauwenberghe, L., Janssen, C. R., Marques, A., Granby, K., Fait, G., Kotterman, M. J. J., Diogène, J., Bekaert, K., Robbens, J., & Devriese, L. (2015). A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environmental Research*, 143(2014), 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.016>
- Wibowo, A. T., Nugrahapraja, H., Wahyuono, R. A., Islami, I., Haekal, M. H., Fardiansyah, Y., Sugiyo, P. W. W., Putro, Y. K., Fauzia, F. N., Santoso, H., Götz, F., Tangahu, B. V., & Luqman, A. (2021). Microplastic contamination in the human gastrointestinal tract and daily consumables associated with an Indonesian farming community. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212840>
- Wojnowska-Baryła, I., Bernat, K., & Zaborowska, M. (2022). Plastic Waste Degradation in Landfill Conditions: The Problem with Microplastics, and

Their Direct and Indirect Environmental Effects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20).
<https://doi.org/10.3390/ijerph192013223>

Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 178, 483–492.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>

Zhang, L., Zhao, W., Zhang, L., Cai, Z., Yan, R., Yu, X., Barceló, D., & Sui, Q. (2024). New Insights into Microplastic Contamination in Different Types of Leachates: Abundances, Characteristics, and Potential Sources. *Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.eng.2024.02.008>

LAMPIRAN

Lampiran 1 – Dokumentasi Pengambilan Sampel



Lampiran 1. 1 Pengambilan Sampel

Lampiran 2 – Pengecekan pH dan Suhu pada Saat Pengambilan Sampel

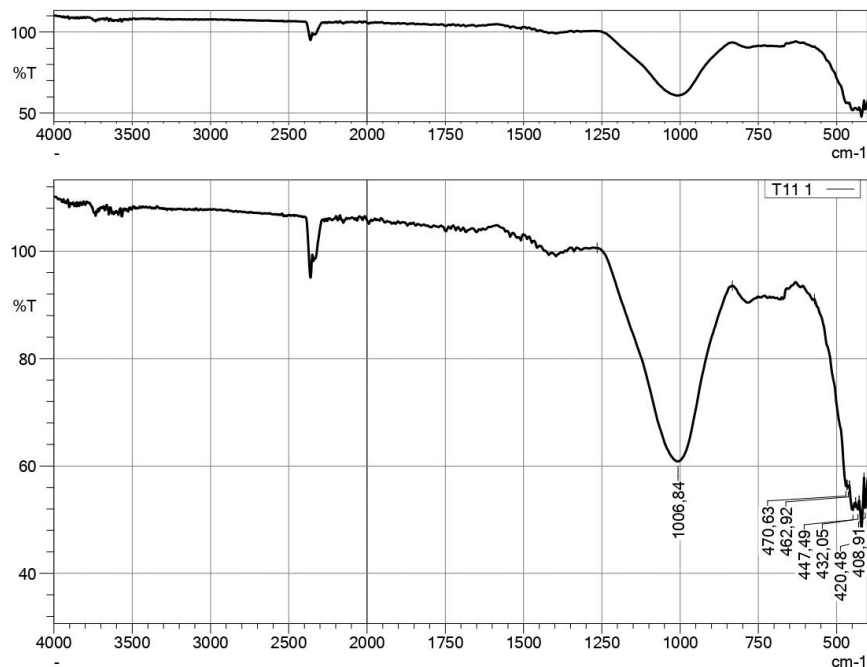


Lampiran 1. 2 Pengecekan Suhu dan pH

Lampiran 3 – Hasil Analisis Polimer Menggunakan Spektrofotometri FTIR

	Score	Library	Name	Comment
1	601	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
2	598	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Coorporation) Transmission(Microscope)
3	591	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
4	588	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
5	580	74 - T-Polymer2	PAR	Polyarylate(PAR) Transmission(Microscope)
6	579	107 - T-Polymer2	T_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl 20%Methoxyl) Transmission(Microscope)
7	579	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
8	577	19 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)
9	574	40 - T-Polymer2	FEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoropro pylene(FEP) Transmission(Microscope)
10	573	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)
11	572	109 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulos e	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) Transmission(Microscope)
12	572	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)
13	571	48 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(TAIKO-TE) Transmission(Microscope)
14	571	22 - T-Polymer2	Soy Bean Powder	Soy Bean Powder Transmission(Microscope)
15	570	79 - T-Polymer2	PET	Polyethylene Terephthalate(PET) Transmission(Microscope)
16	568	50 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(TOYOBO ESTER FILM & ESPET FILM) Transmission(Microscope)
17	568	49 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(SEKISUI ESTER P320-P321) Transmission(Microscope)
18	566	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
19	565	139 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Phthalate	Poly(Diallyl Phthalate) Transmission(Microscope)
20	563	52 - T-Polymer2	PI	Polyimide(KAPTON) Transmission(Microscope)
21	562	87 - T-Polymer2	PMMA	Polymethylmethacrylate(PMMA) Transmission(Microscope)
22	561	47 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Elastomer Transmission(Microscope)
23	561	14 - T-Polymer2	Hydon666	Polyamide(Hydon666) Transmission(Microscope)
24	560	65 - T-Polymer2	Irganox 1330	Polymer Additive(Irganox 1330) Transmission(Microscope)
25	555	140 - T-Polymer2	T_Polyethyl_Methacrylate	Poly(Ethyl Methacrylate) Transmission(Microscope)
26	552	81 - T-Polymer2	PC/PBT	Polycarbonate-Polybutylene Terephthalate(PC/PBT) Transmission(Microscope)
27	551	36 - T-Polymer2	EVOH	Ethylenevinylalcohol(EVOH) Transmission(Microscope)
28	551	3 - T-Polymer2	Acrylonitrile Film2	Acrylonitrile Film(HIGH TORON BX) Transmission(Microscope)

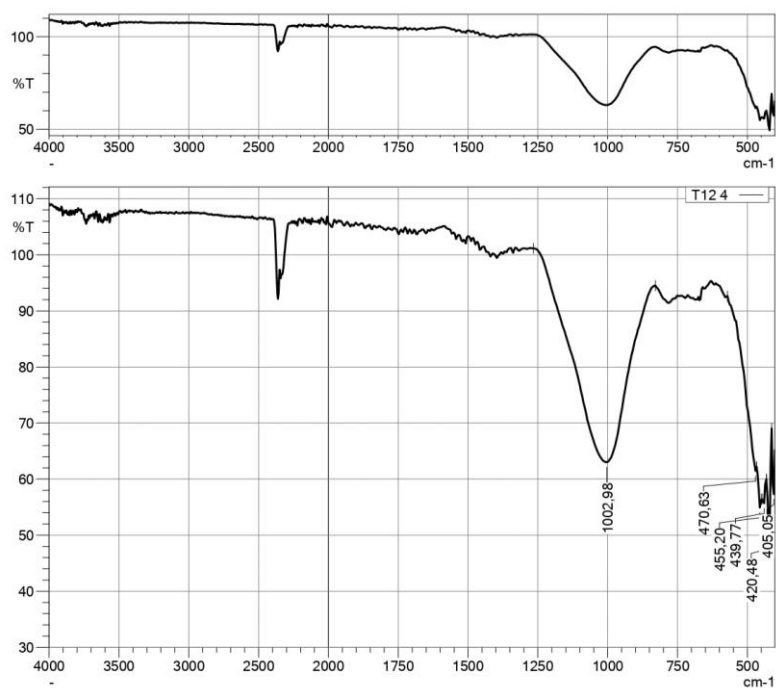
Lampiran 1.3 Hitlist Sampel 1.1



Lampiran 1.4 Graph Sampel 1.1

	Score	Library	Name	Comment
1	599	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
2	589	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(Elizabeth Corporation) Transmission(Microscope)
3	583	107 - T-Polymer2	T_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20% Methoxyl) Transmission(Microscope)
4	581	109 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) Transmission(Microscope)
5	580	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
6	578	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
7	570	40 - T-Polymer2	FEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoropro pylene(FEP) Transmission(Microscope)
8	569	65 - T-Polymer2	Irganox 1330	Polymer Additive(Irganox 1330) Transmission(Microscope)
9	560	97 - T-Polymer2	T_Ethyl_Cellulose	Ethyl Cellulose(Ethoxyl content 50%) Transmission(Microscope)
10	559	74 - T-Polymer2	PAR	Polyarylate(PAR) Transmission(Microscope)
11	558	22 - T-Polymer2	Soy Bean Powder	Protein(Soy Bean Powder) Transmission(Microscope)
12	552	25 - T-Polymer2	PS	Polystyrene(PS) Transmission(Microscope)
13	551	52 - T-Polymer2	PI	Polyimide(KAPTON) Transmission(Microscope)
14	549	120 - T-Polymer2	T_PC2	Polycarbonate(PC) Transmission(Microscope)
15	549	87 - T-Polymer2	PMMA	Polymethylmethacrylate(PMMA) Transmission(Microscope)
16	549	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)
17	548	80 - T-Polymer2	PC	Polycarbonate(PC) Transmission(Microscope)
18	547	140 - T-Polymer2	T_Polyethyl_Methacrylate	Poly(Ethyl Methacrylate) Transmission(Microscope)
19	546	21 - T-Polymer2	Human Hair	Protein(Human Hair) Transmission(Microscope)
20	545	139 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Phthalate	Poly(Diallyl Phthalate) Transmission(Microscope)
21	544	14 - T-Polymer2	Nylon6/66	Polyamide(Nylon6/66) Transmission(Microscope)
22	544	1 - T-Polymer2	ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene(AB S) Transmission(Microscope)
23	543	48 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(TAIKO-FE) Transmission(Microscope)
24	542	44 - T-Polymer2	Epoxy	Epoxy Resin(Electronic Parts-2) Transmission(Microscope)
25	542	36 - T-Polymer2	EVOH	Ethylenevinylalcohol(EVOH) Transmission(Microscope)
26	541	17 - T-Polymer2	Nylon 11	Polyamide(Nylon 11) Transmission(Microscope)
27	540	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)
28	539	130 - T-Polymer2	T_Poly_4_4_Dipropoxy_2_2_DiphenylPropaneFumarate	Poly(4,4-Dipropoxy-2,2-Diphenyl Propane Fumarate) Transmission(Microscope)

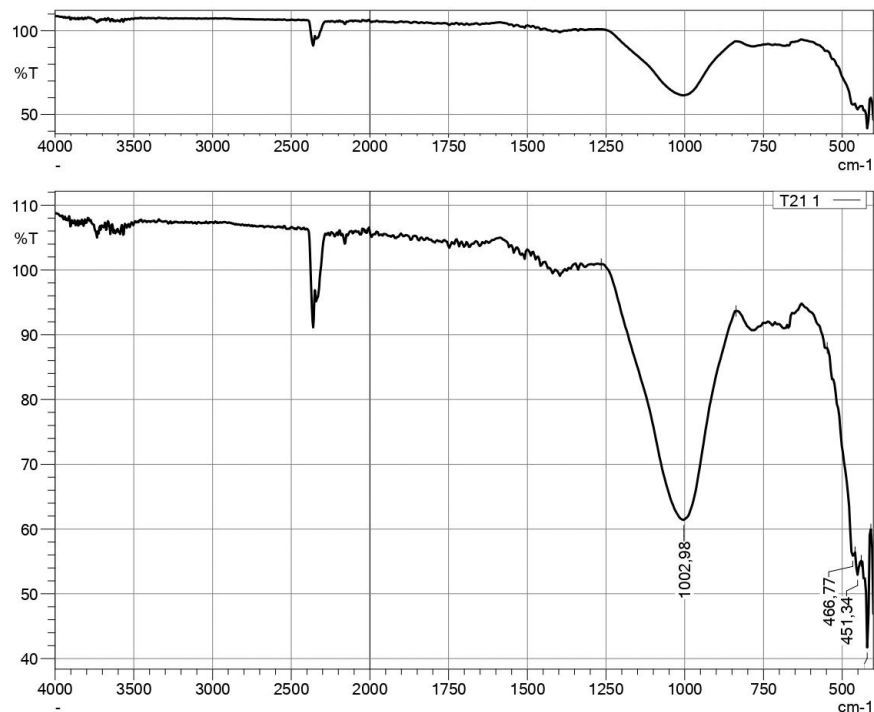
Lampiran 1. 5 Hitlist Sampel 1.2



Lampiran 1. 6 Graph Sampel 1.2

	Score	Library	Name	Comment
1	595	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
2	591	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Corporation) Transmission(Microscope)
3	587	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)
4	586	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
5	584	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)
6	583	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
7	578	139 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Phthalate	Poly(Diallyl Phthalate) Transmission(Microscope)
8	577	81 - T-Polymer2	PC/PBT	Polycarbonate/Polybutylene Terephthalate(PC/PBT) Transmission(Microscope)
9	577	49 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(SEKISUI ESTERIA P320-P321) Transmission(Microscope)
10	577	47 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Elastomer Transmission(Microscope)
11	576	109 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) Transmission(Microscope)
12	575	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
13	574	40 - T-Polymer2	FEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoropro pylene(FEP) Transmission(Microscope)
14	574	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)
15	572	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
16	571	107 - T-Polymer2	T_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) Transmission(Microscope)
17	569	79 - T-Polymer2	PET	Polyethylene Terephthalate(PET) Transmission(Microscope)
18	568	74 - T-Polymer2	PAR	Polyarylate(PAR) Transmission(Microscope)
19	568	48 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(TAIKO-FE) Transmission(Microscope)
20	566	22 - T-Polymer2	Soy Bean Powder	Protein(Soy Bean Powder) Transmission(Microscope)
21	565	65 - T-Polymer2	Irganox 1330	Polymer Additive(Irganox 1330) Transmission(Microscope)
22	565	52 - T-Polymer2	PI	Polyimide(KAPTON) Transmission(Microscope)
23	561	140 - T-Polymer2	T_Polyethyl_Methacrylate	Poly(Ethyl Methacrylate) Transmission(Microscope)
24	560	87 - T-Polymer2	PMMA	Polymethylmethacrylate(PMMA) Transmission(Microscope)
25	559	50 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(TOYODO ESTER FILM & ESPET FILM) Transmission(Microscope)
26	549	3 - T-Polymer2	Acrylonitrile Film2	Acrylonitrile Film(HIGHTORON BK) Transmission(Microscope)
27	547	80 - T-Polymer2	PC	Polycarbonate(PC) Transmission(Microscope)
28	547	2 - T-Polymer2	Acrylonitrile Film1	Acrylonitrile Film(ZEXLON) Transmission(Microscope)

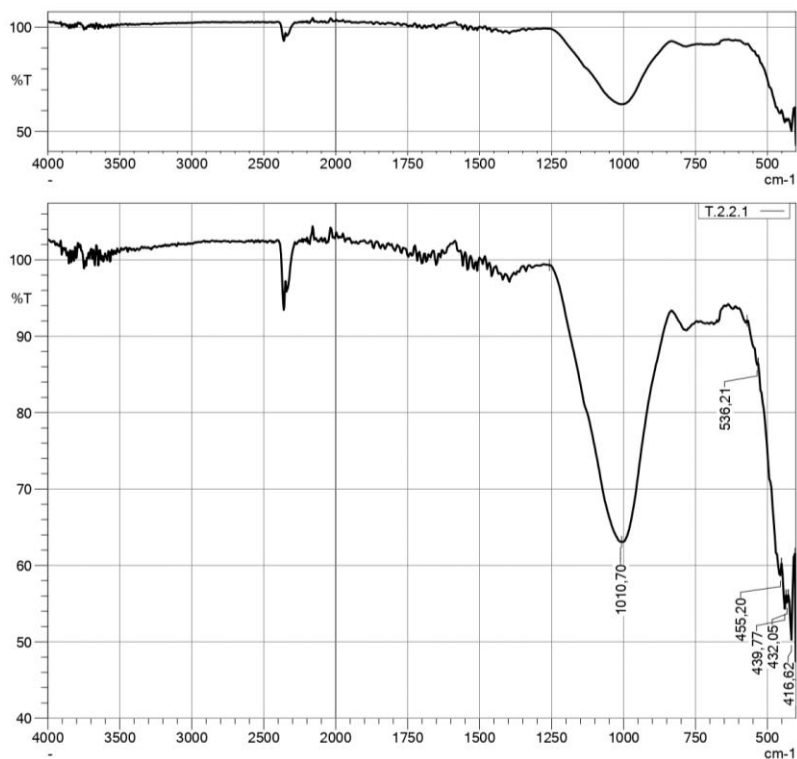
Lampiran 1. 7 Hitlist Sampel 2.1



Lampiran 1. 8 Graph Sampel 2.1

	Score	Library	Name	Comment
1	666	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) DuraSampleIR-II
2	691	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSampleIR-II
3	678	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSampleIR
4	678	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSampleIR-II
5	671	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSampleIR-II
6	668	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSampleIR-II
7	666	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSampleIR-II
8	660	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSampleIR-II
9	655	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSampleIR-II
10	646	3 - IRs Polymer2	ARABIC	Arabic gum Film
11	642	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
12	636	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
13	631	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
14	619	166 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVFM)(82% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSampleIR-II
15	615	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
16	610	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) Transmission(Microscope)
17	607	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATR/diamond ATRcorrected
18	607	58 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSampleIR-II
19	604	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene	Polyacetylene DuraSampleIR-II
20	604	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSampleIR-II
21	601	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSampleIR-II
22	597	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSampleIR-II
23	595	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
24	594	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
25	593	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
26	591	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
27	589	22 - ATR-Polymer2	D_Protein2	Protein(Soy Bean Powder) DuraSampleIR-II
28	587	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
29	587	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)

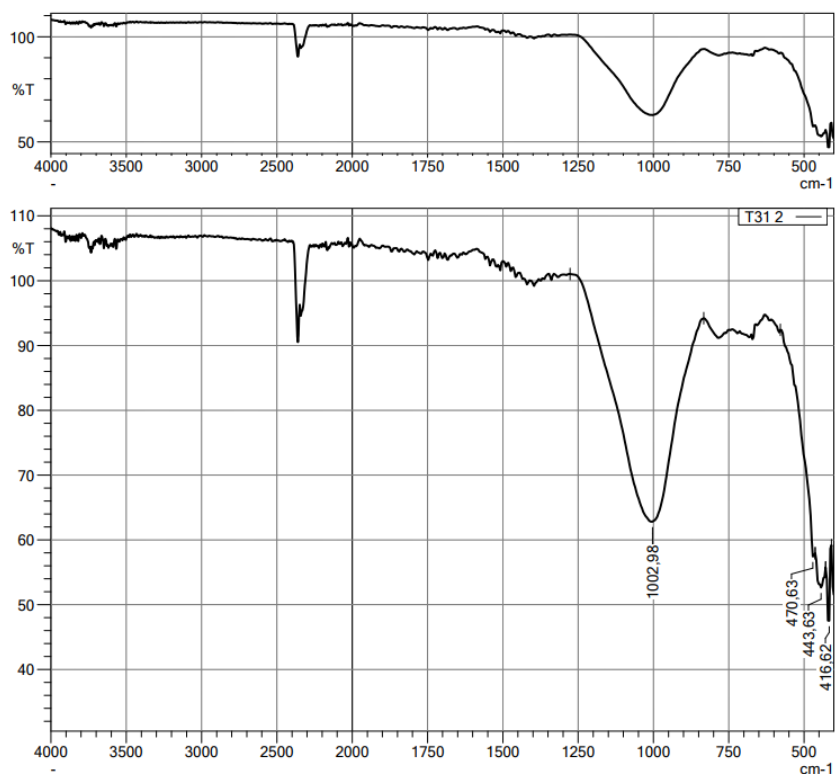
Lampiran 1. 9 Hitlist Sampel 2.2



Lampiran 1. 10 Graph Sampel 2.2

	Score	Library	Name	Comment
1	611	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Coorporation) Transmission(Microscope)
2	601	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
3	600	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
4	597	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
5	597	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)
6	589	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
7	576	40 - T-Polymer2	FEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoropropylene(FEP) Transmission(Microscope)
8	572	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)
9	568	139 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Phthalate	Poly(Diallyl Phthalate) Transmission(Microscope)
10	568	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)
11	564	107 - T-Polymer2	T_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxy) Transmission(Microscope)
12	563	47 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Elastomer Transmission(Microscope)
13	561	87 - T-Polymer2	PMMA	Polymethylmethacrylate(PMMA) Transmission(Microscope)
14	561	65 - T-Polymer2	Irganox 1330	Polymer Additive(Irganox 1330) Transmission(Microscope)
15	559	81 - T-Polymer2	PC/PBT	Polycarbonate/Polybutylene Terephthalate(PC/PBT) Transmission(Microscope)
16	559	58 - T-Polymer2	Silicon Rubber	Silicon Rubber Transmission(Microscope)
17	559	49 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(SEKISUI ESTINA P320-P321) Transmission(Microscope)
18	559	48 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(TAIKO-FE) Transmission(Microscope)
19	557	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
20	556	79 - T-Polymer2	PET	Polyethylene Terephthalate(PET) Transmission(Microscope)
21	555	140 - T-Polymer2	T_Polyethyl_Methacrylate	Poly(Ethyl Methacrylate) Transmission(Microscope)
22	555	22 - T-Polymer2	Soy Bean Powder	Protein(Soy Bean Powder) Transmission(Microscope)
23	552	74 - T-Polymer2	PAR	Polyarylate(PAR) Transmission(Microscope)
24	547	3 - T-Polymer2	Acrylonitrile Film2	Acrylonitrile Film(HIGHTORON BX) Transmission(Microscope)
25	546	150 - T-Polymer2	T_PVC with PhthalicEster 2	Polyvinylchloride with Phthalate Transmission(Microscope)
26	546	76 - T-Polymer2	PEEK	Polyetheretherketone(PEEK) Transmission(Microscope)
27	544	85 - T-Polymer2	PPS	Polyphenylene Sulfide(PPS) Transmission(Microscope)

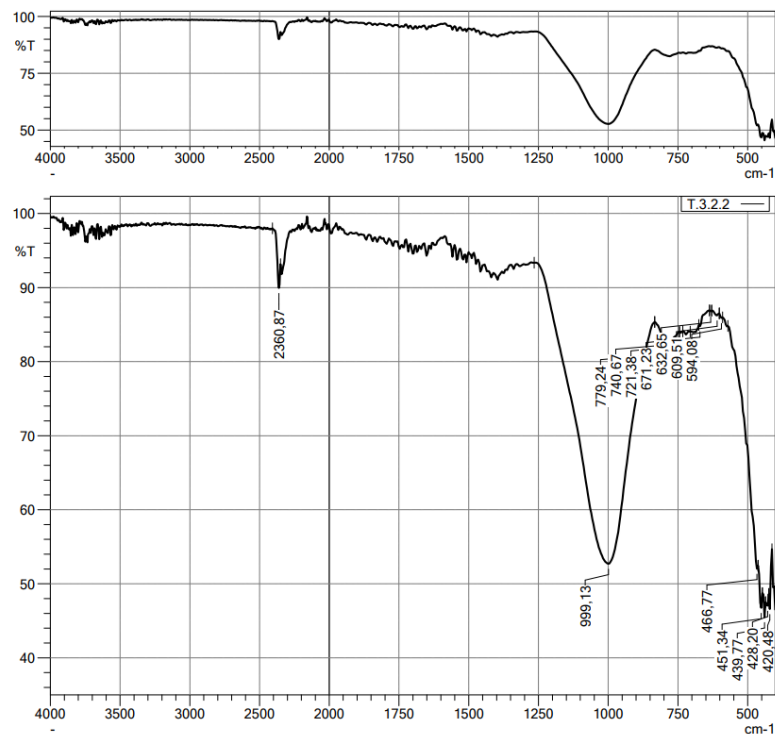
Lampiran 1. 11 Hitlist Sampel 3.1



Lampiran 1. 12 Graph Sampel 3.1

	Score	Library	Name	Comment
1	693	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Corporation) DuraSAMPLIR-II
2	692	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSAMPLIR-II
3	675	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSAMPLIR
4	672	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSAMPLIR-II
5	670	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSAMPLIR-II
6	663	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSAMPLIR-II
7	662	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSAMPLIR-II
8	656	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
9	654	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSAMPLIR-II
10	648	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSAMPLIR-II
11	635	166 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVFM)(82% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSAMPLIR-II
12	631	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
13	614	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
14	606	58 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSAMPLIR-II
15	606	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSAMPLIR-II
16	600	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
17	596	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
18	596	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
19	595	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATR/diamond ATRcorrected
20	595	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSAMPLIR-II
21	594	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Corporation) Transmission(Microscope)
22	592	175 - ATR-Polymer2	D_Vinyl_Alcohol_Vinyl_Butylal	Vinyl Alcohol/Vinyl Butylal Copolymer(Vinyl Butylal Content 80%) DuraSAMPLIR-II
23	592	163 - ATR-Polymer2	D_PVB	Poly(Vinyl Butylal)(PVB)(11% Hydroxyl, 1% Acetate, 88% Butylal) DuraSAMPLIR-II
24	590	40 - IRs Polymer2	PES	PES Film
25	589	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
26	584	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)

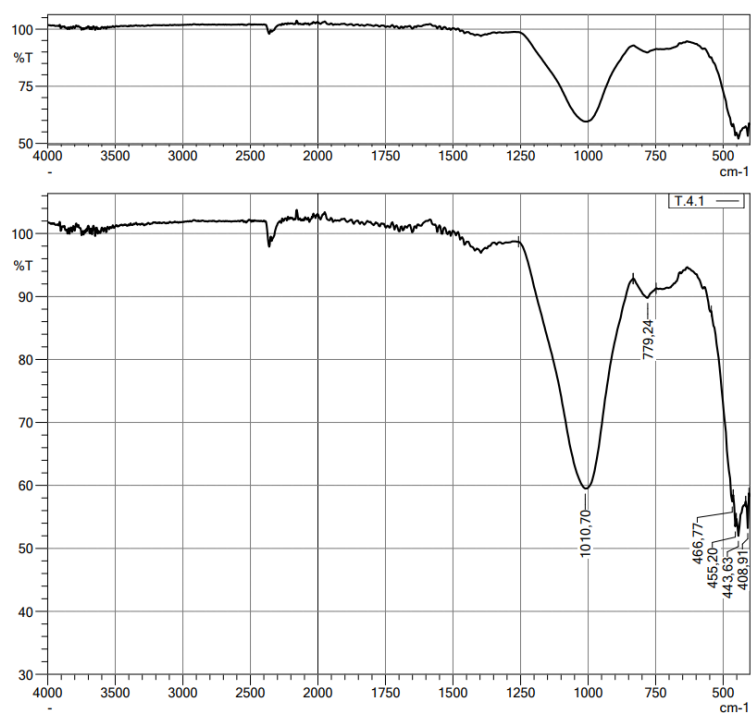
Lampiran 1. 13 Hitlist Sampel 3.2



Lampiran 1. 14 Graph Sampel 3.2

	Score	Library	Name	Comment
1	688	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSAMPLIR-II
2	682	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSAMPLIR
3	681	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) DuraSAMPLIR-II
4	676	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSAMPLIR-II
5	676	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSAMPLIR-II
6	672	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSAMPLIR-II
7	661	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSAMPLIR-II
8	657	3 - IRs Polymer2	ARABIC	Arabic gum Film
9	644	166 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVFM)(82% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSAMPLIR-II
10	642	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
11	642	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSAMPLIR-II
12	633	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSAMPLIR-II
13	614	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
14	614	58 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSAMPLIR-II
15	611	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSAMPLIR-II
16	604	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
17	603	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
18	600	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSAMPLIR-II
19	598	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSAMPLIR-II
20	596	73 - ATR-Polymer2	D_POM3	Polyacetal(Electronic Parts-3) DuraSAMPLIR-II
21	589	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
22	580	59 - IRs Polymer2	PVC-DR	Polyvinyl chloride [-CH ₂ C(Cl)H-] _n Film
23	580	154 - ATR-Polymer2	D_POM4	Polyacetal(POM)(Polytrioxane) DuraSAMPLIR-II
24	577	157 - ATR-Polymer2	D_PPS2	Poly(Phenylene Sulfide) DuraSAMPLIR-II
25	577	40 - T-Polymer2	FEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoropropylene(FEP)
26	575	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected

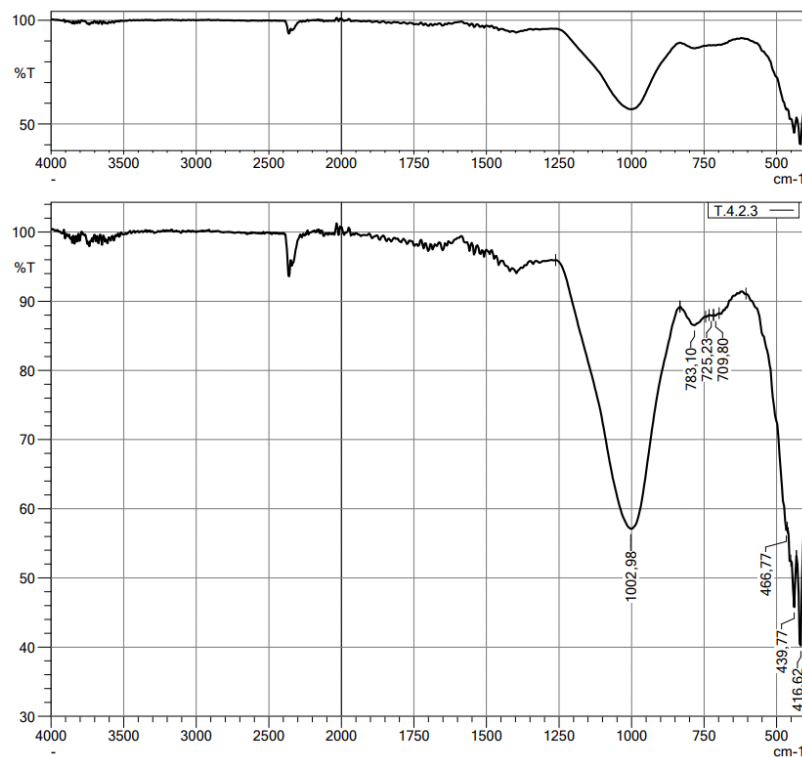
Lampiran 1. 15 Hitlist Sampel 4.1



Lampiran 1. 16 Graph Sampel 4.1

	Score	Library	Name	Comment
1	684	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSamplIR-II
2	676	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel (LENZING Corporation) DuraSamplIR-II
3	661	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSamplIR-II
4	656	111 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSamplIR-II
5	654	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSamplIR-II
6	653	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
7	650	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSamplIR-II
8	650	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSamplIR-II
9	645	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSamplIR-II
10	642	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSamplIR-II
11	632	166 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVFM)(82% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSamplIR-II
12	618	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
13	610	3 - IRs Polymer2	ARABIC	Arabic gum Film
14	609	58 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSamplIR-II
15	606	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
16	603	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
17	596	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSamplIR-II
18	591	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
19	590	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATR/diamond ATRcorrected
20	587	163 - ATR-Polymer2	D_PVB	Poly(Vinyl Butyral)(PVB)(11% Hydroxyl, 1% Acetate, 88% Butyral) DuraSamplIR-II
21	584	175 - ATR-Polymer2	D_Vinyl_Alcohol_Vinyl_Butyral	Vinyl Alcohol/Vinyl Butyral Copolymer(Vinyl Butyral Content 80%) DuraSamplIR-II
22	583	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
23	583	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSamplIR-II
24	579	40 - T-Polymer2	FEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoropropylene(FEP) Transmission(Microscope)
25	578	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)
26	577	149 - ATR-Polymer2	D_Polysulfone	Polysulfone DuraSamplIR-II

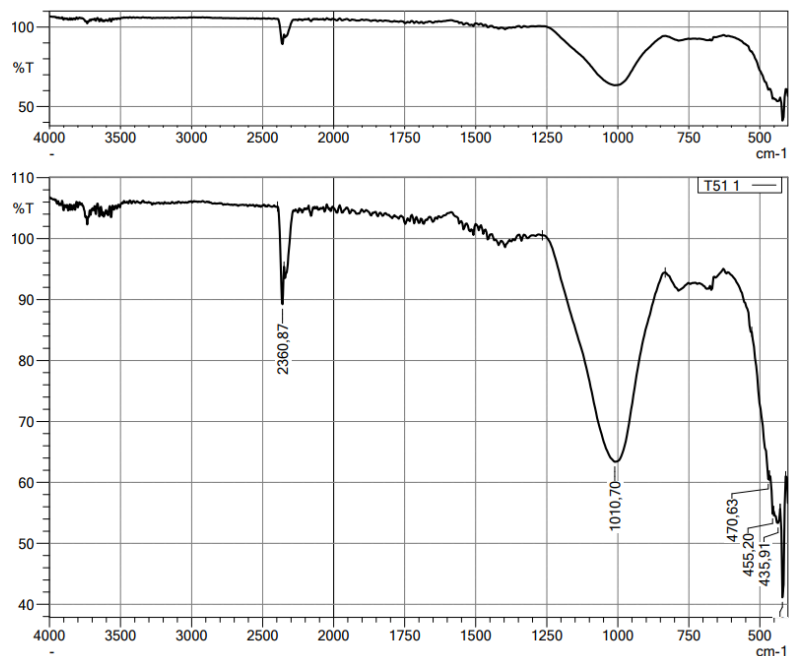
Lampiran 1. 17 Hitlist Sampel 4.2



Lampiran 1. 18 Graph Sampel 4.2

	Score	Library	Name	Comment
1	592	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Corporation) Transmission(Microscope)
2	583	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
3	575	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
4	572	40 - T-Polymer2	FEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoropropylene(FEP) Transmission(Microscope)
5	572	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
6	571	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)
7	570	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)
8	568	52 - T-Polymer2	PI	Polyimide(KAPTON) Transmission(Microscope)
9	566	22 - T-Polymer2	Soy Bean Powder	Protein(Soy Bean Powder) Transmission(Microscope)
10	564	65 - T-Polymer2	Irganox 1330	Polymer Additive(Irganox 1330) Transmission(Microscope)
11	559	47 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Elastomer Transmission(Microscope)
12	558	139 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Phthalate	Poly(Diallyl Phthalate) Transmission(Microscope)
13	558	81 - T-Polymer2	PC/PBT	Polycarbonate/Polybutylene Terephthalate(PC/PBT) Transmission(Microscope)
14	557	48 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(TAIKO-FE) Transmission(Microscope)
15	556	74 - T-Polymer2	PAR	Polyarylate(PAR) Transmission(Microscope)
16	555	87 - T-Polymer2	PMMA	Polymethylmethacrylate(PMMA) Transmission(Microscope)
17	554	58 - T-Polymer2	Silicon Rubber	Silicon Rubber Transmission(Microscope)
18	553	49 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(SEKISUI ESTINA P320-P321) Transmission(Microscope)
19	552	79 - T-Polymer2	PET	Polyethylene Terephthalate(PET) Transmission(Microscope)
20	552	21 - T-Polymer2	Human Hair	Protein(Human Hair) Transmission(Microscope)
21	551	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)
22	547	140 - T-Polymer2	T_Polyethyl_Methacrylate	Poly(Ethyl Methacrylate) Transmission(Microscope)
23	546	3 - T-Polymer2	Acrylonitrile Film2	Acrylonitrile Film(HIGHTORON BX) Transmission(Microscope)
24	545	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
25	544	14 - T-Polymer2	Nylon6/66	Polyamide(Nylon6/66) Transmission(Microscope)
26	543	85 - T-Polymer2	PPS	Polyphenylene Sulfide(PPS) Transmission(Microscope)

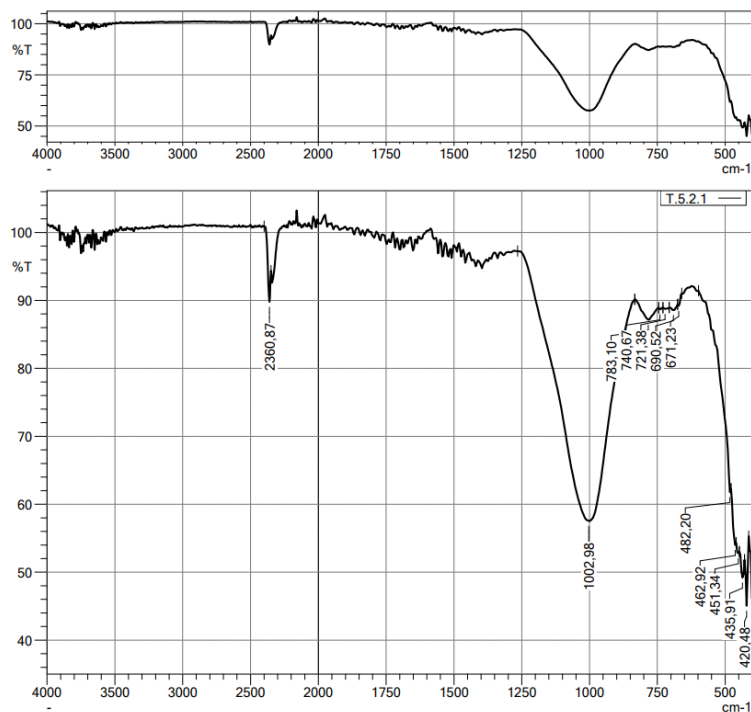
Lampiran 1. 19 Hitlist Sampel 5.1



Lampiran 1. 20 Graph Sampel 5.1

	Score	Library	Name	Comment
1	681	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSamplIR-II
2	676	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) DuraSamplIR-II
3	664	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSamplIR
4	662	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
5	656	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSamplIR-II
6	654	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSamplIR-II
7	650	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20% Methoxyl) DuraSamplIR-II
8	648	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSamplIR-II
9	644	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSamplIR-II
10	641	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSamplIR-II
11	639	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
12	633	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
13	630	166 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVFM)(62% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSamplIR-II
14	619	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
15	610	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATR/diamond ATRcorrected
16	599	58 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSamplIR-II
17	598	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
18	590	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSamplIR-II
19	590	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
20	583	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)
21	582	59 - IRs Polymer2	PVC-DR	Polyvinyl chloride [-CH2C(Cl)H-] _n Film
22	582	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
23	580	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSamplIR-II
24	580	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)
25	578	175 - ATR-Polymer2	D_Vinyl_Alcohol_Vinyl_Butylal	Vinyl Alcohol/Vinyl Butylal Copolymer(Vinyl Butylal Content 80%) DuraSamplIR-II
26	577	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) Transmission(Microscope)

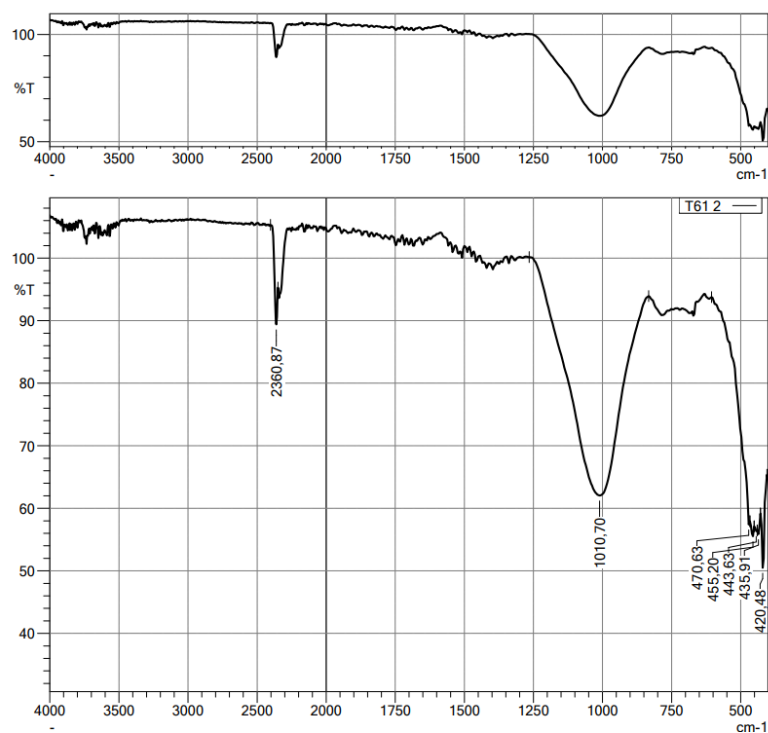
Lampiran 1. 21 Hitlist Sampel 5.2



Lampiran 1. 22 Graph Sampel 5.2

	Score	Library	Name	Comment
1	599	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) Transmission(Microscope)
2	597	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
3	589	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
4	584	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
5	582	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
6	579	107 - T-Polymer2	T_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) Transmission(Microscope)
7	578	109 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) Transmission(Microscope)
8	576	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
9	572	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)
10	571	40 - T-Polymer2	FEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoropropylene(FEP) Transmission(Microscope)
11	569	65 - T-Polymer2	Irganox 1330	Polymer Additive(Irganox 1330) Transmission(Microscope)
12	568	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)
13	566	48 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(TAIKO-FE) Transmission(Microscope)
14	566	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)
15	564	79 - T-Polymer2	PET	Polyethylene Terephthalate(PET) Transmission(Microscope)
16	564	47 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Elastomer Transmission(Microscope)
17	563	139 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Phthalate	Poly(Diallyl Phthalate) Transmission(Microscope)
18	561	81 - T-Polymer2	PC/PBT	Polycarbonate/Polybutylene Terephthalate(PC/PBT) Transmission(Microscope)
19	558	138 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Isophthalate	Poly(Diallyl Isophthalate) Transmission(Microscope)
20	558	52 - T-Polymer2	PI	Polyimide(KAPTON) Transmission(Microscope)
21	558	22 - T-Polymer2	Soy Bean Powder	Protein(Soy Bean Powder) Transmission(Microscope)
22	557	58 - T-Polymer2	Silicon Rubber	Silicon Rubber Transmission(Microscope)
23	557	49 - T-Polymer2	Polyester	Polyester Film(SEKISUI ESTINA P320-P321) Transmission(Microscope)
24	556	74 - T-Polymer2	PAR	Polyarylate(PAR) Transmission(Microscope)
25	554	87 - T-Polymer2	PMMA	Polymethylmethacrylate(PMMA) Transmission(Microscope)
26	554	54 - T-Polymer2	CR	Chloroprene Rubber(CR) Transmission(Microscope)
27	552	140 - T-Polymer2	T_Polyethyl_Methacrylate	Poly(Ethyl Methacrylate) Transmission(Microscope)
28	552	76 - T-Polymer2	PEEK	Polyetheretherketone(PEEK) Transmission(Microscope)
29	551	21 - T-Polymer2	Human Hair	Protein(Human Hair) Transmission(Microscope)

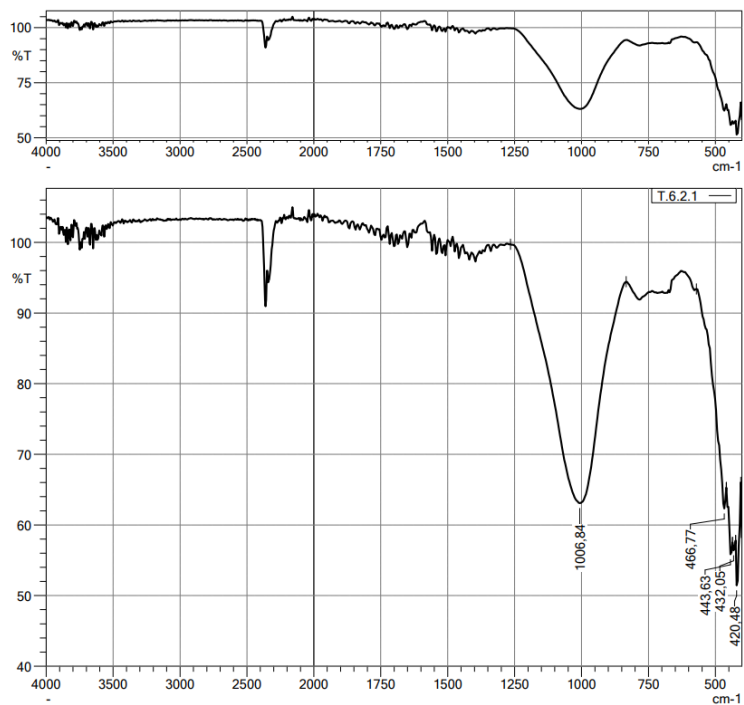
Lampiran 1. 23 Hitlist Sampel 6.1



Lampiran 1. 24 Graph Sampel 6.1

	Score	Library	Name	Comment
1	675	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSAMPLIR-II
2	674	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) DuraSAMPLIR-II
3	664	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSAMPLIR-II
4	657	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSAMPLIR-II
5	656	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSAMPLIR-II
6	655	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSAMPLIR-II
7	654	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSAMPLIR-II
8	645	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
9	643	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSAMPLIR-II
10	639	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSAMPLIR-II
11	624	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
12	621	166 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVFM)(82% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSAMPLIR-II
13	620	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
14	618	3 - IRs Polymer2	ARABIC	Arabic gum Film
15	604	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
16	604	58 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSAMPLIR-II
17	603	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATR/diamond ATRcorrected
18	598	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSAMPLIR-II
19	596	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSAMPLIR-II
20	590	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSAMPLIR-II
21	588	73 - ATR-Polymer2	D_POM3	Polyacetat(Electronic Parts-3) DuraSAMPLIR-II
22	584	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
23	584	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) Transmission(Microscope)
24	583	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
25	581	59 - IRs Polymer2	PVC-DR	Polyvinyl chloride [-CH2C(Cl)H-] _n Film
26	576	86 - T-Polymer2	PBT	Polybutylene Terephthalate(PBT) Transmission(Microscope)

Lampiran 1. 25 Hitlist Sampel 6.2



Lampiran 1. 26 Graph Sampel 6.2