

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA DEBU JALANAN RINGROAD YOGYAKARTA DI MUSIM HUJAN

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



**FARAH HIMMATUL ‘ULYA
20513176**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA DEBU JALANAN RINGROAD YOGYAKARTA DI MUSIM HUJAN

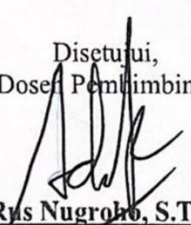
**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



Disusun Oleh:

**Farah Himmatul 'Ulya
20513176**

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 155131304

Tanggal: 24 Oktober 2024


Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


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

Tanggal: 24 Oktober 2024

HALAMAN PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA
DEBU JALANAN RINGROAD YOGYAKARTA
DI MUSIM HUJAN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: *Kamis*

Tanggal: *24 Oktober 2024*

Disusun Oleh:

FARAH HIMMATUL 'ULYA

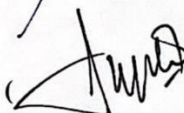
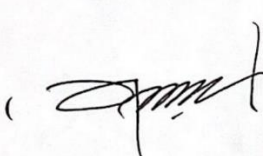
20513176

Tim Penguji:

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

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

Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si.

( ^{24/10 24})
( ^{24/10 24})
( ^{24/10 24})

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 29 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Farah Himmatul 'Ulya

NIM: 20513176

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, Allah Subhanahu Wata'ala, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik pada Debu Jalanan Ringroad Yogyakarta di Musim Hujan." Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan sepanjang zaman.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Selama proses penyusunan laporan, penulis menghadapi berbagai tantangan, mulai dari kemalasan, ketidaktahuan, hingga keputusan. Namun, berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan laporan ini.

Dengan hati yang tulus, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan apresiasi kepada:

1. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang senantiasa memberikan bimbingan, bantuan, arahan, serta saran dalam pengerjaan Tugas Akhir ini hingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan baik dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan dukungan penuh dalam setiap langkah perjalanan penulis selama masa perkuliahan, terutama melalui program beasiswa yang telah diberikan. Terima kasih telah memperkenankan penulis menjadi bagian dari UII *Excellent Community* 2020, yang menjadi tempat bagi penulis untuk mengembangkan diri, baik

dari segi akademis maupun non-akademis. Dengan bekal pendidikan berkualitas, nilai-nilai Islami yang kuat, dan berbagai pengalaman berharga selama masa studi, penulis bertekad untuk menjadi bagian dari alumni Universitas Islam Indonesia yang berprestasi dan memberikan kontribusi positif di masyarakat.

4. Kedua orang tua, Bapak Fathurrohman dan Ibu Siti Qodariyah. Rasa syukur dan terima kasih penulis sampaikan atas setiap doa yang telah terucap, tanpa mengenal waktu dan tempat. Apa yang telah Bapak dan Ibu berikan kepada penulis tidak pernah bisa dibandingkan atau tergantikan oleh apapun, karena di balik setiap langkah yang penulis tempuh saat ini, terdapat pengorbanan luar biasa yang Bapak dan Ibu lakukan untuk mengantarkan penulis meraih cita-cita. Terima kasih atas motivasi dan dukungan tanpa syarat yang membuat penulis berani bermimpi besar dan menghadapi banyak hal. Terima kasih atas apresiasi dan kebanggaan akan setiap proses yang penulis jalani, apapun hasilnya, dan senantiasa mendorong penulis untuk terus berdaya dan belajar. Terima kasih telah mengajarkan kemandirian dan membimbing penulis menjadi sosok perempuan yang mampu berdiri teguh di atas kakinya sendiri. Terima kasih karena telah menerima segala kekurangan penulis, memaklumi setiap kesalahan, dan menyayangi tanpa kenal tepi. Karya tulis sederhana ini, beserta gelar yang diperoleh, penulis persembahkan untuk Bapak dan Ibu tercinta. Semoga Allah senantiasa menganugerahi Bapak dan Ibu kesehatan dan umur panjang yang barokah, sehingga dapat terus mendampingi setiap langkah penulis dalam menjalani perjalanan hidup ini.
5. Saudara-saudara penulis, Mba Putri, Mas Naufal, Najmi, Farihah, dan Faizah. Terima kasih atas semangat yang selalu diberikan, serta kesediaan kalian menjadi tempat penulis berkeluh kesah. Kehadiran kalian senantiasa menjadi sumber kekuatan dan inspirasi penulis dalam menjalani setiap proses yang ada.
6. Seluruh dosen, staff, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Terima kasih atas bantuan, pengajaran, dan pengalaman luar biasa yang telah diberikan. Semoga ilmu yang diperoleh selama masa studi ini dapat menebarkan kebermanfaatan di masa mendatang.

7. Rekan seperjuangan Tugas Akhir Mikroplastik *Road Dust*, yang saling membantu memberikan dukungan sama lain selama pengerjaan Tugas Akhir.
8. Seluruh teman-teman penulis di Program Studi Teknik Lingkungan angkatan 2020 yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih atas pertemanan yang telah terjalin selama menjalani masa studi di Universitas Islam Indonesia. Kehadiran dan dukungan kalian telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademis penulis.
9. Mba Lily, Elya, Laila, Mira, Nida, Rina, dan Meike. Terima kasih atas kehadiran, bantuan, dan kesediaan untuk mendengarkan sepanjang perjalanan masa perkuliahan penulis di Yogyakarta. Dukungan dan kebersamaan kalian telah menjadi bagian tak ternilai dari pengalaman ini, memberikan kekuatan dan semangat dalam setiap langkah perjalanan perkuliahan penulis.
10. Penulis mengucapkan apresiasi dan terima kasih yang tulus kepada diri sendiri. Terima kasih telah menunjukkan kekuatan dan ketahanan, serta kemampuan untuk terus bertahan meski menghadapi berbagai tantangan. Perjuangan dan keteguhan hati yang telah ditunjukkan adalah bentuk penghargaan diri yang layak diapresiasi. Semoga perjalanan ini menjadi inspirasi untuk terus maju dan meraih pencapaian-pencapaian berikutnya.
11. Pihak-pihak lainnya yang telah membantu penulis hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini, yang tidak luput dari keterbatasan ilmu pengetahuan penulis. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan penulisan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat baik bagi penulis maupun bagi para pembaca.

*Billahi taufiq wal hidayah, Wassalamu'alaikum Warahmatullahi
Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 29 Agustus 2024

Farah Himmatul 'Ulya

ABSTRAK

FARAH HIMMATUL 'ULYA. Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik pada Debu Jalanan Ringroad Yogyakarta di Musim Hujan. Dibimbing oleh Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Mikroplastik (MPs), yang didefinisikan sebagai partikel plastik dengan ukuran ≤ 5 mm, merupakan permasalahan lingkungan yang semakin meningkat akibat keberadaannya yang tersebar luas di ekosistem tanah dan air. Salah satu sumber utama mikroplastik di daerah perkotaan adalah debu jalanan, yang dapat terbawa ke sistem perairan melalui *runoff*. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada debu jalanan dari 16 lokasi di sepanjang Ringroad Yogyakarta, meliputi bagian Utara, Selatan, Timur, dan Barat selama musim hujan. Metode preparasi sampel dilakukan dengan dekomposisi bahan organik dan pemisahan densitas. Mikroplastik ini diidentifikasi berdasarkan warna, bentuk, dan ukuran yang diamati dengan mikroskop. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ringroad Timur memiliki kelimpahan mikroplastik tertinggi, dengan 465 partikel/g, diikuti oleh Ringroad Utara (420 partikel/g), Ringroad Barat (405 partikel/g), dan Ringroad Selatan, yang memiliki kelimpahan terendah yaitu 335 partikel/g. Mikroplastik yang berasal dari wadah dan kemasan diidentifikasi sebagai fragmen berwarna-warni, sementara mikroplastik yang berasal dari karet sebagian besar muncul sebagai fragmen hitam. Identifikasi jenis-jenis polimer menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), menunjukan beberapa jenis polimer, termasuk *Polypropylene* (PP), yang ditemukan sebagai polimer paling dominan di semua lokasi pengambilan sampel, *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Polystyrene* (PS), *Polyethylene Terephthalate* (PET), *High-Density Polyethylene* (HDPE), and Nylon.

Kata kunci: Debu jalanan, Mikroplastik, Ringroad Yogyakarta

ABSTRACT

FARAH HIMMATUL 'ULYA. *Identification of Microplastic Abundance in Yogyakarta Ringroad Street Dust in Rainy Season. Supervised by Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.*

Microplastics (MPs), defined as plastic particles ≤ 5 mm, are an increasing environmental concern due to their widespread presence in soil and water ecosystems. One of the primary sources of MPs in urban areas is road dust, which can be transported into water systems through runoff. This study identifies the occurrence of MPs in surface road dust collected from 16 locations along the Yogyakarta Ringroad, including the North, South, East, and West sections during the rainy season. The samples were pretreated using organic matter decomposition and gravity separation. MPs were identified for their color, shape, and size observed by microscope. The results revealed that the Eastern Ringroad had the highest microplastic abundance, with 465 particles/g, followed by the Northern (420 particles/g), Western (405 particles/g), and Southern Ringroad, which had the lowest abundance at 335 particles/g. MPs derived from containers and packaging were identified as colorful fragments, while rubber-derived MPs predominantly appeared as black fragments. Polymer types were further analyzed using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy, which identified several types of polymers, including Polypropylene (PP), which was found to be the most dominant polymer across all sampling sites, Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Polystyrene (PS), Polyethylene Terephthalate (PET), High-Density Polyethylene (HDPE), and Nylon.

Keywords: Road dust, Microplastics, Yogyakarta Ringroad

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Mikroplastik pada Debu Jalanan (<i>Road Dust</i>).....	6
2.1.1 Definisi Mikroplastik.....	6
2.1.2 Sumber Mikroplastik pada Debu Jalanan (<i>Road Dust</i>).....	7
2.1.3 Distribusi dan Transportasi Mikroplastik pada Debu Jalanan (<i>Road Dust</i>).....	8
2.1.4 Pengaruh Musim Hujan pada Distribusi Mikroplastik.....	10
2.2 Karakteristik Mikroplastik pada Debu Jalanan (<i>Road Dust</i>).....	11
2.2.1 Morfologi Bentuk Mikroplastik.....	11
2.2.2 Jenis Polimer Mikroplastik.....	17
2.2.3 Warna Mikroplastik.....	18
2.3 Potensi Bahaya dan Dampak Mikroplastik pada Debu Jalanan (<i>Road Dust</i>).....	18
2.4 Metode Identifikasi Mikroplastik.....	19
2.4.1 Mikroskop Digital.....	21
2.4.2 <i>Spektrofotometri Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	21
2.5 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	25
3.2 Alur Penelitian.....	29
3.3 Pengambilan Data di Lapangan.....	34
3.3 Analisis Sampel di Laboratorium.....	41
3.4 Analisis Data.....	55

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Kelimpahan Mikroplastik	60
4.1.1 Identifikasi Kelimpahan Bentuk Mikroplastik.....	62
4.1.2 Identifikasi Kelimpahan Warna Mikroplastik.....	72
4.2 Ukuran Mikroplastik	75
4.3 Jenis Polimer Mikroplastik	78
4.3.1 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik di Ringroad Utara	78
4.3.2 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik di Ringroad Timur	81
4.3.3 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik di Ringroad Selatan	83
4.3.4 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik di Ringroad Barat.....	85
4.4 Pembahasan	87
4.4.1 Hubungan antara Kelimpahan Mikroplastik dan Jumlah Kendaraan ..	87
4.4.2 Hubungan antara Kelimpahan Mikroplastik dan Kondisi Lingkungan	90
4.4.3 Perbedaan Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik	91
4.4.4 Blanko Uji Laboratorium	103
4.4.5 Jenis Polimer Mikroplastik	105
4.5 Rekomendasi Pengelolaan Lingkungan	108
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	110
5.1 Kesimpulan.....	110
5.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN.....	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	16
Tabel 2.2 Jenis Plastik, Densitas serta Aplikasinya	17
Tabel 2.3 Warna Mikroplastik	18
Tabel 2.4 Metode Identifikasi Mikroplastik	20
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu	22
Tabel 3.1 Waktu dan Lokasi Pengambilan Sampel.....	26
Tabel 3.2 Alat dan Bahan Pengambilan Sampel di Lapangan	38
Tabel 3.3 Alat Analisis Sampel di Laboratorium.....	42
Tabel 3.4 Bahan Analisis Sampel di Laboratorium	43
Tabel 4.1 Hasil Identifikasi Jenis Polimer Ringroad Utara.....	79
Tabel 4.2 Hasil Identifikasi Jenis Polimer Ringroad Timur	82
Tabel 4.3 Hasil Identifikasi Jenis Polimer Ringroad Selatan.....	84
Tabel 4.4 Hasil Identifikasi Jenis Polimer Ringroad Barat.....	86
Tabel 4.5 Jumlah Kendaraan Pada Waktu Pengambilan Sampel	87
Tabel 4.6 Data Iklim Harian Stasiun Klimatologi DI Yogyakarta pada tanggal 30 Maret 2024	90
Tabel 4.7 Penelitian Terdahulu Terkait Kelimpahan Mikroplastik	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sumber-Sumber Potensial Mikroplastik pada Debu Jalanan di Kawasan Perkotaan	8
Gambar 2.2 Jalur Potensial Distribusi Mikroplastik pada Debu Jalanan.....	9
Gambar 2.3 Mikroplastik Tipe Fiber	12
Gambar 2.4 Mikroplastik Tipe Fragmen.....	13
Gambar 2.5 Mikroplastik Tipe Film	14
Gambar 2.6 Mikroplastik Tipe Pelet.....	15
Gambar 2.7 Mikroplastik Tipe Foam.....	16
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3.3 Diagram Alir Metode Pengambilan Sampel Debu Jalanan.....	35
Gambar 3.4 Metode Pengambilan Sampel Debu Jalanan; (a) Titik Sampling, (b) Pengambilan Sampel, (c) Lokasi Pengambilan Sampel Debu Jalanan	36
Gambar 3.5 Sketsa Pengambilan Sampel di Lingkar Luar Ringroad Yogyakarta	37
Gambar 3.6 Pengumpulan Sampel.....	39
Gambar 3.7 Wadah Pengambilan Sampel.....	40
Gambar 3.8 <i>Digital Finger Counter</i>	41
Gambar 3.9 Diagram Alir Prosedur Analisis Uji Laboratorium Sampel Debu Jalanan (<i>Road Dust</i>)	43
Gambar 3.10 Penimbangan Sampel	44
Gambar 3.11 Proses Pengayakan Sampel	45
Gambar 3.12 Proses Pengeringan Sampel	46
Gambar 3.13 Diagram Alir Proses <i>Wet Peroxide Oxidation</i> (WPO) Sampel <i>Road Dust</i>	47
Gambar 3.14 Sampel <i>Road Dust</i> setelah Penambahan H_2O_2	48
Gambar 3.15 Diagram Alir Proses <i>Density Separation</i> Sampel <i>Road Dust</i>	49
Gambar 3.16 Pembuatan Larutan NaCl Jenuh.....	50
Gambar 3.17 Proses Penyaringan Mikroplastik.....	51
Gambar 3.18 Mikroskop Digital <i>Olympus</i>	52
Gambar 3.19 Spektrofotometri FTIR IRT racer-100	53
Gambar 3.20 Proses Instrumental FTIR	55
Gambar 4.1 Jumlah Mikroplastik pada Setiap Titik Sampling.....	60
Gambar 4.2 Kelimpahan Mikroplastik pada Setiap Titik Sampling.....	61
Gambar 4.3 Kelimpahan Mikroplastik Kawasan Ringroad Yogyakarta	62
Gambar 4.4 Mikroplastik Tipe Fragmen.....	63
Gambar 4.5 Mikroplastik Tipe Fiber	64
Gambar 4.6 Mikroplastik Tipe Film	65
Gambar 4.7 Mikroplastik Tipe Foam.....	66
Gambar 4.8 Mikroplastik Tipe Pelet.....	66
Gambar 4.9 Perbandingan Kelimpahan Bentuk Mikroplastik Setiap Titik Sampling	67

Gambar 4.10 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Yogyakarta	68
Gambar 4.11 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Utara Yogyakarta	69
Gambar 4.12 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Timur Yogyakarta	70
Gambar 4.13 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Selatan Yogyakarta	70
Gambar 4.14 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Barat Yogyakarta	71
Gambar 4.15 Variasi Warna Mps diantaranya: A. Hijau, B. Coklat, C. Pink, D. Hitam.....	72
Gambar 4.16 Variasi Warna Mps diantaranya E. Biru, dan F. Transparan	73
Gambar 4.17 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna	73
Gambar 4.18 Presentase Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna	74
Gambar 4.19 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Fragmen.....	76
Gambar 4.20 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Fiber.....	76
Gambar 4.21 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Film.....	77
Gambar 4.22 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Foam.....	77
Gambar 4.23 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Pelet	77
Gambar 4.24 Hasil FTIR Polimer Ringroad Utara	79
Gambar 4.25 Hasil FTIR Polimer Ringroad Timur	81
Gambar 4.26 Hasil FTIR Polimer Ringroad Selatan	83
Gambar 4.27 Hasil FTIR Polimer Ringroad Barat.....	85
Gambar 4.28 Hubungan antara Jumlah Kendaraan dan Kelimpahan Mikroplastik	88
Gambar 4.29 Sumber Pencemaran Mikroplastik di Titik Sampling RT 2 Ringroad Timur.....	93
Gambar 4.30 Peta Lokasi Kelimpahan Mikroplastik pada Debu Jalanan Ringroad Yogyakarta	99
Gambar 4.31 Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik dalam partikel/g pada Hasil Penelitian dengan Penelitian di Goyang, Korea Selatan (Kang dkk. 2022), dan di Tehran, Iran (Dehghani dan Akhbarizadeh 2017).....	101
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik pada Sampel <i>Raod Dust</i> dan <i>Blanko</i>	104
Gambar 4.33 Persentase Jenis Polimer yang Teridentifikasi dalam Sampel	106

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Debu jalanan (*road dust*) merupakan salah satu sumber utama mikroplastik yang tersebar di atmosfer (Lestari dkk., 2023). Mikroplastik yang ditemukan dalam debu jalanan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti emisi kendaraan, permukaan jalan, erosi ban, tapak ban, serta cat marka jalan. Keberadaan mikroplastik dalam debu jalanan tersebar luas dan memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem dan kesehatan manusia (O'Brien dkk., 2021). Sumber utama mikroplastik pada debu jalanan berasal dari aktivitas lalu lintas, terutama melalui pelepasan partikel mikroplastik akibat gesekan antara ban kendaraan dan permukaan jalan (Verschoor dkk., 2016; OSPAR, 2017; Vogelsang dkk., 2019). Partikel mikroplastik ini terlepas ke udara dan akhirnya terendap sebagai bagian dari debu jalanan atau *road dust* (O'Brien dkk., 2021). Akumulasi mikroplastik di udara dan deposisinya sebagai bagian dari debu jalanan (*road dust*) dapat mempengaruhi kualitas udara secara signifikan. Dampak tersebut mencakup potensi bahaya terhadap kesehatan manusia serta kontaminasi ekosistem perairan dan tanah ketika partikel-partikel mikroplastik ini terbawa oleh angin atau limpasan air hujan (Syafei dkk., 2019). Oleh karena itu, penelitian yang berfokus pada identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik dalam debu jalanan sangat penting untuk memahami skala pencemaran mikroplastik serta dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Penelitian mikroplastik di udara dalam beberapa tahun terakhir telah mengalami perkembangan di beberapa wilayah Indonesia (Alam dan Rachmawati, 2020). Namun demikian, penelitian mengenai mikroplastik pada debu jalanan masih relatif terbatas, terutama di wilayah Yogyakarta. Sebagai salah satu kawasan dengan tingkat lalu lintas yang padat, Ringroad Yogyakarta berpotensi menjadi

salah satu sumber utama mikroplastik di wilayah perkotaan ini, terutama selama musim hujan, di mana limpasan air dapat mempercepat distribusi mikroplastik ke lingkungan sekitar (Kang, H., dkk., 2022).

Penelitian sebelumnya di Ringroad Yogyakarta telah menunjukkan keberadaan mikroplastik di udara ambien (Jannah dkk., 2023), namun belum ada studi yang secara spesifik mengkaji kelimpahan dan karakteristik mikroplastik dalam debu jalanan di kawasan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk melengkapi temuan-temuan berdasarkan penelitian sebelumnya, dengan fokus pada identifikasi mikroplastik dalam debu jalanan selama musim hujan. Pemilihan musim hujan sebagai variabel penelitian didasarkan pada asumsi bahwa curah hujan tinggi dapat mempercepat pelepasan dan distribusi mikroplastik dari jalan raya ke lingkungan sekitarnya. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemahaman tentang distribusi dan sumber mikroplastik di wilayah perkotaan yang padat lalu lintas seperti kawasan Ringroad Yogyakarta. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pembuatan kebijakan lingkungan yang lebih efektif dalam mitigasi pencemaran mikroplastik di wilayah dengan lalu lintas tinggi. Hasil yang diperoleh juga diharapkan dapat memperkaya literatur ilmiah tentang mikroplastik, khususnya terkait dengan pengaruh musim hujan terhadap kelimpahan dan penyebaran mikroplastik di debu jalanan.

1.2 Rumusan Masalah

Identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta dilakukan untuk memahami secara lebih mendalam pencemaran mikroplastik di area tersebut, terutama di wilayah pinggir jalan utama dan persimpangan kota yang padat aktivitas manusia dan kendaraan.

Rumusan masalah yang akan dikaji penyelesaiannya dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Bagaimana kelimpahan mikroplastik pada setiap titik pengambilan sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta selama musim hujan?

- 2) Bagaimana karakteristik bentuk dan warna mikroplastik yang terdapat pada sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta pada musim hujan?
- 3) Bagaimana variasi jenis polimer plastik pada sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta pada musim hujan?

1.3 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

- 1) Menganalisis kelimpahan mikroplastik pada setiap titik pengambilan sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta pada musim hujan.
- 2) Mengidentifikasi karakteristik bentuk dan warna mikroplastik yang terdapat pada sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta pada musim hujan.
- 3) Mengidentifikasi jenis polimer plastik yang terdapat pada sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta pada musim hujan.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Manfaat Teoritis
 - a. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang lingkungan, terutama melalui tinjauan literatur terkait kajian mikroplastik di Yogyakarta. Sebagai hasilnya, penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi penelitian-penelitian lanjutan di masa mendatang.
 - b. Menambah pemahaman terkait kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada debu jalanan (*road dust*) di lingkungan perkotaan.
- 2) Manfaat Empiris
 - a. Menghasilkan data empiris tentang kelimpahan, karakteristik mikroplastik dan jenis polimer plastik yang teridentifikasi pada debu jalanan (*road dust*) Ringroad Yogyakarta.

- b. Menjelaskan perbedaan kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada setiap titik lokasi pengambilan sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta.
 - c. Membuktikan adanya paparan mikroplastik pada debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta.
- 3) Manfaat Aplikatif
- a. Meningkatkan pemahaman masyarakat di kawasan perkotaan, khususnya di jalan utama yang padat dengan aktivitas kendaraan mengenai keberadaan mikroplastik dan potensi dampak yang ditimbulkan.
 - b. Memberikan saran dan rekomendasi bagi pemerintah dan instansi terkait dalam mengatasi permasalahan mikroplastik di kawasan jalan Yogyakarta. Informasi yang diperoleh juga dapat menjadi dasar untuk pengambilan kebijakan yang tepat dalam pengelolaan lingkungan di Kota Yogyakarta.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Penelitian ini memfokuskan pada identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik dalam sampel debu jalanan (*road dust*) yang diambil secara representatif dari 16 titik persimpangan jalan arteri Ringroad Yogyakarta. Lokasi tersebut meliputi Ringroad Utara, Ringroad Timur, Ringroad Selatan dan Ringroad Barat.
- 2) Debu jalanan (*road dust*) merupakan hasil deposisi debu yang tersuspensi di udara.
- 3) Pengambilan sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta dilakukan dengan satu kali pengambilan pada setiap titik sampling selama satu hari, yaitu pada tanggal 30 Maret 2024.
- 4) Pengambilan sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta dilakukan hanya pada akhir pekan (*weekend*), tepatnya pada hari Sabtu.

- 5) Estimasi pengambilan sampel pada hari ke-1 setelah hujan, saat kondisi debu jalanan (*road dust*) telah mengering.
- 6) Titik pengambilan sampel berada di setiap sisi kiri jalan atau pada lingkaran luar area Ringroad Yogyakarta.
- 7) Metode pengambilan sampel mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Mon dkk., 2022) dengan beberapa modifikasi sesuai dengan kondisi tempat dan waktu pada saat pengambilan sampel.
- 8) Penentuan kuantitas sampel debu jalanan (*road dust*) dilakukan dengan mengumpulkan sampel setiap 1 m² sebanyak 100 gr pada titik lokasi pengambilan sampel. Proses pengumpulan sampel menggunakan sapu non-plastik bersih untuk memastikan efisiensi dan konsistensi pengambilan sampel.
- 9) Sampel debu jalanan yang terkumpul akan dimasukkan ke dalam wadah non-plastik sebagai tindakan pencegahan terhadap kontaminasi mikroplastik. Langkah ini bertujuan untuk menjaga keaslian sampel serta mencegah kesalahan interpretasi hasil.
- 10) Identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam sampel debu jalanan (*road dust*) Ringroad Yogyakarta dilakukan melalui pengujian di bawah mikroskop digital. Metode analisis mikroplastik di laboratorium mengacu pada metode penelitian *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) pada jurnal penelitian (Masura dkk., 2015) yang telah dimodifikasi.
- 11) Pencegahan kontaminasi sampel di laboratorium dilakukan dengan menggunakan blanko uji. Penggunaan blanko uji laboratorium ini bertujuan untuk memastikan validitas data hasil pengujian,
- 12) Data terkait kondisi lingkungan pada saat pengambilan sampel, yang meliputi arah dan kecepatan angin serta kondisi cuaca menggunakan data sekunder dari BMKG.
- 13) Identifikasi jenis polimer mikroplastik yang dominan dengan menggunakan pengujian *Spektrofotometri Fourier Transform Infrared* (FTIR).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik pada Debu Jalanan (*Road Dust*)

Studi terbaru telah mengidentifikasi debu jalanan (*road dust*) sebagai sumber mikroplastik di lingkungan daratan. Hal ini didukung oleh fakta bahwa marka dan cat jalan umumnya mengandung berbagai jenis polimer plastik (Gaylarde dkk., 2021). Rata-rata kelimpahan mikroplastik dalam debu jalan menunjukkan variasi besar, dengan jumlah yang ditemukan berkisar dari 68 pcs/kg (berat kering) di Okinawa, Jepang (Kitahara dan Nakata, 2020) hingga 165.800 pcs/kg di Bushehr, Iran (Abbasi dkk., 2017). Selain itu, beberapa zat aditif plastik, termasuk *dioctyl adipate*, *2-ethylhexyl diphenyl phosphate*, *bis(2-ethylhexyl) phthalate* (DEHP), *2-ethylhexyl 2-cyano-3,3-diphenylacrylate*, dan *2-hydroxy-4-n-(octyloxy) benzophenone*, terdeteksi ditemukan dalam debu jalan di Jepang (Kitahara dan Nakata, 2020). Mon dkk., (2022) melaporkan adanya lebih dari 100 jenis polimer mikroplastik yang ditemukan dalam sampel debu jalan. Temuan ini menunjukan bahwa mikroplastik dalam debu jalan dapat menjadi sumber pencemaran yang signifikan di berbagai negara, namun perlu diperhatikan bahwa masih sedikit penelitian yang dilakukan tentang keberadaan dan distribusi mikroplastik dalam debu jalan di negara-negara Asia.

2.1.1 Definisi Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel sintetis yang tersusun atas polimer organik dengan ukuran <5 mm (Barboza, 2020). Berdasarkan studi penelitian mengenai pencemaran plastik di lingkungan, tidak selalu disebutkan batasan ukuran maksimum sampel plastik yang diperbolehkan. Istilah "mikroplastik" ini digunakan untuk mengindikasikan bahwa sampel dapat dianggap sebagai mikroplastik jika ukurannya berada dalam kisaran yang telah disebutkan sebelumnya. Jika pengambilan sampel mencakup mikroplastik tetapi ukuran plastik sampel >5 mm (misalnya 10 mm), maka plastik yang lebih besar dari 5 mm dianggap sebagai

makroplastik. Batas resmi untuk ukuran maksimum mikroplastik adalah 5 mm, dan ini sudah diterima secara luas sebagai dukungan yang diberikan oleh komunitas ilmiah *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Meskipun belum ada ketentuan secara pasti mengenai ukuran minimum mikroplastik, namun beberapa peneliti menetapkan batas ukuran minimal 100 μm (Mirad dkk., 2020).

2.1.2 Sumber Mikroplastik pada Debu Jalanan (*Road Dust*)

Mikroplastik dari keausan ban dan permukaan jalan telah diidentifikasi sebagai salah satu sumber utama mikroplastik pada debu jalanan (Vogelsang dkk., 2019). Data mengenai keberadaan mikroplastik pada debu jalanan yang direpresentasikan dalam berbagai perbandingan sumber mikroplastik ini sebagian besar didasarkan pada model, bukan pada data analisis yang sebenarnya (Winquist dkk., 2021). Sumber utama kontaminasi mikroplastik pada debu jalanan dapat berasal dari tapak ban, cat marka jalan, dan bitumen modifikasi polimer (agen pengikat) di aspal (Andersson-Sköld dkk., 2020). Tapak ban (*tread*) merupakan bagian karet dari ban, sedangkan bitumen modifikasi polimer berfungsi sebagai "perekat" dalam permukaan aspal yang menjaga agar kerikil tetap menyatu. Selain itu, bitumen ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan, stabilitas, dan sifat adhesif dari permukaan jalan, terutama pada kondisi musim dingin (Vogelsang dkk., 2019). Marka jalan umumnya menggunakan cat yang dapat terdiri dari berbagai produk, termasuk cat berbasis air atau pelarut. Produk-produk ini dapat mengandung polimer plastik, pigmen, bahan pengisi, dan aditif (Andersson-Sköld dkk., 2020).

Pada kawasan perkotaan, mikroplastik pada debu jalanan juga dapat berasal dari berbagai sumber lain, termasuk sampah makroplastik yang berserakan di sepanjang jalan, material konstruksi dan bangunan, serta deposisi udara emisi (Gambar 2.1). Selain itu, penggunaan rumput sintetis, seperti granul karet dan serat rumput sintetis, juga turut berkontribusi terhadap keberadaan mikroplastik dalam debu jalanan (Vogelsang dkk., 2019).

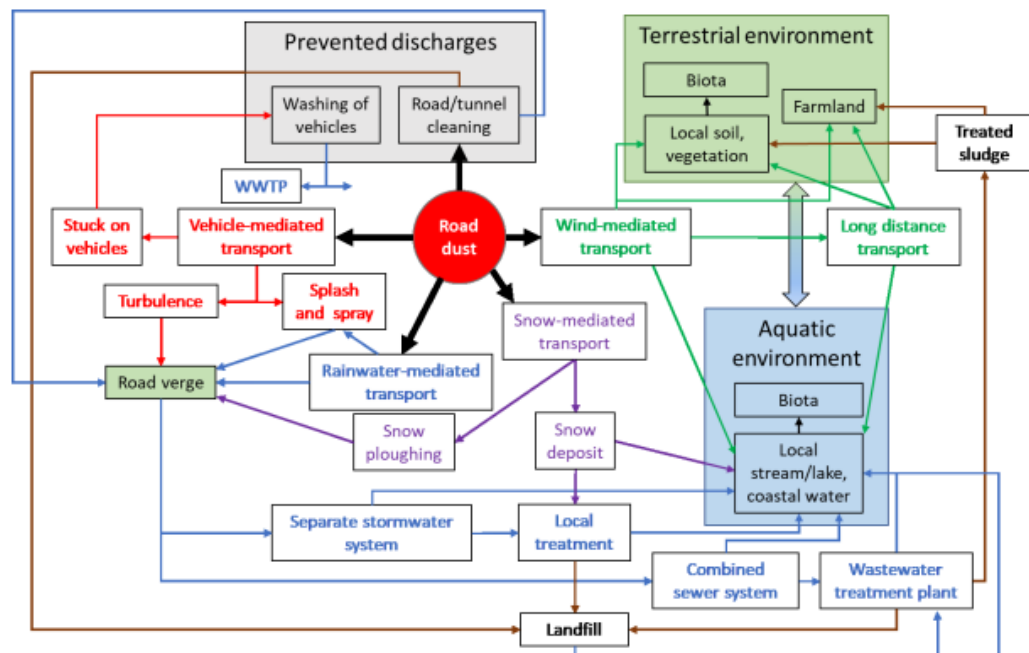


Gambar 2.1 Sumber-Sumber Potensial Mikroplastik pada Debu Jalanan di Kawasan Perkotaan
Sumber: Lou (2021)

2.1.3 Distribusi dan Transportasi Mikroplastik pada Debu Jalanan (*Road Dust*)

Mikroplastik di udara dapat terdistribusikan melalui berbagai cara, termasuk melalui kegiatan berkendara. Saat kendaraan melintas di jalan, ban kendaraan akan mengalami gesekan, tekanan, dan pemanasan, yang menyebabkan ausnya ban kendaraan dan pelepasan partikel-partikel plastik ke udara dalam bentuk debu. Distribusi dan deposisi mikroplastik di udara pada debu jalanan ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti berat partikel, kecepatan dan arah angin, serta curah hujan (Constant dkk., 2020).

Beberapa faktor dapat mempengaruhi penyebaran dan pergerakan partikel keausan ban dan permukaan jalan. Faktor-faktor ini meliputi ukuran, bentuk, dan kepadatan partikel, serta jalur presipitasi dan penyebaran (Andersson-Sköld dkk., 2020). Partikel mikroplastik pada debu jalanan akhirnya dapat masuk ke lingkungan akuatik maupun terrestrial. Seperti yang diilustrasikan dalam (Gambar 2.2), terdapat banyak jalur potensial untuk partikel-partikel ini, yang masing-masing diatur oleh serangkaian proses transportasi dan transformasi. Kompleksitas ini muncul dari berbagai pengaruh faktor spasial dan temporal berdasarkan pada kondisi lokal di area tersebut (Vogelsang dkk., 2019).



Gambar 2.2 Jalur Potensial Distribusi Mikroplastik pada Debu Jalanan
Sumber: Vogelsang dkk. (2019)

Gambar 2.2 menunjukkan jalur potensial mikroplastik dalam debu jalan untuk mencapai lingkungan akuatik (dengan latar belakang biru) dan lingkungan terestrial (dengan latar belakang hijau). Beberapa jalur dapat mencegah pembuangan partikel mikroplastik ke lingkungan bahkan tanpa perlakuan langsung (latar belakang abu-abu). Partikel-partikel mikroplastik yang terbentuk di antarmuka antara ban dan permukaan jalan, dapat dilepaskan langsung ke udara atau ke permukaan jalan. Penyebaran partikel melalui lingkungan lebih lanjut dipengaruhi oleh kondisi cuaca, serta ukuran dan massa partikel tersebut. Partikel yang dilepaskan ke udara dapat mengendap di jalan atau terdispersi pada jarak yang bervariasi dari jalan melalui deposisi kering atau basah. Partikel yang mengendap di jalan dapat terakumulasi untuk waktu yang berbeda-beda atau berpindah melalui berbagai jalur penyebaran, seperti angin, kendaraan yang lewat, pembersihan jalan, atau limpasan air (Andersson-Sköld dkk., 2020).

Jalur transportasi partikel mikroplastik ini dapat melalui proses pengelolaan limpasan yang diterapkan pada sistem drainase. Jalan-jalan di daerah pedesaan dan

perkotaan umumnya dilengkapi dengan parit atau tepi jalan di luar bahu jalan. Fungsi utama dari tepi jalan ini adalah untuk mengarahkan limpasan air hujan atau air jalan menjauh dari jalan (Andersson-Sköld dkk., 2020). Tergantung pada konstruksi jalan, kondisi tanah lokal, serta kebutuhan pengelolaan air hujan setempat, dengan sebagian dari limpasan di tepi jalan ini akan meresap ke dalam air tanah, sedangkan kelebihan air diarahkan ke badan air sekitar (Vogelsang dkk., 2020). Selain itu, ruang yang tersedia untuk sistem pengolahan limpasan di pinggir jalan, yang umumnya digunakan di daerah pedesaan, juga terbatas di daerah perkotaan. Hal ini mengakibatkan perlunya pendekatan berbeda dalam mengelola limpasan air di jalan yang mengandung partikel mikroplastik pada daerah urban, dibandingkan dengan daerah pedesaan (Andersson-Sköld dkk., 2020).

2.1.4 Pengaruh Musim Hujan pada Distribusi Mikroplastik

Distribusi mikroplastik dipengaruhi oleh faktor antropogenik dan berbagai proses lingkungan yang mempengaruhi transportasi, transformasi, dan akumulasi mikroplastik (Yao dk., 2019). Perubahan kondisi cuaca, seperti intensitas hujan, suhu, dan kecepatan angin, dapat mempengaruhi penyebaran serta konsentrasi mikroplastik di lingkungan. Pada musim hujan, aliran air permukaan meningkat, yang berpotensi membawa mikroplastik dari berbagai sumber menuju badan air dan tanah. Air hujan yang mengalir di permukaan jalanan sering kali membawa partikel mikroplastik dari debu jalanan, mengangkutnya ke sistem drainase dan badan air. Selain itu, hujan yang deras juga dapat mengakibatkan remobilisasi mikroplastik yang sebelumnya tersimpan di tanah atau sedimen, meningkatkan konsentrasi mikroplastik di aliran air. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi mikroplastik di badan air cenderung lebih tinggi selama musim hujan dibandingkan dengan musim kemarau, karena peningkatan volume air yang mengangkut partikel tersebut (Lai dkk., 2019).

Variasi musim mempengaruhi sumber mikroplastik yang dominan di suatu area. Pada musim hujan, sumber mikroplastik dari *run-off* jalanan dan limpasan permukaan lebih signifikan, sementara pada musim kemarau, sumber utama dapat bergeser ke suspensi debu yang mengandung mikroplastik di udara. Studi yang

dilakukan di berbagai daerah menunjukkan bahwa komposisi dan distribusi mikroplastik dapat berbeda secara signifikan antara musim hujan dan musim kemarau, mencerminkan perubahan dalam sumber dan mekanisme transportasi partikel mikroplastik (Zhang dkk., 2020).

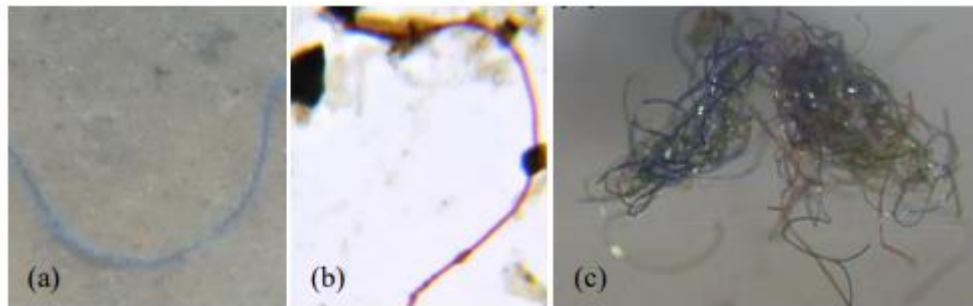
2.2 Karakteristik Mikroplastik pada Debu Jalanan (*Road Dust*)

2.2.1 Morfologi Bentuk Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel plastik kecil yang memiliki beragam bentuk, termasuk fragmen, fiber, film, foam, dan pelet (Angnunavuri dkk., 2020). Tiga karakteristik morfologi utama yang digunakan untuk mengklasifikasikan mikroplastik, yaitu ukuran, bentuk, dan warna (Annisa, 2021). Fragmen mikroplastik memiliki bentuk yang tidak beraturan dengan tepi yang keras dan dapat memiliki warna yang bervariasi. Film mikroplastik merupakan lapisan tipis plastik yang umumnya lunak dan transparan dengan ukuran lebih dari 5 mm. Foam mikroplastik umumnya ditemukan pada bahan seperti *styrofoam* dan memiliki sifat yang mudah berubah bentuk di bawah tekanan serta fleksibel tergantung pada kondisi cuaca dan waktu (GESAMP, 2019). Sementara itu, fragmen dan fiber merupakan bentuk dan jenis plastik yang paling umum digunakan di seluruh dunia (Zhang, 2020). Berikut penjelasan mengenai morfologi bentuk mikroplastik pada debu jalanan berdasarkan bentuknya menurut (Crawford dan Quinn, 2016):

1) Mikroplastik Tipe Fiber

Mikroplastik fiber atau serat memiliki ciri khas berupa bentuk yang panjang, dengan panjangnya secara signifikan lebih dominan daripada lebarnya (Lusher dkk., 2020). Pengamatan mikroskopis menggambarkan fiber sebagai bahan yang tipis atau berserat, dengan ketebalan yang konsisten sepanjang panjangnya (Cesa dkk., 2017). Menurut Talley dkk. (2020), fiber merupakan tipe mikroplastik yang memiliki permukaan halus dengan ketebalan yang merata serta memiliki bentuk lurus, tipis, atau menyerupai serat seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mikroplastik Tipe Fiber

Sumber: (a) Lusher dkk. (2020), (b) Talley dkk. (2020), dan (c) Cesa dkk. (2017)

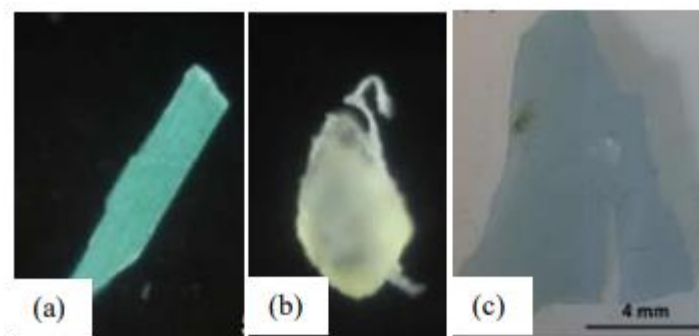
Secara umum, mikroplastik tipe fiber memiliki permukaan yang halus, meskipun dalam beberapa kasus, proses produksi tekstil dapat mengakibatkan fibrilasi, yaitu pembentukan serat yang lebih kecil, yang dapat menyebabkan struktur yang tidak rata pada permukaannya. Mikroplastik fiber dapat berinteraksi dengan serat lain dan membentuk formasi seperti simpul. Dalam situasi seperti itu, bundel serat harus dipisahkan dan dihitung sebagai serat individu (Lusher dkk., 2020). Kelimpahan mikroplastik tipe fiber dalam lingkungan disebabkan oleh beberapa faktor atau kegiatan manusia, termasuk berasal dari serat pakaian, aktivitas nelayan, proses bongkar muat kapal, dan aktivitas rumah tangga (Amin dkk., 2020).

2) Mikroplastik Tipe Fragmen

Mikroplastik tipe fragmen merupakan jenis partikel plastik yang paling umum ditemukan di lingkungan. Pembentukan mikroplastik fragmen terjadi melalui proses degradasi plastik yang lebih besar, seperti botol minuman, serpihan galon, dan toples bekas. Mikroplastik tipe fragmen ini bervariasi tergantung pada cara dan waktu fragmenasi yang terjadi. Tepi yang tajam dan potongan yang besar biasanya menunjukkan bahwa plastik tersebut belum terlalu lama terurai di dalam perairan. Di sisi lain, tepi yang halus dikaitkan dengan proses fragmenasi plastik yang terus-menerus dan berkelanjutan (Amin dkk., 2020).

Mikroplastik fragmen secara umum merupakan partikel padat dan keras yang diperkirakan berasal dari plastik yang lebih keras melalui proses fragmenasi (Shim

dkk., 2018). Rosal (2021) mendukung pandangan ini dengan menyatakan bahwa fragmen cenderung memiliki bentuk dan tepi yang tidak beraturan. Karakteristik bentuk yang tidak beraturan ini memberikan petunjuk mengenai asal-usulnya dari plastik yang mengalami fragmenasi yang lebih besar. Dengan demikian, mikroplastik fragmen dapat dikenali melalui bentuk dan sifat fisiknya yang tidak teratur, yang menunjukkan proses fragmenasi yang telah dialaminya. Mikroplastik tipe fragmen dapat dilihat pada Gambar 2.4.

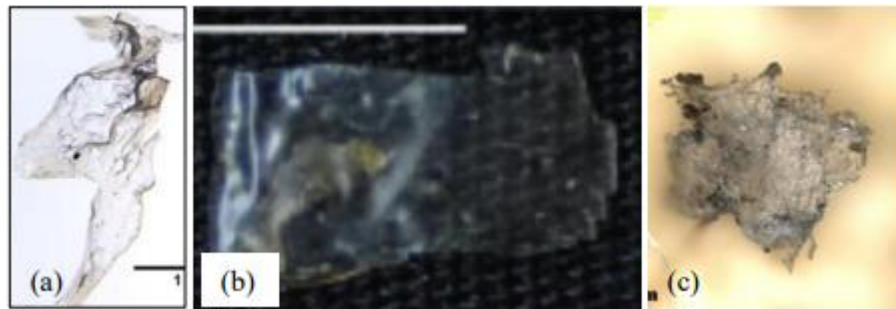


Gambar 2.4 Mikroplastik Tipe Fragmen

Sumber: (a), (b) Tanaka dan Takada (2016) dan (c) Free dkk. (2014)

3) Mikroplastik Tipe Film

Mikroplastik film merupakan tipe mikroplastik dengan permukaan tipis atau bidang yang berasal dari plastik tipis (Singh dkk., 2021). Mikroplastik tipe ini biasanya berasal dari kantong plastik, bahan pengemasan, atau plastik pembungkus kemasan (Shim dkk., 2018). Secara umum, mikroplastik film memiliki bentuk yang tidak teratur, namun lebih tipis dan lebih fleksibel daripada mikroplastik fragmen (Rosal, 2021). Menurut Alvarez dkk. (2020), mikroplastik film dapat dibedakan dari fragmen yang lebih kaku berdasarkan tingkat fleksibilitasnya. Mikroplastik film cenderung memiliki ketebalan yang tipis sehingga lebih fleksibel dan biasanya berasal dari retakan kantong atau bahan kemasan plastik yang memiliki densitas yang rendah. Contoh dari polimer mikroplastik film ini adalah *low-density polyethylene* (LDPE) dan *high-density polyethylene* (HDPE) (Wang dkk., 2019). Mikroplastik tipe film dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mikroplastik Tipe Film

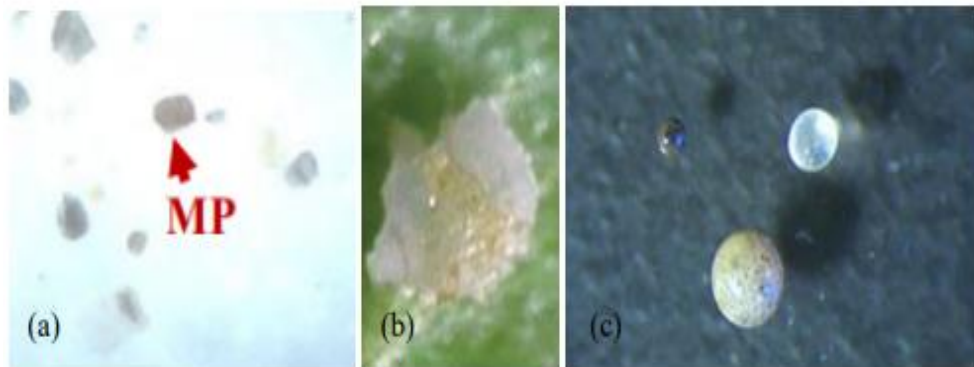
Sumber: (a) Singh dkk. (2021), (b) Zeferino dkk. (2020), dan (c) Wang dkk. (2019)

4) Mikroplastik Tipe Granul/Pelet

Granul merupakan istilah yang merujuk kepada tipe mikroplastik dengan bentuk bulat yang menyerupai biji-bijian. Saat ditemukan di lingkungan, granul bisa hadir dalam keadaan utuh atau sudah mengalami degradasi. Kelompok mikroplastik ini termasuk dalam kategori primer, yang artinya granul tersebut sengaja diproduksi dalam ukuran kecil atau mikro. Granul memiliki variasi struktural yang beragam, yang mencakup beberapa bentuk khas seperti pelet resin pra-produksi (*nurdles*), *microbeads*, dan manik-manik yang digunakan dalam proses pengolahan air. Pelet resin pra-produksi, atau yang sering disebut sebagai *nurdles*, memiliki bentuk yang menyerupai butiran bulat telur atau silinder. *Nurdles* ini seringkali digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan produk plastik lainnya. Kemudian, terdapat pula *microbeads*, yaitu manik-manik mikro yang umumnya digunakan dalam produk perawatan pribadi seperti scrub wajah dan pasta gigi. *Microbeads* memiliki bentuk bulat kasar yang memberikan efek eksfoliasi pada kulit. (Lusher dkk., 2020).

Mikroplastik granul atau sering disebut sebagai pelet, memiliki karakteristik bentuk yang cenderung tidak beraturan (Susanti dkk., 2021). Granul ini merupakan partikel plastik bulat yang berasal dari produksi awal plastik serta digunakan dalam berbagai produk perawatan pribadi. Mikroplastik tipe ini dapat ditemukan dalam berbagai variasi bentuk, termasuk yang pipih, bulat telur, atau berbentuk cakram

(Acharya dkk., 2021). Menurut Blair dkk. (2019), granul termasuk dalam kategori mikroplastik primer yang diproduksi dalam ukuran kecil, dan penggunaannya seringkali ditemui dalam produk kosmetik. Mikroplastik granul/pelet dapat dilihat pada Gambar 2.6.



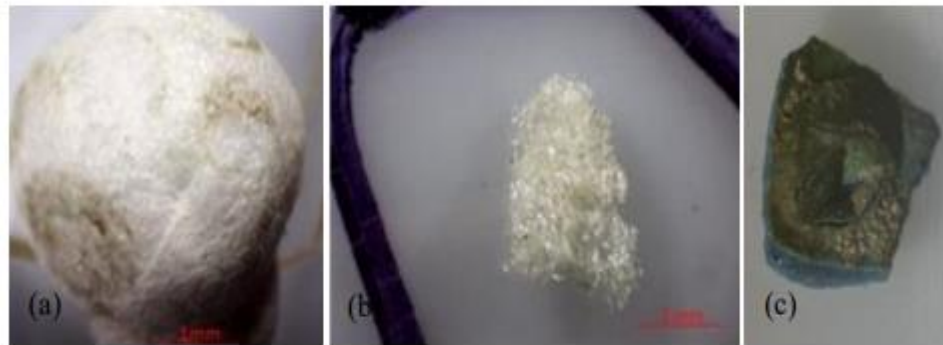
Gambar 2.6 Mikroplastik Tipe Pelet

Sumber: (a) Susanti dkk. (2021), (b) Acharya dkk. (2021), dan (c) Blair dkk. (2019)

5) Mikroplastik Tipe Foam

Mikroplastik tipe foam atau busa merupakan mikroplastik yang memiliki kepadatan rendah dan mampu mengapung di permukaan air. Karakteristik mikroplastik ini memiliki sejumlah besar mikropori, sehingga memungkinkannya untuk menyerap zat-zat di sekitarnya dengan mudah. Proses penyerapan ini dapat berlangsung secara kontinyu, yang pada akhirnya akan membuat foam menjadi lebih padat dan membesar hingga akhirnya menyerap ke dalam sedimen (Mhired dan Aragaw, 2022). Menurut Lusher dkk. (2020), mikroplastik foam memiliki permukaan yang halus dengan tepian yang bersudut. Namun, definisi foam menurut Free dkk. (2014) memberikan gambaran lebih luas sebagai partikel plastik dengan massa ringan yang menyerupai spons, seperti pelampung busa dan *styrofoam*. Dalam hal ini, foam tidak hanya mengacu pada mikroplastik yang ditemukan dengan karakteristik permukaan tertentu, tetapi juga mencakup berbagai bentuk

plastik berpori. Contoh dari tipe mikroplastik foam ini antara lain (*expanded polystyrene/EPS*) dan (*expanded polyvinyl chloride/EPVC*). Mikroplastik tipe foam dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Mikroplastik Tipe Foam

Sumber: (a), (b) Lusher dkk., (2020) dan (c) Free dkk. (2014)

Tipe mikroplastik berdasarkan bentuknya menurut Crawford dan Quinn (2016) dapat dibedakan menjadi lima kategori utama, yaitu fragmen, fiber, film, foam, dan pellet. Setiap tipe mikroplastik memiliki karakteristik fisik yang spesifik. Definisi lebih lanjut mengenai masing-masing tipe mikroplastik tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tipe Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Tipe	Definisi
Fiber	Serat panjang mikroplastik dengan ukuran kurang dari 5 mm
Fragmen	Pecahan plastik yang terbentuk secara tidak beraturan dan memiliki ukuran kurang dari 5 mm
Film	Mikroplastik berbentuk lembaran tipis yang berukuran kurang dari 5 mm
Granula	Pecahan plastik berukuran kecil yang berbentuk lingkaran dengan ukuran diameter kurang dari 5 mm
Foam	Potongan-potongan kecil spons, foam, atau material plastik yang terbuat dari bahan busa dengan ukuran kurang dari 5 mm

Sumber : Crawford dan Quinn (2016)

2.2.2 Jenis Polimer Mikroplastik

Plastik sebagai materi polimer memiliki struktur dasar yang terdiri dari rantai panjang atom-atom yang terikat satu sama lain. Rantai ini terbentuk dari molekul kecil yang berulang (monomer), yang saling terhubung untuk membentuk struktur polimer. Jenis-jenis plastik yang paling umum ditemukan rantai polimernya terutama tersusun dari atom karbon. Selain karbon, beberapa jenis plastik juga mengandung unsur-unsur lain seperti oksigen, nitrogen, klorin, atau sulfur, yang memengaruhi sifat dan karakteristik plastik tersebut. (Wina, 2023). Kombinasi unsur-unsur ini memungkinkan plastik untuk memiliki berbagai aplikasi dan kegunaan, tergantung pada komposisi kimianya untuk memenuhi berbagai aplikasi dan kebutuhan. Jenis polimer plastik berdasarkan densitas dan aplikasinya ditampilkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis Plastik, Densitas serta Aplikasinya

Jenis Plastik	Densitas (g/cm ³)	Aplikasi
<i>Polyethylene terephthalate</i> (PET)	1.34–1.39	Botol, strapping atau tali pengikat, dan tekstil
<i>Polyvinyl chloride</i> (PVC)	1.16–1.30	Pipa, kontainer, talang, jendela dan pintu
<i>Polyamides</i> (PA)	1.13–1.15	tali, jaring ikan, lemari es, kemasan makanan
<i>Polypropylene</i> (PP)	0.90–0.92	botol, kemasan makanan, tali, alat-alat medis steril dan wadah untuk obat-obatan
<i>Polyethylene</i> (PE)	0.91–0.95	Kantong plastik, botol plastik, kontainer penyimpanan
<i>Polycarbonate</i> (PC)	1,20-1,22	Kacamata, perangkat elektronik, panel dan komponen otomotif
<i>Low-density polyethylene</i> (LDPE)	0.91-0.93	Pipa, dinding dan lantai
<i>High-density polyethylene</i> (HDPE)	0.94	Tabung, pipa dan pelat
<i>Polyester</i> (PES)	1,4	Tekstil, fiber, kemasan makanan
<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (ABS)	1.06-1.08	Peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, komponen otomotif dan peralatan medis
<i>Polystyrene</i> (PS)	1.01–1.05	Gelas plastik, kotak pendingin, peralatan rumah tangga dan kemasan busa
Asetat selulosa	1.22–1.24	Filter rokok

Sumber: Lusher dan Peter (2017)

2.2.3 Warna Mikroplastik

Mikroplastik memiliki berbagai warna yang dipengaruhi oleh komposisi bahan dan proses produksinya. Warna mikroplastik bisa bervariasi tergantung pada jenis plastik yang digunakan, serta pada pewarna atau aditif yang ditambahkan selama proses produksi. Warna mikroplastik dapat berubah seiring waktu akibat paparan sinar matahari, oksidasi, atau kontaminasi lingkungan, yang dapat menyebabkan perubahan warna seperti pudar atau menggelap (Wina, 2023). Dalam proses identifikasi mikroplastik, warna menjadi salah satu karakteristik penting yang diperhatikan. Warna ini dapat memberikan petunjuk mengenai sumber, jenis polimer, serta tingkat pelapukan mikroplastik tersebut. Identifikasi jenis warna mikroplastik menurut Crawford dan Quinn (2016) memberikan panduan untuk mengklasifikasikan warna secara sistematis, sehingga memudahkan dalam analisis dan pengelompokan sampel (Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Warna Mikroplastik

Warna	Singkatan
<i>All transparent</i>	AP
<i>Brown</i>	BN
<i>Black</i>	BL
<i>Green</i>	GN
<i>Blue</i>	BL
<i>Pink</i>	PK
<i>Purple</i>	PR
<i>Red</i>	RD
<i>Orange</i>	OR
<i>Yellow</i>	YL
<i>Grey</i>	GR

Sumber: Crawford dan Quinn (2016)

2.3 Potensi Bahaya dan Dampak Mikroplastik pada Debu Jalanan (*Road Dust*)

Mikroplastik memiliki potensi bahaya yang meliputi dampak secara kimiawi, fisik dan biologis terhadap organisme yang menelannya secara langsung maupun

tidak langsung. Amelia dkk., (2021), menjelaskan bahwa mikroplastik dapat menyebabkan bahaya bagi ekosistem dan organisme melalui beberapa pendekatan. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh pencemaran mikroplastik terhadap organisme, termasuk translokasi partikel, stres fisiologis, respon imun, metabolisme abnormal, perubahan perilaku, gangguan kesuburan, dan kerusakan usus yang parah. Proses translokasi mikroplastik dalam tubuh organisme dapat berlangsung melalui beberapa cara. Mikroplastik yang tertelan awalnya berpindah melalui saluran pencernaan kemudian dapat berpindah ke organ tubuh lainnya, termasuk sistem peredaran darah, hati, dan ginjal. Rute translokasi ini dapat memiliki dampak yang bervariasi tergantung pada spesies dan lokasi translokasi mikroplastik (Amelia dkk., 2021).

Debu jalanan di kawasan perkotaan terdiri dari bahan berbasis polimer. Ketika kendaraan melintas di jalan, ban akan mengalami gesekan, tekanan, dan panas, sehingga mengakibatkan ausnya ban dan terjadi pelepasan debu mikroplastik ke udara. Jika debu tersebut terbawa oleh angin, maka dapat menyebabkan penurunan kualitas udara. Selain itu, jika debu tersebut terbawa oleh hujan ke saluran air, sungai, dan lainnya, kemungkinan besar akan dikonsumsi oleh organisme di perairan. Dengan demikian, mikroplastik yang terdapat di debu jalanan dapat berdampak signifikan terhadap perubahan kualitas udara dan kesehatan lingkungan, serta berpotensi memengaruhi keseimbangan ekosistem dan rantai makanan manusia (Syafei dkk., 2019).

2.4 Metode Identifikasi Mikroplastik

Identifikasi mikroplastik pada sampel lingkungan merupakan langkah penting dalam studi pencemaran mikroplastik. Proses identifikasi ini bergantung pada penentuan jumlah, ukuran, dan bentuk partikel (Braun, 2018). Identifikasi mikroplastik secara akurat dapat memberikan gambaran yang komprehensif dan rinci tentang keberadaan mikroplastik. Sebelum melakukan proses identifikasi, ukuran partikel harus ditentukan terlebih dahulu untuk memastikan bahwa metode identifikasi dapat mengukur partikel mikroplastik dengan presisi yang diperlukan (Wina, 2023). Pembagian partikel-plastik ke dalam kelas ukuran memungkinkan

perbandingan konsentrasi total dari ukuran partikel tertentu. Hal ini membantu dalam mengidentifikasi seberapa besar kontribusi masing-masing ukuran partikel terhadap pencemaran mikroplastik.

Pada prinsipnya, terdapat lebih banyak partikel kecil daripada yang besar, yang menunjukkan pentingnya fokus pada saat mengidentifikasi partikel-partikel mikroplastik. Analisis partikel yang sangat kecil, terutama di bawah ukuran mikroplastik, bersifat kompleks. Proses identifikasi terkadang terbatas pada sampel nyata mengharuskan penggunaan metode serta instrumen analisis yang canggih dan sensitif (Braun, 2018). Menurut Pratiwi (2020), terdapat beberapa metode yang umum digunakan dalam proses identifikasi mikroplastik, yang masing-masing memiliki keunggulan dan keterbatasannya. Metode-metode tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Metode Identifikasi Mikroplastik

Metode	Penjelasan
<i>Optical microscopy</i>	Digunakan untuk menentukan ukuran, bentuk, dan warna partikel mikroplastik. Menggunakan alat <i>Leica DM 1000 microsystem</i> yang bekerja secara otomatis tanpa memerlukan persiapan sampel secara khusus.
<i>ATR-FTIR spectroscopy</i>	Teknik karakterisasi yang paling umum digunakan untuk mikroplastik. Dapat menentukan komposisi bahan, laju degradasi, dan indeks karbonil dalam bahan. Memiliki keterbatasan ukuran partikel serta manipulasi sampel dilakukan secara manual sehingga memakan waktu.
<i>NIR spectroscopy</i>	Menggunakan spectrometer <i>near infrared (NIR)</i> termodifikasi dengan fasilitas pindai otomatis dan <i>database</i> spectrum sehingga dapat melakukan karakterisasi mikroplastik dengan efisiensi >80% untuk partikel >1mm
<i>IR microscopy</i>	Menggunakan mikroskop Bruker LUMOS FTIR yang dapat mengidentifikasi partikel mikroplastik dengan ukuran <1mm. Mikroskop jenis ini banyak digunakan dalam mode ATR walaupun mode transmisi dan reflektansi sangat mungkin dilakukan. Persiapan sampel yang diperlukan tidak rumit. Mampu mengidentifikasi sampel dalam skala mikromete

Sumber: Pratiwi (2020)

2.4.1 Mikroskop Digital

Mikroskop digital merupakan versi modern dari mikroskop optik tradisional yang memanfaatkan optik dan kamera digital untuk menampilkan gambar pada monitor dengan bantuan perangkat lunak komputer (Pratiwi, 2020). Mikroskop digital ini dapat dikendalikan sepenuhnya atau sebagian oleh komputer, dengan berbagai tingkat otomatisasi. Alat ini memungkinkan analisis yang mendalam terhadap gambar mikroskop, seperti pengukuran jarak, area, serta kuantifikasi histologis. Mikroskop ini menawarkan perbesaran sederhana hingga sekitar 200 kali tanpa memerlukan *eyepiece*, dengan pencahayaan yang biasanya disediakan oleh sumber LED dekat lensa kamera. Perbesaran dapat bervariasi tergantung jarak objek, dengan perbesaran lebih tinggi dicapai dengan mendekatkan mikroskop ke objek. Mikroskop digital sangat berguna untuk berbagai aplikasi seperti mikroskop 3D, pengukuran permukaan, pengukuran 2D, pengukuran kekasaran, dan inspeksi (Pratiwi, 2020).

2.4.2 Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)

Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah teknik analisis yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari sampel dalam bentuk padat, cair, atau gas melalui absorptansi, emisi, fotokonduktivitas, atau *Raman Scattering* (Pratiwi, 2020). Teknik ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis vibrasi antar atom dalam sampel. FTIR berguna untuk menganalisis senyawa organik dan anorganik serta melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif dengan mengamati kekuatan absorpsi pada panjang gelombang tertentu. Dalam FTIR, radiasi *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) digunakan untuk meningkatkan interferensi radiasi inframerah, sehingga sinyal yang diterima oleh detektor menjadi lebih akurat dan lengkap. Prinsip kerja *Fourier Transform Infrared* (FTIR) melibatkan pengiriman sinar inframerah melalui celah ke dalam sampel. Sinar inframerah tersebut kemudian diserap oleh sampel, sedangkan sebagian sinar yang tidak diserap diteruskan melewati permukaan sampel. Sinar inframerah yang berhasil melewati sampel tersebut akhirnya diterima oleh detektor.

Sinyal yang terukur oleh detektor kemudian dikirimkan ke komputer untuk dianalisis (Pratiwi, 2020).

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasarkan pada kajian dari berbagai penelitian yang telah dilakukan dalam rentang waktu 5 tahun terakhir. Penelitian terdahulu memberikan landasan yang penting untuk memahami konteks dan latar belakang masalah yang akan dibahas, serta menjadi acuan bagi metodologi yang digunakan. Studi-studi sebelumnya berfokus pada berbagai aspek terkait mikroplastik, mulai dari karakteristik fisiknya, sumber potensial, hingga metode identifikasi dan analisis yang digunakan. Informasi lebih rinci mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi acuan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Yukioka, dkk. (2020)	<i>Occurrence and characteristics of microplastics in surface road dust in Kusatsu (Japan), Da Nang (Vietnam), and Kathmandu (Nepal)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Deskripsi karakteristik mikroplastik dalam debu jalanan Kusatsu (Jepang), DaNang (Vietnam) dan Kathmandu (Nepal) melibatkan pengenalan jenis polimer dan bentuk mikroplastik dalam sampel sedimen. • Penelitian ini mengidentifikasi berbagai jenis polimer yang menyusun mikroplastik serta bentuk fisiknya, seperti fragmen, serat, film atau pelet, yang ditemukan dalam sedimen di lokasi tersebut.
(Mon, E. E., dkk., 2022)	<i>Monitoring of microplastics in road dust samples from Myanmar and Taiwan.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan mikroplastik (MPs) di kota-kota di Myanmar sangat tinggi, sementara di daerah pedesaan tidak ditemukan adanya mikroplastik. Di Taiwan, debu jalanan memiliki kandungan mikroplastik 2 hingga 9 kali lebih banyak dibandingkan dengan Myanmar. • Jenis polimer yang dominan ditemukan adalah PVC (<i>polyvinyl clorida</i>) di Taiwan, sementara PE

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		(polyethylene) dan PP (polypropylene) lebih dominan di Myanmar. Selain itu, beberapa zat aditif plastik seperti BHT (<i>butylated hydroxytoluene</i>), DEP (<i>diethyl phthalate</i>), dan DnOP (<i>di-n-octyl phthalate</i>) ditemukan dalam mikroplastik jenis PVC.
Kang, H., dkk., (2022).	<i>Concentration of Microplastics in Road Dust as a Function of the Drying Period—A Case Study in G City, Korea</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Konsentrasi mikroplastik (MP) meningkat seiring dengan bertambahnya periode waktu kering (<i>Drying Period</i>), dengan konsentrasi tertinggi ditemukan setelah 3 hari pengeringan. • Partikel hitam yang ditemukan sebagian besar terdiri dari bitumen dan partikel ban, yang menyumbang sekitar 72% dari total partikel. Selain itu, mikroplastik terbawa oleh air hujan ketika jumlah curah hujan melebihi batas tertentu, sehingga menyebabkan berkurangnya konsentrasi mikroplastik di permukaan yang terkena hujan. • Penelitian ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor seperti periode pengeringan dan curah hujan berpengaruh signifikan terhadap distribusi dan konsentrasi mikroplastik di lingkungan.
Lestari, S. I., dkk., (2023)	<i>An Analysis of Microplastics Contamination on Road Dust Around Jambi's Angso Duo Market</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini mengidentifikasi keberadaan mikroplastik dalam debu jalanan, yang terdiri dari <i>polyethylene</i>, <i>polypropylene</i>, <i>polystyrene</i> • Dari beberapa sampel yang diambil, Sampel B memiliki konsentrasi mikroplastik tertinggi, yaitu sebesar 2,78 gram. • Bentuk mikroplastik yang ditemukan dalam debu jalanan bervariasi, termasuk serat, fragmen, dan film.
Maharani, H. A. (2023)	Identifikasi Mikroplastik di Udara Pada Polutan Total Suspended Particulate (TSP) dan Particulate	Penelitian ini menganalisis konsentrasi partikel udara Total Suspended Particles (TSP), PM2.5, dan PM10. Selain itu, dilakukan perhitungan jumlah mikroplastik yang berasal dari aktivitas

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	Matter (PM2.5, PM10) di Ringroad Kota Yogyakarta	kendaraan. Hasil penelitian ini berfokus pada distribusi dan karakteristik mikroplastik di area Ringroad Yogyakarta.
Jannah dkk., (2023)	<i>Occurrence and characteristic of microplastics in suspended particulate, a case study in street of Yogyakarta</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian yang dilakukan di sekitar jalan raya Yogyakarta, menunjukkan adanya keberadaan mikroplastik (MPs) dengan fragmen berwarna hitam sebagai jenis yang paling umum ditemukan. • Jumlah mikroplastik paling banyak ditemukan di kawasan Ringroad Timur, diikuti oleh Ringroad Utara, Ringroad Selatan, dan Ringroad Barat. • Bentuk mikroplastik yang teridentifikasi meliputi fragmen, film, dan fiber, dengan variasi warna termasuk hitam, coklat, dan transparan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di 16 titik lokasi pengambilan sampel pada persimpangan jalan arteri Yogyakarta yang disebut Ringroad. Lokasi tersebut meliputi Ringroad Utara, Ringroad Selatan, Ringroad Barat dan Ringroad Timur. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada temuan dari studi sebelumnya yang dilakukan oleh Jannah dkk., pada tahun 2023 di beberapa ruas jalan Ringroad Yogyakarta. Temuan tersebut menunjukkan adanya mikroplastik dalam udara ambien di sekitar kawasan tersebut. Namun, penelitian sebelumnya belum mengidentifikasi keberadaan mikroplastik dalam debu jalanan di sekitar Ringroad Yogyakarta, meskipun wilayah tersebut memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Pemilihan 16 titik lokasi penelitian di kawasan ringroad Yogyakarta juga didasarkan pada hasil penelitian Kang dkk., (2022) yang menunjukkan bahwa keberadaan makroplastik berkorelasi dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Berdasarkan temuan tersebut, titik-titik di kawasan ringroad Yogyakarta dipilih di area persimpangan jalan dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi dengan asumsi bahwa lokasi-lokasi dengan kepadatan lalu lintas tinggi juga akan menunjukkan kelimpahan mikroplastik.

Kawasan Ringroad Yogyakarta merupakan jalan lingkar yang mengelilingi Kota Yogyakarta. Fungsinya adalah sebagai jalur penghubung yang penting dalam kota dan daerah sekitarnya. Jalur ini menghubungkan berbagai bagian penting dalam kota seperti tempat wisata, daerah industri, perkantoran, dan lainnya. Ringroad Yogyakarta berperan sebagai arteri utama dalam sistem transportasi kota, memfasilitasi pergerakan orang dan barang antara berbagai bagian kota dan daerah sekitarnya. Oleh karena itu, dilakukan pemilihan lokasi penelitian untuk mengidentifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik dalam debu jalanan di

kawasan tersebut. Hal ini bertujuan untuk melengkapi temuan sebelumnya dan memperluas pemahaman tentang distribusi mikroplastik di lingkungan tersebut. Dengan merujuk pada metodologi penelitian sebelumnya, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan perbandingan yang signifikan dan memberikan kontribusi dalam pemahaman yang lebih baik tentang masalah mikroplastik di kawasan Ringroad Yogyakarta. Pemilihan waktu dan lokasi pengambilan sampel menjadi faktor penting dalam penelitian ini, karena dapat memengaruhi hasil dan analisis yang dilakukan. Informasi mengenai waktu dan lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Waktu dan Lokasi Pengambilan Sampel

Titik Sampling	Lokasi	Tata Letak Jalan	Waktu Pengambilan	Titik Koordinat
RU 1	Al-Azhar Yogyakarta (Jl. Padjajaran, Pogung Lor, Sinduadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman)	Pertigaan	13.11 WIB	7,751232 LS; 110,374949 BT
RU 2	Pos Polisi Lalulintas Terminal Jombor (Mlati Dukuh, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman)	Persimpangan	13.22 WIB	7,782137 LS; 110,429637 BT
RU 3	Pos Polisi Lalulintas (Jl. Ring Road Utara, Gejayan, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman)	Persimpangan	09.08 WIB	7,758422 LS; 110,395585 BT
RU 4	TPB Polsek Depok Timur (Jl. Ring Road Utara, Ngringin, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman)	Pertigaan	09.22 WIB	7,762347 LS; 110,415155 BT
RT 1	Pos Polisi Lalu Lintas Pertigaan Bandara Adi Sucipto (Jl. Laksda KM.9 Yogyakarta, Jl. Airport Adisucipto, Karangploso, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman)	Pertigaan	10.06 WIB	7,792136 LS; 110,410236 BT

Titik Sampling	Lokasi	Tata Letak Jalan	Waktu Pengambilan	Titik Koordinat
RT 2	Jl. Ringroad Timur, Karang Janbe, Kec. Banguntapan, Bantul	Pertigaan	10.29 WIB	7,781128 LS; 110,409101 BT
RT 3	Pospol Ketandan (Jl. Ringroad Timur No.B7, 27, 27, Banguntapan, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul)	Persimpangan	10.39 WIB	7,781186 LS; 110,409190 BT
RT 4	Gedung Pertemuan Taman Perwacy (Natinal Rte 3, Kec. Banguntapan, Bantul)	Pertigaan	10.54 WIB	7,836665 LS; 110,3915 BT
RS 1	Ruko Barat Pos Polisi Gondowulung (Nglebeng, Tamanan, Kec. Banguntapan, Bantul)	Persimpangan	11.10 WIB	7,836665 LS; 110,3915 BT
RS 2	Jl. Imogiri Barat, Tanjung, Bangunharjo, Kec. Sewon, Kabupaten Bantul	Persimpangan	11.22 WIB	7,827937 LS; 110,35519 BT
RS 3	Jl. Ringroad Selatan No.335, Dongkelan, Panggungharjo, Kec. Sewon, Kabupaten Bantul,	Persimpangan	11.36 WIB	7,827937 LS; 110,35519 BT
RS 4	Jl. Jogja Ring Road Sel. 90, Gonjen, Tamantirto, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul	Pertigaan	11.47 WIB	7,778219 LS; 110,331338 BT
RB 1	Jl. Ringroad Barat, Area Sawah, Banyuraden, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman	Persimpangan	12.05 WIB	7,798688 LS; 110,329872 BT
RB 2	Area Sawah, Nogotirto, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman,	Persimpangan	12.41 WIB	7,778219 LS; 110,331338 BT
RB 3	Jalan Ringroad Barat Pundung, Nogotirto, Kecamatan, Area Sawah, Nogotirto, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman	Pertigaan	12.49 WIB	7,749314 LS; 110,340848 BT
RB 4	Jl. Selokan Mataram, Baturan, Trihanggo, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman,	Pertigaan	13.01 WIB	7,749364 LS; 110,340788 BT

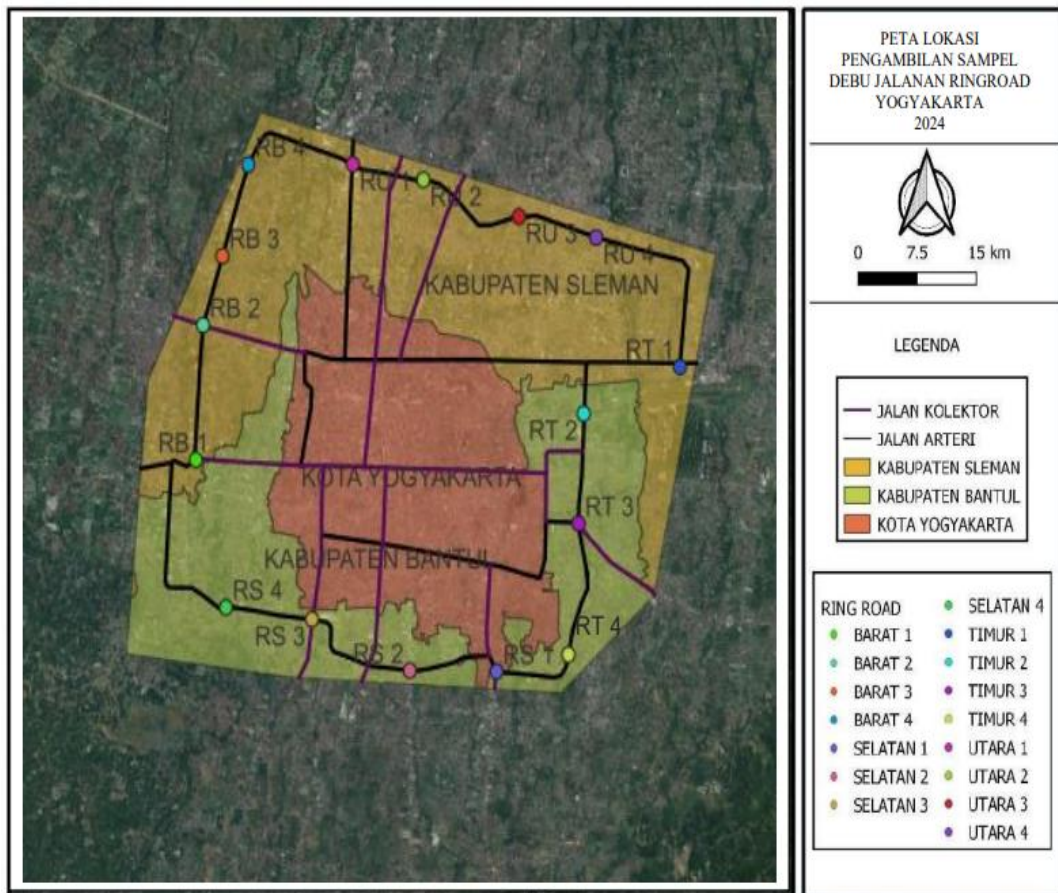
Pengambilan sampel debu jalanan dilakukan sekali pada setiap titik sampling di sepanjang lingkaran luar sebelah kiri Ringroad Yogyakarta pada hari Sabtu, 30 Maret 2024, yang bertepatan dengan akhir pekan. Setiap titik sampling diambil pada waktu yang berbeda selama satu hari pengambilan sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta. Estimasi pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-1 setelah hujan, saat kondisi debu jalanan (*road dust*) telah mengering. Pemilihan waktu ini sangat penting, karena hujan dapat mempengaruhi akumulasi dan distribusi mikroplastik di permukaan jalan. Setelah hujan, debu jalanan cenderung mengalami perubahan, seperti limpasan sebagian partikel oleh air hujan, yang dapat mengurangi jumlah mikroplastik yang terakumulasi di permukaan. Oleh karena itu, pengambilan sampel dilakukan setelah debu jalanan mengering, sehingga memungkinkan pengukuran yang lebih akurat terhadap keberadaan mikroplastik yang tertinggal di permukaan.

Waktu pengambilan sampel pada bulan Maret ini dipilih karena merupakan periode di mana curah hujan di Yogyakarta umumnya cukup tinggi, sehingga memungkinkan untuk memperoleh sampel yang representatif dari kondisi cuaca dan lingkungan yang terkait dengan musim hujan. Pemilihan waktu ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang keberadaan mikroplastik dalam debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta.

Pengambilan sampel debu jalanan dibagi menjadi 16 titik, yang tersebar di empat bagian Ringroad. Di Ringroad Utara, terdapat empat titik pengambilan sampel, yaitu RU 1, RU 2, RU 3, dan RU 4. Sementara itu, Ringroad Timur juga memiliki empat titik, yang terdiri dari RT 1, RT 2, RT 3, dan RT 4. Di bagian Ringroad Selatan memiliki empat titik pengambilan sampel, yaitu titik RS 1, RS 2, RS 3, dan RS 4. Sedangkan di bagian Ringroad Barat mencakup empat titik RB 1, RB 2, RB 3, dan RB 4.

Area yang termasuk dalam kawasan Ringroad Yogyakarta mencakup tiga wilayah, yaitu Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, dan Kota Yogyakarta. Ketiga wilayah ini memiliki karakteristik geografis dan demografis yang berbeda, yang

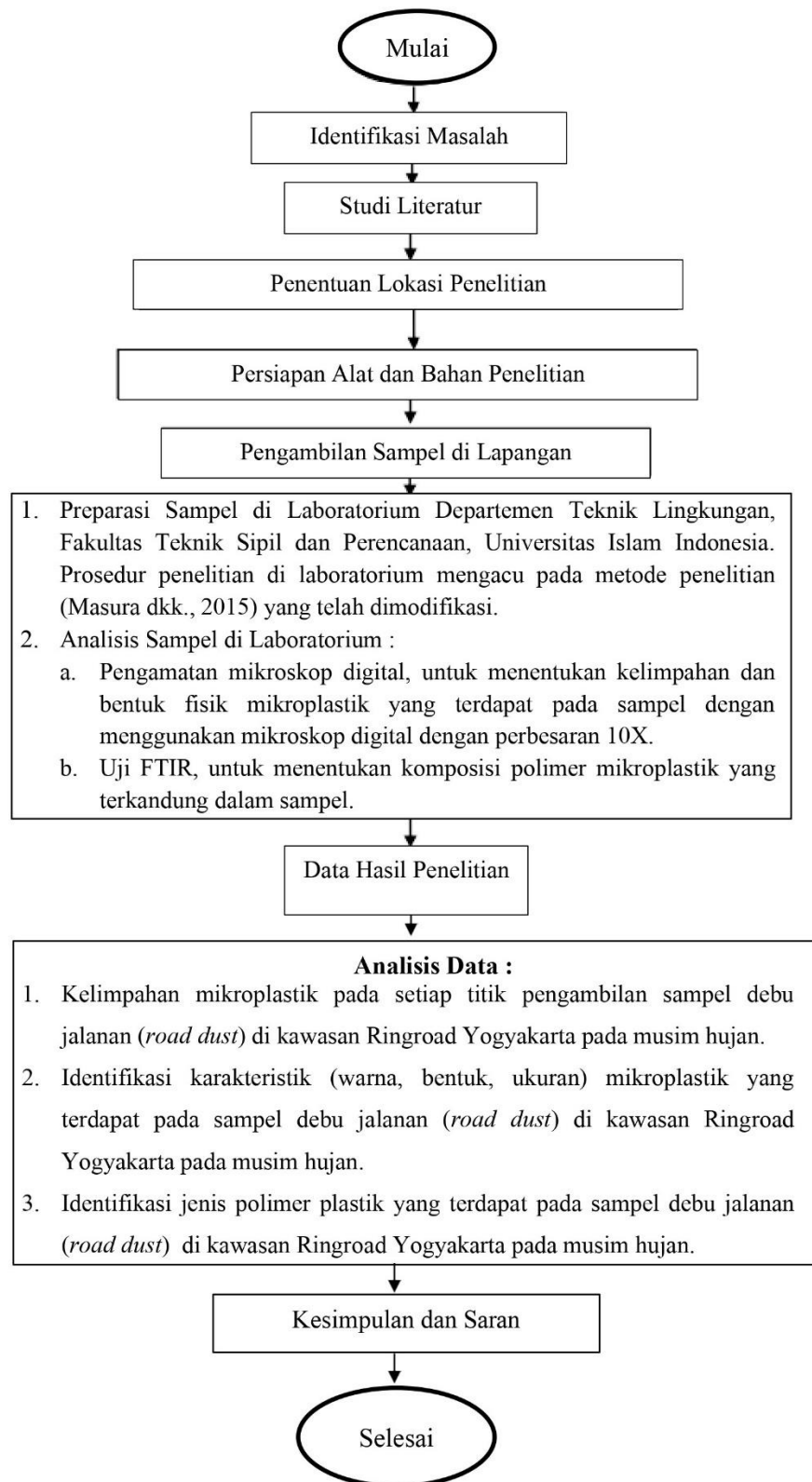
dapat memengaruhi tingkat keberadaan mikroplastik di sepanjang jalur Ringroad. Peta lokasi pengambilan sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

3.2 Alur Penelitian

Proses identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap kegiatan. Tahapan kegiatan penelitian selengkapny disajikan pada diagram alir penelitian (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Berikut penjelasan dari setiap tahapan penelitian identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta :

1. Identifikasi Masalah

Penelitian ini dimulai dengan identifikasi masalah utama, yaitu pencemaran mikroplastik di udara yang dapat terdeposisi pada debu jalanan (*road dust*). Mikroplastik dapat berasal dari berbagai sumber, seperti degradasi material plastik, ban kendaraan, atau aktivitas manusia lainnya. Mikroplastik di udara dapat terbawa angin dan akhirnya terdeposisi di permukaan jalan, terutama di kawasan dengan lalu lintas tinggi seperti Kawasan Ringroad Yogyakarta. Penelitian mengenai mikroplastik pada *road dust* menjadi penting karena keberadaan mikroplastik di lingkungan perkotaan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Mikroplastik yang terakumulasi di debu jalanan dapat terhirup oleh manusia atau terbawa ke dalam saluran air, yang kemudian mengkontaminasi sumber air dan tanah. Dengan mengidentifikasi dan menganalisis keberadaan mikroplastik di debu jalanan (*road dust*), penelitian ini berupaya untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai skala dan potensi dampak pencemaran mikroplastik di kawasan perkotaan.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah yang krusial dalam tahapan penelitian ini, karena memberikan dasar teori yang kuat dan mendukung pemahaman peneliti terhadap topik yang diteliti. Melalui studi literatur, peneliti dapat mengumpulkan informasi yang relevan mengenai mikroplastik, seperti definisi, sifat-sifat fisik, sumber, dan dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Studi literatur juga membantu peneliti dalam merancang metodologi penelitian yang tepat berdasarkan penelitian sebelumnya.

Penelitian ini memanfaatkan berbagai sumber referensi kredibel untuk mengumpulkan data yang mendukung penelitian. Sumber referensi tersebut meliputi jurnal-jurnal ilmiah yang terindeks dalam basis data seperti Sinta, Scopus, dan MDPI. Kata kunci yang digunakan untuk pencarian jurnal termasuk

"*Microplastics in Road Dust*" untuk memastikan bahwa literatur yang dikumpulkan relevan dengan topik penelitian. Selain jurnal ilmiah, referensi tambahan juga diperoleh dari buku, skripsi, dan literatur akademik lainnya yang terkait dengan topik mikroplastik di debu jalanan. Melalui studi literatur, peneliti dapat mengidentifikasi gap dalam penelitian sebelumnya yang dapat menjadi landasan untuk penelitian baru.

3. Penentuan Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi penelitian dilakukan melalui observasi awal. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kondisi lokasi yang mencakup analisis karakteristik lingkungan di setiap titik pengambilan sampel untuk memahami karakteristik setiap lokasi di kawasan Ringroad Yogyakarta. Ini melibatkan pengamatan terhadap kepadatan lalu lintas, jenis aktivitas yang dominan, kondisi jalan, dan potensi sumber mikroplastik seperti industri, area komersial, atau area pemukiman. Berdasarkan hasil observasi dan analisis awal, dipilih metode analisis yang paling sesuai untuk mengidentifikasi karakteristik dan kelimpahan mikroplastik di *road dust*. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada temuan dari studi sebelumnya yang dilakukan Kang, H., dkk., (2022) serta Jannah., dkk., (2023).

4. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan disiapkan untuk mendukung proses pengambilan sampel, pengujian laboratorium, dan analisis data. Alat-alat yang disiapkan meliputi perangkat untuk pengambilan sampel dan peralatan uji laboratorium untuk analisis mikroplastik. Persiapan ini termasuk juga perangkat lunak analisis data, yang akan digunakan untuk mengolah dan menginterpretasi data hasil penelitian. Semua alat dan bahan disiapkan dengan mematuhi standar kontrol kualitas yang untuk menghindari kontaminasi dan memastikan validitas hasil penelitian.

5. Pengambilan Sampel di Lapangan

Pengambilan sampel di Lapangan dilakukan di 16 titik yang tersebar di berbagai lokasi di kawasan Ringroad Yogyakarta, mencakup Ringroad Utara, Ringroad Timur, Ringroad Selatan, dan Ringroad Barat. Titik-titik pengambilan sampel ini dipilih berdasarkan variasi kondisi lingkungan pada hasil penelitian Kang, H., dkk., (2022) serta Jannah., dkk., (2023).

6. Analisis Sampel di Laboratorium

Langkah pertama dalam analisis laboratorium adalah persiapan sampel untuk pengamatan menggunakan mikroskop digital. Sampel yang telah diambil dari lokasi penelitian disiapkan dengan prosedur uji laboratorium untuk analisis mikroskopis dengan menggunakan perbesaran 10X. Pengamatan ini bertujuan untuk menentukan kelimpahan dan bentuk fisik mikroplastik dalam sampel *road dust*. Proses ini melibatkan identifikasi visual mikroplastik berdasarkan morfologi, seperti bentuk, warna, dan ukuran.

Setelah pengamatan mikroskopis, sampel mikroplastik yang telah diidentifikasi kemudian diuji menggunakan teknik FTIR. Uji FTIR adalah metode yang digunakan untuk menentukan komposisi polimer mikroplastik yang terkandung dalam sampel. Hasil dari uji ini akan memberikan gambaran tentang jenis polimer plastik yang paling dominan ditemukan pada sampel *road dust* di kawasan Ringroad Yogyakarta. Klasifikasi karakteristik mikroplastik dilakukan setelah kedua tahap analisis pengamatan mikroskop digital dan uji FTIR. Ini mencakup pengelompokan mikroplastik berdasarkan bentuk, warna, dan jenis polimer.

7. Analisis Data Mikroplastik

Metode analisis data mikroplastik dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari pengamatan mikroskopis untuk menganalisis kelimpahan mikroplastik di setiap titik pengambilan sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta selama musim hujan. Data ini dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif untuk menentukan kelimpahan serta karakteristik mikroplastik, seperti bentuk, ukuran, dan warna, pada setiap sampel. Selain itu, identifikasi jenis polimer mikroplastik dilakukan berdasarkan hasil pengamatan dan referensi literatur.

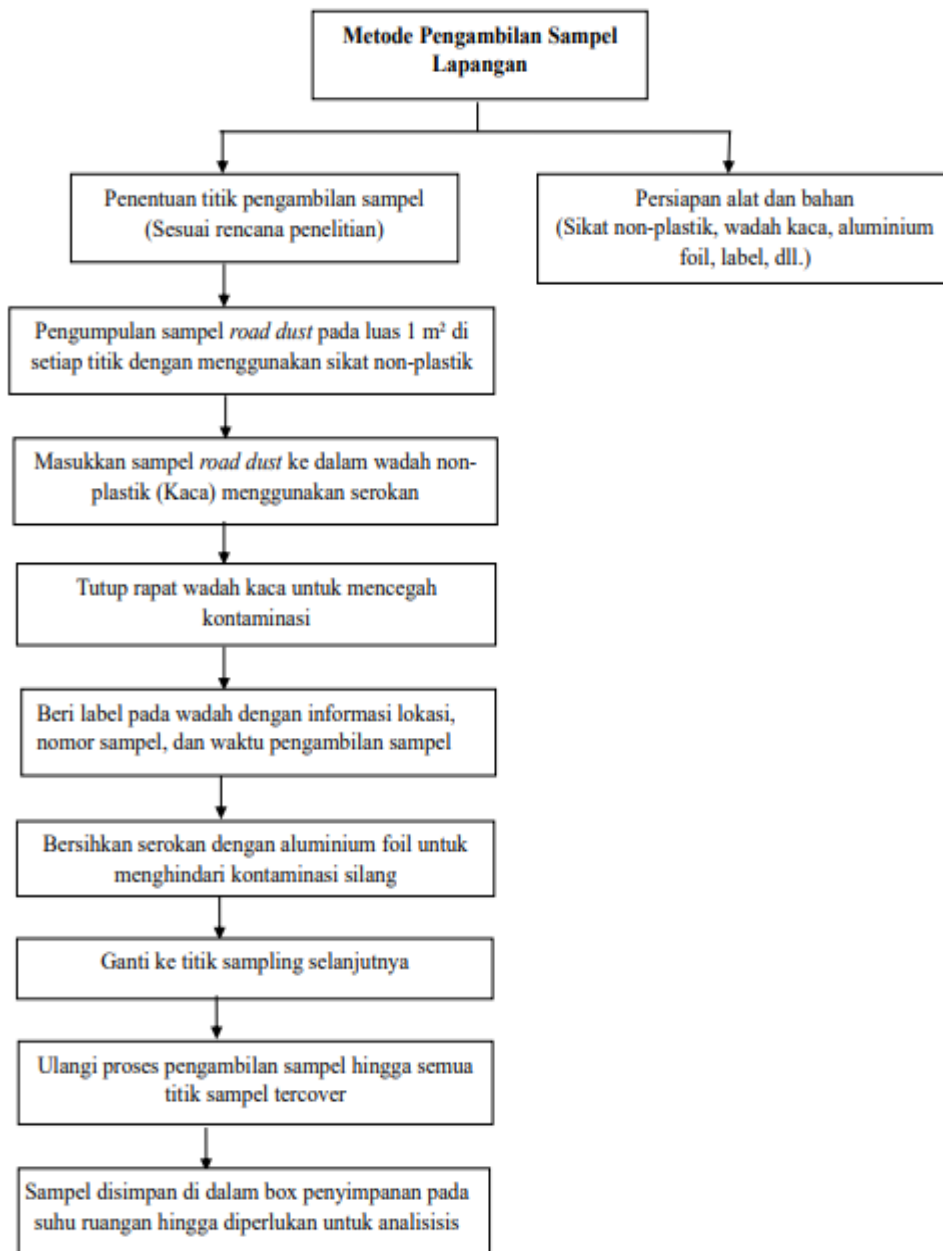
Analisis statistik untuk mengidentifikasi pola hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan faktor lingkungan, seperti intensitas lalu lintas atau aktivitas manusia di sekitar lokasi, dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Excel. Data kelimpahan mikroplastik diolah dengan teknik deskriptif, termasuk menghitung frekuensi, persentase, dan distribusi jenis mikroplastik di setiap lokasi sampling.

Analisis ini mencakup pembuatan tabel dan grafik untuk memvisualisasikan distribusi mikroplastik berdasarkan karakteristiknya. Untuk menguji hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan variabel-variabel lingkungan seperti intensitas lalu lintas, uji korelasi Pearson digunakan. Uji ini akan membantu menentukan apakah ada hubungan signifikan antara kelimpahan mikroplastik dan aktivitas manusia di sekitar lokasi penelitian.

3.3 Pengambilan Data di Lapangan

Pengambilan data di lapangan untuk sampel debu jalanan (*road dust*) di kawasan Ringroad Yogyakarta dilakukan pada musim hujan. Estimasi pengambilan sampel dilakukan saat kondisi debu jalanan (*road dust*) telah mengering setelah beberapa jam hujan berhenti. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa sampel yang diambil mewakili kondisi aktual di lapangan, mengingat curah hujan dapat mempengaruhi akumulasi dan distribusi mikroplastik. Metode pengambilan sampel yang digunakan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Mon dkk. (2022), dengan beberapa modifikasi yang disesuaikan dengan kondisi lokasi dan waktu pada saat pengambilan sampel.

Metode pengambilan sampel ini digambarkan secara lebih jelas dalam diagram alir yang terdapat pada Gambar 3.3. Diagram ini memberikan gambaran menyeluruh tentang langkah-langkah yang harus diikuti selama proses pengambilan sampel. Dimulai dari pemilihan lokasi pengambilan sampel yang strategis, proses ini melibatkan persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk pengambilan sampel secara efektif. Selanjutnya, pengambilan sampel dilakukan dengan memperhatikan kondisi lingkungan dan waktu yang tepat, serta mencatat berbagai data pendukung, seperti jumlah kendaraan yang melintas. Prosedur yang rinci dan jelas ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh dapat diandalkan dan representatif, sehingga mendukung analisis lebih lanjut terkait keberadaan mikroplastik dalam debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta.



Gambar 3.3 Diagram Alir Metode Pengambilan Sampel Debu Jalanan

Metode pengambilan sampel debu jalanan (*road dust*) di lokasi penelitian dijelaskan sebagai berikut:

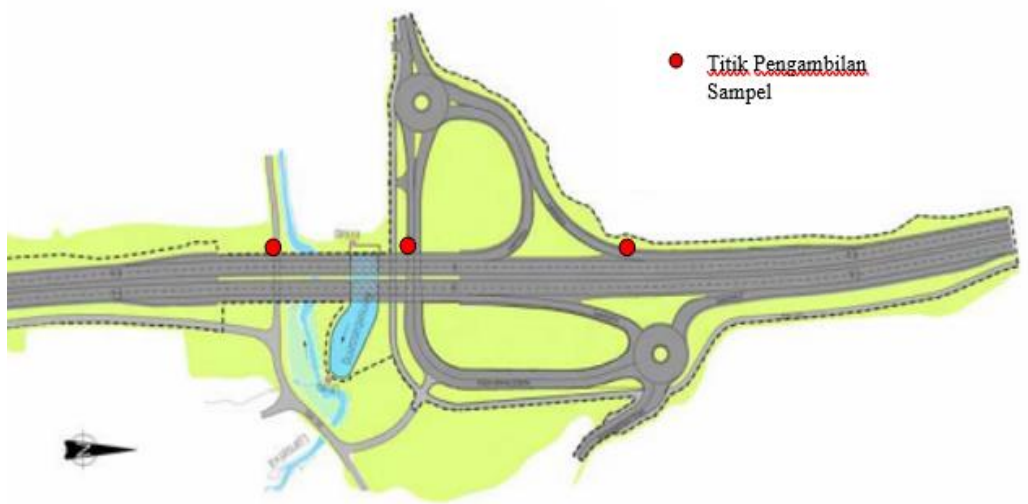
1. Penentuan Titik Pengambilan Sampel

Titik pengambilan sampel ditentukan berdasarkan rencana penelitian yang telah disusun sebelumnya (Gambar 3.4). Lokasi-lokasi ini dipilih

dengan mempertimbangkan tujuan penelitian. Pengambilan sampel debu jalanan dilakukan di sepanjang lingkaran luar sebelah kiri Ringroad Yogyakarta (Gambar 3.5).



Gambar 3.4 Metode Pengambilan Sampel Debu Jalanan; (a) Titik Sampling, (b) Pengambilan Sampel, (c) Lokasi Pengambilan Sampel Debu Jalanan



Gambar 3.5 Sketsa Pengambilan Sampel di Lingkar Luar Ringroad Yogyakarta

2. Penyediaan Alat dan Bahan

Penyediaan alat dan bahan merupakan langkah penting dalam proses pengambilan sampel debu jalanan (*road dust*) di lapangan untuk memastikan bahwa pengambilan sampel dilakukan secara efektif dan akurat. Hal ini mencakup peralatan seperti wadah sampel yang bersih dan kedap udara untuk mencegah kontaminasi, serta alat pengukur untuk mencatat parameter yang relevan selama proses pengambilan. Selain itu, perlengkapan pelindung diri, seperti sarung tangan dan masker, juga disiapkan untuk menjaga keselamatan peneliti di lapangan. Rincian mengenai alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel debu jalanan (*road dust*) di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Alat dan Bahan Pengambilan Sampel di Lapangan

No	Alat/Bahan	Jumlah	Deskripsi
1	Wadah Sampel Non-plastik (Toples Kaca)	16 unit	Digunakan untuk menyimpan sampel debu jalanan. Wadah kaca dipilih karena merupakan wadah non-plastik untuk mencegah kontaminasi dari wadah itu sendiri.
2	Sikat Non-Plastik	1 unit	Digunakan untuk mengumpulkan debu jalanan dari permukaan area pengambilan sampel. Sikat ini harus terbuat dari bahan yang tidak mengandung plastik untuk menghindari penambahan mikroplastik dari alat itu sendiri.
3	Serokan Besi	1 unit	Alat bantu untuk mengumpulkan debu yang disikat dari permukaan.
4	Aluminium Foil	Secukupnya	Digunakan untuk melapisi serokan setelah setiap pengambilan sampel guna menghindari kontaminasi silang antara lokasi pengambilan sampel.
5	Box Penyimpanan	1 unit	Digunakan untuk menyimpan alat dan bahan pengambilan sampel agar tetap terlindungi selama proses pengumpulan data di lapangan.
6	Label	Secukupnya	Ditempelkan pada wadah sampel untuk mencantumkan informasi penting seperti lokasi pengambilan, nomor sampel, dan waktu pengambilan. Label ini membantu dalam dokumentasi dan analisis data.
7	<i>Digital Finger Counter</i>	1 unit	Alat penghitung yang dipakai di jari untuk menghitung jumlah kendaraan yang melintas selama pengambilan sampel. Ini penting untuk mengukur kepadatan lalu lintas di sekitar area penelitian.
8	Masker	1 unit	Digunakan untuk melindungi peneliti dari debu jalanan yang mungkin terhirup selama proses pengambilan sampel.
9	Alat Tulis (Pulpen, Buku Catatan)	1 set	Digunakan untuk mencatat informasi penting selama pengambilan sampel, seperti waktu pengambilan, lokasi, dan kondisi lingkungan saat pengambilan sampel.
10	Meteran	1	Digunakan untuk mengukur luas area pengambilan titik sampling

3. Pengambilan Sampel Debu Jalanan (*Road Dust*)

a. Penentuan Kuantitas Sampel

- Prosedur: Sampel debu jalanan dikumpulkan dari area seluas 1 m² di setiap titik lokasi menggunakan sikat non-plastik. Pengumpulan

dilakukan dengan cara menyapu debu jalanan ke dalam serokan dan kemudian memindahkannya ke wadah sampel (Gambar 3.6).

- Tujuan: Menjamin efisiensi dan konsistensi dalam pengambilan sampel untuk mendapatkan hasil yang representatif dan akurat.



Gambar 3.6 Pengumpulan Sampel

b. Pencegahan Kontaminasi

- Prosedur: Setiap kali setelah melakukan pengambilan sampel di satu lokasi, serokan dilapisi dengan aluminium foil untuk menghindari kontaminasi silang antara lokasi. Ini penting untuk menjaga keaslian sampel dan mencegah kesalahan interpretasi hasil.
- Tujuan: Mencegah kontaminasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya dan memastikan bahwa debu jalanan yang mungkin menempel pada serokan dapat diambil secara menyeluruh.

c. Penyimpanan Sampel

- Prosedur: Sampel debu yang telah diambil dimasukkan ke dalam wadah kaca (Gambar 3.7). Wadah plastik ditutup rapat untuk mencegah kontaminasi. Berdasarkan penelitian Dris dkk. (2016), penggunaan

wadah kaca transparan telah terbukti efektif dalam pengambilan sampel mikroplastik.

- Tujuan: Menjaga kualitas dan integritas sampel selama penyimpanan sebelum analisis lebih lanjut.



Gambar 3.7 Wadah Pengambilan Sampel

d. Pelabelan

- Prosedur: Label diberikan pada wadah yang berisi sampel dengan mencantumkan informasi lengkap tentang lokasi pengambilan, nomor sampel, dan waktu pengambilan.
- Tujuan: Memudahkan identifikasi dan pengorganisasian sampel selama proses analisis dan dokumentasi.

e. Penyimpanan Sampel

- Prosedur: Sampel disimpan pada suhu ruangan hingga diperlukan untuk analisis lebih lanjut.
- Tujuan: Menyimpan sampel dalam kondisi yang sesuai untuk menjaga kualitas sampel sebelum dilakukan analisis laboratorium.

4. Perhitungan Jumlah Kendaraan

Metode perhitungan jumlah kendaraan menggunakan *digital finger counter* (Gambar 3.8). Setelah *digital finger counter* diposisikan dengan benar, pengamat kemudian mengatur timer atau stopwatch selama 5 menit.

Selama periode ini, setiap kali kendaraan melintas, pengamat menekan tombol pada *digital finger counter* untuk mencatat setiap kendaraan yang lewat. Penghitungan dilakukan secara manual selama 5 menit penuh. Setelah waktu pengamatan selesai, pengamat berhenti menghitung dan segera mencatat jumlah kendaraan yang telah dihitung. Data yang tercatat oleh *digital finger counter* kemudian didokumentasikan secara rinci.



Gambar 3.8 *Digital Finger Counter*

3.3 Analisis Sampel di Laboratorium

Analisis uji sampel debu jalanan (*road dust*) dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan metode analisis identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik mikroplastik mengacu pada metode penelitian (Masura dkk., 2015) yang telah dimodifikasi.

3.3.1 Alat dan Bahan Analisis Sampel di Laboratorium

Analisis sampel di laboratorium bertujuan untuk mengevaluasi keberadaan dan karakteristik mikroplastik dalam debu jalanan (*road dust*). Untuk mencapai hasil yang akurat dan dapat diandalkan, berbagai alat dan bahan diperlukan dalam proses preparasi dan analisis sampel. Pada (Tabel 3.3), akan disajikan rincian lengkap

mengenai alat dan bahan (Tabel 3.4), yang digunakan dalam laboratorium, beserta penjelasan mengenai fungsi dan perannya dalam proses analisis.

Tabel 3.3 Alat Analisis Sampel di Laboratorium

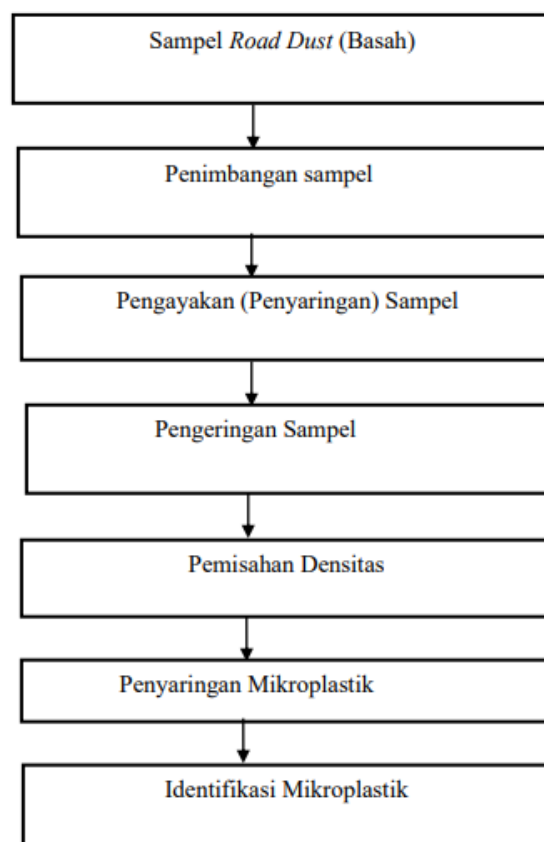
Alat	Jumlah	Fungsi
Aluminium foil	Secukupnya	Digunakan sebagai alas untuk sampel dan penutup beaker glass, membantu mencegah kontaminasi dan evaporasi.
Beaker glass 100 ml	16	Wadah yang digunakan untuk sampel debu jalanan selama proses preparasi sampel di laboratorium
Ayakan ukuran 0,45 mm dan 1,18 mm	1	Digunakan untuk memisahkan partikel berdasarkan ukuran, membantu dalam penyaringan bagian yang tidak diinginkan.
Spatula	1	Sendok kecil yang digunakan untuk mengambil dan memindahkan sampel ke dalam wadah lain.
Cawan porselen	16	Wadah tempat menimbang sampel sebelum dan setelah proses pengeringan, serta untuk mengeringkan sampel di oven.
Oven	1	Digunakan untuk mengeringkan sampel dengan pemanasan yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air dalam sampel sebelum analisis.
Neraca analitik	1	Alat untuk mengukur massa sampel untuk menentukan jumlah sampel yang digunakan.
Pipet volume	1	Alat untuk mengambil cairan dengan volume tertentu, memastikan konsistensi dalam pengukuran larutan.
<i>Magnetic stirrer</i>	1	Digunakan untuk mengaduk larutan dan menghomogenkan sampel dengan bantuan medan magnet, memastikan pencampuran yang merata.
Kertas saring <i>Whatman</i> (Diameter 47 mm, pori 0.45 mikron)	16 buah	Media filter sampel untuk analisis mikroskop
Pinset	1	Digunakan untuk mengambil dan memindahkan media filter agar tidak terkontaminasi atau rusak.
Cawan Petri	16	Wadah yang digunakan untuk menampung kertas filter setelah proses penyaringan, menjaga kertas filter tetap bersih.
Mikroskop <i>Olympus</i>	1	Alat bantu untuk mengidentifikasi dan mengamati mikroplastik dalam sampel, memungkinkan analisis ukuran dan bentuk partikel.
FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	1	Digunakan untuk analisis spektrum inframerah, mengidentifikasi jenis polimer mikroplastik

Tabel 3.4 Bahan Analisis Sampel di Laboratorium

Bahan	Jumlah	Fungsi
Sampel <i>Road Dust</i>	30 gram	Sebagai sampel yang akan dianalisis untuk uji mikroplastik
NaCl	80ml/sampel	Digunakan untuk pemisahan densitas mikroplastik
H ₂ O ₂ 30%	20ml/sampel	Digunakan untuk menghilangkan bahan organik pada debu jalanan melalui proses oksidasi.
Aquades	Secukupnya	Digunakan untuk membersihkan alat dari zat kontaminan dan sisa bahan kimia.

3.3.2 Prosedur Analisis Uji Laboratorium

Berikut prosedur analisis uji laboratorium sampel debu (*road dust*) mengacu pada metode penelitian (Masura dkk., 2015) yang telah dimodifikasi:



Gambar 3.9 Diagram Alir Prosedur Analisis Uji Laboratorium Sampel Debu Jalanan (*Road Dust*)

1) Penimbangan Sampel

Sampel yang diambil dari lapangan berada dalam kondisi basah, artinya masih mengandung kelembaban atau air. Pada tahap penimbangan sampel, sampel *road dust* sebanyak 100 gram diambil dengan menggunakan neraca analitik. Setelah penimbangan selesai, sampel tersebut dipindahkan ke dalam cawan porselin, yang dipilih karena ketahanannya terhadap panas dan bahan kimia. Proses penimbangan sampel *road dust* dapat dilihat pada (Gambar 3.10). Untuk mencegah kontaminasi dan penguapan yang tidak diinginkan, cawan porselin kemudian ditutup rapat menggunakan aluminium foil. Langkah ini memastikan bahwa sampel tetap dalam kondisi yang sesuai untuk tahap analisis berikutnya, sehingga hasil penelitian dapat terjaga akurasinya.



Gambar 3.10 Penimbangan Sampel

2) Pengayakan Sampel

Pada tahap pengayakan sampel, sampel *road dust* yang telah ditimbang sebelumnya disaring menggunakan ayakan dengan ukuran pori antara 0,45 mm dan 1,18 mm. Proses ini bertujuan untuk memisahkan partikel-partikel berukuran

makro dari campuran sampel, sehingga hanya partikel berukuran lebih kecil yang akan digunakan untuk analisis lebih lanjut. Pengayakan dilakukan untuk memastikan bahwa hanya partikel yang sesuai dengan kriteria ukuran yang melewati saringan. Klasifikasi pengayakan ukuran debu jalanan dilakukan menurut standar *American Geophysical Union*, yang bertujuan untuk memberikan hasil yang informatif dalam mengelompokkan ukuran butir sedimen berdasarkan penggunaan ayakan mesh. (Wina, 2023). Hasil dari penggunaan ayakan ini menunjukkan adanya variasi signifikan dalam ukuran butir debu jalanan dalam sampel yang diuji, dengan rentang ukuran antara 0,45 mm hingga 1,18 mm yang memberikan distribusi partikel yang lebih seragam (Gambar 3.11).

Setelah proses pengayakan selesai, sampel yang telah tersaring kemudian ditimbang kembali menggunakan neraca analitik sebanyak 30 gram. Berat ini adalah jumlah yang akan digunakan untuk tahap pengeringan berikutnya, memastikan konsistensi dalam jumlah sampel yang dianalisis. Proses ini penting untuk memastikan bahwa sampel yang digunakan dalam penelitian memiliki ukuran partikel yang seragam, sehingga hasil analisis lebih akurat. (Masura, dkk., 2015).



Gambar 3.11 Proses Pengayakan Sampel

3) Pengeringan Sampel

Proses pengeringan dilakukan dengan memasukkan cawan petri ke dalam oven yang diatur pada suhu 50°C selama 24 jam (Gambar 3.12). Pemilihan suhu ini sangat penting, karena menjaga suhu di bawah 60°C bertujuan untuk melindungi mikroplastik yang terdapat dalam sampel dari kerusakan akibat panas. Pengeringan pada suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan degradasi atau perubahan pada mikroplastik, yang akan mempengaruhi hasil analisis. Proses pengeringan menggunakan oven ini bertujuan untuk mengurangi kandungan air dalam sampel, sehingga sampel menjadi kering untuk tahap analisis berikutnya. Setelah 24 jam, sampel dikeluarkan dari oven kemudian ditimbang kembali menggunakan neraca analitik untuk menentukan berat keringnya.



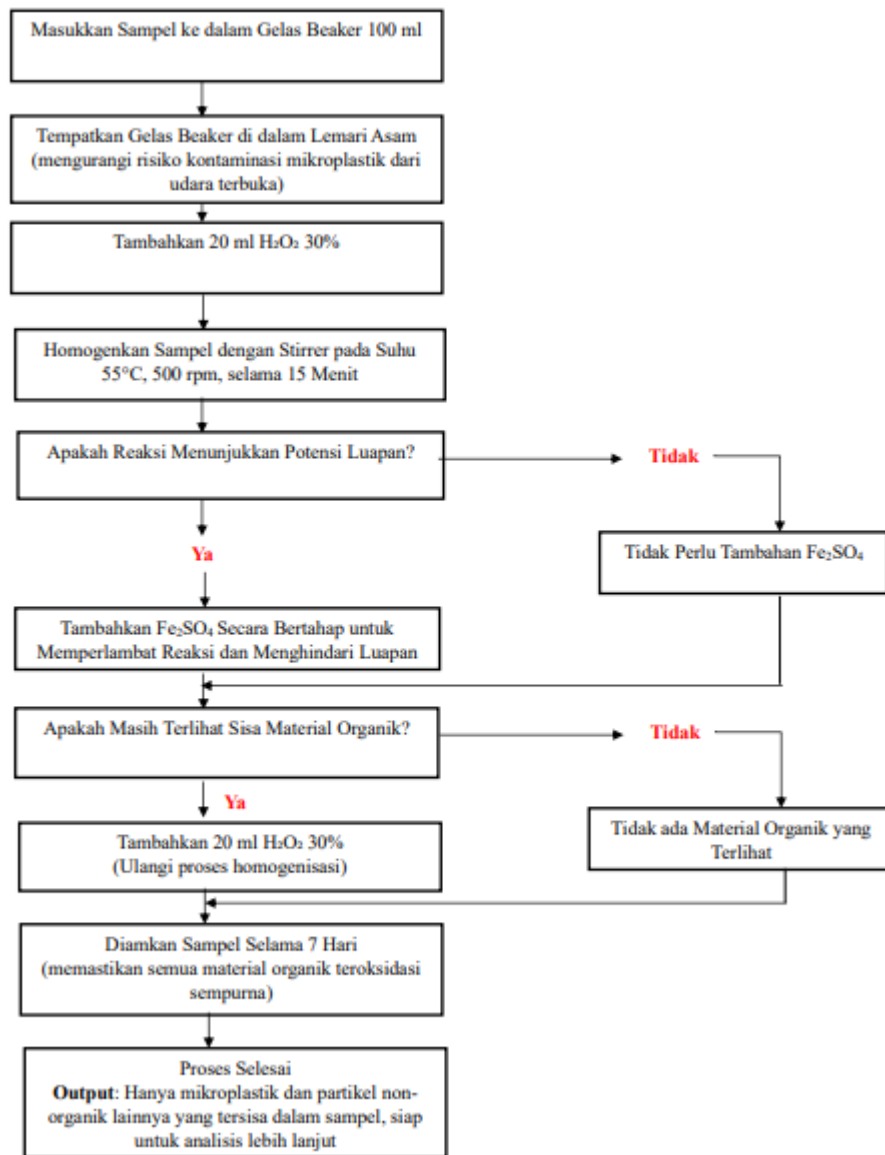
Gambar 3.12 Proses Pengeringan Sampel

4) Pemisahan Densitas

a. *Wet Peroxide Oxidation (WPO)*

Wet Peroxide Oxidation (WPO) adalah metode yang digunakan untuk menghilangkan material organik dari sampel dengan cara mengoksidasinya

menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2). Tahapan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) selengkapnya disajikan pada diagram alir penelitian (Gambar 3.11).



Gambar 3.13 Diagram Alir Proses *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) Sampel Road Dust

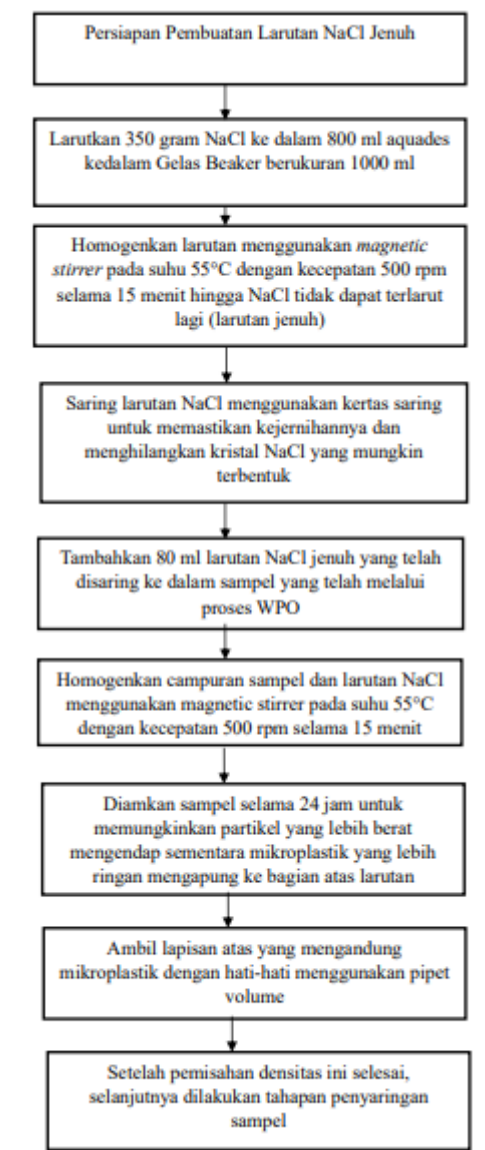
Dalam prosedur WPO, sampel dimasukkan ke dalam gelas beaker berukuran 100 ml, kemudian ditambahkan 20 ml larutan H_2O_2 30% (Gambar 3.14). Penambahan ini dilakukan di dalam lemari asam untuk mengurangi risiko kontaminasi mikroplastik dari udara terbuka, mengingat mikroplastik sangat rentan terhadap kontaminasi eksternal. Sampel kemudian dihomogenkan menggunakan stirrer pada suhu 55°C selama 15 menit dengan kecepatan 500 rpm. Suhu dan pengadukan ini membantu mempercepat reaksi oksidasi. Jika selama reaksi terlihat adanya potensi luapan (misalnya, reaksi yang terlalu kuat), FeSO_4 ditambahkan secara bertahap untuk memperlambat reaksi dan menghindari luapan. Apabila material organik masih terlihat setelah proses pertama, maka 20 ml tambahan H_2O_2 30% ditambahkan kembali ke sampel, dan langkah-langkah ini diulangi sampai tidak ada material organik yang terlihat. Setelah homogenisasi, sampel didiamkan selama 7 hari untuk memastikan semua material organik teroksidasi secara sempurna, berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Hurley dkk., (2018). Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa hanya mikroplastik dan partikel non-organik lainnya yang tersisa dalam sampel, memungkinkan analisis mikroplastik yang lebih akurat.



Gambar 3.14 Sampel *Road Dust* setelah Penambahan H_2O_2

b. Pemisahan Densitas (*Density Separation*)

Setelah proses oksidasi selesai, langkah berikutnya adalah pemisahan densitas untuk memisahkan mikroplastik dari partikel-partikel lainnya dalam sampel. Tahapan Pemisahan Densitas (*Density Separation*) selengkapnya disajikan pada diagram alir penelitian (Gambar 3.15).



Gambar 3.15 Diagram Alir Proses *Density Separation* Sampel *Road Dust*

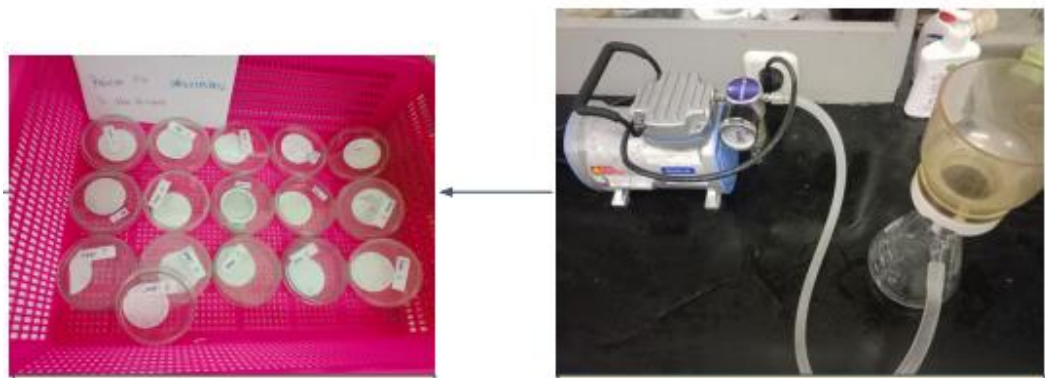
Pemisahan densitas dilakukan dengan menambahkan 80 ml larutan natrium klorida (NaCl) jenuh ke dalam sampel. Larutan NaCl jenuh dibuat dengan cara melarutkan 350 gram NaCl ke dalam 800 ml aquades, kemudian dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer pada suhu 55°C dengan kecepatan 500 rpm selama 15 menit hingga seluruh NaCl terlarut sempurna, membentuk larutan jenuh (Gambar 3.16). Setelah homogen, larutan NaCl disaring menggunakan kertas saring untuk memastikan kejernihannya dan menghilangkan kristal NaCl yang mungkin terbentuk, yang dapat mengganggu proses pemisahan. Setelah larutan NaCl jenuh ditambahkan ke sampel, campuran ini dihomogenkan kembali menggunakan magnetic stirrer pada suhu 55°C selama 15 menit dengan kecepatan 500 rpm. Proses ini membantu mencampurkan sampel secara merata dan memungkinkan mikroplastik, yang umumnya memiliki densitas lebih rendah dibandingkan partikel debu jalanan, mengapung ke bagian atas larutan. Setelah proses homogenisasi, sampel didiamkan selama 24 jam untuk memungkinkan partikel mengendap. Mikroplastik yang berukuran ringan dan memiliki densitas lebih rendah akan mengapung dan berada di lapisan atas dan dapat diambil dengan hati-hati menggunakan pipet volume untuk mencegah endapan debu jalanan di bagian bawah ikut terambil.



Gambar 3.16 Pembuatan Larutan NaCl Jenuh

5) Penyaringan Mikroplastik

Proses penyaringan mikroplastik dimulai dengan menyiapkan kertas saring *Whatman* No.42 yang dipasang pada *vacuum pump*. *Vacuum pump* berfungsi mempercepat penyaringan dengan menciptakan tekanan rendah yang menarik cairan melalui kertas saring dengan lebih cepat. Setelah kertas saring terpasang dengan benar, lapisan atas sampel yang mengandung mikroplastik dituangkan perlahan melalui kertas saring. Proses ini memungkinkan mikroplastik tersaring di permukaan kertas saring, sementara larutan lainnya melewati kertas tersebut. Selanjutnya, kertas saring dibilas dengan air suling untuk memastikan bahwa semua mikroplastik yang mungkin menempel pada dinding wadah *vacuum pump* tersaring pada kertas saring. Setelah proses penyaringan selesai, kertas saring yang mengandung mikroplastik diletakkan pada cawan petri dan dibiarkan mengering pada suhu ruangan. Setelah kering, kertas saring ini siap untuk tahap identifikasi mikroplastik lebih lanjut menggunakan pemeriksaan mikroskop digital. Proses penyaringan sampel mikroplastik ini dapat dilihat pada Gambar 3.17.



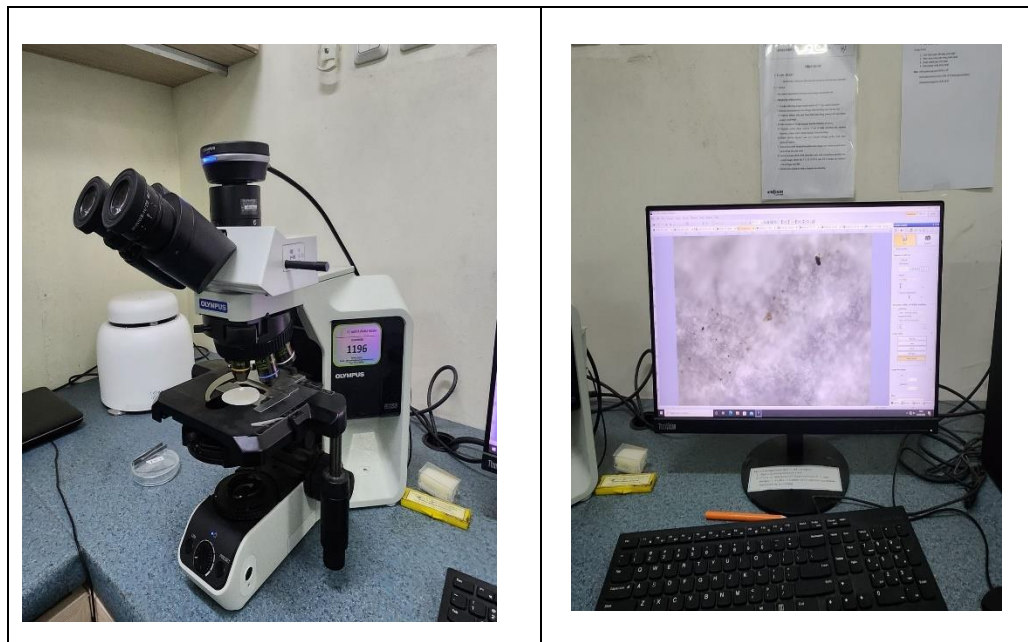
Gambar 3.17 Proses Penyaringan Mikroplastik

6) Identifikasi Mikroplastik

a. Pengamatan Mikroskop Digital

Proses pengamatan mikroskop digital dilakukan dengan memposisikan sampel di atas meja benda mikroskop dengan menggunakan pinset. Kekuatan lampu kemudian diatur dengan memutar sekrup pengatur intensitas cahaya

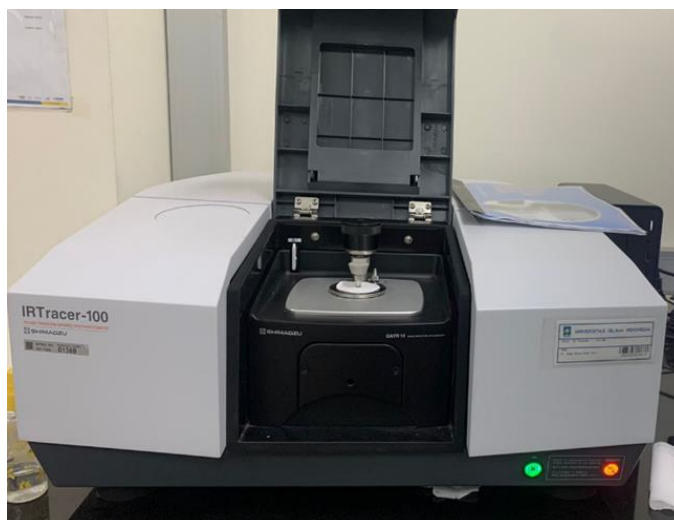
untuk memastikan penerangan yang optimal. Selanjutnya, ketinggian cahaya lampu disesuaikan dengan memutar makrometer hingga cahaya lampu terfokus pada sampel. Bagian dari objek sampel dicari dengan memutar sekrup vertikal dan horizontal pada mikroskop, sehingga area yang diinginkan dapat terlihat dengan jelas. Setelah area yang relevan ditemukan, objektif dengan perbesaran 10× dipilih dengan memutar *revolver nosepiece*, dan sekrup kasar digunakan untuk menaikkan atau menurunkan cahaya lampu agar gambar sampel mulai terlihat. Gambar kemudian difokuskan dengan memutar sekrup halus hingga menjadi tajam. *Condenser* disesuaikan pada posisi tertinggi untuk memastikan cahaya yang penuh dan optimal, sehingga gambar menjadi lebih jelas. Setelah semua penyesuaian selesai dan gambar mikroplastik terlihat dengan jelas, gambar tersebut ditangkap menggunakan komputer yang terhubung dengan mikroskop digital untuk dokumentasi dan analisis lebih lanjut. Mikroskop digital yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mikroskop Digital *Olympus*, yang tersedia di Laboratorium Teknik Lingkungan. Alat ini ditunjukkan secara visual pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Mikroskop Digital *Olympus*

b. Uji FTIR

Prosedur uji *Spektrofotometri Fourier Transform Infrared* (FTIR) dimulai dengan penentuan area sampel yang mengandung mikroplastik, yang telah diidentifikasi sebelumnya menggunakan mikroskop digital dan diberi tanda pada kertas Whatman. Area yang ditandai kemudian ditempatkan pada plat FTIR untuk pengujian. Di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, sampel diuji menggunakan spektrofotometer FTIR IRT racer-100 (Gambar 3.19). Proses uji FTIR dilakukan dengan menembakkan sinar infra merah ke area sampel, dan spektrum infra merah yang dihasilkan dianalisis untuk mengidentifikasi komposisi kimia mikroplastik. Output dari pengujian FTIR adalah spektrum gugus fungsi yang perlu diinterpretasikan untuk mengetahui komposisi kimia sampel. Interpretasi dilakukan secara komputerisasi menggunakan software khusus, yang membandingkan spektrum yang dihasilkan dengan spektrum standar dari database polimer. Dengan cara ini, jenis polimer yang ada dalam sampel dapat ditentukan. FTIR mampu menganalisis sampel dengan ukuran puluhan mikron dan dapat memberikan hasil yang akurat dan cepat dalam menentukan jenis polimer mikroplastik.



Gambar 3.19 Spektrofotometri FTIR IRT racer-100

Menurut Pratiwi (2020), proses instrumental normal FTIR (Gambar 3.20) adalah sebagai berikut:

1. Sumber

Energi inframerah dalam proses FTIR dipancarkan dari sumber benda hitam yang berpijar. Sumber ini menghasilkan radiasi inframerah yang mencakup berbagai panjang gelombang. Sinar inframerah yang dipancarkan kemudian melewati sebuah celah yang berfungsi untuk mengontrol jumlah energi yang dikirimkan ke sampel. Celah ini memastikan bahwa hanya jumlah energi yang tepat yang diteruskan, sehingga energi yang mencapai sampel dan detektor adalah sesuai untuk analisis yang diinginkan.

2. Interferometer

Setelah melewati celah, sinar inframerah memasuki interferometer, yang merupakan inti dari sistem FTIR. Di dalam interferometer, sinar mengalami proses yang disebut "*encoding spektral*", di mana sinar inframerah diinterferensi untuk menghasilkan pola interferogram. Interferogram ini merupakan representasi spektral dari sinyal inframerah yang telah diubah oleh interferometer. Sinyal interferogram yang dihasilkan kemudian keluar dari interferometer dan diteruskan ke bagian berikutnya dari instrumen.

3. Sampel

Sinar inframerah yang telah melalui proses interferometer kemudian masuk ke dalam ruang sampel. Di sini, sinar dapat ditransmisikan melalui sampel atau dipantulkan dari permukaannya, tergantung pada jenis analisis yang dilakukan (misalnya, analisis transmisi atau refleksi). Di dalam ruang sampel, energi inframerah pada frekuensi tertentu akan diserap oleh molekul dalam sampel. Absorpsi ini terjadi pada frekuensi yang sesuai dengan karakteristik unik molekul dalam sampel, sehingga spektrum yang dihasilkan mencerminkan komposisi kimia dari sampel tersebut.

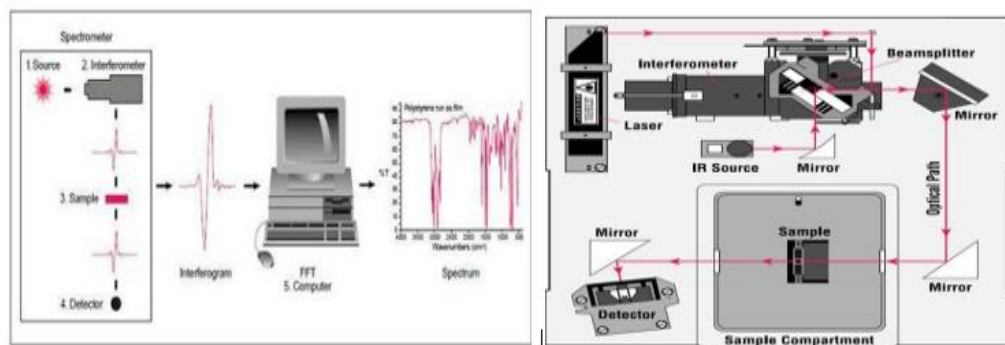
4. Detektor

Setelah melewati sampel, sinar inframerah menuju detektor, yang dirancang khusus untuk mengukur sinyal interferogram. Detektor ini memainkan peran penting dalam menangkap sinyal yang dihasilkan dan

mengubahnya menjadi data yang dapat diolah lebih lanjut. Dalam spektrofotometer FTIR, dua jenis detektor yang sering digunakan adalah *Tetra Glycerine Sulphate* (TGS) dan *Mercury Cadmium Telluride* (MCT). Detektor MCT lebih umum digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti respon yang lebih cepat pada frekuensi modulasi tinggi, sensitivitas yang lebih baik, ketahanan terhadap perubahan suhu, dan selektivitas yang tinggi terhadap energi vibrasi dari radiasi inframerah.

5. Komputer

Setelah sinyal interferogram diukur oleh detektor, sinyal ini didigitalkan dan dikirim ke komputer untuk diproses lebih lanjut. Di dalam komputer, Transformasi Fourier diterapkan pada sinyal interferogram untuk mengubahnya menjadi spektrum inframerah yang dapat dibaca. Spektrum ini kemudian ditampilkan kepada pengguna, yang dapat menginterpretasi data tersebut atau melakukan manipulasi tambahan untuk analisis lebih mendalam. Hasil akhirnya adalah spektrum inframerah yang memberikan informasi detail mengenai komposisi kimia dari sampel yang dianalisis.



Gambar 3.20 Proses Instrumental FTIR

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh melalui pengamatan mikroskopis digunakan untuk menganalisis kelimpahan dan karakteristik mikroplastik di setiap titik pengambilan sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta, terutama selama musim

hujan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi distribusi spasial mikroplastik dan mengevaluasi hubungan antara kelimpahan mikroplastik dengan faktor lingkungan, seperti intensitas lalu lintas atau aktivitas manusia di sekitar lokasi.

Metode analisis data mikroplastik dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari pengamatan mikroskopis untuk menganalisis kelimpahan mikroplastik di setiap titik pengambilan sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta selama musim hujan. Data ini dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif untuk menentukan kelimpahan serta karakteristik mikroplastik, seperti bentuk, ukuran, dan warna, pada setiap sampel. Selain itu, identifikasi jenis polimer mikroplastik dilakukan berdasarkan hasil pengamatan dan referensi literatur.

Berikut adalah data yang akan dianalisis dalam penelitian ini:

3.4.1 Analisis Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik pada debu jalanan didapatkan dari hasil perhitungan berdasarkan jumlah partikel mikroplastik yang diperoleh per berat debu jalanan kering (Laila dkk., 2020). Menurut Dehghani dan Akhbarizadeh (2017) kelimpahan mikroplastik pada *road dust* kering dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{kelimpahan mikroplastik} = \frac{\text{jumlah partikel mikroplastik (partikel)}}{\text{berat sedimen kering (g)}}$$

Analisis statistik untuk mengidentifikasi pola hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan faktor lingkungan, seperti intensitas lalu lintas atau aktivitas manusia di sekitar lokasi, dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Excel. Data kelimpahan mikroplastik diolah dengan teknik deskriptif, termasuk menghitung frekuensi, persentase, dan distribusi jenis mikroplastik di setiap lokasi sampling. Analisis ini mencakup pembuatan tabel dan grafik untuk memvisualisasikan distribusi mikroplastik berdasarkan karakteristiknya. Untuk menguji hubungan antara kelimpahan mikroplastik dan variabel-variabel lingkungan seperti intensitas lalu lintas, uji korelasi digunakan. Uji ini akan membantu menentukan apakah ada hubungan signifikan antara kelimpahan mikroplastik dan aktivitas manusia di sekitar lokasi penelitian.

Hubungan antara jumlah kendaraan dengan kelimpahan mikroplastik dapat dijelaskan melalui koefisien korelasi. Arah hubungan ini bisa bersifat positif atau negatif, sementara kekuatan hubungan dinyatakan melalui nilai koefisien (Mustafa, 2023). Nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga +1, dengan nilai +1 menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat (linier) antara kedua variabel, nilai -1 menunjukkan hubungan negatif yang sangat kuat (linier), dan nilai 0 menunjukkan tidak adanya hubungan linier di antara variabel-variabel tersebut.

- 0,00 – 0,199: Hubungan korelasinya sangat lemah
- 0,20 – 0,399: Hubungan korelasinya lemah
- 0,40 – 0,599: Hubungan korelasinya sedang
- 0,60 – 0,799: Hubungan korelasi kuat
- 0,80 – 1,0 : Hubungan korelasinya sangat kuat

(Sumber: Mustafa, 2023)

3.4.2 Identifikasi Karakteristik (Warna, Bentuk, Ukuran) Mikroplastik

1. Identifikasi Warna Mikroplastik

Metode identifikasi warna mengacu pada penelitian dari Crawford dan Quinn (2016), dengan kategori sebagai berikut:

- a. *Transparent*: Mikroplastik yang tembus cahaya.
- b. *Colors*: Warna spesifik seperti *Brown*, *Black*, *Green*, *Blue*, *Pink*, *Purple*, *Red*, *Orange*, *Grey* dan *Yellow*.

2. Identifikasi Bentuk Mikroplastik

Bentuk mikroplastik dikategorikan berdasarkan klasifikasi (Crawford dan Quinn, 2016):

- a. *Fiber*: Serat panjang dengan ukuran kurang dari 5 mm.
- b. *Fragmen*: Pecahan plastik yang bentuknya tidak beraturan, berukuran kurang dari 5 mm.
- c. *Film*: Lembaran tipis plastik dengan ukuran kurang dari 5 mm.
- d. *Foam*: Potongan kecil dari material berbusa dengan ukuran kurang dari 5 mm.

- e. Granula/pelet: Partikel plastik berbentuk bulat atau hampir bulat, dengan diameter kurang dari 5 mm.

3. Identifikasi Ukuran Mikroplastik

Identifikasi ukuran mikroplastik pada sampel debu jalanan memerlukan serangkaian langkah yang harus diikuti secara cermat untuk memastikan hasil yang akurat. (Wina, 2023). Berikut metode untuk mengidentifikasi ukuran mikroplastik pada sampel:

a. Pengambilan Gambar (*Capturing*)

Objek yang diamati diambil gambarnya menggunakan *Optilab Viewer*, yang terhubung dengan mikroskop. Perbesaran mikroskop yang digunakan ditetapkan pada 10x.

b. Kalibrasi Image Raster

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa pengukuran yang dilakukan oleh mikroskop adalah akurat. Ini dilakukan dengan menggunakan *image raster*, yang memiliki skala terukur yang membantu menyelaraskan gambar yang diambil dengan ukuran sebenarnya. Kalibrasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran konsisten dan tepat.

c. Pengukuran

Setelah kalibrasi selesai, panjang dan luas area sampel mikroplastik diukur dalam satuan mikrometer.

3.4.3 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik

Berdasarkan hasil uji FTIR, jenis polimer yang dominan di setiap lokasi pengambilan sampel ditentukan dengan mengidentifikasi polimer yang menunjukkan pita serapan paling menonjol dalam spektrum yang dihasilkan. Setiap spektrum dari sampel dianalisis untuk mengidentifikasi pita-pita serapan karakteristik yang sesuai dengan polimer tertentu. Polimer dengan pita serapan yang memiliki intensitas terbesar atau yang paling konsisten di berbagai sampel dari lokasi tertentu dicatat sebagai polimer dominan.

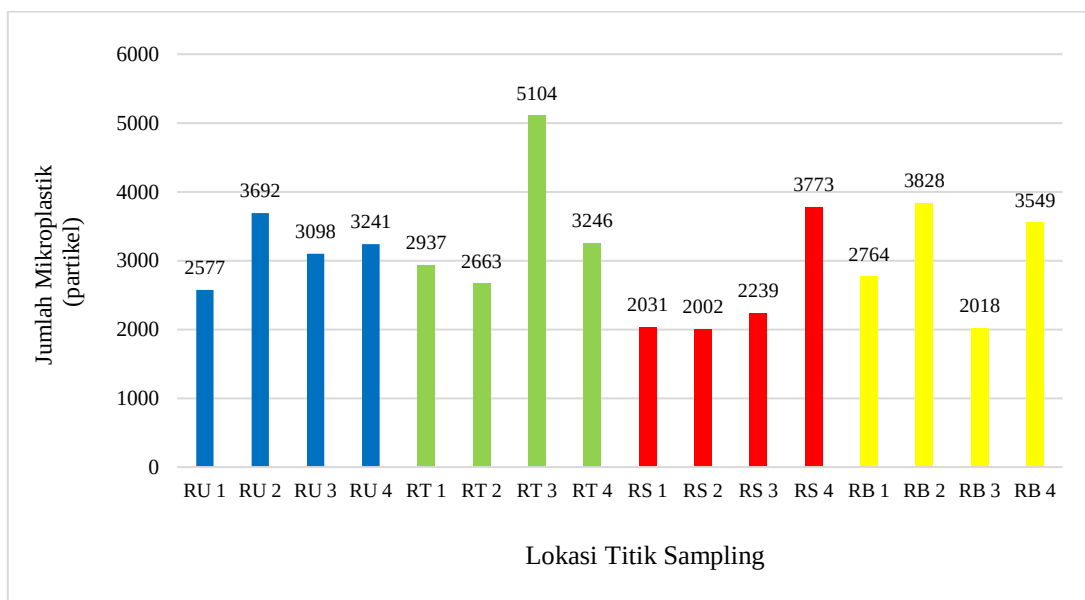
Analisis menggunakan FTIR diperoleh dari pembacaan hasil sampel dalam bentuk grafik dan hasil serapan gugus fungsi senyawa polimer. Puncak unsur kimia yang terserap dicatat pada kurva dari yang tertinggi hingga terendah. Sedangkan hasil serapan gugus fungsi kimia diperoleh dari daftar nama gugus fungsi senyawa yang dibaca FTIR. Gugus fungsi yang terdapat pada spektro FTIR selanjutnya disesuaikan dengan senyawa polimer yang ada di data base FTIR berdasarkan referensi studi oleh Veerasingam dkk. (2021). Analisis ini memberikan gambaran tentang kemungkinan sumber pencemaran plastik di lokasi tersebut, dengan memungkinkan identifikasi jenis polimer yang mungkin terkait dengan kepadatan lalu lintas, aktivitas industri, konsumsi, atau pembuangan sampah di area tersebut.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kelimpahan Mikroplastik

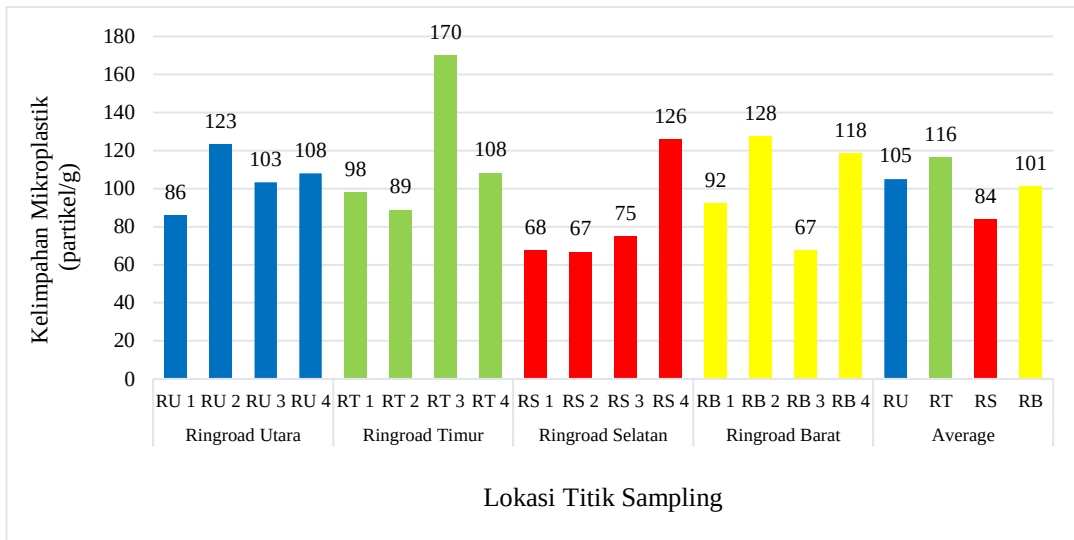
Hasil analisis kelimpahan mikroplastik menunjukkan adanya kontaminasi mikroplastik pada debu jalanan di 16 titik lokasi pengambilan sampel. Di antara lokasi-lokasi tersebut, Titik Sampling RU 1, RU 2, RU 3, dan RU 4 berada di Ringroad Utara. Titik Sampling RT 1, RT 2, RT 3, dan RT 4 berada di Ringroad Timur. Titik Sampling RS 1, RS 2, RS 3, dan RS 4 terletak di Ringroad Selatan, dan Titik Sampling RB 1, RB 2, RB 3, dan RB 4 berada di Ringroad Barat. Jumlah partikel mikroplastik yang teridentifikasi pada sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Jumlah Mikroplastik pada Setiap Titik Sampling

Kelimpahan mikroplastik pada debu jalanan didapatkan dari hasil perhitungan berdasarkan jumlah partikel mikroplastik yang diperoleh per berat debu jalanan kering (Laila dkk., 2020). Informasi mengenai kelimpahan

mikroplastik di setiap titik sampling di kawasan Ringroad Yogyakarta ditampilkan pada Gambar 4.2.

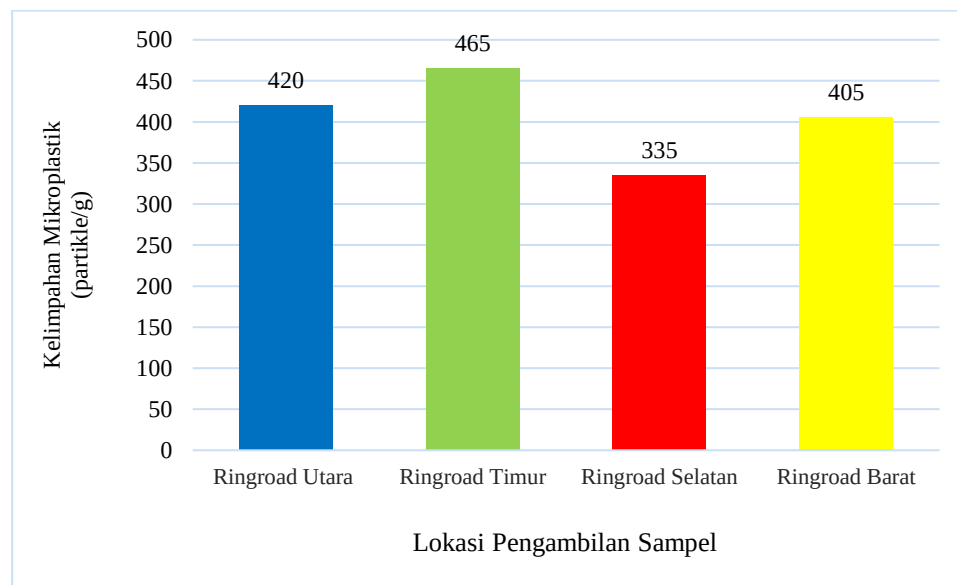


Gambar 4.2 Kelimpahan Mikroplastik pada Setiap Titik Sampling

Gambar 4.2 menunjukkan adanya variasi kelimpahan mikroplastik di setiap lokasi pengambilan sampel pada kawasan Ringroad Yogyakarta. Kelimpahan mikroplastik yang teridentifikasi dalam debu jalanan di kawasan ini berkisar antara 67 partikel/g hingga 170 partikel/g. Pada kawasan Ringroad Utara, kelimpahan mikroplastik berkisar antara 86 hingga 123 partikel/g, sedangkan di Ringroad Timur berkisar antara 89 hingga 170 partikel/g, dengan titik RT 3 mencatat kelimpahan tertinggi dengan kelimpahan sebesar 170 partikel/g. Di kawasan Ringroad Selatan, kelimpahan terendah ditemukan di RS 2 dengan 67 partikel/g, dan tertinggi di RS 4 dengan 126 partikel/g. Sementara itu, di kawasan Ringroad Barat, kelimpahan berkisar antara 67 hingga 128 partikel/g, dengan RB 2 sebagai lokasi yang mencatat jumlah partikel tertinggi.

Hasil identifikasi kelimpahan mikroplastik menunjukkan bahwa dari 16 titik lokasi yang diteliti, kawasan Ringroad Timur memiliki kelimpahan mikroplastik tertinggi, dengan jumlah 465 partikel/g. Kawasan ini diikuti oleh Ringroad Utara, yang menunjukkan kelimpahan mikroplastik sebanyak 420 partikel/g. Sementara

itu, kawasan Ringroad Barat memiliki kelimpahan mikroplastik sebanyak 405 partikel/g dan Ringroad Selatan dengan kelimpahan mikroplastik terendah dibandingkan dengan kawasan Ringroad lainya yaitu sebesar 335 partikel/g (Gambar 4.3).



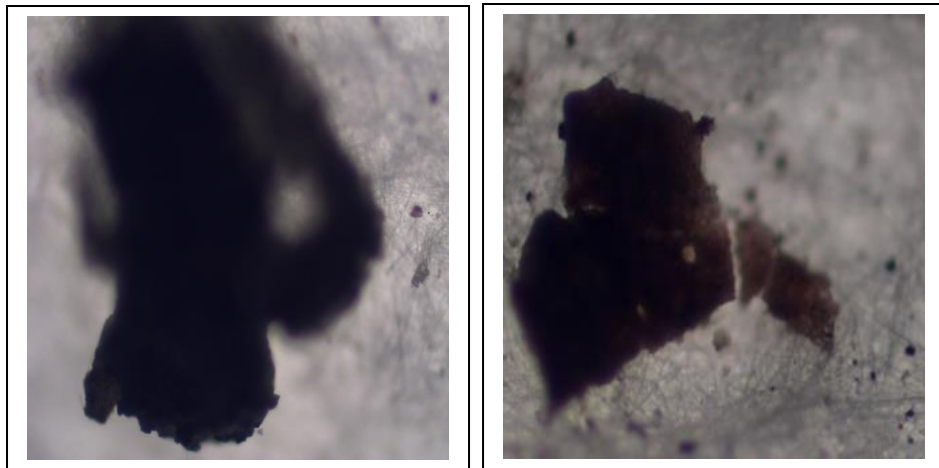
Gambar 4.3 Kelimpahan Mikroplastik Kawasan Ringroad Yogyakarta

4.1.1 Identifikasi Kelimpahan Bentuk Mikroplastik

Kelimpahan jenis mikroplastik yang terdeteksi pada debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta menunjukkan beberapa variasi. Proses identifikasi mikroplastik dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital pada perbesaran 10x, yang memungkinkan pengamatan rinci terhadap morfologi bentuk setiap partikel. Penggunaan mikroskop ini membantu dalam menentukan klasifikasi jenis mikroplastik berdasarkan bentuk dan ukuran. Dalam penelitian ini, beberapa tipe bentuk mikroplastik ditemukan di setiap titik pengambilan sampel di kawasan Ringroad Yogyakarta, dan setiap bentuk mikroplastik memiliki karakteristik dan parameter pengamatan yang berbeda. Berikut adalah pembahasan untuk setiap tipe bentuk mikroplastik yang diidentifikasi:

1) Fragmen

Rosal (2021) menyatakan bahwa fragmen cenderung memiliki bentuk dan tepi yang tidak beraturan. Bentuk mikroplastik tipe fragmen yang terlihat pada sampel yang diamati dapat dilihat pada (Gambar 4.4).



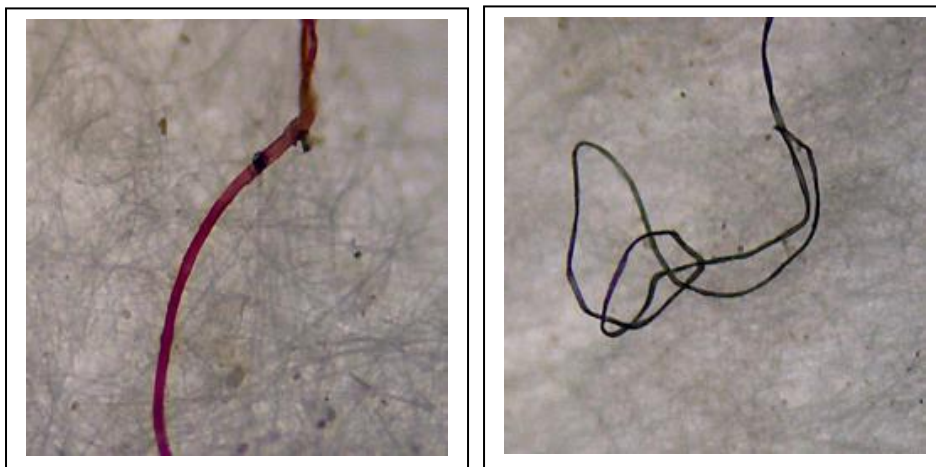
Gambar 4.4 Mikroplastik Tipe Fragmen

Mikroplastik berbentuk fragmen yang terlihat pada pada (Gambar 4.4) di atas merupakan mikroplastik yang terdeteksi dalam sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta. Fragmen adalah bentuk mikroplastik yang paling dominan dalam penelitian ini, mencakup sebagian besar dari keseluruhan partikel mikroplastik yang ditemukan. Bentuk mikroplastik jenis ini sering kali menjadi yang paling mencolok dan mudah terlihat saat diamati, terutama karena ukuran fragmen yang biasanya lebih besar dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya, serta tepi yang tajam atau tidak rata. Dominasi fragmen dalam sampel menunjukkan bahwa fragmen ini merupakan salah satu bentuk mikroplastik yang paling umum di kawasan tersebut.

2) Fiber

Mikroplastik fiber atau serat memiliki ciri khas berupa bentuk yang panjang dan tipis, di mana panjangnya secara signifikan lebih dominan

daripada lebarnya (Lusher dkk., 2020). Bentuk mikroplastik jenis fiber yang terlihat pada sampel yang diamati dapat dilihat pada (Gambar 4.5).

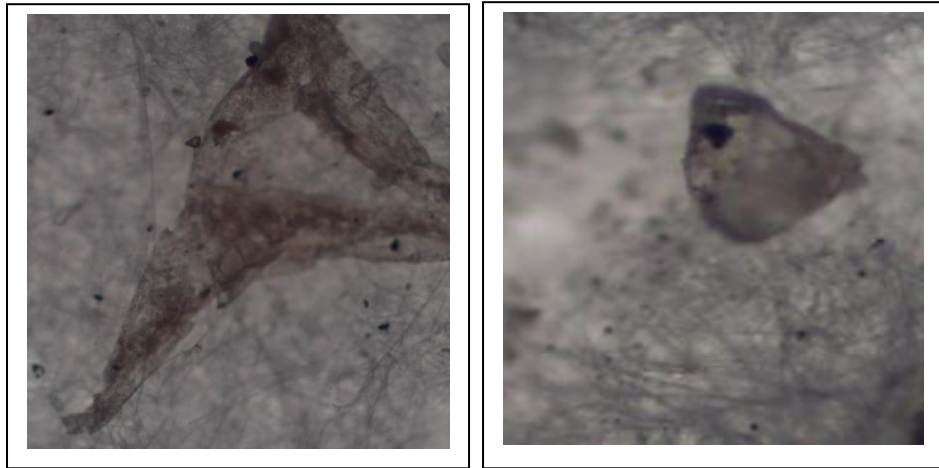


Gambar 4.5 Mikroplastik Tipe Fiber

Pada (Gambar 4.5) di atas, terlihat mikroplastik tipe fiber yang memiliki warna merah dan hitam, dengan bentuk yang tipis dan panjang. Fiber ini merupakan salah satu tipe mikroplastik yang ditemukan dalam sampel yang diambil dari kawasan Ringroad Yogyakarta dengan ciri khas berupa bentuk yang panjang dan tipis. Dalam penelitian ini, fiber ditemukan dalam berbagai warna, termasuk merah, hitam, dan biru dan warna lainnya. Warna-warna ini memberikan kontras yang jelas ketika diamati, sehingga memudahkan identifikasi fiber di antara partikel-partikel lainnya.

3) Film

Mikroplastik film merupakan tipe mikroplastik dengan permukaan tipis atau bidang yang berasal dari plastik tipis (Singh dkk., 2021). Secara umum, mikroplastik film memiliki bentuk yang tidak teratur, namun lebih tipis dan lebih fleksibel daripada mikroplastik fragmen (Rosal, 2021). Bentuk mikroplastik jenis film yang terlihat pada sampel yang diamati dapat dilihat pada (Gambar 4.6).



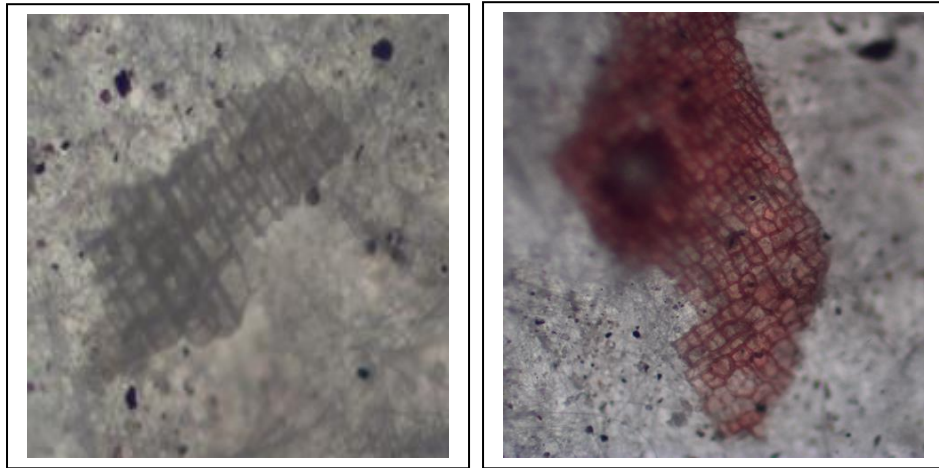
Gambar 4.6 Mikroplastik Tipe Film

Pada (Gambar 4.6) di atas, mikroplastik tipe film terlihat berwarna coklat kehitaman dengan bentuk yang luas dan tipis. Mikroplastik bentuk ini teridentifikasi menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x, yang memungkinkan pengamatan detail dari permukaannya yang tipis dan fleksibel. Dalam penelitian ini, mikroplastik berbentuk film ditemukan di seluruh sampel yang diambil dari berbagai lokasi di kawasan Ringroad Yogyakarta.

4) Foam

Mikroplastik tipe foam memiliki karakteristik permukaan yang halus dengan tepian yang bersudut dengan truktur yang menyerupai spons (Lusher dkk., 2020). Bentuk mikroplastik jenis foam yang terlihat pada sampel yang diamati dapat dilihat pada (Gambar 4.7).

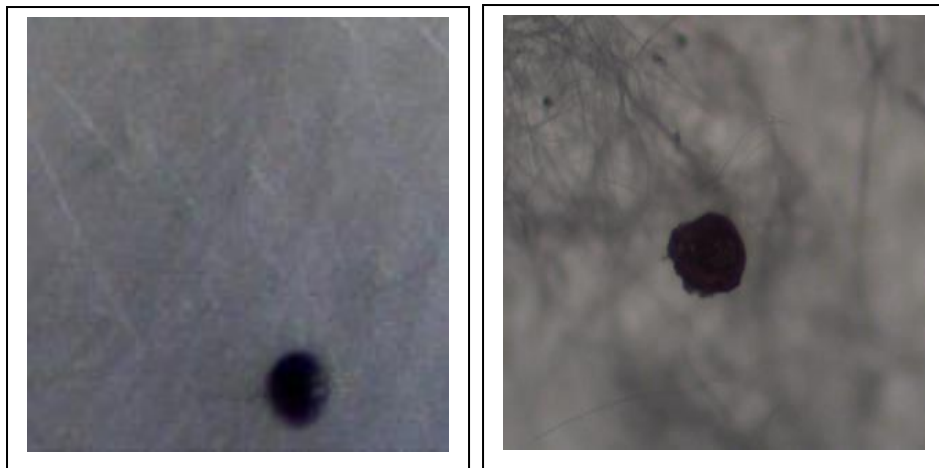
Pada (Gambar 4.7), mikroplastik tipe foam yang berwarna merah dan transparan terlihat jelas melalui pengamatan mikroskop. Karakteristik struktur yang menyerupai spons membuat mikroplastik jenis ini mudah diidentifikasi. Mikroplastik berbentuk foam dalam sampel debu jalanan Ringroad Yogyakarta sangat terbatas. Mikroplastik tipe ini tidak ditemukan di setiap lokasi titik pengambilan sampel.



Gambar 4.7 Mikroplastik Tipe Foam

5) Granulla/Pelet

Mikroplastik granul atau sering disebut sebagai pelet, memiliki karakteristik bentuk yang berbentuk lingkaran (Susanti dkk., 2021). Bentuk mikroplastik jenis pelet yang terlihat pada sampel yang diamati dapat dilihat pada (Gambar 4.8).

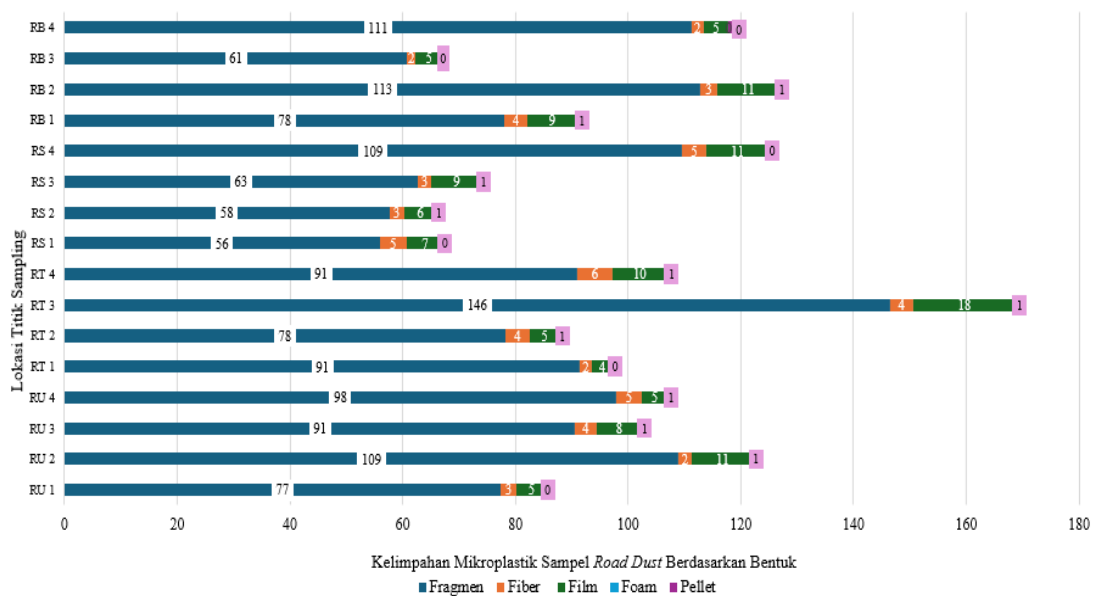


Gambar 4.8 Mikroplastik Tipe Pelet

Pada (Gambar 4.8) di atas, terlihat mikroplastik tipe pelet yang memiliki bentuk bulat dan berwarna hitam, memudahkan identifikasinya melalui pengamatan mikroskop. Jumlah mikroplastik pelet ini dalam

sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta juga terbatas. Pelet ini tidak ditemukan di semua titik lokasi pengambilan sampel, menunjukkan adanya distribusi yang tidak merata di seluruh area titik pengambilan sampel.

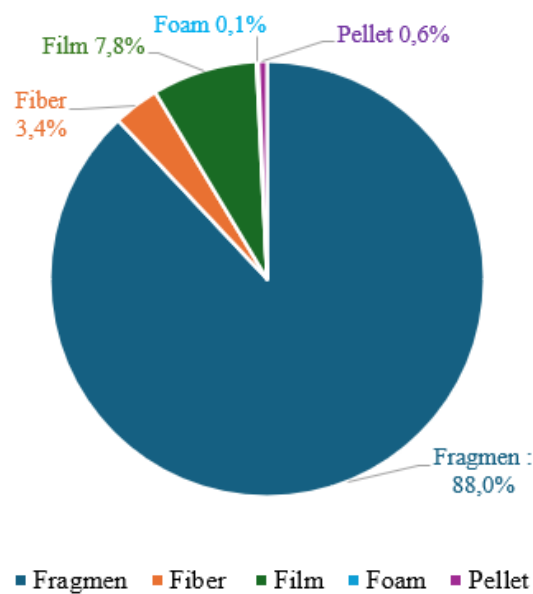
Hasil perbandingan bentuk mikroplastik dapat memberikan gambaran tentang dominasi setiap jenis di berbagai lokasi sampel di sekitar Ringroad Yogyakarta. Pada (Gambar 4.9) menampilkan grafik hasil klasifikasi mikroplastik berdasarkan bentuknya di 16 titik lokasi sampling. Grafik ini menunjukkan variasi distribusi jenis mikroplastik seperti fragmen, fiber, film, foam, dan pellet pada setiap titik sampling.



Gambar 4.9 Perbandingan Kelimpahan Bentuk Mikroplastik Setiap Titik Sampling

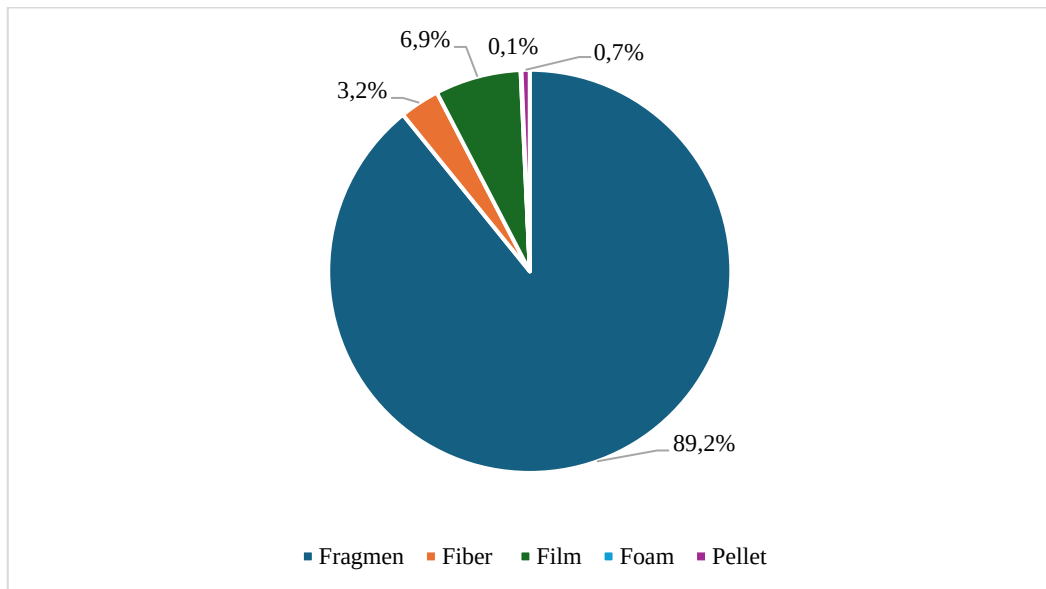
Hasil pengukuran yang ditampilkan dalam grafik diatas menunjukkan bahwa bentuk mikroplastik yang paling dominan dalam kelimpahannya adalah fragmen, dengan total 1.430 partikel/g dari total keseluruhan 16 sampel. Jumlah ini jauh lebih

tinggi dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya, seperti fiber (55 partikel/g), film (127 partikel/g), foam (2 partikel/g), dan pelet (11 partikel/g). Total keseluruhan mikroplastik yang teridentifikasi di Kawasan Ringroad Yogyakarta adalah 1.625 partikel/g. Pada (Gambar 4.10) menyajikan persentase akumulasi bentuk mikroplastik yang ditemukan di seluruh lokasi studi di kawasan Ringroad Yogyakarta.



Gambar 4.10 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Yogyakarta

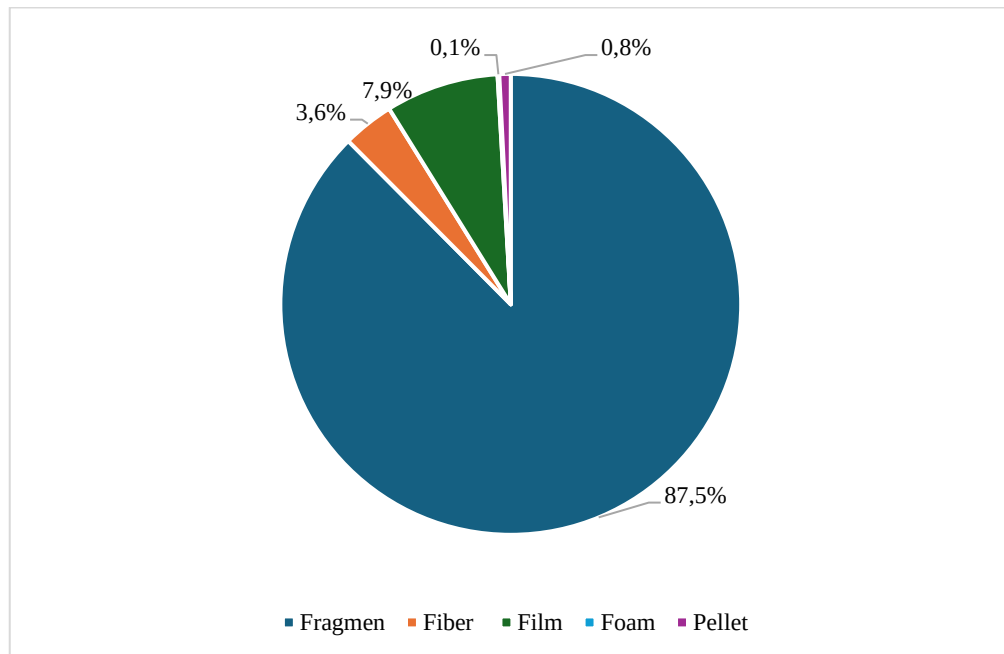
Berdasarkan data hasil analisis mikroplastik pada debu jalanan di Ringroad Yogyakarta, mikroplastik yang teridentifikasi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk dengan persentase kelimpahan yang berbeda. Bentuk mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen, yang mencapai 88% dari total mikroplastik yang ditemukan. Jenis mikroplastik film menyumbang 7,8% dari total. Fiber mencapai 3,4%, pelet dengan persentase 0,6% sedangkan foam hanya mencapai 0,1% dari total mikroplastik yang ditemukan.



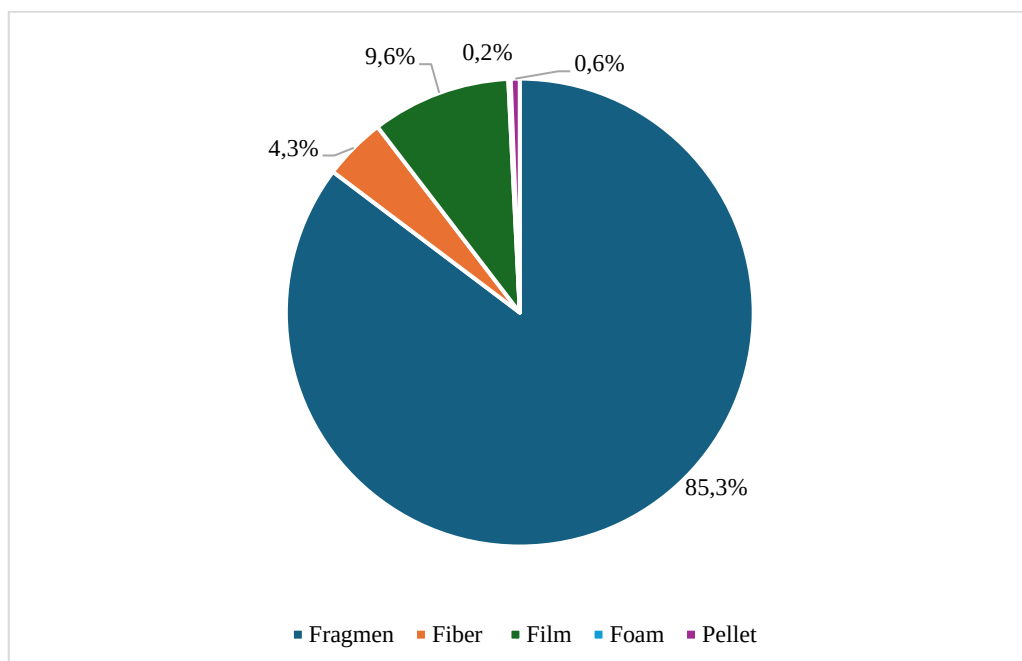
Gambar 4.11 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Utara Yogyakarta

Gambar 4.11 menampilkan persentase bentuk mikroplastik yang ditemukan di segmen Ringroad Utara. Berdasarkan data hasil analisis mikroplastik pada debu jalanan di Ringroad Utara Yogyakarta, mikroplastik yang teridentifikasi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk dengan persentase kelimpahan yang berbeda. Bentuk mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen, yang mencapai 89,2 % dari total mikroplastik yang ditemukan. Jenis mikroplastik film menyumbang 6,9 % dari total. Fiber mencapai 3,2%, pelet dengan persentase 0,7% sedangkan foam hanya mencapai 0,1% dari total mikroplastik yang ditemukan.

Gambar 4.12 menampilkan persentase bentuk mikroplastik yang ditemukan di segmen Ringroad Timur. Berdasarkan data hasil analisis mikroplastik pada debu jalanan di Ringroad Timur Yogyakarta, mikroplastik yang teridentifikasi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk dengan persentase kelimpahan yang berbeda. Bentuk mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen, yang mencapai 87,5 % dari total mikroplastik yang ditemukan. Jenis mikroplastik film menyumbang 7,9% dari total. Fiber mencapai 3,6%, pelet dengan persentase 0,8% sedangkan foam hanya mencapai 0,1% dari total mikroplastik yang ditemukan.

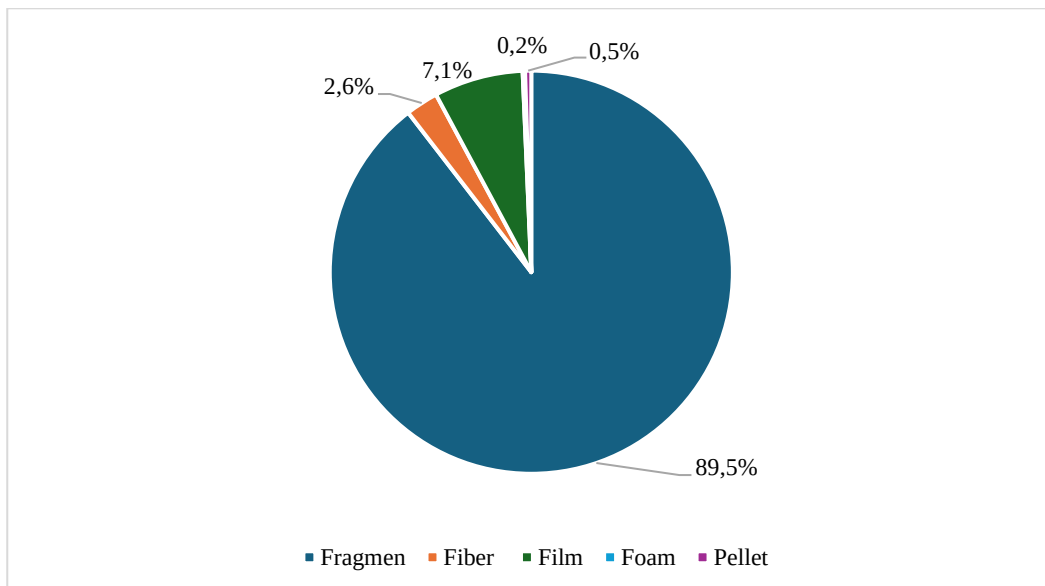


Gambar 4.12 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Timur Yogyakarta



Gambar 4.13 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Selatan Yogyakarta

Gambar 4.13 menampilkan persentase bentuk mikroplastik yang ditemukan di segmen Ringroad Selatan. Berdasarkan data hasil analisis mikroplastik pada debu jalanan di Ringroad Selatan Yogyakarta, mikroplastik yang teridentifikasi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk dengan persentase kelimpahan yang berbeda. Bentuk mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen, yang mencapai 85,3 % dari total mikroplastik yang ditemukan. Jenis mikroplastik film menyumbang 9,6 % dari total. Fiber mencapai 4,3%, pelet dengan persentase 0,6% sedangkan foam hanya mencapai 0,2% dari total mikroplastik yang ditemukan.

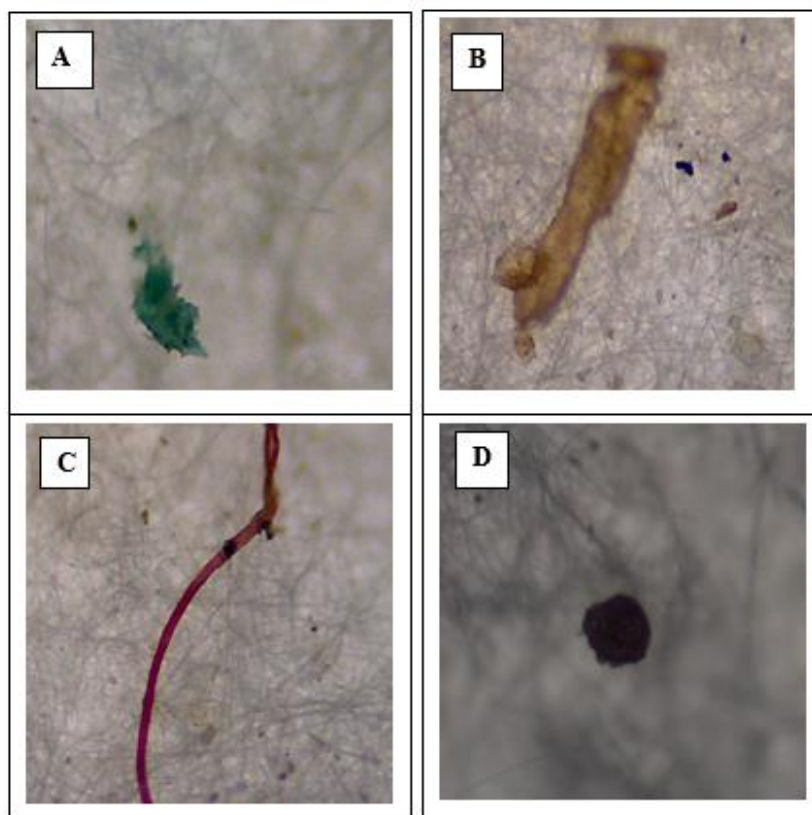


Gambar 4.14 Persentase Bentuk Mikroplastik di Kawasan Ringroad Barat Yogyakarta

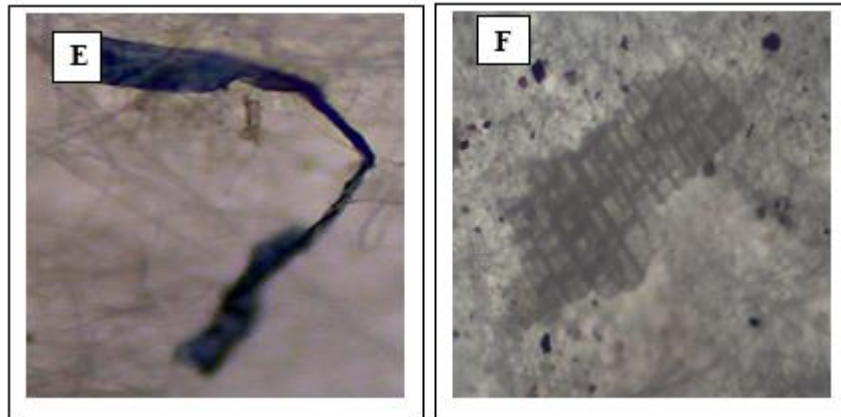
Gambar 4.14 menampilkan persentase bentuk mikroplastik yang ditemukan di segmen Ringroad Barat. Berdasarkan data hasil analisis mikroplastik pada debu jalanan di Ringroad Barat Yogyakarta, mikroplastik yang teridentifikasi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk dengan persentase kelimpahan yang berbeda. Bentuk mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen, yang mencapai 89,5 % dari total mikroplastik yang ditemukan. Jenis mikroplastik film menyumbang 7,1 % dari total. Fiber mencapai 2,6%, pelet dengan persentase 0,5% sedangkan foam hanya mencapai 0,2% dari total mikroplastik yang ditemukan.

4.1.2 Identifikasi Kelimpahan Warna Mikroplastik

Hasil pengamatan mikroskop pada sampel mikroplastik menunjukkan adanya beragam variasi warna, seperti transparan, merah, hitam, biru, hijau, coklat, oranye, ungu, dan kuning. Variasi warna ini dipengaruhi oleh paparan sinar matahari atau sinar ultraviolet secara terus-menerus, yang dapat menyebabkan perubahan warna pada partikel mikroplastik yang terdeteksi. Berdasarkan analisis mikroplastik pada debu jalanan di area Ringroad Yogyakarta, ditemukan beberapa variasi warna diantaranya, yaitu abu, transparan, hitam, coklat, hijau, biru, pink, ungu, merah, oranye, dan kuning. Contoh hasil variasi warna mikroplastik yang teridentifikasi melalui mikroskop dengan perbesaran 10x, ditunjukkan pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16.

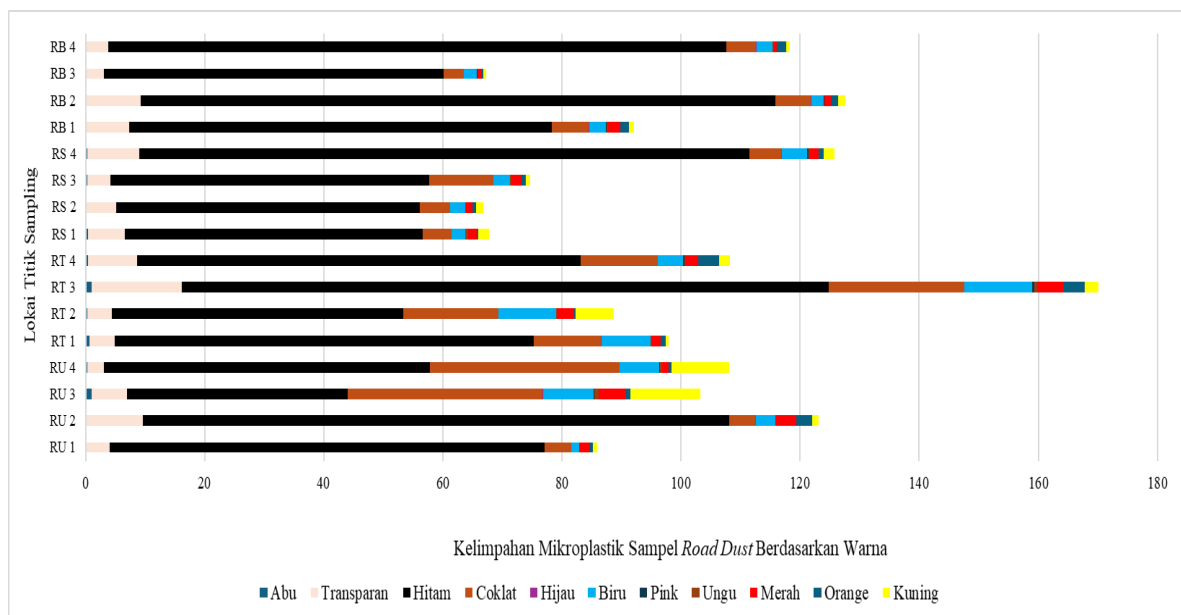


Gambar 4.15 Variasi Warna Mps diantaranya: A. Hijau, B. Coklat, C. Pink, D. Hitam



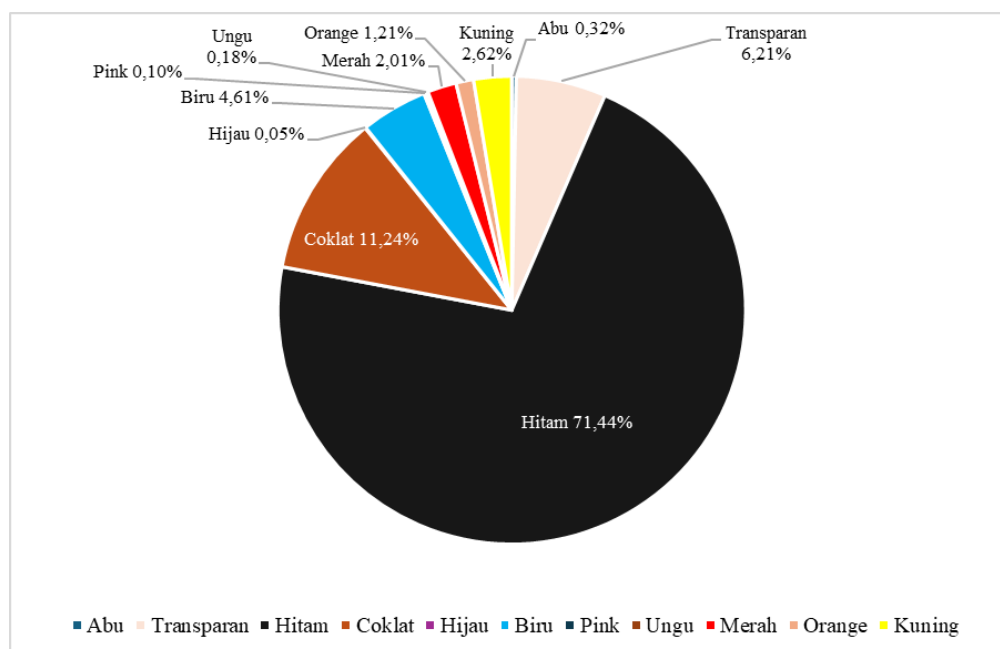
Gambar 4.16 Variasi Warna Mps diantaranya E. Biru, dan F. Transparan

Setelah teridentifikasi warna mikroplastik yang terdapat pada semua titik lokasi pengambilan sampel di area Ringroad Yogyakarta, dilakukan klasifikasi mikroplastik berdasarkan warnanya pada setiap titik lokasi pengambilan sampel. Gambar 3.17 menunjukkan grafik hasil klasifikasi mikroplastik berdasarkan warnanya pada 16 titik lokasi pengambilan sampel di area Ringroad Yogyakarta.



Gambar 4.17 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna

Hasil identifikasi mikroplastik dari 16 titik sampling di kawasan Ringroad Yogyakarta menunjukkan adanya 11 variasi warna, yang mencerminkan keragaman warna mikroplastik di Ringroad Yogyakarta. Warna hitam mendominasi dengan total kelimpahan 1.161 partikel/g, menunjukkan kemungkinan kontribusi signifikan dari bahan berbasis karet seperti ban, yang berkaitan erat dengan aktivitas lalu lintas di sekitar Ringroad. Warna coklat dan transparan juga teridentifikasi dalam jumlah yang cukup besar, masing-masing sebanyak 183 partikel/g dan 101 partikel/g, yang dapat mengindikasikan adanya degradasi material plastik umum seperti kemasan dan kantong plastik. Partikel mikroplastik dengan warna biru (75 partikel/g), merah (33 partikel/g), dan kuning (43 partikel/g) menunjukkan keberadaan material plastik yang mungkin berasal dari produk rumah tangga, kemasan, dan tekstil. Warna-warna lainnya seperti orange dengan total jumlah 20 partikel/g, abu 5 partikel/g, ungu 3 partikel/g, pink 2 partikel/g dan hijau 1 partikel/g teridentifikasi dalam jumlah yang lebih sedikit, menunjukkan bahwa kontribusi warna-warna tersebut terhadap total mikroplastik lebih terbatas. Persentase kelimpahan mikroplastik berdasarkan warna yang teridentifikasi di area Ringroad Yogyakarta ditunjukkan pada Gambar 4.18.



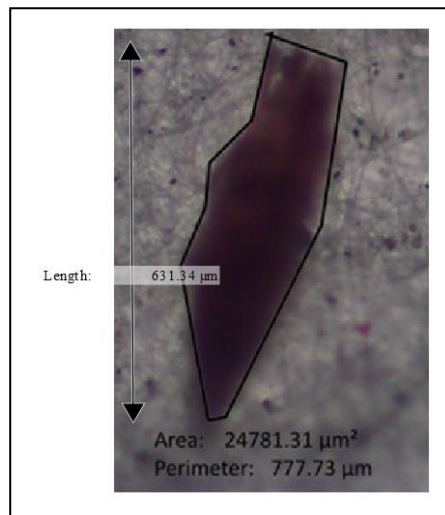
Gambar 4.18 Presentase Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna

Identifikasi mikroplastik dari 16 titik sampling di kawasan Ringroad Yogyakarta menunjukkan adanya variasi warna yang beragam dengan persentase yang berbeda-beda (Gambar 4,18). Mikroplastik berwarna hitam mendominasi temuan ini, dengan jumlah yang mencapai 71,44% dari total sampel. Warna coklat menjadi warna kedua paling dominan, yaitu sebesar 11,24%. Mikroplastik transparan juga teridentifikasi dengan jumlah 6,21%. Selain itu, mikroplastik berwarna biru, merah, dan kuning masing-masing memiliki persentase 4,62%, 2,01%, dan 2,62%. Warna oranye menyumbang 1,21% dari total, diikuti oleh abu dengan 0,32%, hijau dengan 0,05%, dan pink dengan 0,10%. Variasi warna ini mencerminkan keragaman sumber dan jenis mikroplastik yang terdistribusi di area tersebut.

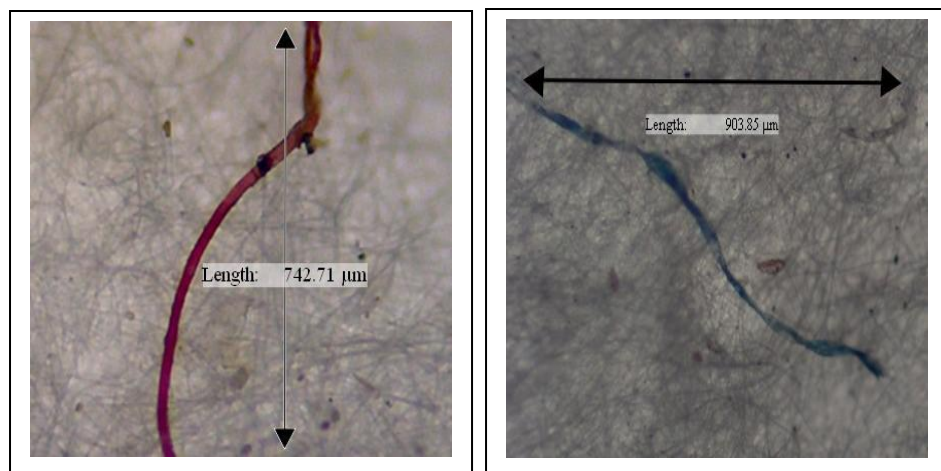
4.2 Ukuran Mikroplastik

Hasil identifikasi ukuran mikroplastik menggunakan mikroskop dengan aplikasi *image raster* bertujuan untuk mengukur diameter dan luas partikel mikroplastik. Mikroplastik terbagi menjadi kategori ukuran, yaitu besar (1-5 mm) dan kecil (<1mm), dengan batas bawah ukuran partikel yang termasuk dalam mikroplastik belum didefinisikan secara pasti. Dalam penelitian ini batas deteksi bawah ukuran mikroplastik mengacu pada penelitian Kang dkk., (2022) dan Yukioka, dkk. (2020) yaitu 100 μ m, sehingga mikroplastik (MPs) berada dalam rentang ukuran 100 μ m hingga 5 mm.

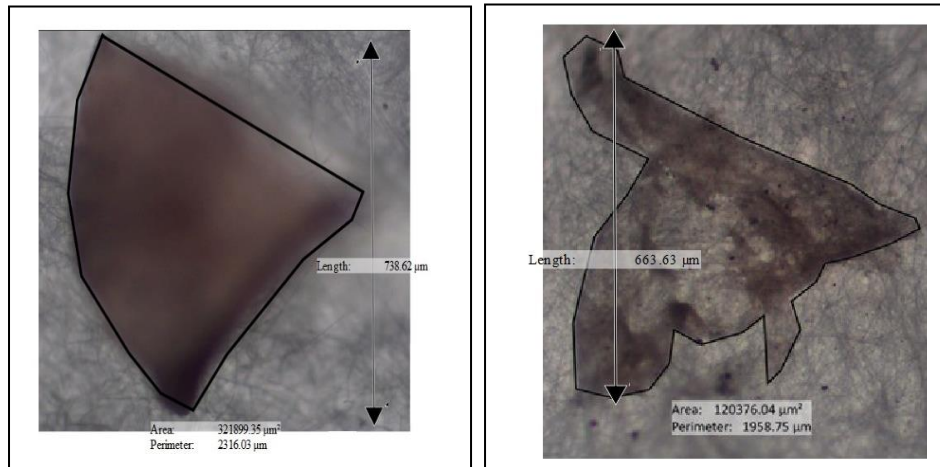
Variasi ukuran mikroplastik yang teridentifikasi di area Ringroad Yogyakarta menunjukkan keberagaman bentuk dan karakteristik mikroplastik. Pada Gambar 4.19 memperlihatkan contoh ukuran mikroplastik tipe fragmen. Gambar 4.20 menampilkan contoh mikroplastik tipe fiber. Selanjutnya, Gambar 4.21 menunjukkan ukuran mikroplastik tipe film. Gambar 4.22 menggambarkan ukuran mikroplastik tipe foam, sementara Gambar 4.23 menyajikan contoh ukuran mikroplastik tipe pelet.



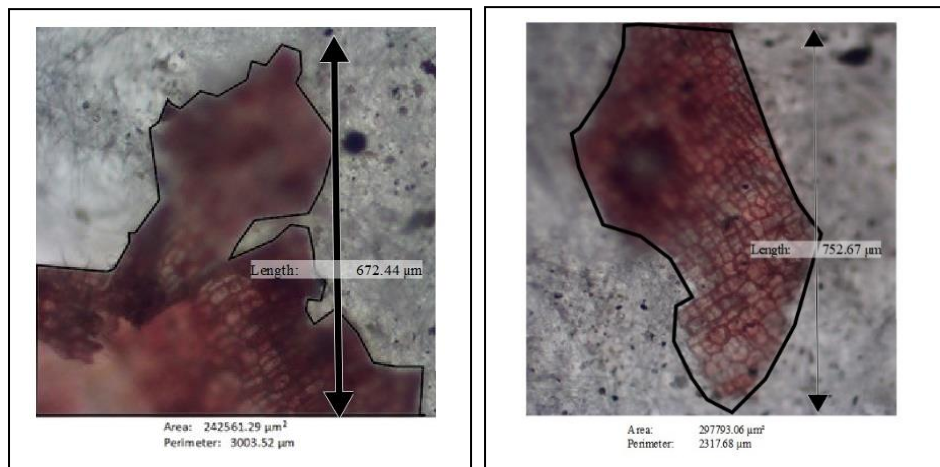
Gambar 4.19 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Fragmen



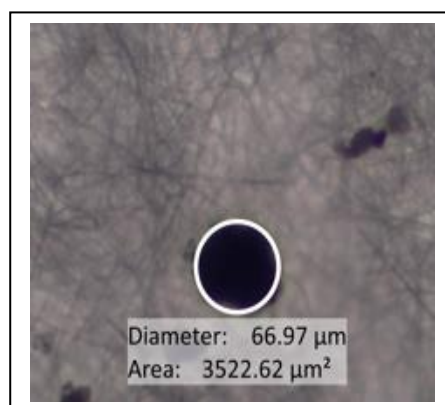
Gambar 4.20 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Fiber



Gambar 4.21 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Film



Gambar 4.22 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Foam



Gambar 4.23 Contoh Ukuran Mikroplastik Tipe Pelet

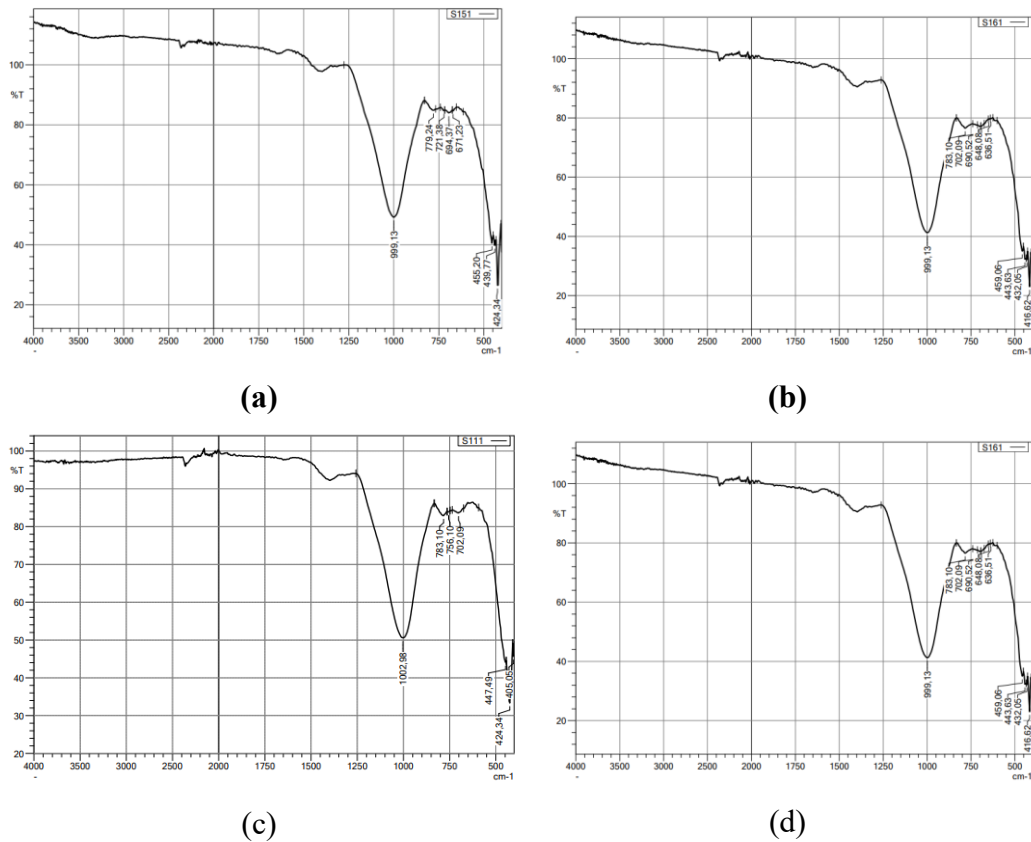
4.3 Jenis Polimer Mikroplastik

Identifikasi jenis polimer mikroplastik dilakukan dengan menganalisis spektrum yang dihasilkan dari pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) pada sampel mikroplastik yang telah diambil dari berbagai lokasi penelitian. Spektrum FTIR memberikan informasi tentang komposisi kimiawi mikroplastik melalui pita serapan karakteristik yang muncul pada spektrum tersebut. Setiap jenis polimer memiliki pola serapan inframerah berbeda, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis polimer tersebut. Interpretasi spektrum FTIR dilakukan secara komputerisasi menggunakan *software*. Komposisi mikroplastik di setiap lokasi penelitian kemudian ditentukan berdasarkan jenis polimer yang diidentifikasi dari spektrum tersebut berdasarkan pada studi oleh Veerasingam dkk. (2021).

Beberapa pengamatan menggunakan FTIR menunjukkan bahwa jumlah partikel mikroplastik yang dapat terdeteksi FTIR lebih kecil dibandingkan dengan jumlah partikel yang ditemukan melalui mikroskop (Pungut, 2021). Hal ini disebabkan oleh keterbatasan FTIR dalam mendeteksi partikel yang ukurannya terlalu kecil, yakni di bawah 20 μm . Ulrike Braun dkk. (2018) juga menyatakan bahwa tingkat deteksi partikel pada sampel yang dianalisis dengan FTIR umumnya berada dalam rentang ukuran 25 hingga 50 μm .

4.3.1 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik di Ringroad Utara

Hasil pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang dilakukan pada sampel mikroplastik di setiap lokasi penelitian, telah teridentifikasi berbagai jenis polimer mikroplastik yang terkandung dalam sampel dari empat titik pengambilan di kawasan Ringroad Utara. Identifikasi ini disajikan dalam Gambar 4.24, yang menunjukkan hasil FTIR polimer untuk masing-masing titik pengambilan sampel di kawasan Ringroad Utara, yaitu (a) RU 1, (b) RU 2, (c) RU 3, dan (d) RU 4.



Gambar 4.24 Hasil FTIR Polimer Ringroad Utara
(a) RU 1, (b) RU 2, (c) RU 3, (d) RU 4

Tabel 4.1 Hasil Identifikasi Jenis Polimer Ringroad Utara

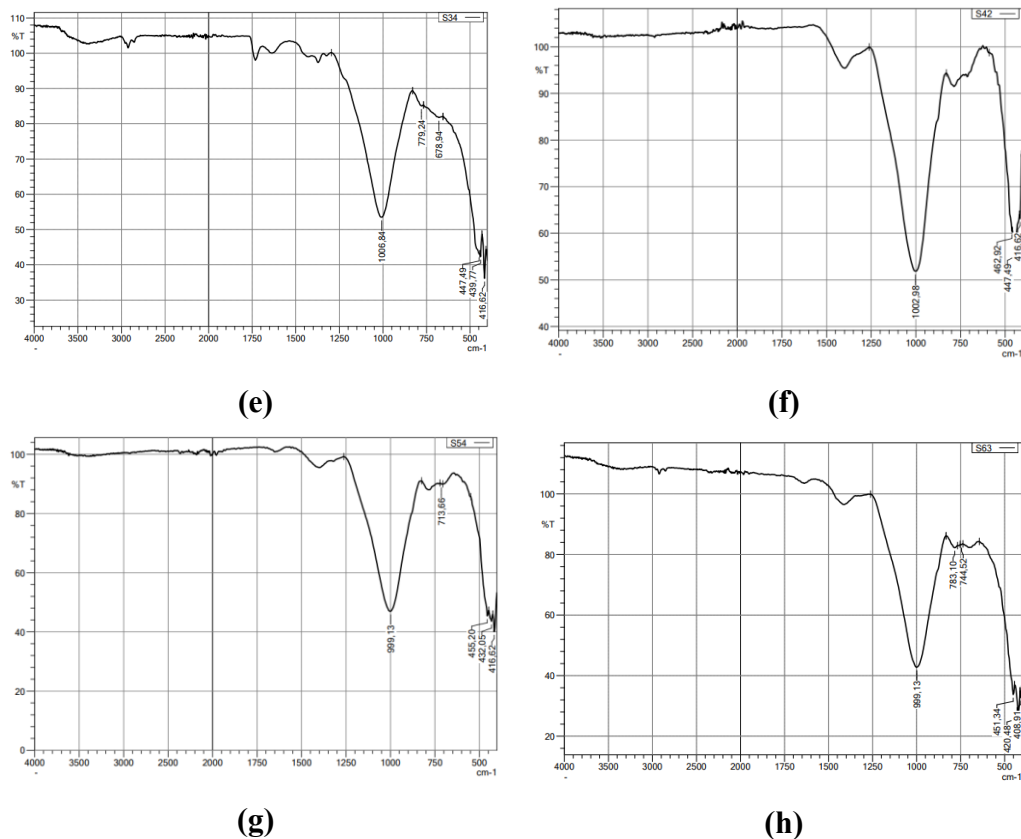
Titik Sampling	Peak (cm ⁻¹)	Referensi Peak (cm ⁻¹)	Polimer
RU 1	999,13	997	<i>Polypropylene (PP)</i>
	702,09	694	<i>Polystyrene (PS)</i>
	690,52	687	<i>Nylon</i>
RU 2	721,38	720	<i>Polyethylene terephthalate (PET)</i>
	999,13	997	<i>Polypropylene (PP)</i>
	694,34	694	<i>Polystyrene (PS)</i>
RU 3	1002,98	997	<i>Polypropylene (PP)</i>
	756,1	759	<i>Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)</i>
	702,09	694	<i>Polystyrene (PS)</i>
RU 4	1002,98	997	<i>Polypropylene (PP)</i>
	698,23	698	<i>Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)</i>

Hasil pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) pada sampel mikroplastik yang diambil dari berbagai titik di kawasan Ringroad Utara (Gambar 4.24) menunjukkan adanya berbagai jenis polimer yang mendominasi komposisi mikroplastik di wilayah tersebut. Tabel 4.1 menyajikan hasil identifikasi jenis polimer mikroplastik yang diambil dari beberapa titik sampling di Ringroad Utara menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Dalam tabel ini, setiap titik sampling menunjukkan puncak (*peak*) spektrum yang terdeteksi dalam satuan cm^{-1} , yang kemudian dibandingkan dengan referensi puncak dari berbagai jenis polimer yang sudah diketahui. Referensi jenis polimer mikroplastik dalam identifikasi ini mengacu pada studi oleh Veerasingam dkk. (2021).

Berdasarkan hasil pengujian pada titik sampling RU 1, ditemukan tiga jenis polimer dengan puncak spektrum inframerah tertentu. Puncak pada $999,13 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan *Polypropylene* (PP) yang sesuai dengan referensi *peak* pada 997 cm^{-1} . Selain itu, terdapat juga puncak pada $702,09 \text{ cm}^{-1}$ yang diidentifikasi sebagai *Polystyrene* (PS) dengan referensi *peak* pada 694 cm^{-1} . Puncak lainnya muncul pada $690,52 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan keberadaan *Nylon* dengan referensi *peak* pada 687 cm^{-1} . Pada titik sampling RU 2, puncak pada $721,38 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan *Polyethylene terephthalate* (PET) dengan referensi pada 720 cm^{-1} . Selain itu, ditemukan juga *Polypropylene* (PP) dengan puncak pada $999,13 \text{ cm}^{-1}$ yang sesuai dengan referensi pada 997 cm^{-1} , serta *Polystyrene* (PS) pada $694,34 \text{ cm}^{-1}$ yang cocok dengan referensi *peak* pada 694 cm^{-1} . Di titik sampling RU 3, *Polypropylene* (PP) teridentifikasi dengan puncak pada $1002,98 \text{ cm}^{-1}$, sesuai dengan referensi pada 997 cm^{-1} . Selain itu, puncak pada $756,1 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) dengan referensi pada 759 cm^{-1} , serta *Polystyrene* (PS) yang teridentifikasi dengan puncak pada $702,09 \text{ cm}^{-1}$ dan referensi pada 694 cm^{-1} . Selain itu, pada titik sampling RU 4, teridentifikasi jenis polimer *Polypropylene* (PP) dengan puncak pada $1002,98 \text{ cm}^{-1}$, sesuai dengan referensi *peak* pada 997 cm^{-1} , serta *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) dengan puncak pada $698,23 \text{ cm}^{-1}$ yang sesuai dengan referensi *peak* pada 698 cm^{-1} .

4.3.2 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik di Ringroad Timur

Hasil pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang dilakukan pada sampel mikroplastik di setiap lokasi penelitian, telah teridentifikasi berbagai jenis polimer mikroplastik yang terkandung dalam sampel dari empat titik pengambilan di kawasan Ringroad Timur. Identifikasi ini disajikan dalam Gambar 4.25, yang menunjukkan hasil FTIR polimer untuk masing-masing titik pengambilan sampel di kawasan Ringroad Timur, yaitu (e) RT 1, (f) RT 2, (g) RT 3, dan (h) RT 4.



Gambar 4.25 Hasil FTIR Polimer Ringroad Timur
(e) RT 1, (f) RT 2, (g) RT 3, (h) RT 4

Tabel 4.2 Hasil Identifikasi Jenis Polimer Ringroad Timur

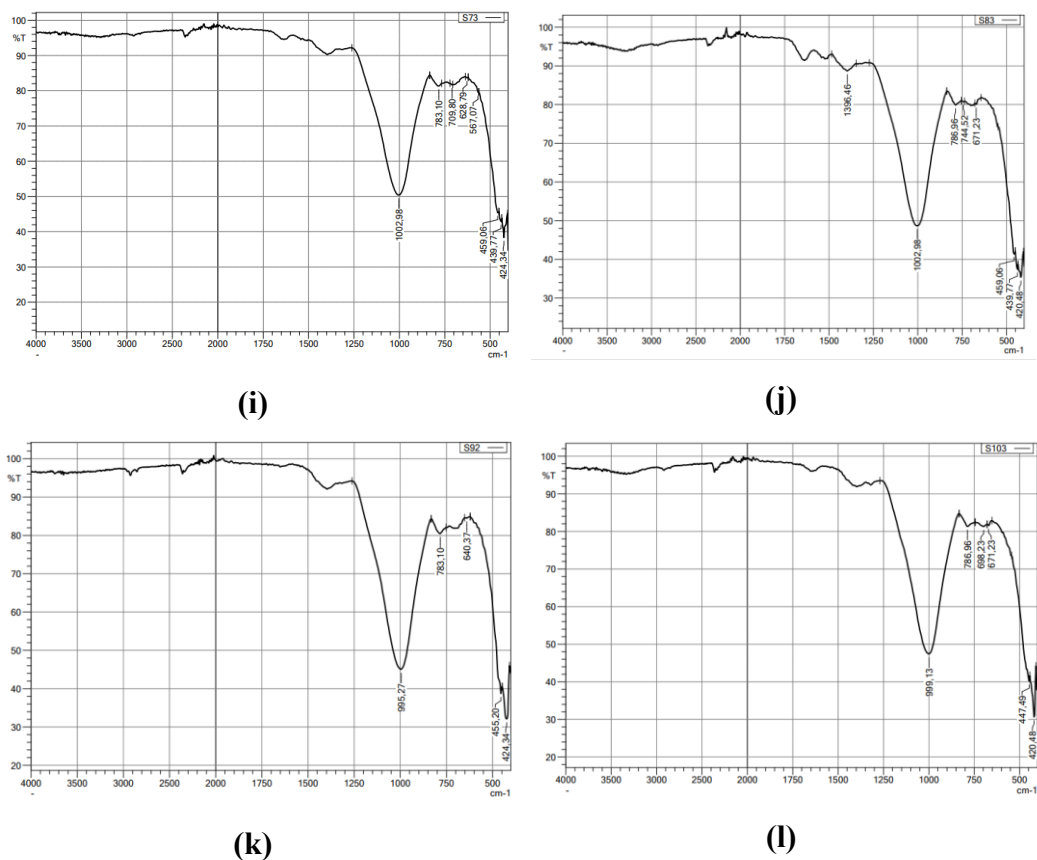
Titik Sampling	Peak (cm ⁻¹)	Referensi Peak (cm ⁻¹)	Polimer
RT 1	721,38	720	<i>Polyethylene terephthalate (PET)</i>
RT 2	1002,98	997	<i>Polypropylene (PP)</i>
RT 3	999,13	997	<i>Polypropylene (PP)</i>
	713,66	717	<i>High density polyethylene (HDPE)</i>
RT 4	999,13	997	<i>Polypropylene (PP)</i>

Hasil pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) pada sampel mikroplastik yang diambil dari berbagai titik di kawasan Ringroad Timur (Gambar 4.25) menunjukkan adanya berbagai jenis polimer yang mendominasi komposisi mikroplastik di wilayah tersebut. Tabel 4.2 menyajikan hasil identifikasi jenis polimer mikroplastik yang diambil dari beberapa titik sampling di Ringroad Timur menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Dalam tabel ini, setiap titik sampling menunjukkan puncak (*peak*) spektrum yang terdeteksi dalam satuan cm⁻¹, yang kemudian dibandingkan dengan referensi puncak dari berbagai jenis polimer yang sudah diketahui. Referensi jenis polimer mikroplastik dalam identifikasi ini mengacu pada studi oleh Veerasingam dkk. (2021).

Pada titik sampling RT 1, teridentifikasi *Polyethylene terephthalate* (PET) dengan puncak pada 721,38 cm⁻¹, yang sesuai dengan referensi pada 720 cm⁻¹. Di titik sampling RT 2 dan RT 3, ditemukan *Polypropylene* (PP) dengan puncak masing-masing pada 1002,98 cm⁻¹ dan 999,13 cm⁻¹, keduanya mendekati referensi pada 997 cm⁻¹. Pada titik RT 3 juga ditemukan *High density polyethylene* (HDPE) dengan *peak* 713,66. Selain itu, pada titik sampling RS 4, juga ditemukan *Polypropylene* (PP) dengan puncak pada 999,13 cm⁻¹, dengan referensi *peak* pada 997 cm⁻¹. Hasil ini menunjukkan bahwa *Polypropylene* (PP) merupakan polimer dominan di kawasan ini, dengan *Polyethylene terephthalate* (PET) dan *High density polyethylene* (HDPE) teridentifikasi di satu titik sampling.

4.3.3 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik di Ringroad Selatan

Hasil pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang dilakukan pada sampel mikroplastik di setiap lokasi penelitian, telah teridentifikasi berbagai jenis polimer mikroplastik yang terkandung dalam sampel dari empat titik pengambilan di kawasan Ringroad Selatan. Identifikasi ini disajikan dalam Gambar 4.26, yang menunjukkan hasil FTIR polimer untuk masing-masing titik pengambilan sampel di kawasan Ringroad Selatan, yaitu (i) RS 1, (j) RS 2, (k) RS 3, dan (l) RS 4.



Gambar 4.26 Hasil FTIR Polimer Ringroad Selatan
(i) RS 1, (j) RS 2, (k) RS 3, (l) RS 4

Tabel 4.3 Hasil Identifikasi Jenis Polimer Ringroad Selatan

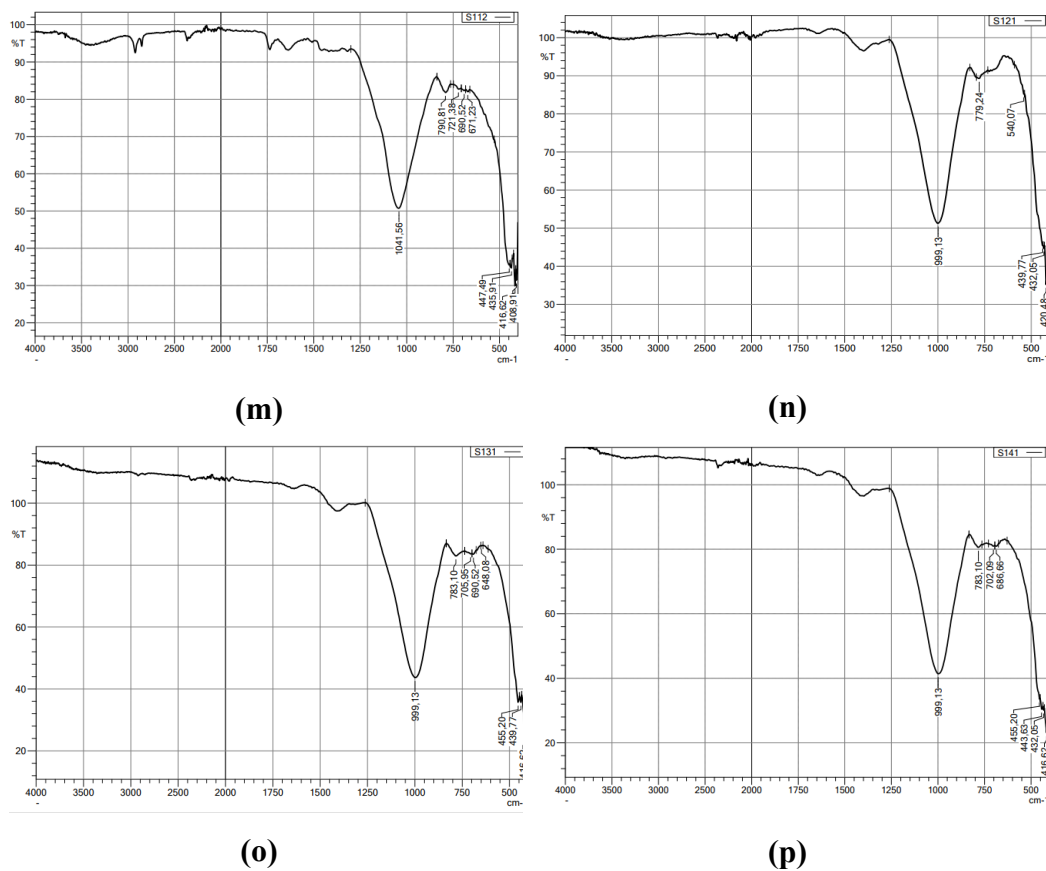
Titik Sampling	Peak (cm ⁻¹)	Referensi Peak (cm ⁻¹)	Polimer
RS 1	1002,98	997	<i>Polypropylene</i> (PP)
RS 2	1002,98	997	<i>Polypropylene</i> (PP)
RS 3	995,27	997	<i>Polypropylene</i> (PP)
RS 4	999,13	997	<i>Polypropylene</i> (PP)
	698,23	694	<i>Polystyrene</i> (PS)

Hasil pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) pada sampel mikroplastik yang diambil dari berbagai titik di kawasan Ringroad Selatan (Gambar 4.26) menunjukkan adanya berbagai jenis polimer yang mendominasi komposisi mikroplastik di wilayah tersebut. Tabel 4.3 menyajikan hasil identifikasi jenis polimer mikroplastik yang diambil dari beberapa titik sampling di Ringroad Selatan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Dalam tabel ini, setiap titik sampling menunjukkan puncak (*peak*) spektrum yang terdeteksi dalam satuan cm⁻¹, yang kemudian dibandingkan dengan referensi puncak dari berbagai jenis polimer yang sudah diketahui. Referensi jenis polimer mikroplastik dalam identifikasi ini mengacu pada studi oleh Veerasingam dkk. (2021).

Hasil identifikasi dari titik sampling RS 1 hingga RS 4 menunjukkan dominasi *Polypropylene* (PP) dengan puncak serapan pada sekitar 1002,98 cm⁻¹, yang mendekati referensi puncak 997 cm⁻¹ yang dikenal untuk PP. Hal ini mengindikasikan bahwa *Polypropylene* adalah polimer yang paling umum ditemukan di area tersebut. Selain itu, titik sampling RS 4 juga menunjukkan puncak serapan tambahan pada 698,23 cm⁻¹, yang mendekati referensi 694 cm⁻¹, menunjukkan keberadaan *Polystyrene* (PS) di lokasi tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa *Polypropylene* merupakan polimer yang dominan di Ringroad Timur, sementara *Polystyrene* muncul sebagai polimer tambahan di beberapa titik sampling.

4.3.4 Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik di Ringroad Barat

Hasil pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang dilakukan pada sampel mikroplastik di setiap lokasi penelitian, telah teridentifikasi berbagai jenis polimer mikroplastik yang terkandung dalam sampel dari empat titik pengambilan di kawasan Ringroad Barat. Identifikasi ini disajikan dalam Gambar 4.27, yang menunjukkan hasil FTIR polimer untuk masing-masing titik pengambilan sampel di kawasan Ringroad Barat, yaitu (m) RB 1, (n) RB 2, (o) RB 3, dan (p) RB 4



Gambar 4.27 Hasil FTIR Polimer Ringroad Barat
(m) RB 1, (n) RB 2, (o) RB 3, (p) RB 4

Tabel 4.4 Hasil Identifikasi Jenis Polimer Ringroad Barat

Titik Sampling	Peak (cm ⁻¹)	Referensi Peak (cm ⁻¹)	Polimer
RB 1	721,38	720	<i>Polyethylene terephthalate</i> (PET)
	690,52	687	<i>Nylon</i>
RB 2	999,13	997	<i>Polypropylene</i> (PP)
	540,07	537	<i>Polystyrene</i> (PS)
RB 3	999,13	997	<i>Polypropylene</i> (PP)
	690,52	687	<i>Nylon</i>
RB 4	999,13	997	<i>Polypropylene</i> (PP)
	686,66	687	<i>Nylon</i>

Hasil pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) pada sampel mikroplastik yang diambil dari berbagai titik di kawasan Ringroad Barat (Gambar 4.27) menunjukkan adanya berbagai jenis polimer yang mendominasi komposisi mikroplastik di wilayah tersebut. Tabel 4.4 menyajikan hasil identifikasi jenis polimer mikroplastik yang diambil dari beberapa titik sampling di Ringroad Barat menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Dalam tabel ini, setiap titik sampling menunjukkan puncak (*peak*) spektrum yang terdeteksi dalam satuan cm⁻¹, yang kemudian dibandingkan dengan referensi puncak dari berbagai jenis polimer yang sudah diketahui. Referensi jenis polimer mikroplastik dalam identifikasi ini mengacu pada studi oleh Veerasingam dkk. (2021).

Pada titik sampling RB 1, terdapat dua jenis polimer yang teridentifikasi, yaitu *Polyethylene terephthalate* (PET) dengan puncak karakteristik pada 721,38 cm⁻¹ yang mendekati referensi 720 cm⁻¹, serta *Nylon* dengan puncak pada 690,52 cm⁻¹ yang mendekati referensi 687 cm⁻¹. Pada titik sampling RB 2, jenis polimer yang teridentifikasi, yaitu *Polypropylene* (PP). Pada titik sampling RB 3 dan RB 4, *Polypropylene* (PP) dan *Nylon* teridentifikasi. PP terdeteksi dengan puncak karakteristik pada 999,13 cm⁻¹ yang mendekati referensi 997 cm⁻¹. *Nylon* kembali terdeteksi pada kedua titik ini dengan puncak masing-masing pada 690,52 cm⁻¹ dan 686,66 cm⁻¹, yang juga mendekati referensi 687 cm⁻¹. Dari hasil ini, terlihat bahwa PP dan Nylon adalah jenis polimer yang dominan di lokasi sampling RB 3 dan RB 4, sedangkan PET hanya terdeteksi di RB 1.

4.4 Pembahasan

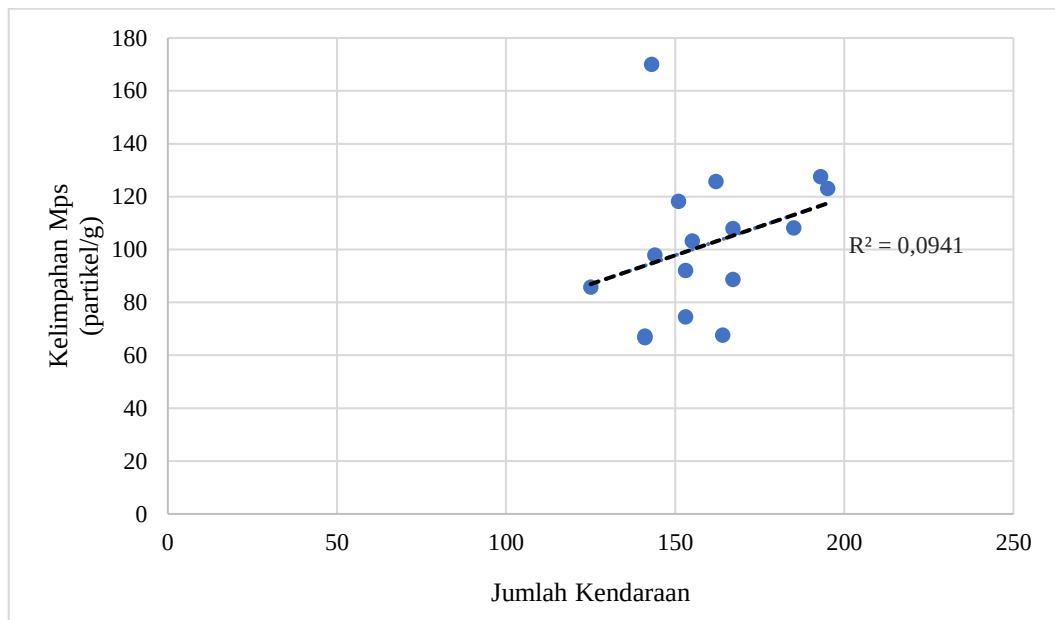
4.4.1 Hubungan antara Kelimpahan Mikroplastik dan Jumlah Kendaraan

Hasil identifikasi mikroplastik dari 16 titik sampling di kawasan Ringroad Yogyakarta berdasarkan (Gambar 4.2) menunjukkan perbedaan kelimpahan mikroplastik. Perbedaan kelimpahan mikroplastik ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk sumber pencemaran lingkungan, kondisi lingkungan saat pengambilan sampel, serta kepadatan lalu lintas di setiap lokasi (Kang dkk., 2022). Jumlah kendaraan di setiap lokasi sampling pada saat pengambilan sampel ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Jumlah Kendaraan Pada Waktu Pengambilan Sampel

Lokasi Sampling	Jumlah Kendaraan Pada Waktu Pengambilan Sampel (5 menit)	Kelimpahan MPS (partikel/g)
RU 1	125	86
RU 2	195	123
RU 3	155	103
RU 4	167	108
RT 1	144	98
RT 2	167	89
RT 3	143	170
RT 4	185	108
RS 1	164	68
RS 2	141	67
RS 3	153	75
RS 4	162	126
RB 1	153	92
RB 2	193	128
RB 3	141	67
RB 4	151	118

Hubungan antara jumlah kendaraan dengan kelimpahan mikroplastik dapat dijelaskan melalui koefisien korelasi. Pada Gambar 4.28 menunjukkan hubungan antara jumlah kendaraan dengan kelimpahan mikroplastik.



Gambar 4.28 Hubungan antara Jumlah Kendaraan dan Kelimpahan Mikroplastik

Korelasi antara jumlah kendaraan dengan kelimpahan mikroplastik, yaitu 0.3067. Angka ini mengindikasikan bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut adalah lemah. Hasil analisis ini didukung oleh grafik *scatter plot* yang menggambarkan distribusi data, di mana tampak bahwa meskipun terdapat peningkatan jumlah kendaraan, kelimpahan mikroplastik tidak selalu meningkat. Hasil ini menegaskan bahwa kelimpahan mikroplastik di lingkungan tidak hanya dipengaruhi oleh kepadatan lalu lintas, tetapi juga oleh berbagai faktor lain, seperti pengelolaan limbah, kondisi cuaca, dan aktivitas manusia di sekitar area tersebut. Dengan demikian, penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap kontaminasi mikroplastik ketika melakukan analisis lebih lanjut.

Lemahnya korelasi dalam pengambilan sampel yang hanya dilakukan satu kali tanpa memperhatikan variasi periode pengambilan dapat disebabkan akibat tidak adanya penyesuaian terhadap faktor-faktor temporal yang memengaruhi kelimpahan mikroplastik. Sebagai perbandingan, penelitian oleh Kang dkk. (2022) di Gayang City, Korea, menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik dapat bervariasi secara signifikan berdasarkan periode pengeringan yang dipengaruhi

oleh faktor iklim. Dalam penelitian tersebut, sampel diambil secara bertahap pada hari ke-0, 1, 2, dan 3 selama periode pengeringan, sehingga memungkinkan para peneliti untuk mengamati bagaimana perubahan kondisi iklim dan cuaca berkontribusi terhadap variasi kelimpahan mikroplastik. Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan satu kali, sehingga variasi temporal seperti perubahan lalu lintas, hujan, atau aktivitas manusia tidak teramati secara mendalam.

Sampel yang diambil hanya pada satu waktu dalam satu hari, yaitu hari Sabtu pada akhir pekan (*weekend*), dapat memengaruhi hasil analisis mengenai hubungan antara kepadatan lalu lintas dan kelimpahan mikroplastik. Lalu lintas di kawasan perkotaan seperti Ringroad Yogyakarta cenderung lebih padat pada hari kerja (*weekday*) dibandingkan akhir pekan. pengambilan sampel pada hari Sabtu, saat kondisi lalu lintas biasanya lebih sepi, dapat menyebabkan jumlah kendaraan yang terpantau lebih rendah daripada kondisi pada hari kerja. Hal ini dapat berdampak pada kelimpahan mikroplastik yang teridentifikasi. Selain itu, kondisi jalan di setiap titik sampel juga dapat bervariasi, terutama di area persimpangan atau jalan yang lebih ramai dilalui kendaraan, yang mungkin memiliki kontribusi lebih besar terhadap pelepasan mikroplastik. Pengambilan sampel yang dilakukan hanya pada akhir pekan kurang merepresentasikan variasi lalu lintas harian dan mingguan secara menyeluruh, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif dengan pengambilan sampel di berbagai hari dan waktu untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat tentang hubungan antara lalu lintas dan kelimpahan mikroplastik.

Faktor-faktor temporal ini dapat mempengaruhi distribusi dan jumlah mikroplastik di permukaan jalan. Misalnya, di jam-jam sibuk seperti pagi hari (jam berangkat kerja) atau sore hari (jam pulang kerja), kepadatan lalu lintas cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan jam-jam biasa. Jika beberapa sampel diambil saat jam sibuk dan yang lainnya diambil pada waktu yang lebih sepi, maka hal ini dapat menyebabkan variasi hasil yang tidak mencerminkan situasi sesungguhnya. Pengamatan lalu lintas hanya dilakukan selama 5 menit saat pengambilan sampel, yang merupakan periode waktu yang sangat singkat. Durasi ini mungkin tidak cukup untuk merepresentasikan secara akurat kondisi lalu lintas di setiap titik

lokasi. Lalu lintas dapat sangat fluktuatif, dengan adanya puncak-puncak tertentu yang tidak terekam dalam waktu singkat ini. Dengan hanya satu kali pengambilan sampel, kemungkinan variasi dinamis ini tidak terdeteksi, yang dapat melemahkan korelasi antara kelimpahan mikroplastik dan faktor-faktor lingkungan. Untuk memperkuat hasil, seperti dalam penelitian Kang dkk. (2022), pengambilan sampel pada beberapa periode waktu yang berbeda akan lebih representatif dalam menangkap fluktuasi alami yang terjadi di lingkungan.

4.4.2 Hubungan antara Kelimpahan Mikroplastik dan Kondisi Lingkungan

Berdasarkan data BMKG dari Stasiun Klimatologi DI Yogyakarta pada tanggal 30 Maret 2024 (Tabel 4.6), kondisi lingkungan selama pengambilan sampel debu jalanan dapat dipengaruhi oleh fluktuasi suhu, kelembaban, kecepatan, dan arah angin yang bervariasi sepanjang hari. Data tersebut dapat dianalisis untuk memahami bagaimana kondisi lingkungan mempengaruhi kelimpahan dan distribusi mikroplastik.

Tabel 4.6 Data Iklim Harian Stasiun Klimatologi DI Yogyakarta pada tanggal 30 Maret 2024

Temp. minimum (°C)	Temp maksimum (°C)	Temp. rata-rata (°C)	Kelembapan rata-rata (%)	Kecepatan angin maksimum (m/s)	Kecepatan angin rata-rata (m/s)	Arah angin terbanyak (°)
25,6	30,4	28,1	82	3	2	West (Barat)

Pada pukul 07.00 WIB, suhu tercatat 26°C dengan kelembaban yang sangat mencapai 80%, dan kecepatan angin yang rendah (1 km/jam) dari arah Barat Laut. Namun, karena angin tetap bertiup dari arah Barat Laut dengan kecepatan rendah, mikroplastik kemungkinan besar tetap terdistribusi di sekitar area pengambilan sampel. Pada pukul 13.00 WIB, suhu mencapai puncaknya di 32°C dengan kelembaban turun drastis menjadi 60%. Kecepatan angin meningkat menjadi 2,6 km/jam dari arah Selatan. Kondisi ini lebih kondusif untuk perpindahan

mikroplastik melalui angin, terutama dari arah Selatan, sehingga partikel-partikel mikroplastik mungkin lebih tersebar di udara. Suhu yang tinggi juga dapat mempercepat pengeringan permukaan jalan, memungkinkan lebih banyak partikel mikroplastik yang sebelumnya terperangkap di debu untuk dilepaskan.

Pada malam hari pukul 19.00 WIB, suhu turun kembali menjadi 28°C dengan kelembaban meningkat menjadi 80%, sementara kecepatan angin kembali rendah (1 km/jam) dari arah Barat Laut. Kondisi ini menyerupai situasi pagi hari, di mana kelembaban yang lebih tinggi dapat menahan mikroplastik di permukaan jalan, sementara kecepatan angin yang rendah dari arah Barat Laut cenderung membatasi penyebaran mikroplastik ke atmosfer. Secara keseluruhan, kondisi cuaca pada hari tersebut menunjukkan bahwa variasi suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi pelepasan dan distribusi mikroplastik, dengan kecepatan dan arah angin yang cenderung rendah berpotensi membatasi penyebaran mikroplastik di atmosfer. Distribusi mikroplastik kemungkinan besar lebih banyak dipengaruhi oleh aktivitas lalu lintas di lokasi pengambilan sampel daripada oleh faktor angin atau cuaca. Namun, pada puncak suhu siang hari, ada kemungkinan terjadi peningkatan pelepasan mikroplastik ke udara, terutama karena pengeringan dan meningkatnya kecepatan angin.

4.4.3 Perbandingan Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik yang teridentifikasi dalam debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta bervariasi di setiap lokasi pengambilan sampel, dengan nilai berkisar antara 67 hingga 170 partikel/g. Berdasarkan data rerata kelimpahan mikroplastik di setiap kawasan, dapat disimpulkan bahwa kawasan dengan kelimpahan tertinggi adalah Ringroad Timur, dengan rerata 116 partikel/g. Kawasan ini mencatat kelimpahan tertinggi di titik RT 3 dengan 170 partikel/g, yang merupakan nilai tertinggi di seluruh kawasan Ringroad Yogyakarta. Di sisi lain, kawasan Ringroad Selatan memiliki rerata kelimpahan mikroplastik terendah, yaitu 84 partikel/g, dengan titik RS 2 mencatat nilai terendah 67 partikel/g. Meski demikian, titik RS 4 mencatat kelimpahan yang lebih tinggi dengan 126 partikel/g, menunjukkan adanya variasi lokal yang signifikan di dalam kawasan ini. Kawasan

Ringroad Utara memiliki rerata kelimpahan 105 partikel/g, dengan nilai kelimpahan yang berkisar antara 86 hingga 123 partikel/g. Sementara itu, kawasan Ringroad Barat menunjukkan rerata kelimpahan sebesar 101 partikel/g, dengan nilai tertinggi 128 partikel/g di titik RB 2. Kawasan ini mencatat kelimpahan yang lebih rendah dibandingkan Ringroad Timur, namun lebih tinggi daripada Ringroad Selatan, yang menunjukkan adanya distribusi mikroplastik yang merata tetapi tidak ekstrem.

Secara keseluruhan, kelimpahan mikroplastik dapat dikategorikan sebagai tinggi apabila melebihi rerata umum yang tercatat di kawasan Ringroad, yaitu di atas 102 partikel/g, sementara kelimpahan rendah berada di bawah nilai tersebut. Berdasarkan analisis ini, Ringroad Timur dapat dianggap sebagai kawasan dengan kelimpahan mikroplastik yang relatif tinggi, sedangkan Ringroad Selatan memiliki kelimpahan yang relatif rendah. Variasi ini mengindikasikan pengaruh kondisi lingkungan, intensitas lalu lintas, dan aktivitas manusia dalam penyebaran mikroplastik di kawasan Ringroad Yogyakarta.

Tingginya kelimpahan mikroplastik yang tercatat di kawasan Ringroad Timur Yogyakarta juga dipengaruhi oleh kombinasi faktor tata guna jalan, aktivitas manusia yang intensif, serta kondisi lingkungan yang spesifik di area tersebut. Ringroad Timur merupakan jalur utama yang menghubungkan pusat kota Yogyakarta dengan Bandara Internasional Adisutjipto dan Stasiun Maguwoharjo. Sebagai dua titik transportasi utama, kedua lokasi ini menghasilkan arus lalu lintas yang sangat tinggi, termasuk kendaraan pribadi, bus, serta truk besar. Lalu lintas di kawasan ini tidak hanya padat tetapi juga terdiri dari berbagai jenis kendaraan, mulai dari kendaraan kecil seperti mobil dan sepeda motor hingga truk bermuatan besar. Jenis kendaraan yang berbeda ini menghasilkan tingkat keausan ban yang bervariasi, yang kemudian berkontribusi pada produksi mikroplastik. Abrasi antara ban kendaraan dan permukaan jalan, yang terjadi terus-menerus akibat kepadatan lalu lintas yang tinggi, berkontribusi besar terhadap produksi partikel mikroplastik. Partikel-partikel ini kemudian terlepas ke lingkungan dan mengendap sebagai debu jalanan. Penelitian Maharani (2023) menunjukkan bahwa daerah Ringroad Timur dengan lalu lintas yang padat cenderung memiliki kelimpahan mikroplastik yang

lebih tinggi, dimana aktivitas lalu lintas yang tinggi, dikombinasikan dengan faktor lingkungan lainnya, menghasilkan kelimpahan mikroplastik yang signifikan di kawasan Ringroad Timur.

Aktivitas manusia yang intensif, termasuk perdagangan dan pariwisata, juga memperbesar kemungkinan penyebaran mikroplastik dari berbagai sumber, termasuk sampah plastik yang dihasilkan oleh kegiatan tersebut. Tingginya aktivitas ini menambah jumlah kendaraan dan pejalan kaki yang berkontribusi pada penambahan polutan mikroplastik dari sumber-sumber lain seperti sampah plastik. Di area titik pengambilan sampling Ringroad Timur, terdapat banyak sampah yang berserakan di sepanjang pinggir jalan (Gambar 4.29). Sampah plastik yang terpapar lingkungan ini dapat hancur menjadi partikel-partikel kecil akibat proses fotodegradasi atau abrasi mekanis, yang kemudian menyumbang kelimpahan mikroplastik di daerah tersebut. Keberadaan sampah ini menciptakan kondisi di mana berbagai sumber mikroplastik (dari keausan ban, degradasi sampah, dan aktivitas manusia) bercampur, meningkatkan jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan di jalanan.



Gambar 4.29 Sumber Pencemaran Mikroplastik di Titik Sampling RT 2 Ringroad Timur

4.4.3.1 Perbandingan Kelimpahan dan Karakteristik Bentuk Mikroplastik

Berdasarkan data hasil analisis mikroplastik pada debu jalanan di Ringroad Yogyakarta, mikroplastik yang teridentifikasi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk dengan persentase kelimpahan yang berbeda (Gambar 4.8). Bentuk mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen, yang mencapai 88% dari total mikroplastik yang ditemukan. Jenis mikroplastik film menyumbang 7,8% dari total. Fiber mencapai 3,4%, pelet dengan persentase 0,6% sedangkan foam hanya mencapai 0,1% dari total mikroplastik yang ditemukan. Hasil analisis mikroplastik pada debu jalanan di Ringroad Yogyakarta menunjukkan bahwa bentuk mikroplastik yang paling dominan adalah fragmen, dengan persentase mencapai 88%. Dominasi ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor utama. Fragmen umumnya berasal dari keausan jalan dan abrasi ban kendaraan, yang menyebabkan material plastik terpecah menjadi partikel kecil (O'Brien dkk., 2023). Selain itu, fragmen juga sering kali merupakan hasil dari penggunaan wadah dan kemasan plastik dalam aktivitas manusia sehari-hari (Ayuningtyas, 2019).

Keberadaan fragmen yang sangat tinggi juga dapat dikaitkan dengan kurangnya kesadaran masyarakat mengenai pengelolaan sampah plastik, yang sering kali mengakibatkan plastik terdegradasi menjadi fragmen-fragmen kecil yang tersebar di lingkungan. Hal ini sesuai dengan temuan Li (2020) yang menunjukkan bahwa rendahnya insentif untuk mendaur ulang sampah plastik berkontribusi pada prevalensi fragmen di berbagai lingkungan. Selain itu, kegiatan berkendara yang intensif menyebabkan abrasi pada jalan dan ban, menghasilkan fragmen mikroplastik yang berbeda dalam ukuran dan komposisi tergantung pada kecepatan dan aliran lalu lintas (Sommer dkk., 2018). Sumber utama fragmen ini tampaknya juga berasal dari limbah domestik dan aktivitas rumah tangga, seperti kemasan makanan dan botol plastik, yang terfragmentasi menjadi partikel kecil di daerah perkotaan (Handayani, 2021).

Mikroplastik jenis film, dengan persentase 7,8%, umumnya berasal dari kemasan plastik atau pembungkus makanan yang terurai menjadi potongan-potongan tipis. Keberadaan film menunjukkan bahwa plastik tipis seperti kantong belanja dan pembungkus makanan juga berkontribusi pada kontaminasi

mikroplastik di area ini. Mikroplastik jenis film, yang lebih sedikit dibandingkan dengan fragmen dapat disebabkan oleh proses degradasi yang lebih cepat atau pengurangan dalam jumlah penggunaan plastik tipis di daerah tersebut. Mikroplastik jenis fiber menyumbang 3,4% dari total sampel. Fiber biasanya berasal dari bahan tekstil sintetis seperti pakaian dan karpet, yang melepaskan serat-serat kecil selama proses pencucian dan pemakaian. Keberadaan fiber menunjukkan bahwa tekstil juga merupakan sumber mikroplastik, meskipun dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan dengan fragmen dan film.

Mikroplastik jenis pelet (0,6%) dan foam (0,1%) merupakan jenis mikroplastik yang jarang ditemukan. Pelet biasanya berasal dari bahan baku industri plastik dan mungkin tidak banyak tersebar di lingkungan domestik. Keterbatasan dalam jumlah pelet dapat menunjukkan bahwa mikroplastik jenis ini tidak banyak digunakan atau tersebar dalam kegiatan sehari-hari di daerah tersebut. Foam, yang ditemukan dalam jumlah sangat kecil (0,1%), umumnya berasal dari bahan seperti styrofoam yang digunakan dalam kemasan makanan. Jumlah yang sangat rendah dari foam menunjukkan bahwa jenis mikroplastik ini tidak banyak tersebar di lingkungan domestik atau lebih jarang digunakan.

Hasil penelitian secara keseluruhan menunjukkan bahwa bentuk mikroplastik yang paling dominan di seluruh segmen wilayah Ringroad Yogyakarta adalah fragmen, diikuti oleh jenis-jenis lain seperti film, fiber, pelet, dan foam. Setiap segmen Ringroad menunjukkan variasi dalam persentase distribusi mikroplastik, namun tren umum fragmen sebagai bentuk yang dominan tetap konsisten di keempat wilayah. Berikut adalah analisis kelimpahan mikroplastik berdasarkan setiap segmen Ringroad Yogyakarta:

1. Kelimpahan Bentuk Mikroplastik di Ringroad Utara

Pada segmen Ringroad Utara, fragmen mendominasi sebesar 89,2% dari total mikroplastik yang ditemukan. Hal ini menunjukkan bahwa sumber mikroplastik di wilayah ini berasal dari material yang terdegradasi, seperti partikel aspal atau ban kendaraan yang mengalami abrasi. Kondisi jalan dan intensitas lalu lintas yang tinggi di wilayah ini menjadi faktor yang berkontribusi signifikan terhadap pelepasan fragmen-fragmen tersebut. Selain fragmen, jenis mikroplastik film

menyumbang 6,9%, yang mungkin berasal dari material plastik tipis seperti kantong plastik atau lapisan permukaan lain yang digunakan di jalanan. Fiber ditemukan sebanyak 3,2%, yang kemungkinan besar berasal dari tekstil atau jaring sintetis yang terbawa ke jalan. Pelet (0,7%) dan foam (0,1%) ditemukan dalam jumlah yang lebih kecil,

2. Kelimpahan Bentuk Mikroplastik di Ringroad Timur

Hasil di Ringroad Timur juga menunjukkan dominasi fragmen, yang mencapai 87,5% dari total mikroplastik yang ditemukan. Seperti di wilayah utara, hal ini menunjukkan tingginya kontribusi abrasi dari material jalan dan kendaraan terhadap pencemaran mikroplastik. Film menyumbang 7,9%, sedikit lebih tinggi dibanding wilayah utara, mengindikasikan adanya kontribusi lebih besar dari plastik tipis di daerah ini. Fiber mencapai 3,6%, pelet sebesar 0,8%, dan foam hanya 0,1%, menunjukkan pola serupa dalam distribusi mikroplastik dibandingkan dengan wilayah utara.

3. Kelimpahan Bentuk Mikroplastik di Ringroad Selatan

Pada segmen Ringroad Selatan, dominasi fragmen sedikit lebih rendah dibandingkan wilayah lainnya, yakni sebesar 85,3% dari total mikroplastik yang ditemukan. Persentase fragmen yang sedikit lebih rendah ini menunjukkan adanya variasi dalam jenis sumber mikroplastik di wilayah selatan. Jenis mikroplastik film menyumbang 9,6%, persentase tertinggi dari semua segmen, mengindikasikan potensi sumber lain seperti plastik kemasan yang terbawa ke jalan. Fiber mencapai 4,3%, sementara pelet hanya 0,6% dan foam sebesar 0,2%.

4. Kelimpahan Bentuk Mikroplastik di Ringroad Barat

Wilayah Ringroad Barat menunjukkan persentase fragmen tertinggi, yakni 89,5% dari total mikroplastik yang ditemukan. Hal ini mengindikasikan bahwa fragmen dari material yang terdegradasi di wilayah ini lebih tinggi dibandingkan segmen lainnya. Abrasi ban dan kerusakan permukaan jalan tampaknya lebih signifikan di wilayah barat, kemungkinan disebabkan oleh tingkat lalu lintas yang sangat padat atau kondisi jalan yang lebih buruk. Film ditemukan sebanyak 7,1%, sementara fiber mencapai 2,6%, pelet sebesar 0,5%, dan foam sebesar 0,2%. Jumlah pelet dan foam yang sangat kecil di wilayah

ini mengindikasikan bahwa sumber-sumber utama mikroplastik lebih banyak berasal dari aktivitas yang memicu pelepasan fragmen.

Berdasarkan hasil penelitian di empat segmen wilayah Ringroad Yogyakarta, dapat disimpulkan bahwa bentuk mikroplastik yang paling dominan di seluruh wilayah adalah fragmen, yang menunjukkan bahwa sumber utama pencemaran mikroplastik berasal dari aktivitas lalu lintas, terutama keausan ban dan kerusakan permukaan jalan serta sampah makroplastik di sekitar kawasan yang terdegradasi. Jenis-jenis mikroplastik lainnya, seperti film, fiber, pelet, dan foam ditemukan dalam jumlah yang lebih kecil, dengan film yang cenderung lebih tinggi di wilayah Selatan. Hasil ini menunjukkan adanya variasi distribusi mikroplastik di setiap wilayah, dengan Ringroad Utara dan Barat menunjukkan persentase fragmen yang lebih tinggi dibanding wilayah Timur dan Selatan. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh variasi kondisi jalan, intensitas lalu lintas, dan jenis aktivitas manusia di setiap wilayah. Hasil penelitian ini menekankan pentingnya melakukan intervensi pada sumber-sumber pencemaran, seperti pengelolaan ban bekas, perawatan jalan, dan pengelolaan limbah plastik yang efektif, untuk mengurangi dampak mikroplastik terhadap lingkungan.

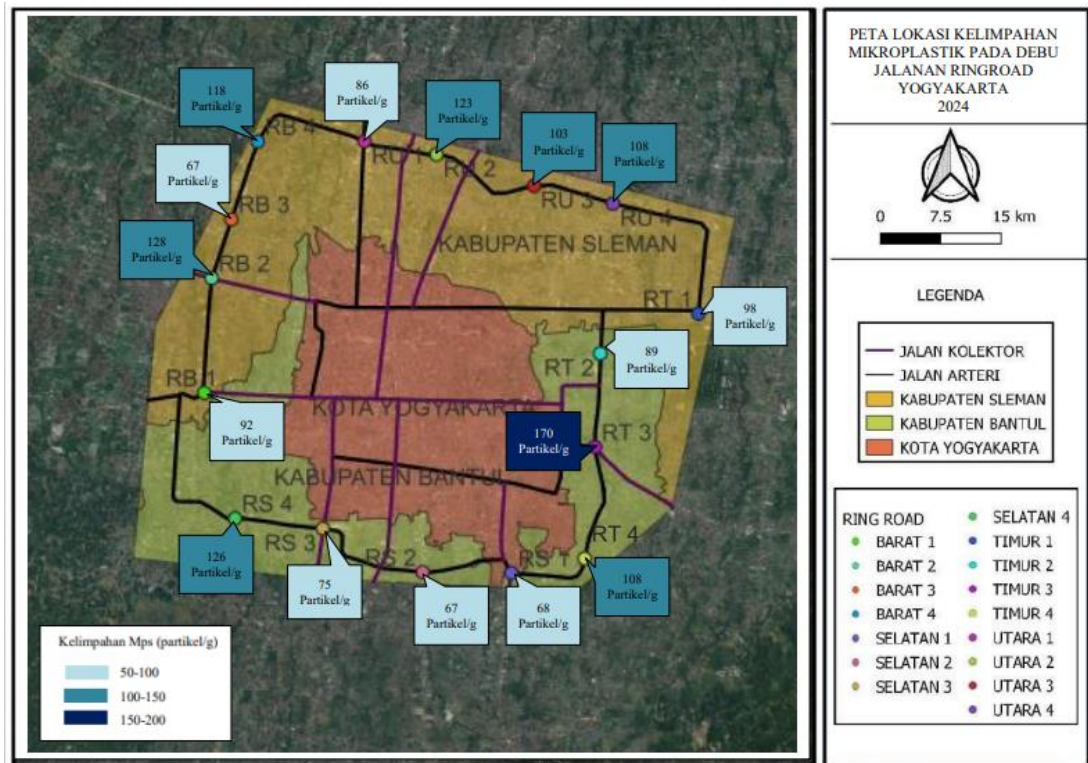
4.4.3.2 Perbandingan Kelimpahan dan Karakteristik Warna Mikroplastik

Berdasarkan hasil identifikasi mikroplastik dari 16 titik sampling di kawasan Ringroad Yogyakarta menunjukkan bahwa mikroplastik yang teridentifikasi terdiri dari 11 variasi warna dengan persentase yang berbeda-beda (Gambar 4.11) dan (Gambar 4.12). Warna hitam mendominasi, dengan 1.161 partikel yang mencapai 71,44% dari total sampel. Dominasi warna hitam ini dapat berasal dari sumber seperti karet ban, bitumen yang digunakan pada permukaan jalan, serta bahan seperti kulit kabel dan sol sandal atau sepatu, sebagaimana diungkapkan oleh Pedersen dkk. (2020). Warna hitam pada mikroplastik ini juga mengindikasikan kemampuan partikel-partikel ini untuk menyerap polutan dalam jumlah tinggi, yang sesuai dengan temuan Hiwari dkk. (2019) bahwa mikroplastik hitam mampu menyerap kontaminan dengan lebih efektif dibandingkan warna lainnya.

Warna coklat, yang menjadi warna kedua paling dominan dengan 183 partikel atau 11,24%, menunjukkan bahwa mikroplastik ini mungkin mengandung polimer seperti *Polystyren* (PS) dan *Polypropylene* (PP), sesuai dengan hasil penelitian Ridlo dkk. (2020). Keberadaan warna coklat ini mengindikasikan kemungkinan adanya sisa-sisa produk plastik yang tidak hanya beragam dari segi sumber tetapi juga dari segi jenis polimernya. Selanjutnya, mikroplastik transparan, yang mencakup 101 partikel atau 6,21% dari total sampel, diidentifikasi sebagai salah satu yang paling umum dalam kehidupan sehari-hari, seperti dalam produk kemasan plastik. Warna biru, merah, dan kuning masing-masing terdeteksi dengan persentase 4,62%, 2,01%, dan 2,62%. Meskipun proporsinya lebih kecil dibandingkan warna hitam dan coklat, keberadaan warna-warna ini mengindikasikan sumber-sumber spesifik lain seperti tekstil atau produk rumah tangga yang mungkin telah mengalami pelapukan atau terpapar sinar matahari dalam waktu yang lama.

Penggunaan warna sebagai parameter dalam identifikasi mikroplastik tidak hanya berguna untuk mengidentifikasi potensi sumber pencemaran mikroplastik, tetapi juga untuk memahami tingkat pelapukan dan proses oksidasi yang dialami partikel tersebut selama terpapar di lingkungan. Hartmann dkk. (2019) menunjukkan bahwa warna dapat membantu dalam mengidentifikasi potensi kontaminasi selama penyiapan sampel. Penambahan larutan H_2O_2 dalam metode uji ini, seperti yang dijelaskan oleh Allen dkk. (2019), berfungsi untuk meningkatkan kontras visual, sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi mikroplastik yang lebih kecil dan tidak berwarna jelas.

Perbedaan jumlah kelimpahan mikroplastik ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk sumber pencemaran lingkungan, kondisi lingkungan saat pengambilan sampel, serta kepadatan lalu lintas di setiap lokasi (Kang dkk., 2022). Peta yang menyajikan perbedaan jumlah kelimpahan mikroplastik pada sampel debu jalanan berdasarkan titik lokasi pengambilan sampel ditampilkan pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Peta Lokasi Kelimpahan Mikroplastik pada Debu Jalanan Ringroad Yogyakarta

4.4.3.3 Perbandingan Kelimpahan Berdasarkan Tata Letak Jalan

Analisis terhadap data kelimpahan mikroplastik pada sampel debu jalanan berdasarkan titik lokasi pengambilan menunjukkan adanya variasi signifikan terkait tata letak jalan, khususnya pada persimpangan dan pertigaan. Secara umum, lokasi dengan tata letak persimpangan cenderung memiliki kelimpahan mikroplastik yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi di pertigaan. Sebagai contoh, lokasi RT 3 yang berada di persimpangan mencatat kelimpahan tertinggi sebesar 170 partikel, sementara lokasi RS 2 yang juga berada di persimpangan memiliki kelimpahan yang jauh lebih rendah, yakni 67 partikel. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lain selain tata letak jalan, seperti intensitas lalu lintas dan aktivitas manusia, dapat memengaruhi distribusi mikroplastik di masing-masing lokasi.

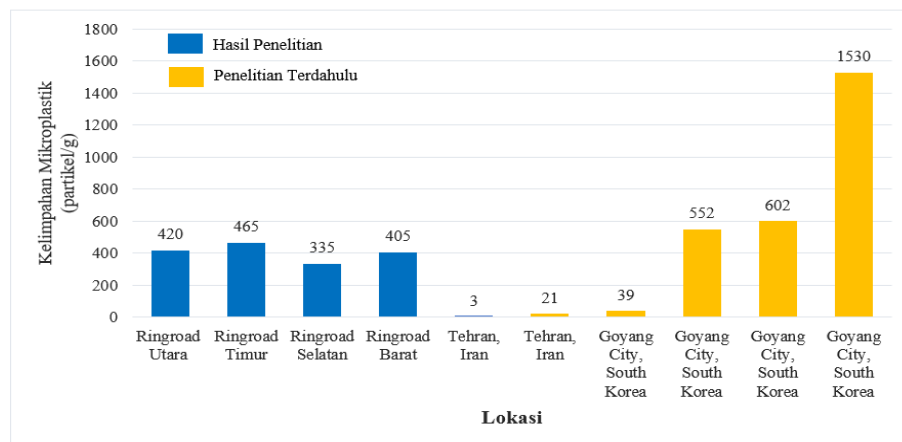
Lokasi-lokasi di sepanjang jalur yang lebih ramai dan pada persimpangan, seperti RB 2 dan RU 2, yang mencatat kelimpahan masing-masing sebesar 128 dan

123 partikel, cenderung mengalami abrasi material jalan yang lebih intens akibat gesekan ban kendaraan, serta akumulasi debu dari berbagai arah, yang memperkaya kelimpahan mikroplastik. Sebaliknya, lokasi seperti RS 3 dan RS 2 yang juga berada di persimpangan menunjukkan kelimpahan mikroplastik yang lebih rendah, yaitu masing-masing sebesar 75 dan 67 partikel. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh intensitas lalu lintas yang lebih rendah di area tersebut atau karena karakteristik permukaan jalan yang berbeda.

Sementara itu, beberapa pertigaan seperti pada lokasi RU 4 dan RT 4 memiliki kelimpahan yang relatif tinggi, yaitu sebesar 108 partikel di kedua lokasi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pertigaan umumnya memiliki kelimpahan yang lebih rendah dibandingkan persimpangan, faktor-faktor seperti paparan langsung terhadap angin atau tingkat polusi dari kendaraan bermotor juga turut berkontribusi terhadap distribusi mikroplastik. Secara keseluruhan, data ini mengindikasikan bahwa selain tata letak jalan, terdapat banyak faktor lain yang memengaruhi kelimpahan mikroplastik, termasuk intensitas lalu lintas, kondisi permukaan jalan, dan pola aktivitas di sekitar lokasi sampling. Kombinasi dari semua faktor ini menciptakan distribusi mikroplastik yang bervariasi di sepanjang jalan di area Ringroad Yogyakarta.

4.4.3.4 Perbandingan Kelimpahan Berdasarkan Penelitian Terdahulu

Perbedaan kelimpahan mikroplastik yang teridentifikasi dalam penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu ditunjukkan melalui grafik yang menyajikan perbandingan kelimpahan mikroplastik pada debu jalanan (Gambar 4.32), yang menampilkan perbandingan kelimpahan mikroplastik dalam partikel per gram (partikel/g) pada sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta dengan hasil penelitian di Goyang, Korea Selatan (Kang dkk., 2022) dan di Tehran, Iran (Dehghani dan Akhbarizadeh, 2017). Berdasarkan data hasil penelitian terdahulu (Tabel 4.7), dapat memberikan wawasan tentang variasi kelimpahan mikroplastik di berbagai lokasi serta menyoroti pengaruh faktor lingkungan dan aktivitas manusia terhadap pencemaran mikroplastik di masing-masing daerah.



Gambar 4.31 Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik dalam partikel/g pada Hasil Penelitian dengan Penelitian di Goyang, Korea Selatan (Kang dkk. 2022), dan di Tehran, Iran (Dehghani dan Akhbarizadeh 2017)

Tabel 4.7 Penelitian Terdahulu Terkait Kelimpahan Mikroplastik

Lokasi Penelitian	Kelimpahan Mikroplastik	Karakteristik Mikroplastik	Referensi
Ringroad Yogyakarta, Indonesia	Ringroad Timur: 1463 partikel (0,86 partikel/Nm ³), Ringroad Utara: 1379 partikel (0,82 partikel/Nm ³), Ringroad Selatan: 1001 partikel (0,59 partikel/Nm ³), Ringroad Barat: 724 partikel (0,42 partikel/Nm ³)	Warna dominan: Hitam Jenis: beragam	Maharani, H. A. (2023)
Kusatsu (Jepang), Da Nang (Vietnam), Kathmandu (Nepal)	Kusatsu: 2,0±1,6 pieces/m ² (1331 jenis polimer), Da Nang: 19,7±13,7 pieces/m ² (14 jenis), Kathmandu: 12,5±10,1 pieces/m ² (15 jenis)	Jenis: dominasi tipe fragmen	Yukioka, dkk. (2020)
Myanmar dan Taiwan	Myanmar: Nay Pyi Taw (2119 pcs/kg berat kering), Mandalay (414 pcs/kg), Yangon (365 pcs/kg); Taiwan: 555 pcs/kg	Jenis dominan: fragmen hitam	Mon, E. E., dkk. (2022)
Goyang City, Korea	552±39 MPs/g (periode pengeringan 0 hari), 1530±602 MPs/g (periode pengeringan 3 hari)	Warna: hitam, merah, kuning Jenis: fragmen, fiber, film	Kang, H., dkk. (2022)
Pasar Angso Duo, Jambi, Indonesia	1,67 gram total, dengan distribusi tertinggi 2,78 gram di sekitar Pasar Angso Duo	Jenis: fragmen, fiber, film	Lestari, S. I., dkk. (2023)
Tehran, Iran	88-605 mikroplastik per 30 g debu kering	Warna: granula hitam Ukuran: 250-500 µm	Dehghani dan Akhbariza deh (2017)
Hamburg, Jerman	136,5 hingga 512,0 partikel/m ² /hari, rata-rata 275 partikel/m ² /hari	Jenis : Fragmen dan Fiber	Klein dan Fischer (2019)

Perbedaan nilai kelimpahan mikroplastik yang dilaporkan dalam berbagai penelitian sebelumnya dapat dijelaskan melalui karakteristik lokasi penelitian yang berbeda-beda, yang mencakup faktor-faktor seperti tingkat urbanisasi, aktivitas manusia, kondisi lingkungan, serta metode sampling dan analisis yang digunakan. Lokasi-lokasi dengan tingkat urbanisasi tinggi, seperti penelitian yang dilakukan dan Klein dan Fischer (2019) di Hamburg, Jerman, memiliki kelimpahan mikroplastik yang lebih tinggi. Ini disebabkan oleh intensitas aktivitas manusia yang lebih besar, seperti lalu lintas kendaraan, industri, dan konsumsi plastik sehari-hari yang berkontribusi terhadap pencemaran mikroplastik. Sebaliknya, lokasi yang lebih terpencil dengan tingkat kepadatan penduduk rendah, berdasarkan penelitian yang dilakukan Mon, dkk. (2022) di Myanmar dan Taiwan, Yukioka, dkk. (2020) di Kusatsu (Japan), Da Nang (Vietnam) dan Kathmand (Nepal) cenderung memiliki kelimpahan mikroplastik yang lebih rendah.

Kondisi lingkungan seperti iklim, cuaca, dan geografi juga mempengaruhi distribusi dan kelimpahan mikroplastik. Misalnya, area dengan curah hujan tinggi atau yang berada di dekat pantai mungkin menunjukkan perbedaan dalam kelimpahan mikroplastik dibandingkan dengan daerah yang kering atau jauh dari sumber air ini. Ini juga terlihat dalam penelitian Kang, H., dkk. (2022) di Gayang City, Korea, yang menunjukkan variasi kelimpahan mikroplastik berdasarkan periode pengeringan, yang dipengaruhi oleh faktor iklim.

Kelimpahan mikroplastik pada debu jalanan selama musim hujan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah peningkatan volume aliran air yang terjadi akibat curah hujan yang tinggi. Selama musim hujan, curah hujan yang tinggi menyebabkan peningkatan aliran air di sungai, saluran drainase, dan pemukiman sekitar. Aliran air yang meningkat ini dapat menyebabkan terjadinya banjir. Kondisi banjir yang sering terjadi pada musim hujan dapat menyebabkan mikroplastik yang berasal dari berbagai sumber akan terakumulasi dan terkonsentrasi di jalanan. Selama banjir, mikroplastik yang terperangkap dalam tanah, saluran drainase, atau pemukiman dapat terbawa ke jalan dan meningkatkan kelimpahan mikroplastik di area tersebut.

Sumber spesifik pencemaran mikroplastik di setiap lokasi juga berkontribusi terhadap perbedaan dalam kelimpahan yang dilaporkan. Berdasarkan penelitian Maharani, H. A. (2023) di Ringroad Yogyakarta, dominasi mikroplastik hitam menunjukkan pengaruh besar dari sektor transportasi, terutama karet ban dan bitumen jalan. Secara keseluruhan, variasi dalam kelimpahan mikroplastik yang dilaporkan di berbagai penelitian menekankan pentingnya mempertimbangkan konteks lokal dan karakteristik lingkungan saat menilai dan membandingkan hasil studi mikroplastik. Hal ini juga menunjukkan bahwa solusi untuk masalah mikroplastik harus disesuaikan dengan kondisi spesifik dari setiap lokasi.

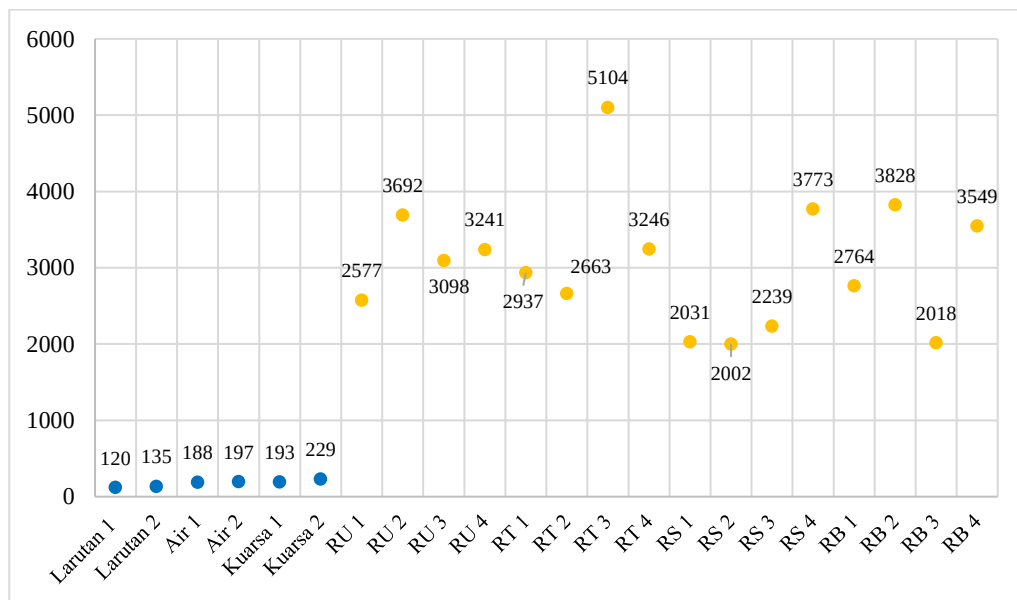
4.4.4 Blanko Uji Laboratorium

Kelimpahan mikroplastik yang terdeteksi selama pengujian di laboratorium juga dapat dipengaruhi oleh kemungkinan adanya kontaminasi dari ruangan, alat, dan bahan yang digunakan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan kontrol ketat terhadap lingkungan pengujian untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh merefleksikan kondisi sampel yang sebenarnya, bukan dipengaruhi oleh faktor eksternal. Salah satu langkah pencegahan kontaminasi adalah penggunaan blanko uji yang berfungsi untuk mendeteksi adanya kontaminasi selama pengerjaan sampel di laboratorium. Blanko ini memungkinkan peneliti untuk mengetahui apakah ada mikroplastik yang masuk ke dalam sampel dari lingkungan laboratorium, bahan kimia, atau alat yang digunakan.

Selama analisis sampel di laboratorium, untuk mengurangi risiko kontaminasi digunakan sarung tangan nitril dan pakaian katun, yang dapat meminimalisir kemungkinan transfer serat sintetis. Wadah yang digunakan dalam pengujian dicuci menggunakan air suling dan ditutup dengan aluminium foil ketika tidak digunakan, sehingga terhindar dari kontaminasi udara di laboratorium. Penggunaan blanko uji menjadi langkah penting dalam validasi hasil pengujian, karena dapat menunjukkan apakah ada kontaminasi yang terjadi selama proses analisis. Blanko yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis, yaitu blanko kosong larutan yang terdiri dari campuran NaCl dan H₂O₂, blanko kosong aquades, serta blanko *clean dust* yang menggunakan kuarsa sesuai dengan metode

yang diadaptasi dari penelitian Xue dkk., (2020). Media kuarsa disebut sebagai *clean dust* karena telah disterilkan menggunakan oven pada suhu tinggi (100°C). Proses ini bertujuan untuk menghasilkan kuarsa yang steril dari mikroplastik, karena mikroplastik dapat rusak pada suhu di atas 60°C.

Pengujian blanko dilakukan dalam dua batch dengan dua kali perlakuan untuk mengidentifikasi apakah ada perbedaan hasil yang signifikan antara batch satu dan lainnya. Ini memastikan bahwa faktor eksternal seperti kontaminasi bahan atau kesalahan teknis dalam pengerjaan sampel dapat dikontrol dengan baik. Dengan adanya pengujian blanko ini, hasil akhir yang diperoleh dari sampel mikroplastik dapat lebih akurat dan valid, karena kontaminasi yang tidak terdeteksi dapat dievaluasi dan dikecualikan dari hasil kelimpahan mikroplastik yang terukur. Grafik perbandingan hasil kelimpahan mikroplastik pada blanko dan sampel *road dust* ditunjukkan pada Gambar 4.32.



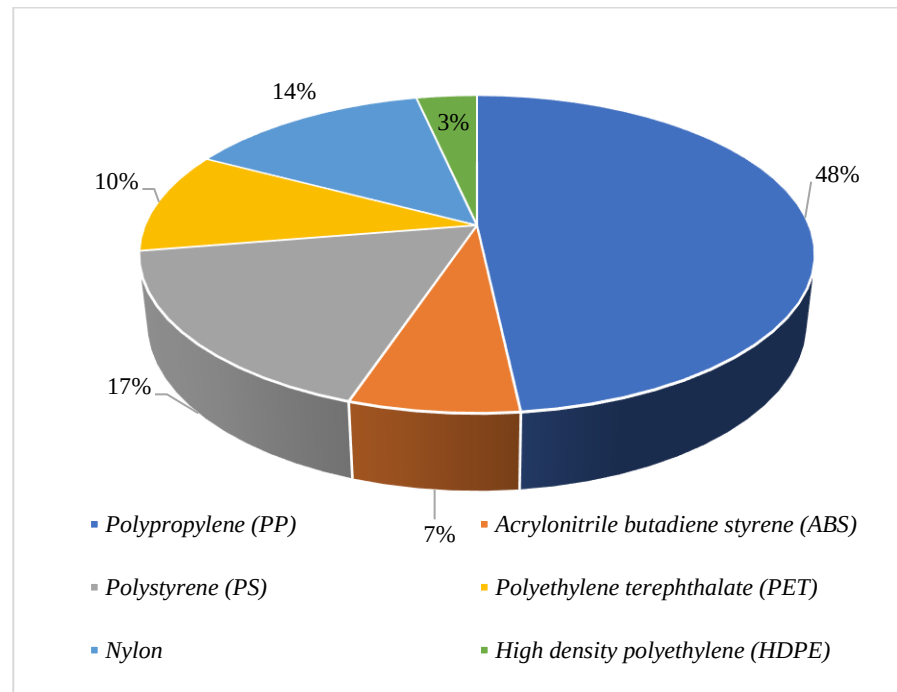
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik pada Sampel *Road Dust* dan Blanko

Berdasarkan hasil grafik perbandingan kelimpahan mikroplastik pada sampel *road dust* dan blanko, dapat terlihat bahwa blanko masih mengandung sejumlah partikel mikroplastik. Dalam blanko larutan kosong yang terdiri dari campuran NaCl dan H₂O₂, terdeteksi adanya mikroplastik dengan jumlah 120 partikel pada larutan 1 dan 135 partikel pada larutan 2. Selain itu, pada blanko kosong air yang menggunakan aquades, didapatkan kelimpahan mikroplastik sebanyak 188 partikel pada blanko air 1 dan 188 partikel pada blanko air 2. Sedangkan pada blanko *clean dust* yang menggunakan kuarsa sebagai media, terdapat 193 partikel pada kuarsa 1 dan 229 partikel pada kuarsa 2. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun sudah dilakukan upaya pencegahan kontaminasi, seperti penggunaan sarung tangan nitril, pakaian katun, dan pembersihan wadah dengan air suling, mikroplastik tetap terdeteksi dalam blanko.

4.4.5 Identifikasi Sumber Polimer Mikroplastik

Berdasarkan hasil pengujian FTIR mikroplastik yang telah dilakukan pada semua lokasi penelitian terdapat beberapa jenis polimer yang ditemukan yakni *Polypropylene* (PP), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *Polystyrene* (PS), *Polyethylene terephthalate* (PET), *Nylon* dengan *Polypropylene* (PP) mendominasi yang terdapat di keseluruhan titik lokasi sampling. Beberapa jenis polimer yang telah ditemukan pada setiap sampel penelitian yang dilakukan di Ringroad Yogyakarta berasal dari berbagai sumber yang ada di area lokasi penelitian. Gambar 4.33 menampilkan persentase jenis polimer yang teridentifikasi dalam setiap sampel, di mana *Polypropylene* (PP) mendominasi dengan persentase sebesar 48% dan ditemukan di semua titik lokasi sampling. *Polypropylene* adalah salah satu polimer plastik yang paling banyak digunakan di dunia, karena sifatnya yang ringan, tahan lama, dan murah. Polimer ini sering ditemukan dalam produk konsumen sehari-hari seperti kemasan makanan, peralatan rumah tangga, dan berbagai barang plastik lainnya. Dominasi *Polypropylene* dalam debu jalanan menunjukkan bahwa sumber utama mikroplastik ini kemungkinan besar berasal dari produk konsumen yang sering digunakan dan mengalami degradasi seiring

waktu. Ketika produk-produk ini rusak atau terpecah menjadi fragmen yang lebih kecil, maka akan berkontribusi pada akumulasi mikroplastik di lingkungan, terutama di jalanan yang merupakan tempat lalu lintas tinggi dan aktivitas manusia yang intens.



Gambar 4.33 Persentase Jenis Polimer yang Teridentifikasi dalam Sampel

Hasil identifikasi dalam penelitian ini diperkuat berdasarkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mon, dkk (2022), yang juga mengidentifikasi bahwa *Polypropylene* merupakan polimer yang dominan terdeteksi dalam debu jalanan di Myanmar. Temuan ini mengindikasikan bahwa dominasi *Polypropylene* sebagai sumber mikroplastik tidak hanya terbatas pada satu lokasi, tetapi juga terjadi di berbagai wilayah perkotaan di seluruh dunia. Hasil ini menekankan bahwa *Polypropylene* adalah salah satu sumber utama polusi mikroplastik di lingkungan perkotaan. Keberadaan polimer *Polypropylene* yang luas dalam debu jalanan menunjukkan bahwa aktivitas manusia, terutama yang berkaitan dengan penggunaan dan pembuangan produk konsumen plastik, memainkan peran besar dalam pencemaran mikroplastik. Polusi mikroplastik ini memiliki potensi dampak

negatif terhadap kesehatan lingkungan dan manusia, karena partikel-partikel mikroplastik dapat terbawa oleh angin, mencemari udara, air, dan tanah.

Selain *Polypropylene*, beberapa jenis polimer lain juga teridentifikasi dalam penelitian ini. *Polyethylene terephthalate* (PET), yang umum digunakan dalam pembuatan botol minuman dan serat tekstil, ditemukan di beberapa lokasi penelitian. Penggunaan *Polyethylene terephthalate* sebagai bahan dasar tekstil dan kemasan, menunjukkan bahwa tekstil dan botol plastik berkontribusi pada keberadaan mikroplastik di lingkungan. Penelitian oleh Peter dan Lusher (2017) juga mencatat bahwa *Polyethylene terephthalate* sering ditemukan di lingkungan perkotaan karena penggunaannya yang luas dalam produk sehari-hari. Aplikasi penggunaan polimer ini harus diwaspadai karena dapat menghasilkan zat karsinogenik dan menyebabkan iritasi jika terpapar dalam jangka panjang. Selain itu, proses pembuatan PET melibatkan bahan antimon trioksida yang berpotensi menyebabkan iritasi kulit dan saluran pernapasan jika terkontaminasi.

Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), polimer yang sering digunakan dalam industri otomotif dan elektronik, juga ditemukan dalam debu jalanan. ABS mungkin berasal dari komponen kendaraan seperti *dashboard*, casing elektronik, atau mainan anak-anak yang terbuat dari bahan ini. Keberadaan ABS menunjukkan bahwa peralatan rumah tangga yang tidak terpakai atau rusak bisa menjadi sumber kontaminasi mikroplastik di lingkungan. ABS sering diidentifikasi sebagai polimer yang terdegradasi dari komponen otomotif dan elektronik yang terpapar di lingkungan terbuka.

Polystyrene (PS), dikenal luas sebagai bahan dasar *styrofoam* yang sering digunakan dalam kemasan sekali pakai, alat makan, dan bahan insulasi, juga ditemukan di beberapa lokasi penelitian. PS kemungkinan berasal dari produk kemasan sekali pakai yang dibuang sembarangan atau fragmen *styrofoam* yang terurai di lingkungan. Penelitian oleh Moon (2022) mendukung bahwa PS sering ditemukan di daerah perkotaan dengan aktivitas komersial tinggi, di mana produk sekali pakai lebih sering digunakan. Dampak PS terhadap lingkungan sangat signifikan karena polimer ini sulit terurai secara alami dan dapat menjadi sumber kontaminasi jangka panjang di ekosistem.

Nylon, polimer sintetis yang banyak digunakan dalam pembuatan tekstil, tali, dan komponen otomotif, juga ditemukan di beberapa lokasi penelitian. Keberadaan *Nylon* menunjukkan bahwa fragmen tekstil dan komponen kendaraan mungkin berkontribusi terhadap kontaminasi mikroplastik di debu jalanan. *Nylon* sering diidentifikasi dalam sedimen dan sampel air sebagai indikator polusi dari aktivitas manusia yang berkaitan dengan tekstil dan industri. Penemuan berbagai jenis polimer ini menegaskan bahwa produk konsumen sehari-hari dan tekstil adalah sumber utama mikroplastik di debu jalanan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lingkungan perkotaan dengan aktivitas manusia yang intensif menjadi kontributor utama polusi mikroplastik. Mengingat potensi bahaya kesehatan dari paparan jangka panjang terhadap polimer ini, diperlukan upaya lebih lanjut dalam pengelolaan limbah plastik dan pengurangan penggunaan produk sekali pakai.

4.5 Rekomendasi Pengelolaan Lingkungan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ditemukan adanya kontaminasi mikroplastik di area Ringroad Yogyakarta. Temuan ini mempertegas urgensi untuk mengambil langkah-langkah pengelolaan lingkungan guna mengurangi dampak negatif mikroplastik terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Berikut ini adalah beberapa rekomendasi pengelolaan lingkungan yang dapat diimplementasikan untuk mengurangi dampak mikroplastik.

1. Peningkatan Ketersediaan dan Pengelolaan Tempat Sampah di Area Publik

Hasil dominasi *Polypropylene* (PP) menunjukkan bahwa produk konsumen sehari-hari memainkan peran besar dalam kontaminasi mikroplastik. Kurangnya fasilitas tempat sampah di kawasan Ringroad Yogyakarta menyebabkan sampah plastik berserakan yang berpotensi terdegradasi menjadi mikroplastik. Pengelolaan lingkungan dapat dilakukan dengan penyediaan tempat sampah di titik strategis. Setiap lokasi yang ramai aktivitas, seperti halte bus, pusat perbelanjaan, dan area rekreasi, harus memiliki tempat sampah yang cukup. Ini akan mencegah sampah plastik menumpuk di jalanan.

2. Pemeliharaan dan Perbaikan Infrastruktur Jalan Secara Berkala

Dominasi mikroplastik berbentuk fragmen berwarna hitam yang berasal dari karet ban dan bitumen jalan menandakan kontribusi besar dari sektor transportasi. Untuk mengurangi dampaknya dapat dilakukan pemeliharaan dan perbaikan infrastruktur jalan secara berkala untuk mencegah pelepasan mikroplastik ke lingkungan. Kerusakan seperti retakan dan lubang pada jalan dapat mempercepat pelepasan mikroplastik dari material seperti aspal dan karet ban, terutama akibat gesekan kendaraan. Jika tidak segera diperbaiki, partikel mikroplastik di udara ini dapat terdeposisi dalam debu jalanan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi kelimpahan mikroplastik pada debu jalanan di 16 titik pengambilan sampel di kawasan Ringroad Yogyakarta pada musim hujan. Kelimpahan tertinggi ditemukan di Ringroad Timur (465 partikel/g), diikuti oleh Ringroad Utara (420 partikel/g), Ringroad Barat (405 partikel/g), dan yang terendah di Ringroad Selatan (335 partikel/g).
2. Hasil Identifikasi karakteristik mikroplastik yang terdapat pada sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta pada musim hujan didominasi oleh mikroplastik jenis fragmen, yang mencakup 88% dari total mikroplastik. Jenis lainnya termasuk film (7,8%), fiber (3,4%), pelet (0,6%), dan foam (0,1%). Warna yang paling dominan adalah hitam (71,44%), yang menunjukkan bahwa sumber utama mikroplastik di kawasan ini kemungkinan besar berasal dari abrasi ban kendaraan dan aspal.
3. Hasil identifikasi jenis polimer mikroplastik menggunakan FTIR menunjukkan bahwa terdapat enam jenis polimer utama yang terdeteksi pada sampel debu jalanan di kawasan Ringroad Yogyakarta. Jenis polimer tersebut meliputi *Polypropylene* (PP), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *Polystyrene* (PS), *Polyethylene terephthalate* (PET), *High density polyethylene* (HDPE) dan *Nylon*. Berdasarkan hasil tersebut, *Polypropylene* (PP) merupakan polimer yang paling dominan, ditemukan di seluruh titik lokasi sampling. Sumber dari polimer ini dapat berasal dari berbagai produk konsumen sehari-hari, seperti kemasan makanan, peralatan rumah tangga dan botol plastik yang terdegradasi di lingkungan.

1.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat diberikan berdasarkan kesimpulan penelitian:

1. Melakukan penelitian dengan skala yang lebih luas di berbagai lokasi, termasuk daerah dengan tingkat kepadatan penduduk yang rendah. Hal ini bertujuan untuk memperoleh data perbandingan yang lebih komprehensif dalam mengidentifikasi peran aktivitas manusia dan tingkat kepadatan lalu lintas dalam penyebaran mikroplastik.
2. Melakukan pengambilan sampel pada rentang hari yang berbeda pada setiap periode musim untuk mengidentifikasi perbedaan terkait waktu pengambilan sampel dan kondisi lingkungan. Langkah ini akan membantu memahami variasi temporal dalam kelimpahan mikroplastik.
3. Meningkatkan kerja sama antar lembaga dalam penelitian dan pengelolaan mikroplastik. Pendekatan kolaboratif ini akan mempercepat pengembangan solusi serta implementasi kebijakan yang diperlukan untuk mengurangi dampak mikroplastik terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Delshab, H., Soltani, N., & Sorooshian, A. (2017). Investigation of microrubbers, microplastics and heavy metals in street dust: a study in Bushehr city, Iran. *Environmental earth sciences*, 76, 1-19.
- Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Kelly, F. J., Dominguez, A. O., & Jaafarzadeh, N. (2019). Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran. *Environmental pollution*, 244, 153-164.
- Acharya, S., Rumi, S. S., Hu, Y., & Abidi, N. (2021). Microfibers from synthetic textiles as a major source of microplastics in the environment: A review. *Textile Research Journal*, 91(17-18), 2136-2156. <https://doi.org/10.1177/0040517521991244>
- Alam, F.C. and Rachmawati, M. (2020) 'Development of Microplastic Research in Indonesia', *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 17(3), pp. 344–352. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v17i3.344-352>.
- Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12(5), 339-344.
- Alvarez-Zeferino, J. C., Cruz-Salas, A. A., Vázquez-Morillas, A., & Ojeda-Benitez, S. (2020). Method for quantifying and characterization of microplastics in sand beaches. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(1), 151-164.
- Amelia, T. S. M., Khalik, W. M. A. W. M., Ong, M. C., Shao, Y. T., Pan, H. J., & Bhubalan, K. (2021). Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8, 1-26.

- Amin, B., Galib, M., & Setiawan, F. (2020). Preliminary investigation on the type and ditribution of microplastics in the West Coast of Karimun Besar Island. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 430, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.
- Andersson-Sköld, Y., Johannesson, M., Gustafsson, M., Järllskog, I., Lithner, D., Polukarova, M., & Strömvall, A. M. (2020). Microplastics from tyre and road wear: a literature review.
- Angnunavuri, P. N., Attiogbe, F., & Mensah, B. (2020). Consideration of emerging environmental contaminants in africa: review of occurrence, formation, fate, and toxicity of plastic particles. *Scientific African*, 9, e00546. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00546>
- Annisa, P. (2021). *Kelimpahan Dan Jenis Mikroplastik Pada Perairan Di Pantai Sukaraja Kota Bandar Lampung* (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung). <http://repository.radenintan.ac.id/id/eprint/16144>
- Ayuingtyas, W. C., Yona, D., Julinda, S. H., & Iranawati, F. (2019). Kelimpahan mikroplastik pada perairan di banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 3(1), 41-45.
- Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., & Guilhermino, L. (2020). Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of the total environment*, 717, 134625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134625>
- Blair, R. M., Waldron, S., Phoenix, V. R., & Gauchotte-Lindsay, C. (2019). Microscopy and elemental analysis characterisation of microplastics in sediment of a freshwater urban river in Scotland, UK. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 12491-12504.
- Braun, U., Jekel, M., Gerdt, G., Ivleva, N. P., & Reiber, J. (2018). Microplastics Analytics-Sampling. *Preparation and Detection Methods*.
- Cesa, F. S., Turra, A., & Baroque-Ramos, J. (2017). Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective

- with a focus on domestic washings. *Science of the total environment*, 598, 1116-1129. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.172>
- Cheung, P. K., Fok, L., Hung, P. L., & Cheung, L. T. (2018). Spatio-temporal comparison of neustonic microplastic density in Hong Kong waters under the influence of the Pearl River Estuary. *Science of the Total Environment*, 628, 731-739.
- Constant, M., Ludwig, W., Kerhervé, P., Sola, J., Charrière, B., Sanchez-Vidal, A., & Heussner, S. (2020). Microplastic fluxes in a large and a small Mediterranean river catchments: The Têt and the Rhône, Northwestern Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 716, 136984. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136984>
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2016). *Microplastic pollutants*. Elsevier Limited.
- Dehghani, S., Moore, F., & Akhbarizadeh, R. (2017). Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 20360-20371.
- Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., & Ritonga, I. R. (2015). Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*, 4(3).
- European Investment Bank. (2020). The Clean Oceans Initiative.
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine pollution bulletin*, 85(1), 156-163.
- Free dkk. (2014).
- Gaylarde, C. C., Neto, J. A. B., & da Fonseca, E. M. (2021). Paint fragmens as polluting microplastics: A brief review. *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111847. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111847>
- Hartmann, N. B., Huffer, T., Thompson, R. C., Hasselov, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., ... & Wagner, M. (2019). Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur Condition of microplastic garbage in

- sea surface water at around Kupang and Rote, East Nusa Tenggara Province. 5, 165–171. *ETMC 2023*.
- Jannah, B. R., Maharani, H. A., Rahmawati, S., Nugroho, A. R., & Abdull, N. B. (2024). Occurrence and characteristic of microplastics in suspended particulate, a case study in street of Yogyakarta. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 485, p. 06008). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448506008>
- Kang, H., Park, S., Lee, B., Kim, I., & Kim, S. (2022). Concentration of microplastics in road dust as a function of the drying period—a case study in G City, Korea. *Sustainability*, 14(5), 3006.
- Kitahara, K. I., & Nakata, H. (2020). Plastic additives as tracers of microplastic sources in Japanese road dusts. *Science of the Total Environment*, 736, 139694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139694>
- Klein, M., & Fischer, E. K. (2019). Microplastic abundance in atmospheric deposition within the Metropolitan area of Hamburg, Germany. *Science of the Total Environment*, 685, 96-103. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.405>
- Lai, K. P., Po, B. H. K., Lo, M. H. S., Wong, C. K. C., & Cheung, S. G. (2019, June). A new cause of microplastics fragmentation in Hong Kong waters. In *9th International Conference on Marine Pollution and Ecotoxicology (ICMPE-9)*.
- Laila, Q. N., Purnomo, P. W., & Jati, O. E. (2020). Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(1), 28–35. <https://doi.org/10.14710/jpl.2020.30524>
- Lestari, S. I., Ningsih, S., & Marni, L. G. (2023). An Analysis of Microplastics Contamination on Road Dust Around Jambi's Angso Duo Market. *BUMI: International Journal of Environmental Reviews*, 1(02), 42-49.
- Li, C., Busquets, R., & Campos, L. C. (2020). Assessment of microplastics in freshwater systems: A review. *Science of the Total Environment*, 707, 135578.

- Liss, P. S. (2020). Microplastics: all up in the air?. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (p.9684).https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2020EGUGA..22.9684L/doi:10.5194/egusphere-egu2020-9684
- Liu, K., Wu, T., Wang, X., Song, Z., Zong, C., Wei, N., & Li, D. (2019). Consistent transport of terrestrial microplastics to the ocean through atmosphere. *Environmental science & technology*, 53(18), 10612-10619. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03427>
- Luo, Z., Zhou, X., Su, Y., Wang, H., Yu, R., Zhou, S., ... & Xing, B. (2021). Environmental occurrence, fate, impact, and potential solution of tire microplastics: Similarities and differences with tire wear particles. *Science of the Total Environment*, 795, 148902.
- Lusher, A. L., Bråte, I. L. N., Munno, K., Hurley, R. R., & Welden, N. A. (2020). Is it or isn't it: the importance of visual classification in microplastic characterization. *Applied spectroscopy*, 74(9), 1139-1153. <https://doi.org/10.1177/0003702820930733>
- Lusher, A., Hollman, P., & Mendoza-Hill, J. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. FAO. [Microplastics in fisheries and aquaculture \(geomar.de\)](https://www.fao.org/publications/defaultcard.do?lang=en&id=13333)
- Maharani, H. A. (2023). *Identifikasi Mikroplastik di Udara Pada Polutan Total Suspended Particulate (TSP) dan Particulate Matter (Pm2, 5, Pm10) di Ringroad Kota Yogyakarta* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Masura, J., Baker, J. E., Foster, G. D., Arthur, C., & Herring, C. (2015). Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.
- Mhired Gela, S., & Aragaw, T. A. (2022). Abundance and characterization of microplastics in main urban ditches across the Bahir Dar City,

- Ethiopia. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 831417.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.831417>
- Mirad, A., & Yoswaty, D. (2020). Identification Microplastic Waste in Seawater and the Digestive Organs of Senangin Fish (*E. tetradactylum*) at Dumai City Sea Waters. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 3(3), 248-259.
<https://doi.org/10.31258/ajoa.3.3.248-259>
- Mon, E. E., Tun, T. Z., Agusa, T., Yeh, H. M., Huang, C. H., & Nakata, H. (2022). Monitoring of microplastics in road dust samples from Myanmar and Taiwan. *Environmental Monitoring and Contaminants Research*, 2, 112-119. <https://doi.org/10.5985/emcr.20220008>
- O'Brien, S., Okoffo, E. D., Rauert, C., O'Brien, J. W., Ribeiro, F., Burrows, S. D., Toapanta, T., Wang, X., & Thomas, K. V. (2021). Quantification of selected microplastics in Australian urban road dust. *Journal of Hazardous Materials*, 416(April), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125811>
- O'Brien, S., Rauert, C., Ribeiro, F., Okoffo, E. D., Burrows, S. D., O'Brien, J. W., ... & Thomas, K. V. (2023). There's something in the air: a review of sources, prevalence and behaviour of microplastics in the atmosphere. *Science of the Total Environment*, 874, 162193.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162193>
- OSPAR Commission. (2017). Assessment document of land-based inputs of microplastics in the marine environment. In *The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. Environmental Impact of Human Activities Series*. Volume ke-7.
- Pedersen, A. F., Gopalakrishnan, K., Boegehold, A. G., Peraino, N. J., Westrick, J. A., & Kashian, D. R. (2020). Microplastic ingestion by quagga mussels, *Dreissena bugensis*, and its effects on physiological processes. *Environmental Pollution*, 260, 113964.
- Prata, J. C. (2018). Airborne microplastics: consequences to human health?. *Environmental pollution*, 234, 115-126.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.043>

- Pratiwi, A. (2020). *Karakterisasi Mikroplastik Dalam Ruang* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). https://repository.its.ac.id/73291/2/03211850010001_MASTER%20THESIS.pdf
- Pungut, P., Widyastuti, S., & Wiyarno, Y. (2021). Identifikasi Mikroplastik Pada Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa* Liin) Dengan Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Scanning Electron Microscopy (SEM). *SNHRP*, 3, 109-120.
- Ridlo, A., Ario, R., Maa'ruf Al Ayyub, A., Supriyanti, E., & Sedjati, S. (2020). Mikroplastik pada Kedalaman Sedimen yang Berbeda di Pantai Ayah Kebumen Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3), 325-332.
- Rhodes, C. J. (2018). Plastic pollution and potential solutions. *Science progress*, 101(3), 207-260. <https://doi.org/10.3184/003685018X15294876706211>
- Rosal García, R. (2021). Morphological description of microplastic particles for environmental fate studies. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112716.
- Shim, W. J., Hong, S. H., & Eo, S. (2018). Marine microplastics: abundance, distribution, and composition. In *Microplastic contamination in aquatic environments* (pp. 1-26). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00001-1>
- Singh, R., Kumar, R., & Sharma, P. (2022). Microplastic in the subsurface system: Extraction and characterization from sediments of River Ganga near Patna, Bihar. In *Advances in Remediation Techniques for Polluted Soils and Groundwater* (pp. 191-217). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823830-1.00013-4>
- Sommer, F., Dietze, V., Baum, A., Sauer, J., Gilge, S., Maschowski, C., & Gieré, R. (2018). Tire abrasion as a major source of microplastics in the environment. *Aerosol and air quality research*, 18(8), 2014-2028.
- Susanti, R., Yuniastuti, A., & Fibriana, F. (2021). The Evidence of microplastic contamination in Central Javanese local ducks from intensive animal husbandry. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(5), 178.

- Syafei, A. D., Nurasrin, N. R., Assomadi, A. F., & Boedisantoso, R. (2019). Microplastic pollution in the ambient air of Surabaya, Indonesia. *Current World Environment*, 14(2), 290.
- Talley, T. S., Venuti, N., & Whelan, R. (2020). Natural history matters: Plastics in estuarine fish and sediments at the mouth of an urban watershed. *Plos one*, 15(3), e0229777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229777>
- Ummah, N., Humaidah, N., & Suryanto, D. (2023). Analisis dan Prediksi Dampak Mikroplastik pada Unggas Air (Article Review). *Dinamika Rekayasa: Jurnal Ilmiah (e-Journal)*, 6(2).
- Veerasingham, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., ... & Vethamony, P. (2021). Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(22), 2681-2743. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450>
- Verschoor, A., De Poorter, L., Dröge, R., Kuenen, J., & de Valk, E. (2016). Emission of microplastics and potential mitigation measures: Abrasive cleaning agents, paints and tyre wear.
- Vogelsang, C., Lusher, A., Dadkhah, M. E., Sundvor, I., Umar, M., Ranneklev, S. B., & Meland, S. (2019). Microplastics in road dust—characteristics, pathways and measures. *NIVA-rapport*. <https://hdl.handle.net/11250/2670146>
- Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G., & Zhang, P. (2019). Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review. *Science of the total environment*, 691, 848-857. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.209>
- Wina, A. A. (2023). *Distribusi Mikroplastik Dan Analisis Granulometri Pada Sedimen Dasar Di Pesisir Utara Aceh* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry Fakultas Sains dan Teknologi). <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/34000>

- Winqvist, E., Vahvaselkä, M., Vuola, M., & Sainio, P. (2021). Traffic microplastic—solutions to mitigate the problem: FanPLESStic-sea project report.
- Xanthos, D., & Walker, T. R. (2017). International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Marine pollution bulletin*, 118(1-2), 17-26.
- Xue, B., Zhang, L., Li, R., Wang, Y., Guo, J., Yu, K., & Wang, S. (2020). Underestimated microplastic pollution derived from fishery activities and “hidden” in deep sediment. *Environmental science & technology*, 54(4), 2210-2217.
- Yao, P., Zhou, B., Lu, Y., Yin, Y., Zong, Y., Chen, M. T., & O'Donnell, Z. (2019). A review of microplastics in sediments: Spatial and temporal occurrences, biological effects, and analytic methods. *Quaternary International*, 519, 274-281. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.03.028>
- Yukioka, S., Tanaka, S., Nabetani, Y., Suzuki, Y., Ushijima, T., Fujii, S., ... & Singh, S. (2020). Occurrence and characteristics of microplastics in surface road dust in Kusatsu (Japan), Da Nang (Vietnam), and Kathmandu (Nepal). *Environmental Pollution*, 256, 113447.
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 203, 103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>

LAMPIRAN

Lampiran 1 – Pengambilan Sampel di Lapangan



Gambar 1. Pengukuran Area Sampling



Gambar 2. Pengambilan Sampel



Gambar 3. Pengumpulan Sampel



Gambar 4. Sumber Potensial Mps

Lampiran 2 – Analisis Uji Sampel di Laboratorium



Gambar 5. Penambahan Larutan H_2O_2



Gambar 6. Proses WPO



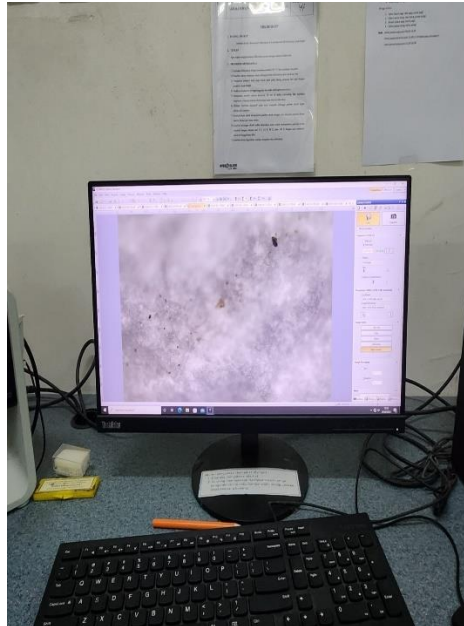
Gambar 7. Pembuatan Larutan NaCl Jenuh



Gambar 8. Penyaringan Kertas Filter



Gambar 9. Kertas Filter Kering untuk Uji Mikroskop



Gambar 10. Pengamatan Mikroskop Digital



Gambar 11. Mikroskop *Olympus*



Gambar 12. FTIR IRT racer-100

Lampiran 3 – Karakteristik *peak* FTIR untuk Jenis Mikroplastik

No	Polymer	Characteristic Peak (cm^{-1})	Assignment
1	High Density Polyethylene (HDPE)	2915	C-H stretching
		1845	C-H stretching
		1472	CH ₂ bending
		1462	CH ₂ bending
		730	CH ₂ rocking
		717	CH ₂ rocking
2	Low Density Polyethylene (LDPE)	2915	C-H stretching
		2845	C-H stretching
		1467	CH ₂ bending
		1462	CH ₂ bending
		1377	CH ₂ rocking
		730	CH ₂ rocking
3	Polyethylene Terephthalate (PET)	1713	C=O stretching
		1241	C-O stretching
		1094	C-O stretching
		720	Aromatic CH out-of-plane bending
4	Polypropylene (PP)	2950	C-H stretching
		2915	C-H stretching
		2838	C-H stretching
		1455	CH ₂ bending
		1377	CH ₂ bending
		1166	CH ₂ bending, CH ₃ rocking, C-C stretching
		997	CH ₃ rocking, CH ₃ bending, CH bending, CH ₂ rocking
		972	CH ₃ rocking, C-C stretching
		840	CH ₂ rocking, C-CH ₃ stretching
		808	CH ₂ rocking, C-C stretching, C-CH stretching
5	Polystyrene (PS)	3024	Aromatic C-H stretching
		2847	C-H stretching
		1601	Aromatic ring stretching
		1492	Aromatic ring stretching
		1451	C-H stretching
		1027	Aromatic ring stretching
		694	CH ₂ bending

No	Polymer	Characteristic Peak (cm ⁻¹)	Assignment
		537	Aromatic CH bending, Aromatic ring out-of-plane bending
6	Polycarbonate (PC)	2966	CH stretching
		1768	C=O stretching
		1503	Aromatic ring stretching
		1409	C-H stretching
		1364	Aromatic ring stretching
		1186	CH ₃ bending
		1158	C-O stretching
		1013	C-O stretching
		828	Aromatic CH in-plane bending
7	Polytetrafluoroethylene (PTFE)	1201	CF ₂ stretching
		1147	CF ₂ stretching
		638	C-C-F bending
		554	CF ₂ stretching
		509	CF ₂ stretching
8	Nylon (all polyamides)	3298	N-H stretching
		2932	CH stretching
		2858	CH stretching
		1634	C=O stretching
		1538	NH bending, C-N stretching
		1464	CH ₂ bending
		1372	CH ₂ bending
		1274	NH bending, C-N stretching
		1199	C-N stretching
		687	CH ₂ bending, NH bending, C=O bending
9	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)	2922	C-H stretching
		1602	Aromatic ring stretching
		1494	Aromatic ring stretching
		1452	CH ₂ bending
		966	¼C-H bending
		759	Aromatic CH out-of-plane bending, ¼CH bending
		698	Aromatic CH out-of-plane bending

Sumber: Veerasingam dkk. (2021)

RIWAYAT HIDUP



Farah Himmatul 'Ulya, lahir di Cilacap, 13 April 2001 merupakan anak ketiga dari enam bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Masitoh 2 Cilopadang, kemudian melanjutkan pendidikan di MI Ma'arif 01 Cilopadang, MTs El-Bayan Majenang, sebelum akhirnya menempuh pendidikan di SMA Takhassus Al-Qur'an Wonosobo. Setelah lulus SMA, penulis mengikuti seleksi

program beasiswa pada tahun 2020 dan diterima sebagai mahasiswi Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Selama masa perkuliahan, penulis juga menempuh pendidikan nonformal di Pondok Pesantren Sunan Pandanaran Komplek 6 untuk menyelesaikan hafalan Al-Qur'an.

Segala bentuk komunikasi yang ingin disampaikan kepada penulis terkait Tugas Akhir ini dapat disampaikan melalui email farahhilya42@gmail.com.