TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA DEBU JALAN RINGROAD YOGYAKARTA PADA MUSIM KEMARAU

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

SHEH AHMAD AL QAULI ZAUZI

20513165

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

2024

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA DEBU JALAN RINGROAD YOGYAKARTA PADA MUSIM KEMARAU

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

Disusun Oleh :
SHEH AHMAD AL QAULI ZAUZI
20513165

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 155131304
Tanggal : 23 Oktober 2024

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII :

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

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA DEBU JALAN RINGROAD YOGYAKARTA PADA MUSIM KEMARAU

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 23 Oktober 2024

Disusun Oleh :

SHEH AHMAD AL QAULI ZAUZI

20513165

Tim Penguji :

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. (23/10 '24)

NIK 155131304

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. (23/10 24)

NIK 155131313

Ir. Luqman Hakim, S.T., M.Si. (23/10 24)

NIK 005130101

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun diperguruan tinggi lainnya.
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 sofware komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Penyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku perguruan tinggi .

Yogyakarta, 25 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan



Sheh Ahmad Al Qauli Zauzi

20513165

PRAKATA

Assalam’ualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya, yang telah memungkinkan penulis menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "IDENTIFIKASI KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA DEBU JALAN RINGROAD YOGYAKARTA PADA MUSIM KEMARAU". Penyusunan laporan Tugas Akhir ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dan menyelesaikan perjalanan akademik penulis pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam perjalanan penulisan Tugas Akhir ini, penulis telah menghadapi berbagai rintangan dan tantangan yang melewati berbagai fase sukacita dan kesedihan. Namun, melalui bimbingan, dukungan, semangat, dan dorongan dari semua pihak, penulis berhasil melampaui setiap rintangan yang ada. Oleh karena itu, dengan tulus dan ikhlas, penulis ingin menyampaikan penghargaan yang tak terhingga kepada seluruh individu yang telah berperan dalam perjalanan ini kepada:

1. Kepada Tuhanku sang pemberi rahmatnya, Allah SWT dialah zat yang memberikan saya Kesehatan, ilmu pengetahuan, sang pemberi kelancaran dan kemudahan dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini sehingga penulis sangat-sangat di bantu olehnya untuk menyelesaikan dengan baik. Kepada Nabi besar Muhammad SAW, sang pemberi cahaya untuk umatnya.
2. Kepada dosen pembimbing tugas akhir saya Bapak Adam Rus Nugroho S.T., M.T., Ph.D. kepada Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Luqman Hakim S.T., M.Si. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk selalu memberikan bimbingan, dukungan, bantuan, serta saran kepada penulis selama masa pengerjaan tugas akhir.
3. Seluruh dosen pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan banyak sekali ilmu pengetahuan kepada penulis.
4. Kedua orang tua saya tercinta ibu Nurlaila S.Sos. dan Bapak M. Yasin S.H. yang terus memberikan dukungan yang tiada henti berjuang bekerja keras selama hidupnya untuk pendidikan anaknya agar anaknya mendapatkan hidup yang layak dan berguna dimasa

depan. Kedua saudari kandung saya Nurvia Auliyah S.pd Gr & Auliyah Nurshinta S.Si., M.Biomed. yang terus memberi semangat dan dukungan selama ini agar sama-sama bisa membanggakan kedua orang tua.

5. Kepada Laboran Teknik Lingkungan UII & Laboran FKKMK UGM yang sudah membantu penelitian ini agar berjalan dengan lancar.
6. Kepada Apt. Shinta Ayu Lestari S.Farm yang terus memberikan semangat dan membantu penulis dalam menjalankan proses tugas akhir ini.
7. Kepada Mba Baiq selaku mentor yang mengarahkan penulis dengan baik & sabar selama melakukan tugas akhir juga rekan-rekan topik tugas akhir Rivandi Mursal Rizki dan lain-lain pada topik mikroplastik juga seperbimbingan yang selalu memberi dukungan dan bantuan dari awal proses pengerjaan tugas akhir hingga selesai.
8. Terima kasih kepada teman-teman Nolep Jomok ku semua yang sudah menemani suka cita selama menjalankan kuliah di Teknik Lingkungan serta teman-temanku Teknik Lingkungan Angkatan 2020
9. Seluruh pihak yang tidak disebutkan satu persatu namun telah memberikan bantuan berharga selama penelitian dan pengumpulan data dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Terlepas dari hal tersebut, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan penelitian selanjutnya. Kritik dan saran yang membangun penulis sangat dibutuhkan agar tugas akhir ini menjadi lebih baik.

Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 25 Oktober 2024



Sheh Ahmad Al Qauli Zauzi

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

SHEH AHMAD AL QAULI ZAUZI. Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik pada Debu Jalan Ringroad Yogyakarta pada Musim Kemarau. Dibimbing oleh Adam Rusnugroho, S.T.,M.T.,Ph.D.

Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran kurang dari 5 milimeter, mikroplastik dapat terakumulasi dalam debu jalan dan dapat berkontribusi pada masalah polusi atmosfer dan kontaminasi lingkungan. Pada musim kemarau dengan kondisi kering dan kurangnya hujan, berpotensi meningkatkan konsentrasi mikroplastik dalam debu jalan. Penelitian ini melibatkan pengambilan sampel debu dari 16 titik lokasi di jalan Ringroad Yogyakarta selama musim kemarau dan analisis komposisi mikroplastik menggunakan spektroskopi Fourier-transform infrared (FTIR) dan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan kelimpahan mikroplastik debu jalan dengan yang tertinggi berada pada Perempatan Terminal Giwangan dan yang terendah berada di jembatan tirtonirmolo. Terdapat lima jenis mikroplastik, yaitu Fragmen (77%), Pellet (11%), Film (6%), Foam (1%) dan Fiber (5%). Warna yang ditemukan adalah warna hitam, kuning, merah, transparan, biru, hijau. Sedangkan ukuran yang ditemukan adalah 1-5000 µm. Pada analisis FTIR mengidentifikasi jenis polimer Mikroplastik yaitu yaitu Polypropilene (PP), Polycarbonate (PC), Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), Polystyrene (PS), polyethylene (HDPE), Polyvinyl chloride (PVC), Polyethylene terephthalate (PET). Hasil menunjukkan bahwa selama musim kemarau, konsentrasi mikroplastik dalam debu jalan meningkat secara signifikan dibandingkan dengan musim hujan. Partikel mikroplastik ini terutama berasal dari abrasi ban kendaraan, pecahan plastik dari sampah, dan aktivitas industri.

Kata kunci : Mikroplastik, debu jalan, musim kemarau, Ringroad

ABSTRACT

SHEH AHMAD AL QAULI ZAUZI. *Identification of Microplastic Abundance in Yogyakarta Ringroad Dust during the Dry Season. Supervised by* Adam Rusnugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Microplastics are plastic particles less than 5 millimeters in size, microplastics can accumulate in road dust and can contribute to atmospheric pollution and environmental contamination problems. In the dry season with dry conditions and lack of rain, it has the potential to increase the concentration of microplastics in road dust. This study involved collecting dust samples from 16 locations on Yogyakarta Ringroad during the dry season and analyzing the composition of microplastics using Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy and optical microscopy. The results showed the abundance of road dust microplastics with the highest at Giwangan Terminal Intersection and the lowest at Tirtonirmolo Bridge. There are five types of microplastics, namely Fragments (77%), Pellets (11%), Film (6%), Foam (1%) and Fiber (5%). The colors found are black, yellow, red, transparent, blue, green. While the size found is 1-5000 µm. FTIR analysis identified the types of microplastic polymers, namely Polypropilene (PP), Polycarbonate (PC), Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), Polystyrene (PS), polyethylene (HDPE), Polyvinyl chloride (PVC), Polyethylene terephthalate (PET), Results show that during the dry season, the concentration of microplastics in road dust increases significantly compared to the wet season. These microplastic particles mainly come from abrasion of vehicle tires, plastic fragments from garbage, and industrial activities.

Keywords: Microplastics, road dust, dry season, Ringroad

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... **Error! Bookmark not defined.**
LEMBAR PERNYATAAN ii
PRAKATA v
ABSTRAK viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI xi
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Mikroplastik 4
2.2 Mikroplastik pada Debu Jalan (*Road dust*) 5
2.3 Pengaruh musim kemarau terhadap meningkatnya mikroplastik pada debu jalan 9
2.4 Kepadatan Lalu lintas di Yogyakarta 9
2.5 Spektrofotometri FT-IR 10
2.6 Penelitian Terdahulu 11
BAB III METODE PENELITIAN 16
3.1 Waktu dan Lokasi 16
3.2 Tahap Penelitian 19
3.3 Alat dan Bahan 20
3.4 Jenis dan Variabel Penelitian 21
3.5 Pengambilan Sample 22
3.6 Analisis Pengujian Laboratorium 23
3.7 Tahap Preparasi Sampel 24
3.8 Analisis Sampel 28
3.9 Analisis Data 29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 31
4.1 Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik 31
4.1.1 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis dan Jumlah 31
4.1.2 Indentifikasi Mikroplastik Berdasarkan Kelimpahan 39
4.2 Identifikasi Mikroplastik berdasarkan warna 42
4.3 Identifikasi Mikroplastik berdasarkan Ukuran 43
4.4 Jenis Polimer Plastik Berdasarkan FTIR 45

4.5 Pembahasan Mikroplastik pada Debu Jalan.....47
4.5.1 Blangko kontrol.....47
4.5.2 Karakteristik Mikroplastik yang Dominan 49
4.5.3 Sumber Mikroplastik 53
4.6 Rekomendasi Pengelolaan Lingkungan.....58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 60
5.1 Kesimpulan 60
5.2 Saran.....60
DAFTAR PUSTAKA 61
LAMPIRAN.....63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik mikroplastik pada debu jalan 8
Tabel 2. 2 Jumlah Kunjungan wisatawan 10
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu 11
Tabel 3. 1 Lokasi dan Koordinat sampling 17
Tabel 3. 2 Alat & Bahan 20
Tabel 4. 1 Jumlah Fragment 32
Tabel 4. 2 Jumlah Film 33
Tabel 4. 3 Jumlah Foam 34
Tabel 4. 4 Jumlah Pellet 35
Tabel 4. 5 Jumlah Fiber 36
Tabel 4. 6 Jumlah Mikroplastik setiap titik 37
Tabel 4. 7 Kelimpahan Mikroplastik setiap titik 40
Tabel 4. 8 Mikroplastik berdasarkan Warna 42
Tabel 4. 9 Mikroplastik berdasarkan Ukuran 43
Tabel 4. 10 Hasil pengamatan FTIR 45
Tabel 4. 11 Sampah disekitar tempat sampling 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk Mikroplastik: 1. Pellets 2. Fragments, 3, Fibre, 4. Film, 5. Filaments, 6. Foam 4
Gambar 2. 2 Proses Mikroplastik terjadi pada debu jalan 5
Gambar 2. 3 mikroplastik dijalan dan persimpangan 6
Gambar 2. 4 Jalur potensi Mikroplastik di debu jalan 7
Gambar 3. 1 Lokasi Sampling 16
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian 19
Gambar 3. 3 pengambilan sampel.....22
Gambar 3. 4 pengayakan pada sampel.....25
Gambar 3. 5 Proses WPO 25
Gambar 3. 6 Proses *Density Separation* 26
Gambar 3. 7 Proses Sentrifugasi.....27
Gambar 3. 8 Penyaringan Sampel Menggunakan pompa *vacum* 27
Gambar 3. 9 Analisis Mikroplastik.....28
Gambar 3. 10 Analisis menggunakan FTIR 29
Gambar 4. 1(1. Fragment), (2.Pellet), (3.Foam), (4. Fiber), (5.Film).....31
Gambar 4. 2 Diagram Jumlah Fragment Setiap Titik.....32
Gambar 4. 3 Diagram Jumlah Film Setiap Titik.....33
Gambar 4. 4 Diagram Jumlah Foam Setiap Titik 34
Gambar 4. 5 Diagram Jumlah Pellet Setiap Titik 35
Gambar 4. 6 Jumlah Fiber setiap titik.....36
Gambar 4. 7 Jumlah total mikroplastik.....37
Gambar 4. 8 Peresentase Jumlah Mikroplastik berdasarkan jenis.....38
Gambar 4. 9 Persentase Fragmen di setiap Ringroad 38
Gambar 4. 10 Persentase Film di setiap Ringroad.....38
Gambar 4. 11 Persentase Pellet di setiap Ringroad 39
Gambar 4. 12 Diagram Kelimpahan Mikroplastik 40
Gambar 4. 13 Jumlah mikroplastik berdasarkan warna.....42
Gambar 4. 14 Jumlah mikroplastik pada Blangko kontrol 48
Gambar 4. 15 Perbandingan jumlah mikroplastik pada sampel dan blangko.....48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Titik Sampling 63
Lampiran 2 Dokumentasi pengambilan sampel.....63
Lampiran 3 Dokumentasi di Laboratorium.....66
Lampiran 4 Hasil pembacaan polimer mikroplastik (FT-IR) 68

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi, jumlah kendaraan di Kota Yogyakarta meningkat pesat. Salah satu jalan utama yang menghubungkan berbagai wilayah di Yogyakarta adalah Jalan Ringroad, Jalan Ringroad Yogyakarta mengalami peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Peningkatan ini meningkatkan kepadatan lalu lintas dan memiliki efek lingkungan yang signifikan, salah satunya adalah peningkatan konsentrasi mikroplastik dalam debu jalan. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2023, jumlah kendaraan pada tahun 2022 mencapai 3.274.030. Jalan Ringroad Yogyakarta mengalami perluasan lebar jalan eksisting dari 7 meter menjadi 14 meter, dengan perkiraan panjangjalan total 72,2 kilometer.

Istilah "mikroplastik" digunakan untuk menyebut sampah plastik berukuran kurang dari 5 mm (Hartmann dkk., 2019). Mikroplastik yang bertindak sebagai pembawa bahan kimia dan polutan, terdapat pada udara,tanah, dan air, sehingga menjadi ancaman bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Karlsson dkk., 2017). Sumber mikroplastik dibagi menjadi polusi titik (contohnya, Limbah dari pabrik dan pabrik pengolahan limbah) dan polusi non-titik terdapat pada (Misalnya, Limpasan dari tempat parkir, jalan, pertanian, dll). 37,3 % mikropastik dihasikan oleh sumber polusi titik, sedangkan 62,7% berasal dari polusi non-titik (Cverenkárová dkk., 2021). Sumber polusi titik biasanya merupakan sumber emisi yang dapat dikendalikan. Akan tetapi sumber polusi ini mengalir ke lingkungan akuatik dan berasal dari berbagai sumber seperti angin,air hujan, limpasan jalan, pembuangan salju, dan sampah yang tidak terkelola dengan baik (Su dkk., 2020).

Debu jalan merupakan sumber polutan non-titik utama mikroplastik, terutama berasal dari ban, aspal, dan cat marka jalan. Karet pada tapak ban, penambahan polimer untuk memperkuat aspal yang digunakan pada perkerasan jalan, dan elastomer termoplastik pada cat marka jalan diyakini menjadi penyumbang utama partikel mikroplastik pada debu jalan. Debu jalan yang merupakan salah satu sumber emisi mikroplastik utama yang masuk ke lingkungan, telah diakui oleh banyak peneliti (Abbasi dkk., 2017). Penelitian-penelitian sebelumnya, status kontaminasi berdasarkan kuantifikasi partikel (partikel per berat atau luas). Dari mikroplastik yang terakumulasi di permukaan jalan, 90-95% diperkirakan mengalir ke tanah, sungai, dan lautan melalui limpasan air hujan (Hidalgo-Ruz dkk., 2012). Setelah mikroplastik mengalir ke

lingkungan perairan, penanganannya menjadi sulit karena 90% dari mikroplastik tersebut terakumulasi dalam sedimen (Booth dkk., n.d.). Mikroplastik dalam debu jalan harus ditangani sebelum tersapu oleh air hujan. Oleh karena itu diperlukan analisis untuk mengetahui kelimpahan mikroplastik pada debu jalan pada musim kemarau dan mengetahui keberadaanya pada area jalan Ringroad Yogyakarta sehingga dapat memberikan informasi yang penting bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan untuk mengurangi polusi mikroplastik, serta meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai dampak polusi plastik, Juga diharapkan dapat berkontribusi pada upaya menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan Kota Yogyakarta bagi generasi mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

1) Berapa banyak kelimpahan mikroplastik yang terdapat pada debu (*Road dust*) pada jalan Ringroad Yogyakarta pada musim kemarau ?
2) Bagaimana Jenis polimer plastik pada debu jalan Ringroad Yogyakarta ?
3) Bagaimana karakteristik (warna, bentuk, ukuran), mikroplastik pada debu jalan di Jalan Ringroad Yogyakarta ?

1.3 Tujuan Penelitian

1) Menghitung dan menganalisis kelimpahan mikroplastik pada debu jalan *(Road dust)* pada musim kemarau.
2) Mengetahui jenis polimer plastik pada debu jalan.
3) Mengetahui karakteristik (jenis, warna, dan ukuran) mikroplastik pada debu jalan di Jalan Ringroad Yogyakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

1) Meningkatkan pemahaman dan ilmu baru tentang kelimpahan dan karateristik mikroplastik pada debu jalan di Ringroad Yogyakarta.
2) Adanya kesadaran masyarakat akan banyaknya mikroplastik pada debu jalan di sekitar kita.
3) Menjadi referensi bagi mahasiswa untuk pengembangan analisis Mikroplastik pada debu jalan selanjutnya.

1.5 Ruang Lingkup

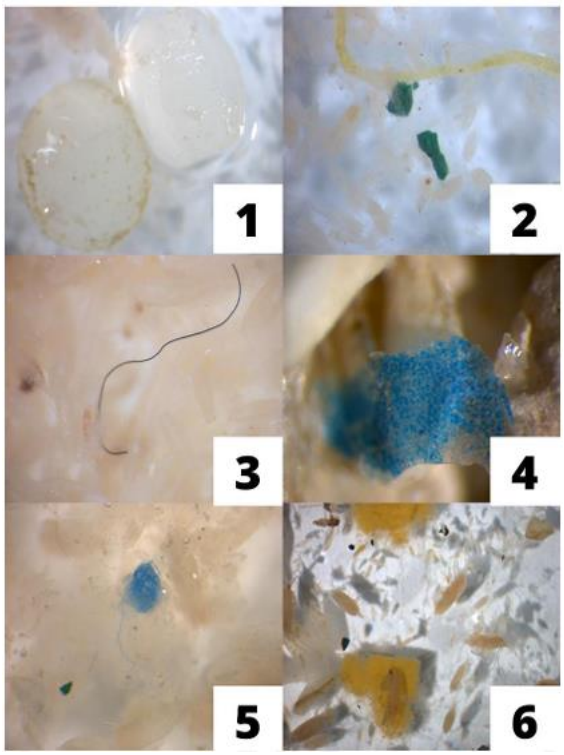
1) Penelitian dilakukan di area Ringroad Yogyakarta yang terdiri dari Ringroad Utara, Ringroad Selatan, Ringroad Barat dan Ringroad Timur, dengan total 16 titik.
2) Penelitian dilakukan pada daerah dengan kepadatan lalu lintas tinggi (Persimpangan lampu merah) dan area tidak padat (jalan masuk pemukiman)
3) Penelitian dilakukan hanya di musim kemarau
4) Metode yang dilakukan pada saat sampling dengan ukuran pengambilan sampel $1m^2$ pada 1 sisi pinggir (terluar) jalan Ringroad
5) Sampel yang diambil adalah polutan debu jalan pada saat musim kemarau dan dibawa untuk diteliti jumlah kandungan mikroplastik menggunakan mikroskop dilaboratorium.
6) Penelitian ini berfokus pada perhitungan jumlah partikel mikroplastik pada debu jalan serta karakteristik mikroplastik di area Ringroad Yogyakarta.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Mikroplastik adalah bagian terkecil dari plastik yang telah mengalami degradasi. Istilah mikroplastik digunakan untuk menyebut sampah plastik berukuran kurang dari 5 mm yang diproduksi secara sengaja atau dihasilkan dari penguraian sampah plastik (Hartmann dkk., 2019). Namun, batas bawah ukuran partikel yang diketahui oleh peneliti sangat bervariasi, bahkan ada yang berkisar hingga 10 μm. Menurut para penulis, partikel terkecil paling sering diabaikan karena keterbatasan pengamatan teknis, yang menyebabkan potensi bias buatan pada keberadaan kelas ukuran kecil (Kooi & Koelmans, 2019).

Karakteristik morfologi dari mikroplastik secara umum dapat digolongkan menjadi warna, jenis dan ukuran. Klasifikasi mikroplastik berdasarkan tipe atau bentuknya terdiri dari *fragment*, *fiber* (serat), *film*, foam (busa), *filaments*, dan pellet (butiran).



Gambar 2.1 Bentuk Mikroplastik: 1. Pelet 2. Fragmen, 3, Fiber, 4. Film, 5. Filamen, 6. Foam

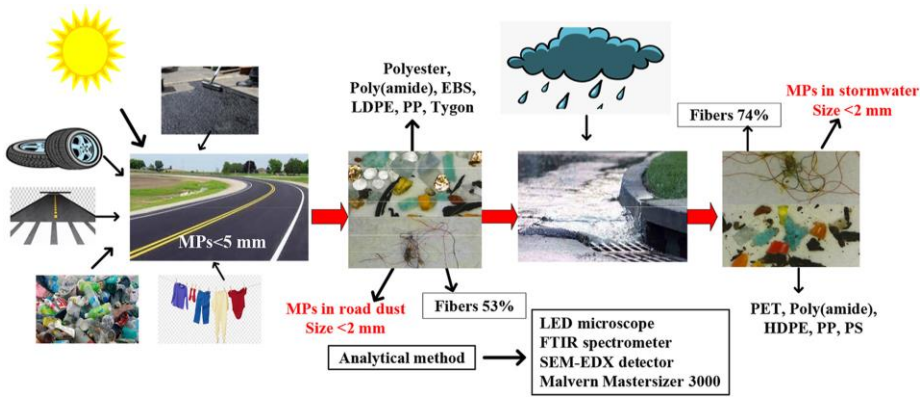
Sumber: Frias dkk. (2018)

Mikroplastik yang bertindak sebagai pembawa bahan kimia dan polutan, terdeteksi di udara, tanah, dan air, sehingga menjadi ancaman bagi lingkungan dan kesehatan lingkungan (Karlsson dkk., 2017). Dampak lingkungan akibat akumulasi mikroplastik terus meningkat

secara signifikan, karena produksi dan pembuangan plastik terjadi lebih cepat dibandingkan penguraiannya. Saat ini, belum ada cara untuk menghilangkan atau memulihkan mikroplastik lingkungan, seperti yang ditemukan dari tanah atau air (Canopoli dkk., 2020). Dampak kesehatan akibat dari bioakumulasi dan biomagnefikasi mikroplastik dan kontaminan kimia dalam tubuh manusia berupa iritasi kulit, masalah pernapasan, masalah pencernaan, masalah reproduksi, bahkan kanker (Carbery dkk., 2018).

2.2 Mikroplastik pada Debu Jalan (*Road dust*)

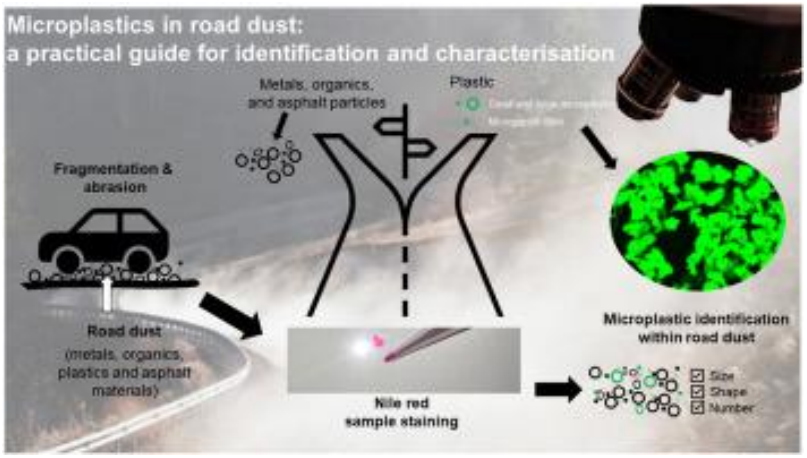
Debu jalan adalah partikel-partikel halus yang berasal dari tanah, material kendaraan, sisa konstruksi, atau sampah yang menumpuk di permukaan jalan dan mudah terbawa angin, terutama di wilayah dengan lalu lintas padat dan kondisi kering. Debu jalan adalah sumber utama mikroplastik yang ditemukan di atmosfer, asal mula debu jalan mengandung mikroplastik dapat dikaitkan dengan emisi mobil, permukaan jalan, erosi ban, tapak ban, dan cat jalan. Keberadaan mikroplastik dalam debu jalan tersebar luas dan memiliki dampak yang besar terhadap ekosistem (O'Brien dkk., 2021).



Gambar 2.2 Proses Mikroplastik terjadi pada debu jalan

Sumber: Sirajum dkk. (2022)

Salah satu bentuk debu jalan terdiri dari campuran partikel heterogen yang dihasilkan oleh terlepasnya bahan- bahan organik dan anorganik termasuk batuan, tanah, dan logam, atau dihasilkan dari proses antropogenik seperti kendaraan lalu lintas dan konstruksi (Abbasi dkk., 2018). Diketahui bahwa debu di jalan berasal dari emisi kendaraan, yang menyebabkan keausan ban dan rem (Grigoratos & Martini, 2014). partikel jalan yang diperkuat plastik, dan partikel cat marka jalan yang semuanya telah ditemukan menjadi sumber mikroplastik yang sangat banyak di daerah metropolitan (Dehghani dkk., 2017).



Gambar 2.3 Mikroplastik dijalan dan persimpangan

Sumber: Rebecca dkk. (2023)

Selain itu, makroplastik umum yang berserakan di sepanjang jalan dapat menjadi sumber sekunder yang penting bagi mikroplastik dalam debu jalan. Di pusat perkotaan, debu jalan juga mengandung plastik yang berasal dari berbagai sumber lain, di antaranya bahan konstruksi dan bangunan (misalnya lukisan, foil, busa, komposit semen, dll.), endapan udara, dan rumput sintetis (butiran karet dan serat rumput buatan). Menurut (Khan & Strand, 2018), debu jalan juga dapat dilepaskan melalui lalu lintas kendaraan. Peningkatan partikulat debu jalan juga berhubungan dengan lingkungan, angin, dan curah hujan, yang dapat mengakibatkan penyebaran partikel (Pramanik dkk., 2020).

Jenis-jenis sumber mikroplastik pada debu jalan adalah:

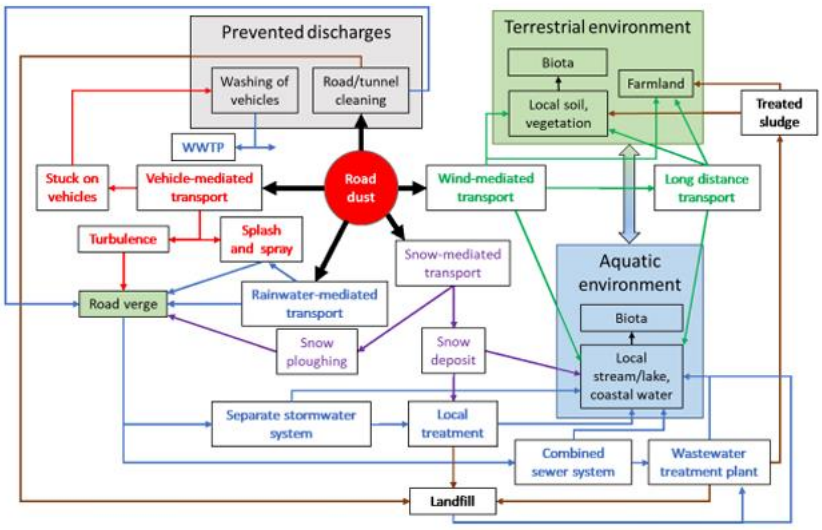
1. Tapak ban

   Tapak terdiri dari campuran senyawa kompleks yang biasanya mengandung 40-60% jenis karet yang berbeda, dan senyawa sisanya ditambahkan untuk memberikan kekerasan, ketahanan aus, daya tahan, elastisitas, dan kelengketan yang diperlukan pada tapak. Campuran karet ban untuk mobil penumpang biasanya merupakan campuran dari styrene-butadiene rubber (SBR) dan polybutadiene rubber (PBR), sedangkan kardkkam (NR) merupakan karet yang mendominasi tapak ban kendaraan berat. Ban mobil penumpang musim dingin yang tidak bertabur memerlukan campuran karet yang lebih lembut untuk cengkeraman yang baik, oleh karena itu ban tersebut biasanya memiliki rasio PBR yang lebih tinggi daripada ban musim panas.
2. Aspal yang dimodifikasi polimer

Bitumen adalah “perekat” pada lapisan aus dan pengikat perkerasan aspal untuk menyatukan kerikil. Aspal termodifikasi polimer (PMB) juga digunakan untuk meningkatkan kekuatan, stabilitas dan sifat perekat perkerasan juga dalam kondisi musim dingin (Jørgensen dkk. 2016). Polimer yang paling umum digunakan di Norwegia adalah elastomer termoplastik Styrene Butadiene Styrene (SBS), karena polimer ini mempertahankan sebagian besar sifatnya pada suhu rendah. Sejak tahun 2008 telah terjadi peningkatan yang nyata dalam penggunaan PMB di jalan-jalan nasional dengan lalu lintas padat, yang mengakibatkan berkurangnya alur karena peningkatan ketahanan terhadap deformasi dan keausan dari ban bertabur (Jørgensen dkk. 2016). Kandungan SBS pada aspal umumnya sekitar 5% (Statens vegvesen 2014).

3. Marka cat jalan

Marka termoplastik dan cat polimer berbahan dasar air digunakan di jalan-jalan di Norwegia (Sundt dkk. 2014). Meskipun kandungan polimer plastik pada penandaan termoplastik hanya 1-5% karena tingkat bahan pengisi yang tinggi (Sundt dkk. 2014), kandungan polimer akrilik pada cat polimer jauh lebih tinggi (misalnya 15-40% menurut Lassen dkk. al.2015). Polimer yang paling umum digunakan dalam marka jalan di Norwegia adalah styrene-isoprene-styrene (SIS), ethylene vinyl acetate (EVA), poliamida (PA) dan poliakrilat (Sundt dkk. 2014).



Gambar 2.4 Jalur potensi Mikroplastik di debu jalan

Sumber: Vogelsang dkk (2019)

Karakteristik mikroplastik pada debu jalan terdiri dari :

Tabel 2.1 Karakteristik mikroplastik pada debu jalan

Sumber	**Karet pada tapak ban kendaraan**	**Polimer dalam Polymer-Modified Bitumen (PMB) dilapisan keausan perkerasan jalan**	**Elastomer termoplastik dalam cat marka jalan**	**Partikel debu jalan**
Produk yang dihasilkan	Total Partikel (TP)	RPPMB (Road Polymer Particle with Metal Bonding)**:** Partikel yang mengandung polimer dari jalanan yang terikat dengan logam, bisa berasal dari bagian jalan atau kendaraan.	RPRM (Road Polymer Rubber Material): Partikel polimer karet yang berasal dari permukaan jalan atau ban kendaraan.	RP (Road Particle)**:** Partikel yang berasal dari permukaan jalan, seperti aspal atau material pelapis lainnya.
Partikel yang dihasilkan	TWP (Tire Wear Particle) Merujuk secara umum pada partikel yang dihasilkan dari keausan ban kendaraan. TWPP (Tire Wear Particle Polymer) Partikel mikroplastik yang berasal dari keausan ban kendaraan, yang biasanya mengandung polimer seperti karet sintetis.TWPH (Tire Wear Particle Hard): Partikel keras yang dihasilkan dari ban kendaraan, kemungkinan fragmen mikroplastik yang lebih keras atau lebih kasar.	RWPPMB (Road Wear Particle Polymer with Metal Bonding): Partikel keausan jalan yang mengandung polimer plastik dan mungkin terikat dengan logam, sering berasal dari permukaan jalan atau elemen kendaraan.	RWPRM (Road Wear Particle Rubber Material): Partikel keausan jalan yang terdiri dari bahan karet, sering kali berasal dari ban kendaraan.	
Komponen utama mikroplastik	Karet butadiena (SBR), Karet polibutadiena (PBR) Kardkkam (NR)	Stirena butadiena stirena (SBS)	Stirena isoprena stirena (SIS), Etilen Vinil asetat (EVA), Poliamida (PA)	

Mikroplastik dalam debu jalan tersebar luas dan berbahaya bagi lingkungan (Roychand & Pramanik, 2020). Di udara, partikulat debu jalan berbahaya untuk kesehatan manusia, Mengingat jalur paparan melalui kontak kulit, penghirupan, dan konsumsi partikulat debu jalan di udara menimbulkan risiko khusus bagi populasi rentan, termasuk anak-anak yang sering terkena tangan dan kontak mulut (Dehghani dkk., 2017). Oleh karena itu, memahami komposisi debu jalan yang terus berubah dari waktu ke waktu sangat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat.

2.3 Pengaruh musim kemarau terhadap meningkatnya mikroplastik pada debu jalan

Pada kondisi normal musim penghujan akan terjadi pada bulan Oktober sampai Maret, sedangkan musim kemarau akan terjadi pada bulan April sampai September. Di wilayah beriklim tropis, fenomena anomali iklim El Nino dan La Nina dapat menyebabkan pergeseran pola curah hujan, perubahan jumlah curah hujan, dan perubahan temperatur udara (BMKG, 2021). Pengaruh perubahan musim sangat berhubungan dengan Keberadaan mikroplastik pada debu jalan banyak faktor yang mempengaruhi, Permukaan jalan cenderung lebih kering dan keras selama musim kemarau. Kondisi ini menyebabkan ban kendaraan, trotoar, dan bagian plastik lainnya di jalan menjadi lebih cepat rusak. Salah satu sumber utama mikroplastik dalam debu jalan adalah partikel ban yang terkikis ini.

Selain itu, plastik yang terpapar sinar matahari langsung dalam jangka waktu lama juga mengalami fotodegradasi yang lebih cepat, yang menghasilkan pecahan plastik yang lebih kecil yang disebut mikroplastik. Pada musim kemarau di mana keadaan udara lebih kering dengan suhu udara cenderung tinggi dan kecepatan angin yang dapat terbilang rendah maka polutan di udara pada musim ini juga cenderung tinggi dibandingkan pada saat musim hujan karena pada musim kemarau tidak terjadi pengenceran polutan di udara. Menurut (Kang dkk., 2022) dalam penelitiannya menyatakan bahwa konsentrasi mikroplastik pada debu jalan meningkat pada musim kemarau. Sejalan dengan itu penelitian ketergantungan musiman, penelitian berfokus pada partikel keausan ban, dan di antara komponen debu jalan lainnya, dan salah satu kesimpulan yang diambil adalah bahwa terdapat lebih banyak generasi mikroplastik selama musim panas dibandingkan selama musim dingin (Järlskog dkk., 2021). Hal itu di sebabkan karena pada musim kemarau keuasan ban akan meningkat karena suhu aspal sangat tinggi, sehingga mikroplastik akan sangat tinggi karena tidak adanya air hujan yang membawa mikroplastik ke saluran pembuangan tepi jalan. Oleh karena itu diperlukan penelitian yang mendalam akan pengaruh perubahan musim kering terhadap meningkatnya kelimpaham mikroplastik pada debu jalan.

2.4 Kepadatan Lalu lintas di Yogyakarta

Yogyakarta merupakan salah satu kota pariwisata di Indonesia yang banyak diminati wisatawan domestik maupun mancanegara. Hampir setiap hari terutama pada hari libur banyak wisatawan yang melakukan perjalanan wisata maupun studi wisata Berdasarkan data statistik kunjungan wisatawan Kota Yogyakarta tahun 2017– 2019, diketahui bahwa setiap tahun jumlah pengunjung mengalami peningkatan. Pada tahun 2019, tercatat sebanyak 4.378.609 wisatawan. Sementara pada tahun 2018 jumlah pengunjung mencapai 4.752.351, yang terdiri

dari 219.332 wisatawan mancanegara dan 4.533.029 wisatawan nusantara dan jumlah kunjungan wisatawan pada tahun 2017 sebanyak 3.894.771 wisatawan. Detail jumlah kunjungan wisatawan selama tiga tahun terakhir terlihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 Jumlah Kunjungan wisatawan

Tahun	Mancanegara	Lokal	Jumlah
2017	433.114	3.461.597	3.894.771
2018	219.332	4.533.029	4.752.351
2019	498.866	3.879.743	4.378.609

DIY juga merupakan provinsi berpenduduk 3.761.870 jiwa, jumlah wisatawan yang datang ke Yogyakarta melebihi jumlah penduduk kota tersebut. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023 dengan Kota Yogyakarta luasnya hanya seluas 32,5-kilometer persegi. Jumlah kendaraan yang terdata menurut BPS 2023 adalah sebanyak 3.274.030 unit. Kepadatan yang sering terjadi saat hari libur adalah dampak dari kegiatan pariwisata di Yogyakarta. Perkembangan jumlah wisatawan yang berkunjung ke Yogyakarta berjalan seiring dengan meningkatnya volume kendaraan, hal ini berpengaruh terhadap kepadatan arus lalu lintas terutama saat musim liburan.

Salah satu jalan yang terkenal padat di Yogyakarta adalah jalan ringroad, jalan ringroad adalah jalan yang melingkari kota yogyakarta. Umumnya, jalan lingkar berfungsi untuk mengurangi arus lalu lintas terusan dari pusat kota. Akan tetapi Lalu lintas di jalan Ringroad Yogyakarta mengalami kepadatan volume arus lalu lintas, yang menyebabkan kemacetan, kesemrawutan, dan bahkan kecelakaan lalu lintas, terutama pada jam-jam sibuk pagi dan sore hari. Volume arus lalu lintas yang padat ini disebabkan peningkatan jumlah kendaraan dari tahun ke tahun. Selain itu, terdapat juga hasil penelitian yang menunjukkan bahwa jalan Ringroad Timur Yogyakarta termasuk jalur lintas bis antar kota dan sering mengalami kemacetan pada jam puncak pagi dan sore hari (Fauzi, 2014). Selain itu, banjir di jalan Ring Road Selatan Yogyakarta juga dapat menyebabkan kemacetan total dan mengganggu arus lalu lintas.

2.5 Spektrofotometri FT-IR

Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas atau Raman

Scattering dari sampel padat, cair, dan gas. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. FTIR juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu.

Pada sistem optik Fourier Transform InfraRed digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emmission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi inframerah agar sinyal radiasi inframerah yang diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik.

Prinsip kerja FTIR berupa inframerah yang melewati celah ke sampel. Kemudian inframerah diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar inframerah lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer.

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut ini Tabel 2.3 yang membahas tentang penelitian terdahulu yang berhubungan tentang mikroplastik pada debu jalan (*Road dust*):

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Sri Indah Lestari, Syukrya Ningsih, Lidia Gusfi Marni (2023)	Analisis Kontaminasi Mikroplastik pada Debu Jalan di Sekitar Pasar Angso Duo, Jambi	Analisis mikroplastik pada debu jalan yang dikumpulkan pada 4 lokasi sampel di sekitar pasar angso duo jambi menghasilkan total 1,67 gram mikroplastik ditemukan dalam debu jalan disemua stasiun pengambilan sampel muncul dalam berbagai bentuk seperti lapisan, potongan, dan benang. Sampel B mendeteksi konsentrasi mikroplastik yang lebih tinggi yairu 2,78 gram. Namun demikian pada sampel alternatif jumlah mikroplastik yang terdeteksi lebih rendah dibandingkan dengan sampel B. hal ini disebabkan oleh volume lalu lintas yang tinggi dari sepeda motor dan mobil didaerah tempat sampel B dikumpulkan.
Heejun Kang, Saerom Park, Bokjin Lee, Ilho	Concentration of Microplastics in Road	(1.) Pada sampel dengan periode pengeringan 0 hingga 3 hari, jumlah MP yang terkandung

Kim, Seogku Kim (2022)	Dust as a Function of the Drying Period—A Case Study in G City, Korea	dalam debu jalan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengeringan karena MPs terakumulasi pada jalan. Dalam penelitian ini, total delapan analisis dilakukan, dua kali untuk setiap periode pengeringan (d 0, 1, 2 dan 3), dan konsentrasi rata-rata debu jalan adalah 1363 (495) MPs g^{-1} (2.) Dalam penelitian ini, 72% dari MPs dalam debu jalan adalah partikel hitam (yaitu partikel ban dan aspal). partikel). Ketika komponen partikel hitam dianalisis, karbon hitam yang digunakan dalam ban dan poli (butadiena: stirena) yang digunakan dalam aspal dan ban terdeteksi, partikel hitam diduga berasal dari ban dan aspal. (3.) Batas deteksi ukuran penelitian ini adalah 100 m, dan sebagian besar (80%) partikel hitam yang terdeteksi terdeteksi memiliki ukuran <400 m. Karena partikel hitam yang lebih kecil (MPs <100 m) dalam debu jalan dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia, meskipun disfungsi pernapasan akibat MP yang terhirup belum diverifikasi, kuantifikasi mereka dapat berkontribusi untuk menilai dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.

Jacqueline E. Tamis, Albert A. Koelmans, Rianne Dröge, Nicolaas H. B. M. Kaag, Marinus C. Keur, Peter C. Tromp and Ruud H. Jongbloed (2021)	Environmental risks of car tire microplastic particles and other road runoff pollutants	Hasil penelitian Kami menilai risiko prospektif dengan membandingkan pra menentukan konsentrasi paparan partikel TWPMP dan 10 mikropolutan organik dengan: 1) batas dibawahnya tidak ada efek buruk dari paparan di lingkungan perairan diharapkan (rasio PEC/PNEC), dan; 2) menurut penilaian hitunglah sebagian kecil spesies yang terpapar hal ini konsentrasi di atas NOEC (PAF). Prospek ini risiko ive membedakan antara efek partikel (TWPMP) dan efek kimia (mikropolutan organik). Untuk penilaian retrospektif, gabungan partikel dan kimia efek fisik dinilai dengan melakukan tes WET.

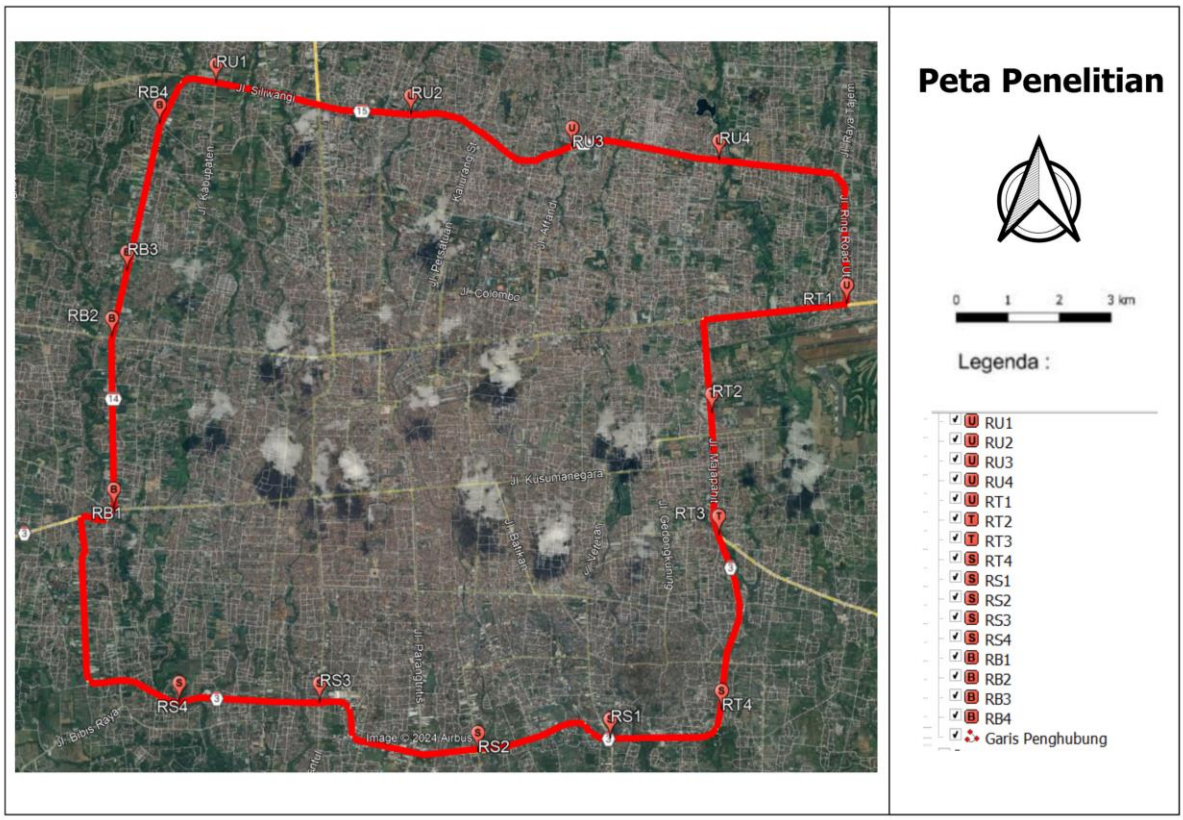
Biplob Kumar Pramanik, Rajeev Roychand, Sirajum Monira, Muhammed Bhuiyan, Veeriah Jegatheesan (2020)	Fate of road-dust associated microplastics and per- and polyfluorinated substances in stormwater	Studi ini berfokus pada identifikasi anggota parlemen dan PFAS yang terkait dengan debu jalan di air hujan. Partikel halus yang berasal dari lalu lintas dan bahan bekas industri dapat menyumbangkan kontaminan ini ke dalam debu jalan melalui pengendapannya. Ditemukan bahwa semua sampel mengandung MP. Jenis MP yang berbeda seperti polietilen, nilon, poliester, dan kapas diidentifikasi dalam sampel air hujan. Jenis utama MP yang dapat ditemukan di seluruh saluran air kita adalah serat mikro, karena serat ini mewakili lebih dari 50 % sampel dalam penelitian ini. Konsentrasi PFOS berkisar antara 0,3 hingga 1,4 ng/kg, sedangkan konsentrasi PFAS lainnya berada di bawah batas deteksi di kawasan industri. Hasil ini konsisten dengan hipotesis bahwa debu jalan berperan sebagai potensi asal usul PFAS dan MP dalam limpasan air hujan perkotaan. Namun, data rinci mengenai konsentrasi dan jenis MP dan PFAS yang ada di air hujan yang dibuang ke saluran air terbuka masih kurang. Dapat dipahami bahwa limpasan air tersebut bervariasi tergantung pada sumber asalnya dan kondisi spesifik lokasi yang mencakup penggunaan lahan, lalu lintas, dan karakteristik curah hujan. Oleh karena itu, korelasi antara parameter ini dengan konsentrasi dan jenis MP dan PFAS perlu dikembangkan.

Satoru Yukioka, Shuhei Tanaka, Yoshiki Nabetani, Yuji Suzuki, Taishi Ushijima, Shigeo Fujii, Hideshige Takada, Quang Van Tran, Sangeeta Singh (2019)	Occurrence and characteristics of microplastics in surface road dust in Kusatsu (Japan), Da Nang (Vietnam), and Kathmandu (Nepal)	Studi ini menunjukkan bahwa kelimpahan MP (100 µm hingga 5 mm) dalam debu permukaan jalan lebih tinggi di Da Nang dan Kathmandu dibandingkan dengan Kusatsu. Hal ini diduga karena tingginya jumlah kepadatan area komersial yang ramai (di sekitar toko atau restoran) di Da Nang dan Kathmandu. Hasil dari MP lebih rendah dibandingkan dengan laporan sebelumnya karena penelitian ini tidak menargetkan pada serat yang lebih kecil mikroplastik. Selain itu, kami mengidentifikasi jenis polimer dari semua MP dengan ATR-FTIR secara individual untuk mengungkapkan karakteristik pencemaran MPs (warna, bentuk, dan distribusi ukuran). Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik polusi MPs berkontribusi pada jenis polimernya (wadah/pengemasan-MPs atau karet-MP). Di Da Nang dan Kathmandu, diindikasikan bahwa baik kontainer/pengemasan-MP dan karet-MP dengan ukuran > 100 µm dapat berasal dari sumber yang memiliki kesamaan komposisi (misalnya titik pembuangan). Meskipun penelitian ini menargetkan MP 100 µm hingga 5 mm, lebih kecil MPs (< 100 µm), termasuk serat pakaian dan ban kendaraan, dapat berkontribusi secara substansial terhadap jalan raya.
Sajjad Abbasi, Behnam Keshavarzi, Farid Moore, Andrew Turner, Frank J. Kelly, Ana Oliete Dominguez, Neemat Jaafarzadeh (2018)	Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran	Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa debu jalanan berasal dari kawasan perkotaan dan industri pesisir Iran mengandung susunan partikel heterogen dengan bentuk berbeda, ukuran dan warna, dengan kelimpahan antara 3 dan beberapa seratur anggota mikroplastik dan sekitar 2 dari 100 MR pergram.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juli 2024 dengan Lokasi penelitian ini dilakukan di Jalan Ringroad yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan terdapat 16 titik sampling yang mana yang diambil yaitu, Ringroad utara 4 titik, Ringroad barat 4 titik, Ringroad timur 4 titik, dan Ringroad selatan 4 titik. Pertimbangan pemilihan titik lokasi sampling ini ditentukan atas pertimbangan banyaknya volume lalu lintas kendaraan yang beroperasi jam-jam kerja sehingga menimulkan adanya mikroplastik di debu jalan di 16 titik di Ringroad utara, Ringroad barat, Ringrod timur dan Ringroad selatan tersebut. Adapun lokasi pelaksanaan sampling adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Lokasi Sampling

Pada pengambilan sampel dilakukan selama 1 hari dari pagi hingga sore hari dengan durasi pengambilan sampel di setiap titik kurang lebih 30 menit dengan mempertimbangkan lokasi yaitu lokasi sampling pertigaan dan perempatan. Tujuan pengambilan sampel road dust pada ruas ringroad di titik perempatan dan pertigaan adalah untuk memastikan adanya variasi data yang representatif, serta untuk memahami distribusi mikroplastik secara lebih

komprehensif. Pemilihan titik pengambilan sampel di perempatan dilakukan karena area ini cenderung memiliki lalu lintas yang lebih padat dan dinamis, sehingga tingkat pelepasan partikel mikroplastik dari kendaraan lebih signifikan akibat peningkatan keausan ban dan pengereman. Di sisi lain, pertigaan dipilih sebagai pembanding, mengingat pola lalu lintas yang lebih terfokus dan jumlah kendaraan yang relatif lebih sedikit, memungkinkan analisis perbedaan konsentrasi mikroplastik berdasarkan karakteristik lalu lintas. Selain itu, tidak semua ruas ringroad memiliki perempatan, sehingga pemilihan pertigaan sebagai titik tambahan pengambilan sampel memberikan cakupan yang lebih menyeluruh terhadap variasi kondisi lingkungan pada seluruh lintasan jalan. Dengan demikian, variasi lokasi ini memungkinkan perbandingan yang lebih ilmiah terkait faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi dan konsentrasi mikroplastik pada debu jalan, sehingga memberikan dasar yang lebih kuat untuk analisis dan kesimpulan penelitian. Lokasi dan koordinat titik sampling dapat dilihat pada tabel berikut :

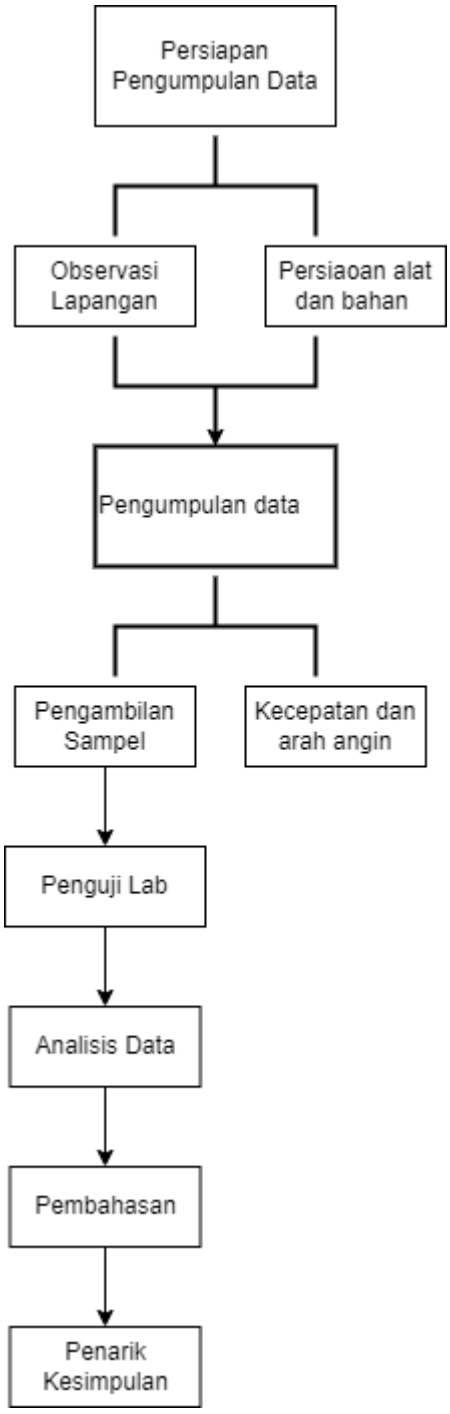
Tabel 3.1 Lokasi dan Koordinat sampling

No.	**Lokasi**	**Koordinat (Garis Lintang, Garis Bujur)**
1.	Jl. Magelang No.3, Mlati Dukuh, Sinduadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	7°44'54,2"LS 110°21'43,5"BT
2.	Jl. Padjajaran, Pogung Lor, Sinduadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Pertigaan)	7°45'03,2"LS 110°22'29,6"BT
3.	Pos Lalu intas, Jl. Ring Road Utara, Gejayan, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	7°45'29,7"LS 110°23'44,0"BT
4.	Jl. Pringgodani 143, Ngringin, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Pertigaan)	7°45'35,6"LS 110°24'54,8"BT
5.	Pos Polisi Lalu Lintas Pertigaan Bandara Adi Sucipto, Jl. Laksda KM.9 Yogyakarta, Jl. Airport Adisucipto, Karangploso, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten	7°47'00,1"LS 110°25'46,0"BT

	Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	
6.	Banguntapan, Karang Janbe, Banguntapan, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Pertigaan)	7°47'41,3"LS 110°24'36,6"BT
7.	Jl. Ringroad Timur, Sorowajan, Banguntapan, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	7°48'42,3"LS 110°24'33,1"BT
8.	Banguntapan, Mutilan, Wirokerten, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Pertigaan)	7°49'59,3"LS 110°24'24,7"BT
9.	Yogyakarta, Giwangan, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	7°50'05,7"LS 110°23'30,3"BT
10.	Tanjung, Bangunharjo, Kec. Sewon, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	7°50'04,7"LS 110°22'29,1"BT
11.	Panggungharjo, Dongkelan, Panggungharjo, Kec. Sewon, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	7°49'34,0"LS 110°21'14,7"BT
12.	Kersan, Tirtonirmolo, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Pertigaan)	7°49'17,6"LS 110°20'10,4"BT
13.	Area Sawah, Banyuraden, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	7°47'39,2"LS 110°19'47,4"BT
14.	Nogosaren, Nogotirto, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Perempatan)	7°46'29,1"LS 110°19'52,9"BT
15.	Jl. Abu Nawan Zaini, Sawahan, Nogotirto, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Pertigaan)	7°45'36,5"LS 110°20'05,9"BT
16.	Banguntapan, Karang Janbe, Banguntapan, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Pertigaan)	7°47'41,3"LS 110°24'36,6"BT

3.2 Tahap Penelitian

Berikut adalah proses penelitian dalam bentuk diagram alir yang ditunjukan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sample secara langsung. Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain :

Tabel 3.2 Alat & Bahan

Nama Barang	**Satuan**	**Jumlah**
Alat		
Kertas Whatman 47 mm	bh	16
Baker Gelas 100 ml	bh	1
Baker Gelas 1000 ml	bh	1
Sapu Kecil	bh	16
Serok Kecil	bh	1
Wadah kaleng untuk sampel	bh	16
Tabung Ukur	bh	1
Label Kertas	bh	4
Rak Tabung raksi	bh	1
Pipet Tetes	bh	1
Cawan petri	bh	16
Labu Ukur 500 ml	bh	1
Neraca analitik	bh	1
Spatula	bh	1
Pipet tetes	bh	1
Pompa Vakum	bh	1
Pipet ukur 10 ml	bh	1
Ball Pipet	bh	1
Tabung refluk	bh	16
Alumunium Foil	bh	3
Pinset stainless steel	bh	1
Test Sieve - Ayakan Mesh	bh	3
Corong Bucher	bh	1
Sentrifugasi	bh	1
Mikroskop binocular motic ba310 Led Digital & Mikroskop Binokular Olympus Cx 23 Led	bh	1

Spektrofotometri FT-IR IRTracer-100 (FTIR)	bh	1
Bahan		
Sampel Debu Jalan	gram	480
Garam dapur (Nacl)	gram	500
Hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%	ml	1000
Aquades	ml	1000

3.4 Jenis dan Variabel Penelitian

a. Jenis Penelitian

Sampel yang akan diambil merupakan Debu jalanan yang berada di wilayah Ringroad utara, Ringroad barat, Ringroad timur, dan Ringroad selatan serta pemukiman sekitar. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 1 kali, dimana setiap titik dilakukan 1 kali pengambilan sampel. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil debu jalan yang terdapat pada permukaan jalan dengan menggunakan sapu kecil dan dimasukkan kedalam wadah kaleng. Sampel yang diambil disimpan pada wadah kaleng di tutup dengan wadah berbahan kaca. Tidak perlu dilakukan pengawetan karena karakteristik dari mikroplastik yang lama terdegradasi.

b. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang diamati pada penelitian ini adalah jumlah mikroplastik pada sedimen, jenis mikroplastik dan warna dengan pengamatan menggunakan mikroskop. Sampel sedimen yang digunakan sebanyak 30 gram debu kering. Berikut merupakan rumus perhitungan jumlah mikroplastik:

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik } \left(\frac{\text{Item}}{\text{gram}}\right) = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik pada debu jalan (item)}}{\text{Berat Debu Jalan (gr)}}$$

Perhitungan ini berdasarkan penelitian yang dilakukan (Ding dkk., 2019) pada Sungai Wei yang terletak pada Provinsi Gansu, China Barat Daya.

Variabel penelitian meliputi :

- Variabel utama

  Variabel utama pada penelitian ini yaitu dengan mendeskripsikan kelimpahan mikroplastik, (jenis, ukuran, dan warna mikroplastik) pada debu jalanan. Analisis laboratorium ini dilakukan untuk memisahkan mikroplastik pada debu jalan dengan partikel-partikel yang terkandung pada debu, analisis sampel di Laboratorium

dengan menggunakan mikroskop dan pengujian gugus kimia menggunakan instrumen FTIR.

- Variabel Pendukung

  Varabel pendukung pada penelitian ini berupa data yang didapatkan dari instansi terkait seperti Badan Pusat Statistik (BPS). Variabel pendukung berupa data kepadatan suatu daerah, jumlah kunjungan, dan jumlah kendaraan di suatu daerah.
- Variabel Kontrol yaitu pada larutan yang digunakan terdiri dari H_2o_2, Nacl, Aquades dan debu bersih (Pasir Silica dan Kuarsa)

3.5 Pengambilan Sample

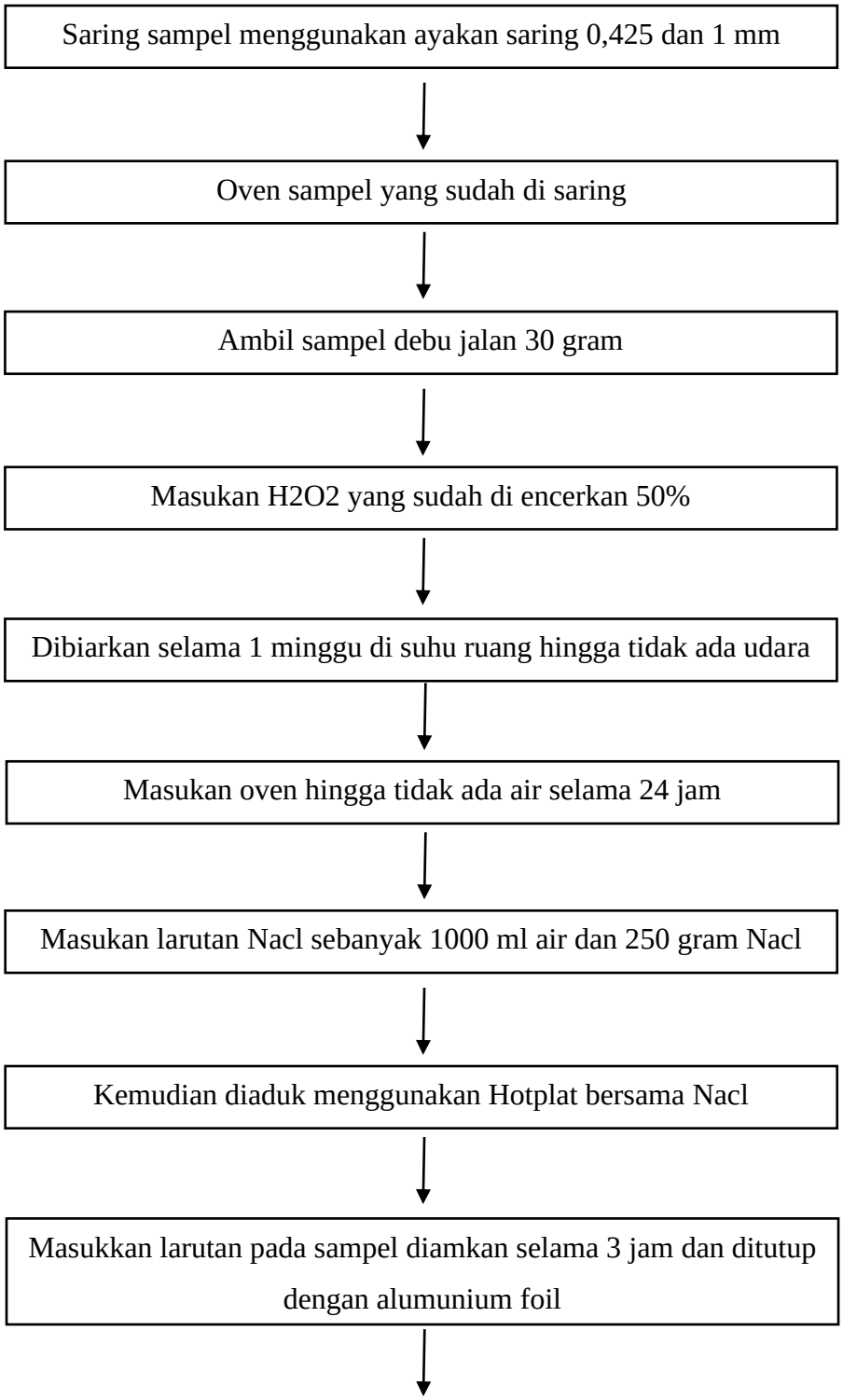
Metode sampling menggunakan *Cluster sampling* yaitu mengelompokan berdasarkan wilayah atau lokasi populasi, pada penelitian ini karena pengambilan sampel debu jalan diteliti sangat luas yaitu terdiri dari Ringroad utara 4 titik, Ringroad barat 4 titik, Ringroad timur 4 titik, dan Ringroad selatan 4. Sampel debu jalan yang diambil menggunalan sapu kecil dan serokan kecil dengan 1 sampel mewakili 1 titik dengan area sampling berukuran 1 meter persegi. Sampel disapu dengan sapu yang kecil kemudian di masukkan ke serokan kecil Sampel yang sudah diambil di masukkan kedalam wadah kaca tertutup. Wadah tersebut harus dipastikan tertutup untuk menghindari kontaminasi dari luar. Pengambilan sampel akan dilakukan pada musim kering/kemarau yang diperkirakan akan dimulai pada bulan Mei. Berikut merupakan dokumentasi pengambilan sampling

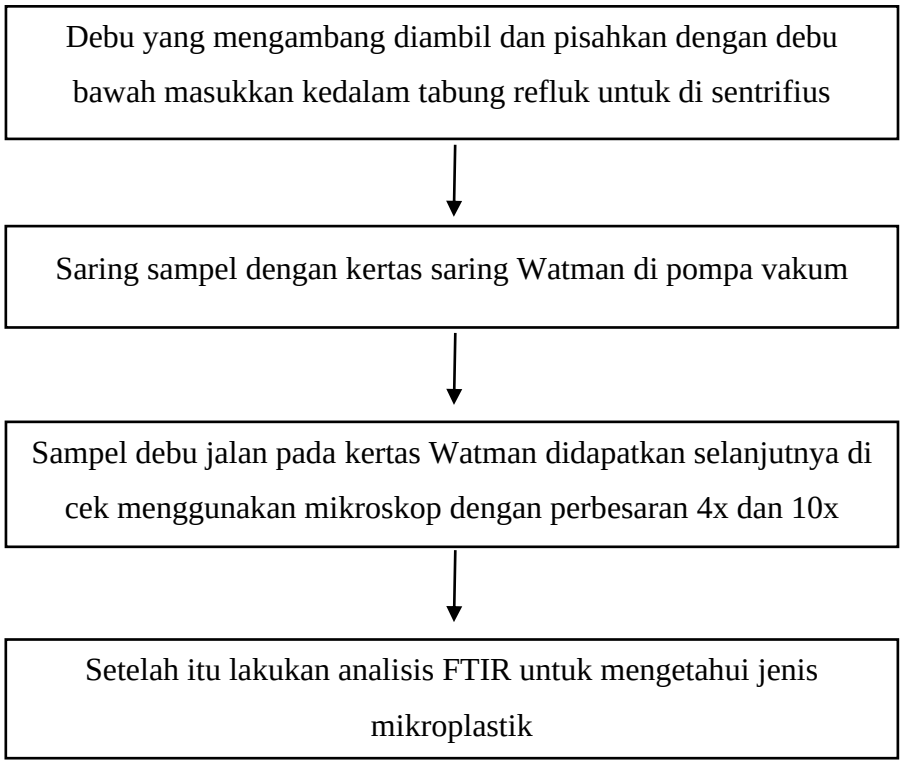


Gambar 3.3 pengambilan sampel

3.6 Analisis Pengujian Laboratorium

Pengujian sampel dilakukan menggunakan metode *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dengan melakukan sedikit modifikasi terhadap volume H_2O_2 yang digunakan. Penambahan H_2O_2 dilakukan sebagai proses destruksi, proses destruksi dilakukan untuk menghancurkan kandungan organik yang ada pada sampel debu jalan. Pengujian sampel dilakukan sebagaimana diagram alir dibawah ini :





Pada Tahap Uji Mikroskop, Sampel pada kertas saring *Whattman Microfiber Filter GF/B* diamati menggunakan *Mikroskop binocular motic ba310 Led Digital* dengan pembesaran 10x yang terhubung langsung dengan komputer sehingga pengamatan dapat lebih mudah. Mikroplastik diidentifikasi dengan melihat jumlah, bentuk dan warna. Pada Tahap uji *Spektrofotometri FT-IR*, Sampel pada kertas saring yang telah di mikroskop selanjutnya akan dilakukan analisa menggunakan *Spektrofotometri FT-IR IRTracer-100* yang terdapat di ruang instrumen Laboratorium Teknik Lingkungan. Analisa dilakukan untuk mengetahui unsur kimia yang terkandung dalam mikroplastik.

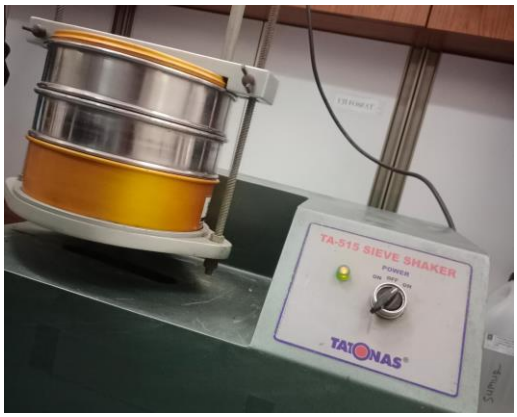
3.7 Tahap Preparasi Sampel

Ada beberapa tahap yang harus dilakukan secara runtut selama tahap preparasi sampel. Ini yaitu penyaringan sampel, *Density Preparation*, WPO (*Wet Peroxide Oxidation*), dan Penyaringan. Sampel disiapkan untuk tahap pengujian di laboratorium melalui proses preparasi. Berikut langkah-langkah pengerjaan Tahap Preparasi :

1. Pengayakan

   Tahap pengayakan sampel pada uji mikroplastik bertujuan untuk memisahkan partikel mikroplastik berdasarkan ukuran. Sampel yang sudah diambil dari titik pengambilan sampel kemudian ditempatkan dalam serangkaian ayakan dengan ukuran mesh yang digunakan yaitu 0.425 dan 1.18 mm. Kemudian Sampel diguncang atau diayak menggunakan tangan selama 3-5 menit untuk memisahkan partikel berdasarkan ukurannya. Partikel yang lebih besar akan tertahan di ayakan dengan mesh 1.18 mm, sedangkan partikel yang lebih kecil akan jatuh ke ayakan dengan mesh 0.425 mm.

Sampel yang sudah diayak kemudian di timbang pada neraca massa dan diambil sampel sebanyak 30 gram. Berikut merupakan dokumentasi proses pengayakan:



Gambar 3.4 pengayakan pada sampel

2. *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

   Metode WPO digunakan untuk memisahkan partikel mikroplastik dan endapan-endapan organik pada sampel dengan cara memasukkan larutan Hidrogen peroksida (H_2O_2) 50 % yang sudah di encerkan menjadi 30%. Dengan menggunakan rumus pengenceran $A_1.V_1 = A_2.V_2$ didapatkan hasil H_2O_2 dengan konsentrasi 30% dengan pembuatan larutan yaitu menggunakan H_2O_2 sebanyak 150 ml dilarutkan pada aquadest sebanyak 100 ml. Sampel debu jalan yang sudah diambil sebanyak 30 gram kemudian dimasukkan larutan H_2O_2 sebanyak 60 ml kemudian diaduk dan ditutup dengan alumium foil setelah itu sampel di diamkan selama 1 minggu. Berikut merupakan dokumentasi proses WPO

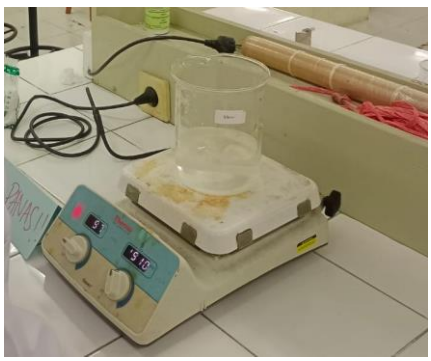


Gambar 3.5 Proses WPO

3. *Density Separation*

   Pada proses *Density Separation* yaitu metode pemisahan partikel dalam sampel berdasarkan perbedaan densitas dengan menggunakan larutan garam natrium klorida (NaCl) jenuh. Pembuatan larutan NaCl yang digunakan pada proses ini yaitu NaCl yang sudah ditimbang dengan berat 250 gram dilarutkan menggunakan aquadest sebanyak 1000 ml pelarutan dilakukan di hot plate dengan suhu 50 °C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengandukan 300 rpm selama 3-5 menit.

   Sampel pada bagian atas dari proses WPO akan ambil 20-30 ml kemudian dimasukkan kedalam gelas beker 100 ml setelah itu masukkan larutan NaCl jenuh sebanyak 70-8-ml sampel yang sudah di campurkan didiamkan kurang lebih 3 jam yang bertujuan agar mikroplastik terpisah oleh padatan. Berikut dokumentasi proses *Density Separation*



Gambar 3.6 Proses *Density Separation*

4. Proses Sentrifugasi

   Tahap selanjutnya adalah proses sentrifugasi yaitu pemisahan partikel-partikel dalam campuran berdasarkan perbedaan densitas dengan menggunakan gaya sentrifugal. Campuran ditempatkan dalam tabung refluk dan diputar dengan kecepatan 3 rpm selama 10 menit, partikel mikroplastik yang memiliki densitas lebih rendah akan mengapung atau tertahan di bagian atas, sementara partikel yang lebih berat seperti sedimen akan mengendap ke dasar tabung refluk. Selain itu tujuan dilakukan juga agar mendapatkan hasil yang lebih bening pada kertas saring. Berikut dokumentasi proses sentrifugasi



Gambar 3.7 Proses Sentrifugasi

5. Tahap Penyaringan

   Penyaringan adalah langkah terakhir dalam mempersiapkan sampel agar siap untuk diuji. Pada tahap ini, proses penyaringan mikroplastik dimulai. Pada tahap penyaringan ini, kertas saring dengan spesifikasi *Glass Micro Fiber* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 diperlukan. Saat proses penyaringan ini dilakukan, alat bantu vacuum akan digunakan untuk menyedot sampel yang sudah diletakkan pada kertas saring. Setelah proses vacuum selesai, mulut vacuum dibilasan dengan auadest untuk menghindari sampel yang tertinggal. Sampel yang telah disaring dimasukkan ke dalam cawan petri untuk dibiarkan dingin dan kering. Setelah tahap ini selesai, pengamatan mikroskop dilakukan untuk mengetahui apakah ada mikroplastik dalam sampel.

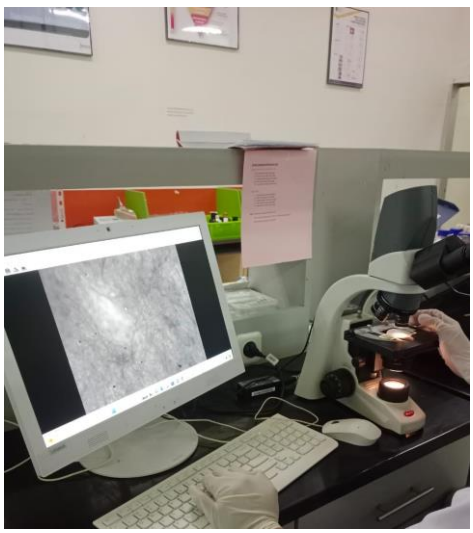


Gambar 3.8 Penyaringan Sampel Menggunakan pompa *vacum*

3.8 Analisis Sampel

1. Mikroskop

   Tujuan pengujian mikroskop adalah untuk melihat kandungan dalam sampel, yaitu jumlah, jenis, dan warna mikroplastik. Pada analisis mikroplastik dilakukan pada 2 laboratorium yang pertama di laboratorium Bioteknologi Lingkungan Teknik Lingkungan UII dan laboratorium Farmakoterapi FKKMK UGM pada laboratorium TL UII menggunakan Mikroskop *binocular motic ba310 Led Digital* dan pada laboratorium FK UGM menggunakan Mikroskop *Binokular Olympus Cx 23 Led*. Sampel yang telah menyelesaikan tahap preparasi sampel diletakkan pada kaca preparat. Setelah itu, perbesaran mikroskop dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan untuk menunjukkan apakah ada mikroplastik dalam sampel. Untuk memudahkan analisis sampel, kertas saring dibagi menjadi 4 kuadran dengan pensil, dan perbesaran mikroskop dapat diatur mulai dari 4 kali hingga 10 kali. Hal ini bermanfaat untuk memudahkan proses. Studi polimer dengan FT-IR Berikut merupakan dokumentasi proses analisis menggunakan mikroskop pada saat penelitian :



Gambar 3.9 Analisis Mikroplastik

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

   Pada tahap terakhir yaitu FTIR menggunakan *Spektrofotometri FT-IR IRTracer-100*. Sampel diletakkan pada sampel compartement untuk menguji FTIR. Setelah itu, detektor diputar hingga menyentuh sampel pada kuadran tertentu. Inframerah akan digunakan untuk memeriksa sample yang terletak pada FTIR. Cahaya yang dipantulkan akan menuju ke detektor untuk diukur, yang kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat direkam oleh perangkat perekam. Histogram intensitas dan hitlist

skor kemiripan dari polimer yang terbaca dapat digunakan untuk menyajikan hasil pengukuran FTIR. Adanya bahan kimia pada mikroplastik dicari melalui pengamatan FTIR. Prinsip kerja alat ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis spektrum yang dihasilkan dari transformasi fourier pada spektroskopi inframerah dengan alat FTIR. Berikut merupakan dokumentasi proses pembacaan polimer menggunakan FT-IR pada saat penelitian:



Gambar 3.10 Analisis menggunakan FTIR

3.9 Analisis Data

Untuk menganalisis konsentrasi mikroplastik pada debu jalanan di lokasi penelitian Ringroad utara, Ringroad barat, Ringroad timur, dan Ringroad selatan serta jalan pemukiman pada saat musim kemarau akan dilakukan analisis deskriptif secara kualitatif. Analisa data berupa hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 4x dan 10x kemudian dianalisis secara deskriptif.

Analisa data berupa hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 10 kali kemudian dianalisis secara deskriptif. Analisa deskriptif dilakukan dengan mendeskripsikan keberadaan dan kelimpahan mikroplastik berdasarkan jenis, warna, dan jumlah mikroplastik per kilogram pada masing-masing lokasi dan waktu. Adapun rumus yang digunakan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Putro, 2021) yaitu:

$$\text{Kelimpahan mikroplastik } \left(\frac{\text{Partikel}}{\text{30 gram sedimen kering}}\right) = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik Pada Sedimen (Partikel)}}{\text{30 gram Sedimen Kering (Gram)}}$$

Dan dihitung juga kelimpahan mikroplastik dengan rumus:

Kelimpahan mikroplastik $\left(\frac{\text{partikel}}{gram}\right) = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik Pada Sedimen (Partikel)}}{\text{gram Sedimen Kering (Gram)}}$

Menurut (Pagter dkk., 2018) Mikroplastik memiliki berbagai macam jenis seperti pellet, fragment, filament ,fiber, dan foam, sedangkan warna yang terdapat pada mikroplastik pada umumnya seperti hitam, biru, putih, transparan, merah, dan lainnya. Perbedaan warna putih dan transparan dibedakan berdasarkan kecerahan warna. Berikut cara menghitung persentase jenis dan warna:

Persentase (%)= $\frac{\text{Jumlah Partikel Jenis atau Warna (Partikel)}}{\text{Jumlah Keseluruhan Partikel Jenis atau Warna Partikel (Gram)}}\ x\ 100\%$

Mikroplastik yang ditemukan pada sampel kemudian akan dilihat pada FTIR untuk mengetahui jenis polimer dengan software yang terhubung dengan istrumen FTIR. Hasil FTIR didapatkan dari adanya interaksi antara energi dan materi infrared yang melewati celah ke sampel. Celah tersebut berfungsi untuk mengontrol jumlah energi yang ada pada sampel, kemudian inframerah yang diserap dapat dilihat dan terukur pada komputer.

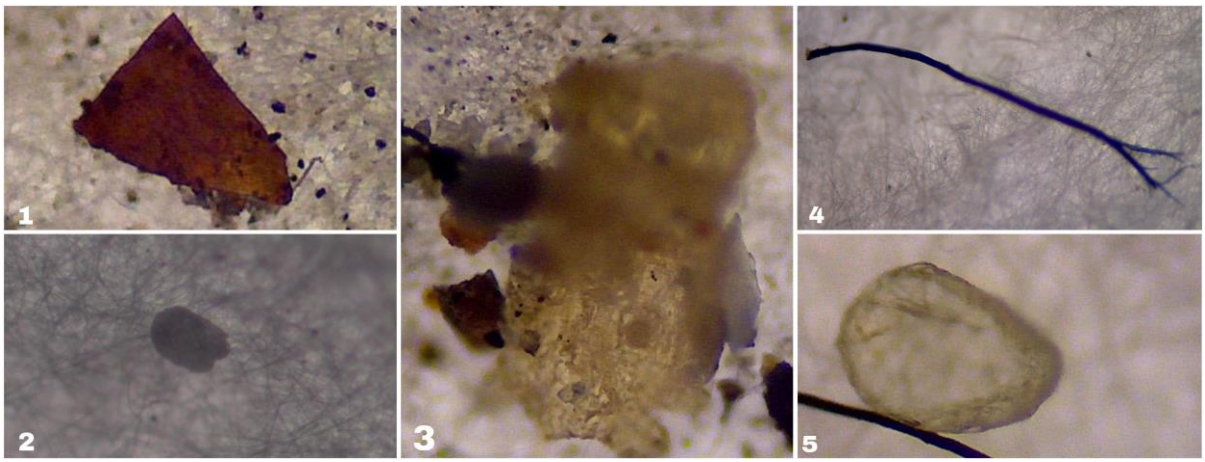
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik

Mikroplastik pada debu jalan ringroad akan diidentifikasi dan diklasifikasikan berdasarkan jenis, warna dan ukuran. Pengamatan mikroplastik dilakukan menggunakan kertas saring *Whatman Microfiber* GF/B dengan bantuan mikroskop. Mikroplastik diklasifikasikan memiliki jenis yang berbeda-beda yaitu Fragment, Film, Pellet, Foam, Fiber. Fragment bersifat yang keras dan berigi, Fiber bersifat tipis dan lurus, Pellet bersifat keras dan berbentuk bundar, Film bersifat tipis, transparan dan bentuk yang tidak beraturan. Klasifikasi mikroplastik berdasarkan warna memiliki 6 jenis warna yaitu hitam, biru, merah, kuning, transparan, dan hijau.

4.1.1 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis dan Jumlah

Partikel mikroplastik diklasifikasikan menjadi fragment, film, foam, pellet, dan fiber berdasarkan pengamatan dengan mikroskop perbesaran 10x. Setelah menghitung jumlah partikelnya, mikroplastik akan dikelompokkan sesuai dengan jenisnya. Titik pengambilan sampel akan menentukan jenis mikroplastik yang ditemukan. Jumlah kendaraan yang melalui jalan tersebut, kepadatan wilayah, kondisi musim dan lingkungan di sekitar lokasi pengambilan sampel berkontribusi pada perbedaan jenis mikroplastik yang ditemukan. Berikut ini gambar jenis mikroplastik yang di temukan



Gambar 4.1(1. Fragment), (2.Pellet), (3.Foam), (4. Fiber), (5.Film)

Dari hasil pengamatan didapatkan bahwa presentase mikroplastik tertinggi adalah fragmen dengan jumlah 21331 dengan persentase 77%, diikuti oleh pellet dengan jumlah 3140 dengan persentase 11%, kemudian film dengan jumlah 1552 dengan persentase 6%, setelah itu

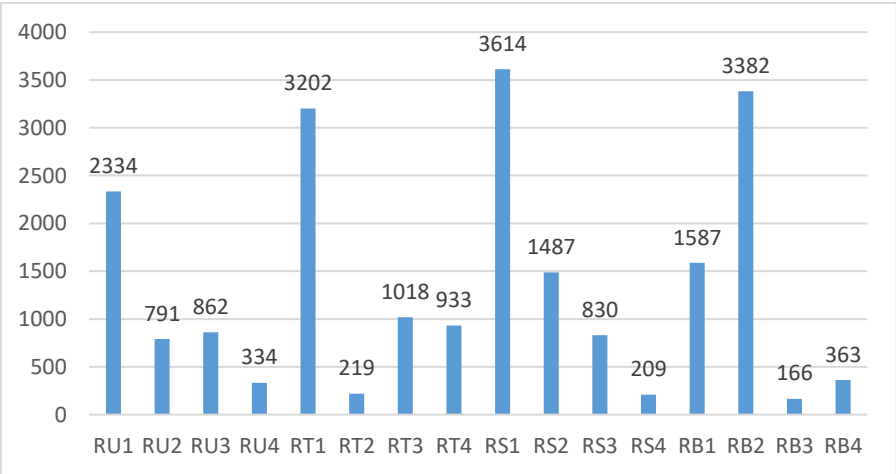
fiber dengan jumlah 1383 dengan persentase 5%, dan terakhir foam dengan jumlah 220 dengan persentase 1%

1. Fragment

   Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x didaparkan jumlah fragmen sebagai berikut:

Tabel 4.1 Jumlah Fragment

Jenis	Fragment
RU1	2334
RU2	791
RU3	862
RU4	334
RT1	3202
RT2	219
RT3	1018
RT4	933
RS1	3614
RS2	1487
RS3	830
RS4	209
RB1	1587
RB2	3382
RB3	166
RB4	363



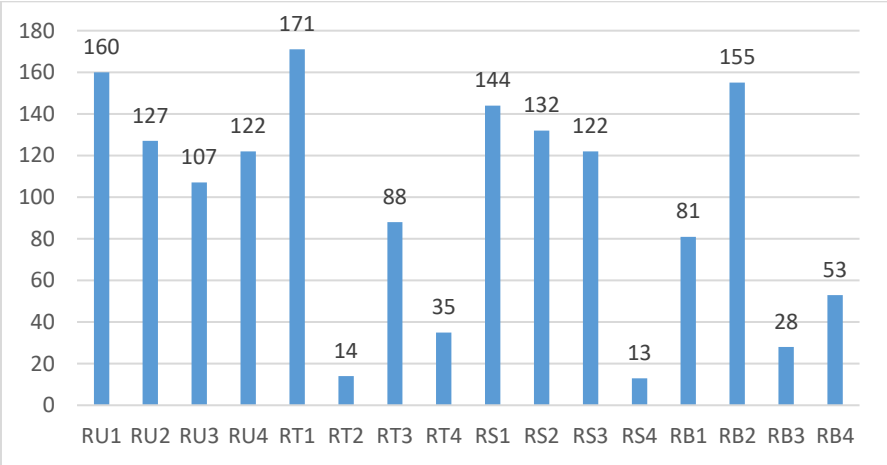
Gambar 4.2 Diagram Jumlah Fragment Setiap Titik

2. Film

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x didaparkan jumlah film sebagai berikut:

Tabel 4.2 Jumlah Film

Jenis	Film
RU1	160
RU2	127
RU3	107
RU4	122
RT1	171
RT2	14
RT3	88
RT4	35
RS1	144
RS2	132
RS3	122
RS4	13
RB1	81
RB2	155
RB3	28
RB4	53



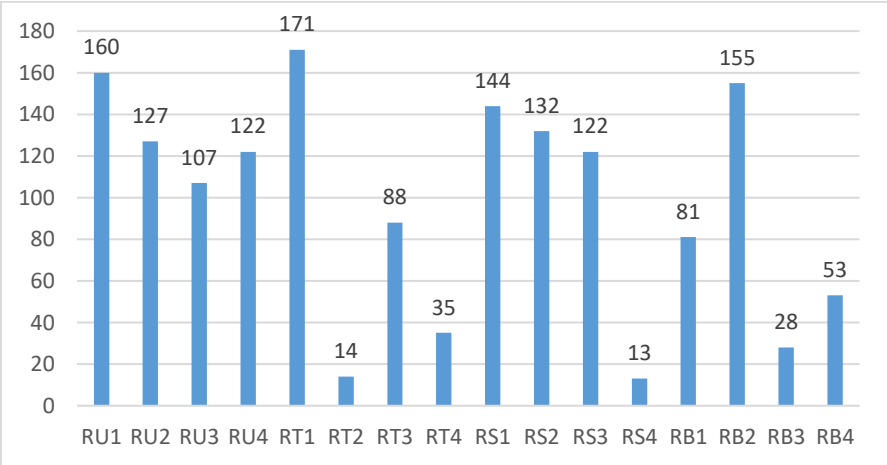
Gambar 4.3 Diagram Jumlah Film Setiap Titik

3. Foam

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x didaparkan jumlah foam sebagai berikut.

Tabel 4.3 Jumlah Foam

Jenis	Foam
RU1	4
RU2	10
RU3	65
RU4	19
RT1	45
RT2	5
RT3	7
RT4	4
RS1	19
RS2	0
RS3	10
RS4	0
RB1	30
RB2	2
RB3	0
RB4	0



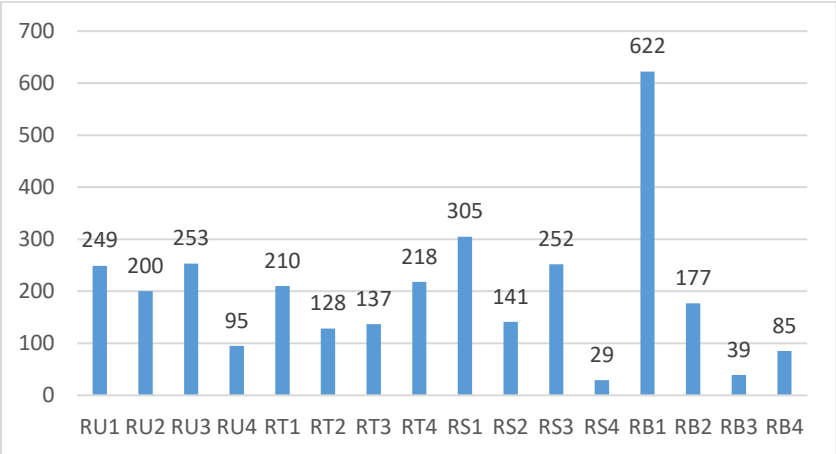
Gambar 4.4 Diagram Jumlah Foam Setiap Titik

4. Pellet

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x didaparkan jumlah pellet sebagai berikut:

Tabel 4.4 Jumlah Pellet

Jenis	Pellet
RU1	249
RU2	200
RU3	253
RU4	95
RT1	210
RT2	128
RT3	137
RT4	218
RS1	305
RS2	141
RS3	252
RS4	29
RB1	622
RB2	177
RB3	39
RB4	85



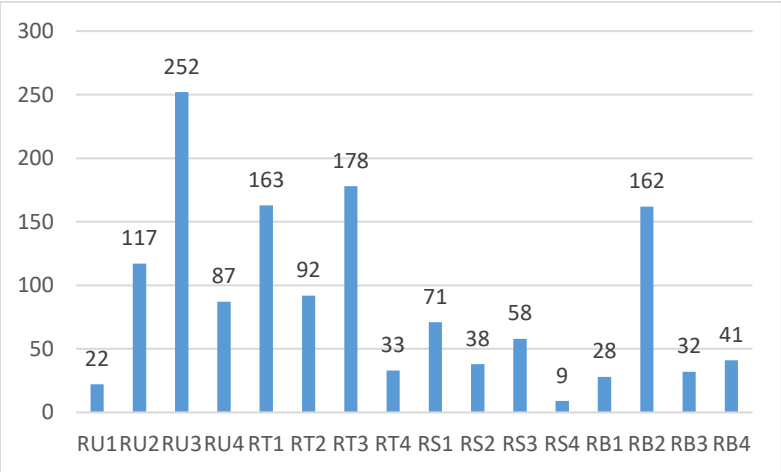
Gambar 4.5 Diagram Jumlah Pellet Setiap Titik

5. Fiber

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x didaparkan jumlah fiber sebagai berikut:

Tabel 4.5 Jumlah Fiber

Jenis	Fiber
RU1	22
RU2	117
RU3	252
RU4	87
RT1	163
RT2	92
RT3	178
RT4	33
RS1	71
RS2	38
RS3	58
RS4	9
RB1	28
RB2	162
RB3	32
RB4	41

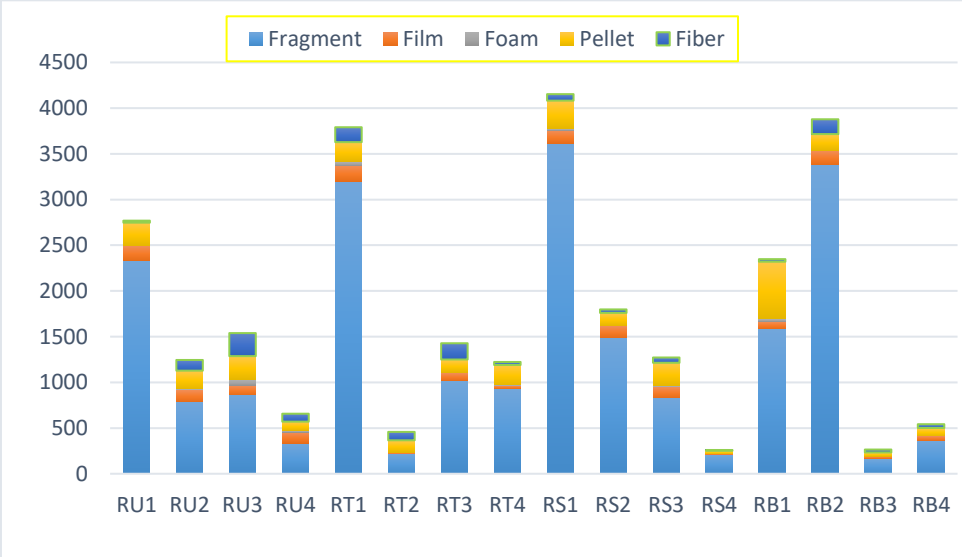


Gambar 4.6 Jumlah Fiber setiap titik

Berdasarkan hal diatas didapatkan jumlah total mikroplastik sebagai berikut:

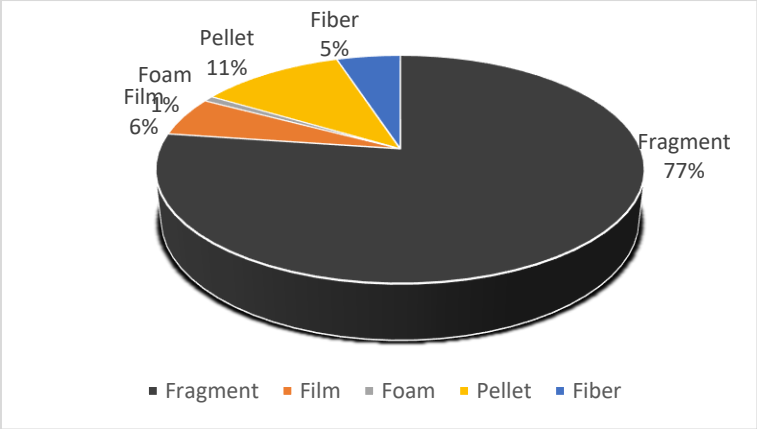
Tabel 4.6 Jumlah Mikroplastik setiap titik

Jenis	Fragment	Film	Foam	Pellet	Fiber
RU1	2334	160	4	249	22
RU2	791	127	10	200	117
RU3	862	107	65	253	252
RU4	334	122	19	95	87
RT1	3202	171	45	210	163
RT2	219	14	5	128	92
RT3	1018	88	7	137	178
RT4	933	35	4	218	33
RS1	3614	144	19	305	71
RS2	1487	132	0	141	38
RS3	830	122	10	252	58
RS4	209	13	0	29	9
RB1	1587	81	30	622	28
RB2	3382	155	2	177	162
RB3	166	28	0	39	32
RB4	363	53	0	85	41
Jumlah	21331	1552	220	3140	1383



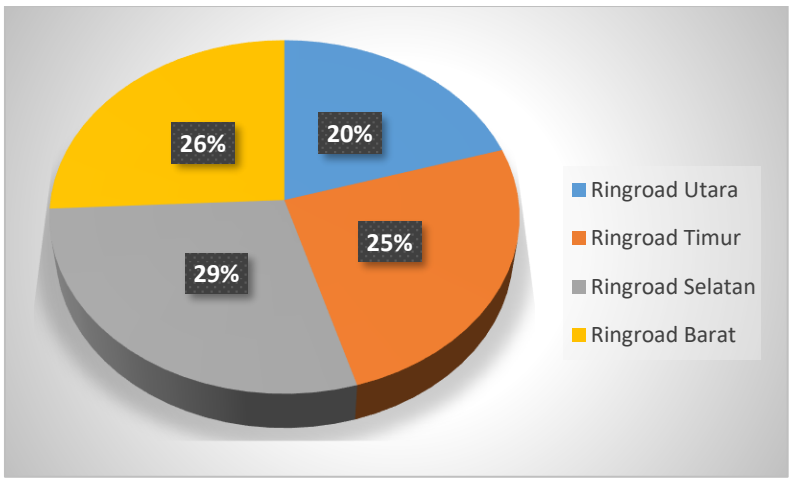
Gambar 4.7 Jumlah total mikroplastik

Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan hasil bahwa jumlah mikroplastik paling banyak pada jenis mikroplastik adalah fragmen dengan jumlah 21331, diikuti oleh mikroplastik jenis pellet dengan jumlah 3140, disusul oleh mikroplastik jenis film dengan jumlah 1552, setelah itu adalah mikroplastik jenis fiber dengan jumlah 1383, dan yang terakhir adalah mikroplastik jenis foam berjumlah 220. Berdasarkan hasil Pengamatan didapatkan bahwa presentase jenis mikroplastik adalah sebagai berikut:

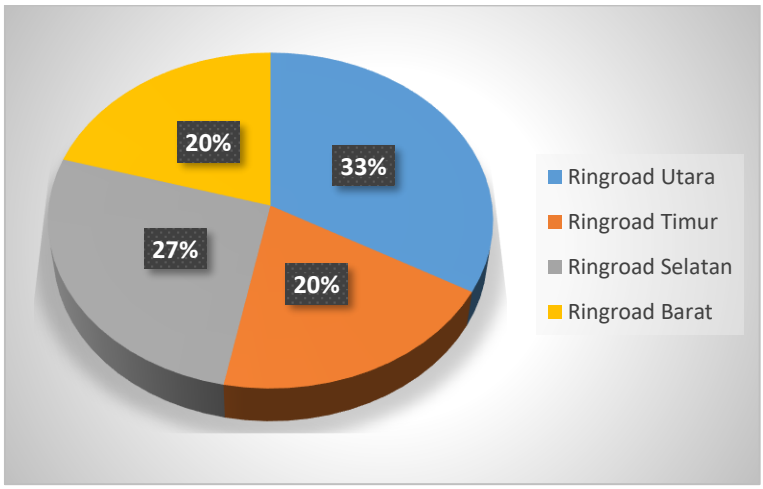


Gambar 4.8 Peresentase Jumlah Mikroplastik berdasarkan jenis

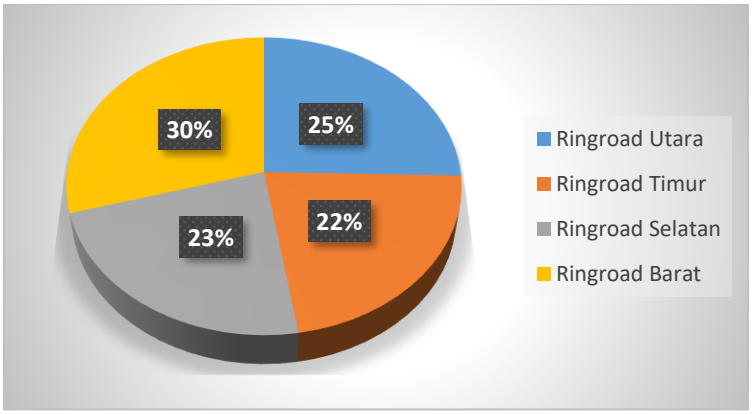
Berdasarkan jenisnya ada tiga jenis mikroplastik dominan yang ditemukan di debu jalanan Ringroad Yogyakarta yaitu Fragmen,Film, dan Pellet Persentase ketiga jenis mikroplastik disetiap Ringroad Yogyakarta tersebut sebagai berikut:



Gambar 4.9 Persentase Fragmen di setiap Ringroad



Gambar 4.10 Persentase Film di setiap Ringroad



Gambar 4.11 Persentase Pellet di setiap Ringroad

Setiap kawasan Ringroad Yogyakarta menunjukkan distribusi yang berbeda untuk setiap jenis mikroplastik. Pada mikroplastik jenis fragmen yang terbanyak berada di Ringroad Selatan dengan 29%. Sedangkan untuk Film terbanyak berada di Ringroad Utara dengan 33% dan Pellet terbanyak berada di Ringroad Barat dengan 30% Analisis ini menunjukkan variasi jenis mikroplastik di setiap bagian Ringroad, Secara keseluruhan, aktivitas manusia di setiap wilayah, seperti penggunaan plastik, tekstil, dan kemasan, memengaruhi jenis mikroplastik yang dominan di masing-masing bagian Ringroad, dan kendaraan memainkan peran besar dalam mempercepat distribusi dan penguraian plastik di jalanan, terutama melalui gesekan ban yang menghasilkan mikroplastik.

4.1.2 Indentifikasi Mikroplastik Berdasarkan Kelimpahan

Kelimpahan mikroplastik dihitung dalam satuan partikel/gram. Hasil dari identifikasi dengan mikroskop, ditemukan partikel mikroplastik pada seluruh sampel dengan kelimpahan bervariasi. Berikut merupakan contoh perhitungan mikroplastik :

Diketahui : Jumlah Partikel mikroplastik = 2450

Berat sedimen kering = 30 gram

Ditanya : Berapa kelimpahan mikroplastik pada sampel tersebut?

Dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kelimpahan mikroplastik } \left(\frac{\text{partikel}}{\text{gram}}\right) = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik Pada Sedimen (Partikel)}}{\text{gram Sedimen Kering (Gram)}}$$

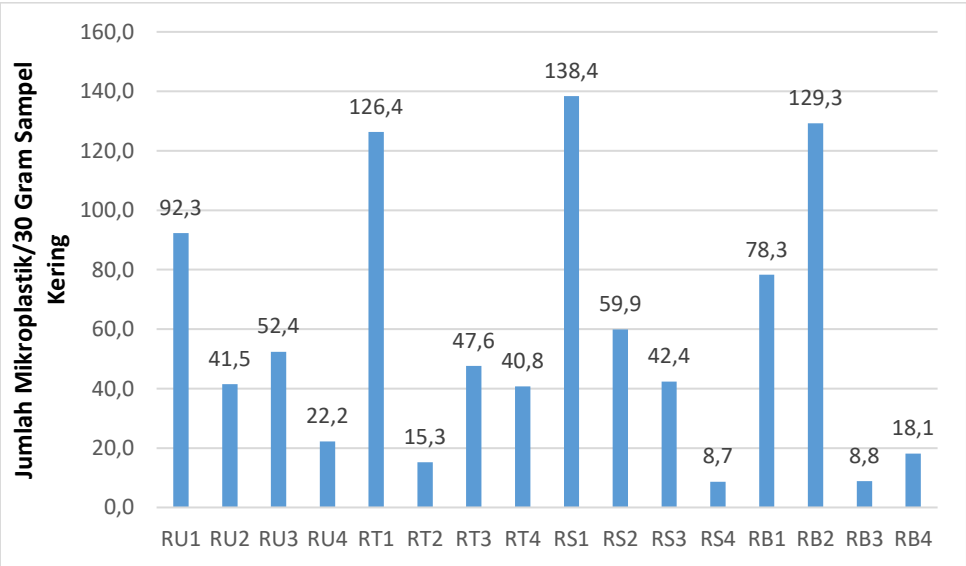
Didapatkan hasil :

$$\text{Kelimpahan mikroplastik } = \frac{2450}{30} = 81{,}6 \text{ partikel/gram}$$

Berikut pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.9 merupakan hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada debu jalan ringroad pada musim kemarau tiap titik sampling, yaitu

Tabel 4.7 Kelimpahan Mikroplastik setiap titik

Sampel	Total mikroplastik pada sampel	Berat sampel kering (gram)	Total kelimpahan Mikroplastik (partikel/g)
RU1	2769	30	92.3
RU2	1245		41.5
RU3	1572		52.4
RU4	665		22.2
RT1	3791		126.4
RT2	458		15.3
RT3	1428		47.6
RT4	1223		40.8
RS1	4153		138.4
RS2	1798		59.9
RS3	1272		42.4
RS4	260		8.7
RB1	2348		78.3
RB2	3878		129.3
RB3	265		8.8
RB4	542		18.1

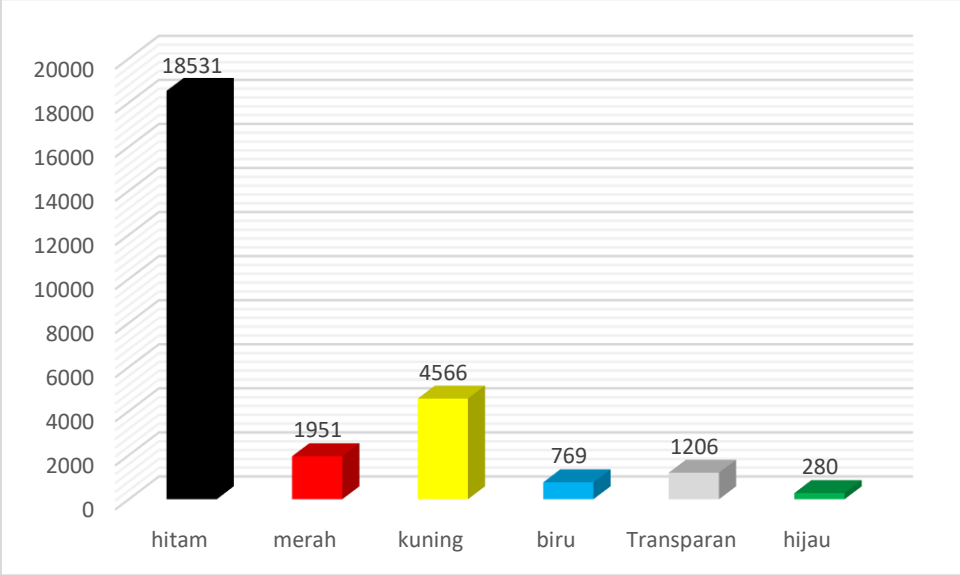


Gambar 4.12 Diagram Kelimpahan Mikroplastik

Berdasarkan hasil perhitungan 16 titik lokasi pengambilan sampel menunjukkan hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada debu jalan ringroad pada musim kemarau

didapatkan hasil bahwa kelimpahan mikroplastik paling tinggi terdapat pada RS1, sampel perempatan Terminal Giwangan dengan jumlah mikroplastik berjumlah 4153 partikel atau sama dengan 138,4 partikel/g. Kemudian oleh sampel RB2 yang berada di perempatan Demak Ijo dengan jumlah 3878 partikel mikroplastik atau sama dengan 129,3 partikel/g. Kemudian disusul oleh titik RT1 pertigaan Bandara Adi Sucipto dengan 3791 partikel mikroplastik atau sama dengan 126,4 partikel/gram. Kemudian sampel mikroplastik pada titik RU1 yang berada di perempatan Jombor dengan jumlah 2769 partikel atau 92,3 partikel/g Sampel mikroplastik pada titik RB1 yang berada di perempatan Wates dengan jumlah 2348 partikel atau 78,3 partikel/g. Kemudian sampel mikroplastik pada titik RS2 yang berada di perempatan Wojo dengan jumlah 1798 partikel atau 59,9 partikel/g. Kemudian sampel mikroplastik pada titik RU3 yang berada di perempatan Condong Catur dengan jumlah 1572 partikel atau 52,4 partikel/g. Setelah itu sampel mikroplastik pada titik RT3 yang berada di perempatan Ketandan dengan jumlah 1428 partikel atau 47,6 partikel/g. Kemudian sampel mikroplastik pada titik RS3 yang berada di perempatan Dongkelan dengan jumlah 1272 partikel atau 42,4 partikel/g. Setelah itu sampel mikroplastik pada titik RU2 yang berada di depan SMA Al-Azhar dengan jumlah 1245 partikel atau 41,5 partikel/g. Setelah itu sampel mikroplastik pada titik RU4 yang berada di pertigaan pemukiman Jalan Jangka Bumi dengan jumlah 665 partikel atau 22,2. Selanjutnya sampel mikroplastik pada titik RB4 yang berada di pertigaan Selokan Mataram dengan jumlah 542 partikel atau 18,1 partikel/g. Selanjutnya sampel mikroplastik pada titik 13 yang berada di pertigaan Siliwangi dengan jumlah 265 partikel atau 8,8 partikel/g. Kemudian yang terakhir sampel yang memilik kelimpahan mikroplastik paling rendah ditemukan pada sampel titik RS4 berada di atas Jembatan Ringroad Tironirmolo yaitu dengan jumlah mikroplastik 260 partikel atau 8,7 partikel/g.

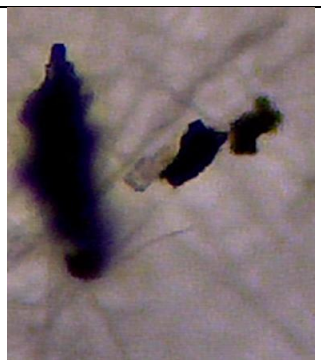
4.2 Identifikasi Mikroplastik berdasarkan warna

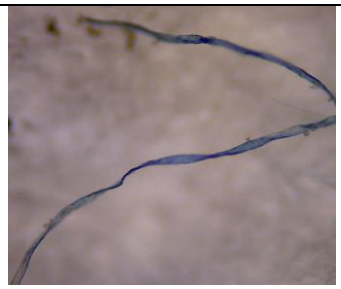
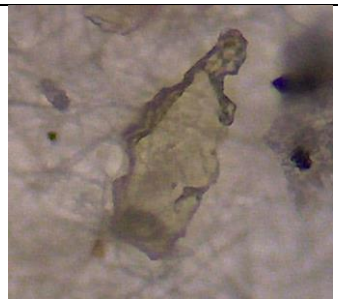


Gambar 4.13 Jumlah mikroplastik berdasarkan warna

Berikut pada Tabel 4.8 warna mikroplastik yang didapatkan:

Tabel 4.8 Mikroplastik berdasarkan Warna

Hitam	
Merah	

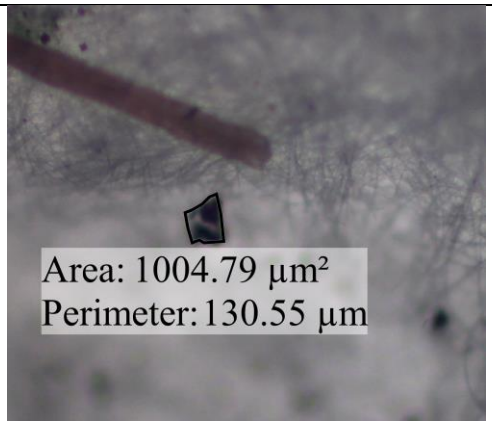
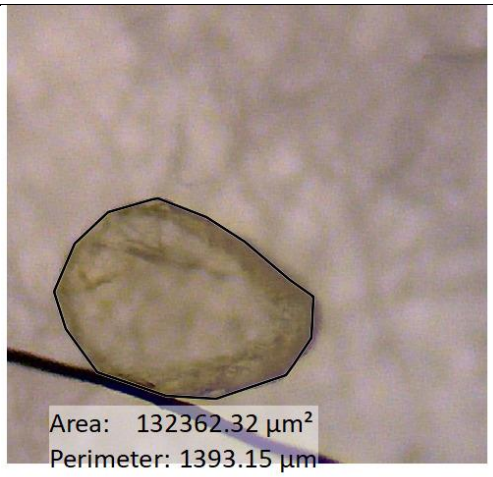
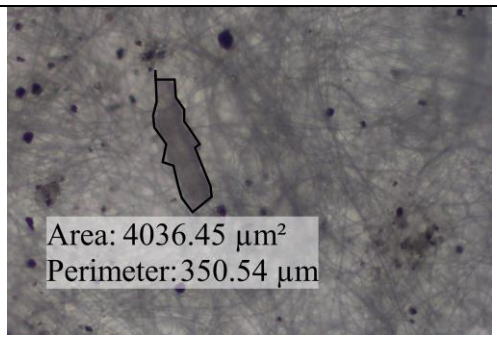
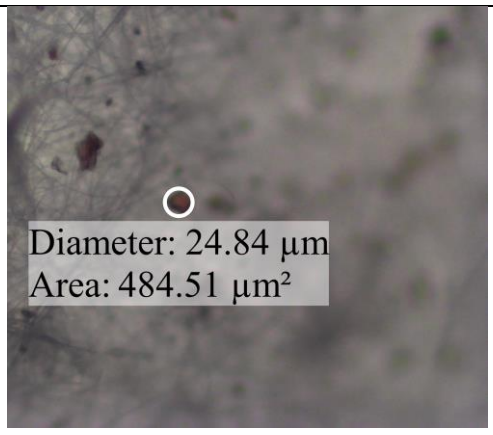
Kuning	
Biru	
Transparan	
Hijau	

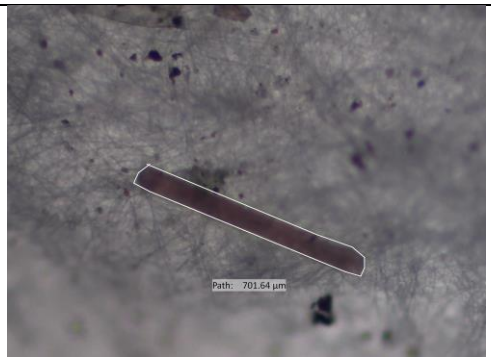
4.3 Identifikasi Mikroplastik berdasarkan Ukuran

Berikut pada Tabel 4.9 merupakan hasil perngamatan ukuran mikroplastik:

Tabel 4.9 Mikroplastik berdasarkan Ukuran

Jenis Mikroplastik	**Gambar**	**Deskripsi**

Fragmen		Fragmen ini memiliki luas area diameter 130,55 µm
Film		Film ini memiliki luas area diameter 1393,15 µm
Foam		Foam ini memiliki luas area diameter 350,54 µm
Pellet		Pellet ini memiliki luas area diameter 24,84 µm

Fiber		Fiber ini memiliki luas area diameter 701,64 µm

4.4 Jenis Polimer Plastik Berdasarkan FTIR

Setelah pengamatan dengan mikroskop, senyawa polimer yang ditemukan pada mikroplastik dipelajari dengan lebih lanjut. Untuk melakukan tahapan analisis ini menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Instrumen ini melihat struktur gugus fungsi yang ada pada mikroplastik. Saat pengamatan mikroskopis, sample dibagi menjadi empat kuadran untuk menemukan kuadran dengan konsentrasi mikroplastik tertinggi. Kuadran ini kemudian akan dianalisis lebih lanjut dengan FTIR.

Hasil yang sudah didapatkan dianalisis polimernya dan mengacu pada grafik dan skor kemiripan pada sampel yang terlah dikumpulkan dengan polimer FTIR mengacu pada analisis (Veerasingam dkk.,2021)

Berikut tabel 4.10 Hasil dari pengamatan FTIR:

Tabel 4.10 Hasil pengamatan FTIR

Sampel	**Peak**	**Jenis Polimer**
RU1	1002,98	PET
	786,96	PET
	744,52	ABS
	702,09	ABS
	632,65	PS
	597,93	PS
	582,50	PS
RU2	999,13	PVC
	783,10	PP
	698,23	PS

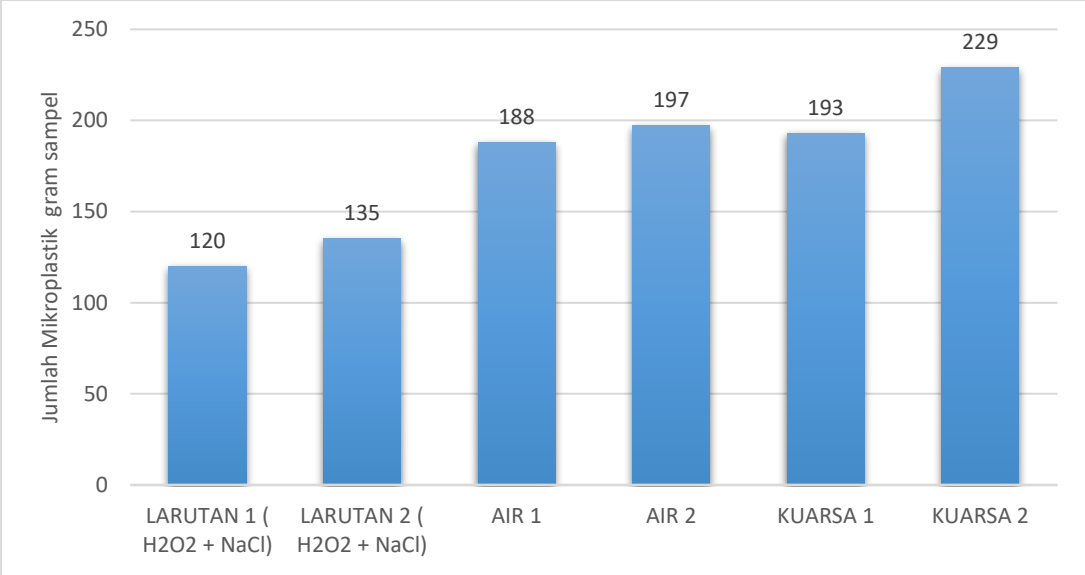
	617,22	PVC
	567,07	PTFE
RU3	999,13	PVC
	786,96	PET
	756,10	ABS
	671,23	PS
	628,79	PS
RU4	1006,84	PVC
	786,96	PET
	744,52	ABS
	702,09	LDPE
	632,65	PS
	601,79	PVC
	547,58	PS
RT1	1002,98	PS
	783,10	PET
	702,09	LDPE
	644,22	PS
	628,79	PS
RT2	1651,07	HDPE
	1396,46	HDPE
	1002,96	PS
	786,96	PET
	698,23	PS
RT3	1002,98	PS
	790,80	PET
	721,38	HDPE
	648,08	PS
	628,79	PS
RT4	995,27	PVC
	786,96	PET
	698,23	PS
	648,08	PS
	636,51	PS
RS1	995,27	PVC
	786,25	PET
	744,52	ABS
	702,09	LDPE
	636,51	PS
RS2	1002,98	PS
	786,69	PET
	623,36	PS
	597,93	PTFE
RS3	1002,98	PS

	786,96	PET
	698,23	PS
RS4	1002,98	PET
	783,10	PET
	744,52	PET
	713,66	PET
	702,09	LDPE
RB1	1716,65	HDPE
	1635,64	HDPE
	1651,07	HDPE
	1558,48	HDPE
	999,13	(PVC)
	786,96	(PP)
RB2	1743,65	HDPE
	1643,46	HDPE
	1396,46	HDPE
	995,27	PVC
	786,96	PET
RB3	1002,98	PS
	786,96	PET
	709,80	LDPE
	617,22	PVC
RB4	999,13	PVC
	786,96	PET
	671,23	PS
	648,08	PS
	636,51	PS

4.5 Pembahasan Mikroplastik pada Debu Jalan

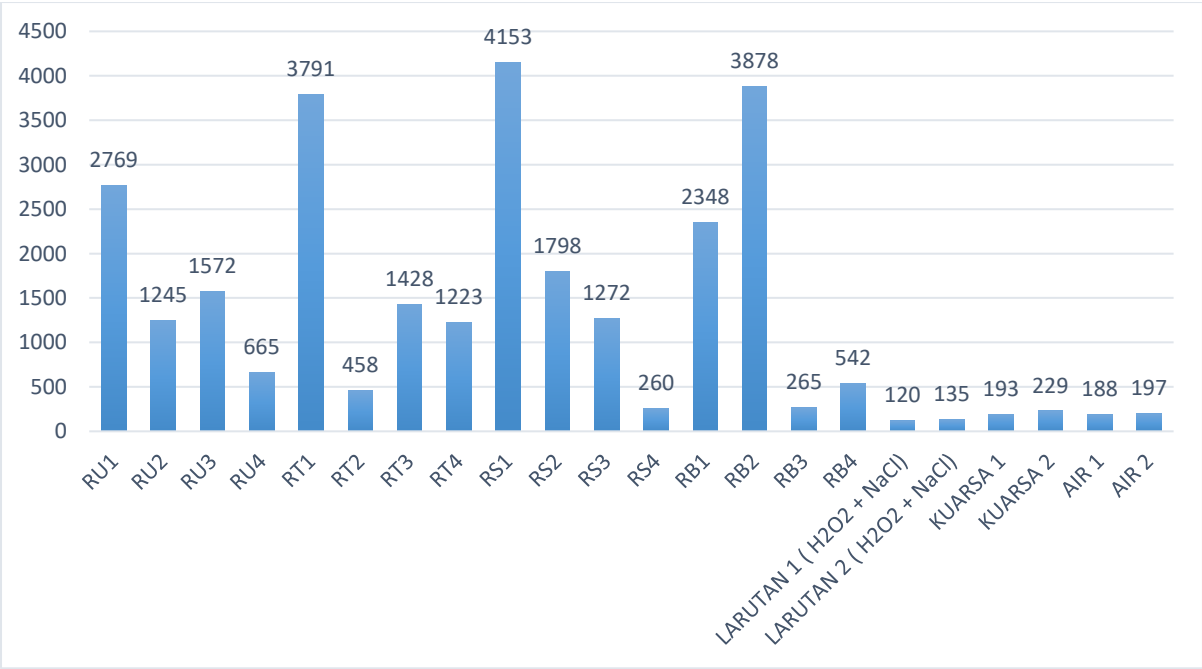
4.5.1 Blanko kontrol

Pada blanko kontrol mikroplastik pada debu jalan menggunakan blanko larutan yaitu H_2O_2+NaCl, blangko air dari aquades, blangko pasir bersih Kuarsa yang semua di buat 2 sampel kontrol. Dari hasil pengecekan kandungan mikroplastik didapati hasil sebagai berikut:



Gambar 4.14 Jumlah mikroplastik pada Blangko kontrol

Berikut ini perbandingan jumlah mikroplastik yang terkandung dalam setiap sampel debu jalan yang ditemukan di setiap Ringroad Yogyakarta:



Gambar 4.15 Perbandingan jumlah mikroplastik pada sampel dan blangko

Berdasarkan hasil grafik perbandingan jumlah mikroplastik pada sampel debu jalan dan blangko, dapat dilihat bahwa blanko masih mengandung sejumlah partikel mikroplastik. Dalam blanko larutan 1 dan 2 terdiri dari campuran Nacl dan H_2O_2, terdeteksi adanya mikroplastik di blanko 1 dengan jumlah 120 parikel dan pada blangko 2 sebanyak135 partikel,

selanjutnya pada blanko air 1 dan 2 menggunakan aquades didapati bahwa jumlah mikroplastik pada blanko 1 sebanyak 188 partikel dan pada blanko 2 sebanyak 197. Dan terakhir pada blanko pasir kuarsa didapatkan jumlah partikel mikroplastik 1 dan 2 didapati bahwa blanko 1 sebanyak 193 partikel mikroplastik dan blanko 2 sebanyak 229 partikel mikroplastik. Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa meskipun sudah dilakukan upaya pencegahan kontaminasi seperti penggunaan sarung tangan latek, pakian katun, pembersihan wadah dengan air yang sudah di suling, mikroplastik tetap terdeteksi dalam blanko.

4.5.2 Karakteristik Mikroplastik yang Dominan

Berdasarkan hasil pengamatan diatas didapatkan bahwa karakteristik mikroplastik dapat diidentifikasi berdasarkan jenis, jumlah, kelimpahan, ukuran, dan warna. Pembahasan masing-masing karakteristik tersebut adalah sebagai berikut:

1) Jenis

   Berdasarkan hasil pengamatan yang sudah dilakukan dengan mikroskop didapatkan Partikel mikroplastik diklasifikasikan menjadi fragment, serat, film, foam, dan pellet. Setelah menghitung jumlah partikelnya, mikroplastik akan dikelompokkan sesuai dengan jenisnya:

   Fragmen memiliki permukaan yang kasar dan pori-pori yang melipat, fragmen juga teramati di permukaan (Ding dkk., 2019). Berdasarkan pengamatan didapatkan bahwa jenis mikroplastik pada debu jalan fragmen sangat dominan hal ini disebabkan oleh aktifitas kendaran (P. dkk., 2017). Fragmen berwarna hitam, yang dianggap sebagai parikel ban yang terpancarkan dari kendaraan bermotor sangat dominan dalam mikroplastik yang terdeteksi (Müller dkk., 2020)

   Pada film ada Aktivitas kendaraan bermotor menjadi salah satu kontributor utama pembentukan film pada debu jalanan Karena emisi gas buang, ban yang aus, dan rem kendaraan dapat menghasilkan partikel halus yang menempel di permukaan jalan. Cuaca, seperti hujan, juga dapat mengumpulkan dan menyebarkan partikel ini di permukaan jalan, membentuk lapisan tipis atau film. Bahan kimia industri, plastik mikro, dan limbah membuat debu jalanan lebih buruk di kota-kota, sehingga film menjadi lebih berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia karena dapat menyebarkan bahan kimia beracun ke udara dan mudah dihirup oleh manusia.

Pellet plastik yang ditemukan di debu jalanan biasanya berasal dari aktivitas industri dan sisa-sisa produk plastik yang telah terdegradasi. Pellet, atau butiran kecil plastik yang digunakan untuk membuat berbagai produk plastik, seringkali mengganggu lingkungan saat dibuat, dikirim, atau disimpan. Pellet ini dapat tersebar di jalanan karena angin atau air hujan saat berada di kota-kota besar. Selain itu, plastik yang rusak atau terurai oleh sinar matahari atau proses pelapukan lainnya juga dapat menghasilkan partikel kecil yang mirip dengan pellet. Proses yang dilakukan oleh kendaraan, seperti menggeser ban dan rem, dapat memecah plastik yang lebih besar menjadi partikel kecil yang mudah ditemukan di debu jalan. Adanya pellet plastik dalam debu jalanan meningkatkan jumlah polusi mikroplastik.

Sumber utama mikroplastik jenis fiber berasal dari sektor tekstil dan pakaian. Salah satunya adalah serat yang dilepaskan dari pakaian dan tekstil sintetis seperti polyester dan nylon. Ketika pakaian ini dicuci atau terkena gesekan, serat-serat kecil dapat terlepas dan terbawa oleh angin, kemudian mengendap di jalanan. Pecahan serat dari produk plastik lain, seperti kantong plastik atau kemasan, yang terurai di lingkungan, juga bisa menjadi sumber mikroplastik fiber di debu jalan.Mikroplastik jenis fiber merupakan jenis mikroplastik yang memiliki bentuk cenderung panjang dan tipis. Mikroplastik jenis fiber dalam debu jalan disebabkan oleh beberapa faktor Menurut (Turap dkk., n.d.)

Jenis mikroplastik foam dapat berasal dari limbah rumah tangga dan kemasan styrofoam. Pada debu jalan foam disebabkan degradasi dan pecahan produk berbahan busa plastik, seperti styrofoam, yang sering digunakan dalam kemasan makanan, bahan isolasi, atau produk pengemasan lainnya. Ketika produk berbahan foam ini terpapar elemen lingkungan seperti sinar matahari, angin, dan hujan, mereka mulai terurai menjadi partikel-partikel kecil. Partikel foam ini kemudian dapat terbawa angin atau air dan menyebar ke jalanan, di mana mereka mengendap sebagai bagian dari debu.

2) Kelimpahan

Dari hasil yang didapatkan Perempatan Terminal Giwangan Yogyakarta menjadi titik tertinggi dengan mikroplastik berjumlah 4153 partikel atau sama dengan 138,4

partikel/g, konsentrasi mikroplastik pada debu jalan karena tingginya volume kendaraan, terutama bus kota dan antarprovinsi, yang lalu lalang di area tersebut juga keadaan lalu lintas mulai dari kendaraan kecil hingga bermuatan besar dan aktivitas kegiatan manusia seperti kedatangan wisatawan menjadi faktor utama. Sebagai pusat transportasi utama di kota ini, terminal ini menjadi tempat berkumpulnya kendaraan dari berbagai daerah, yang menghasilkan polusi dari abrasi ban, rem, dan emisi kendaraan. Partikel abrasi ban akan menjadi debu yang mengendap dipermukaan jalan. Aktivitas kendaraan yang padat dan beragam ini menyebabkan akumulasi mikroplastik lebih tinggi dibandingkan dengan area lain di sekitar Yogyakarta.

Sementara itu, pengambilan sampel pada Jembatan Ringroad Tirtonirmolo menunjukkan titik terendah keberadaan mikroplastik pada debu jalan dengan jumlah mikroplastik 260 partikel atau 8,7 partikel/g hal ini disebabkan karena sebagian besar mikroplastik cenderung jatuh ke sungai di bawahnya. Posisi jembatan yang melintasi aliran air ini membuat mikroplastik yang terlepas dari kendaraan dan aktivitas lainnya di permukaan jalan mudah terbawa angin atau aliran air hujan, sehingga mengalir dan mengendap di sungai di bawahnya, mengurangi konsentrasi mikroplastik yang tertinggal di permukaan jalan.

Kelimpahan mikroplastik pada sampel cukup tinggi dikarenakan pengambilan sampel dilakukan pada masa musim kemarau hal ini sesuai Menurut penelitian Jarlskog dkk. (2021) yang meneliti pengaruh musim terhadap faktor keausan ban juga komponen debu lainnnya, menarik kesimpulan bahwa ada lebih banyak mikroplastik yang dihasilkan dari keausan ban selama musim panas dibandingkan dengan musim dingin. Kelimpahan mikroplastik pada sampel cukup tinggi dikarenakan pengambilan sampel dilakukan pada masa musim kemarau.

3) Warna

Berdasarkan hasil pengamatan bahwa warna hitam menjadi warna yang dominan dalam debu jalan dengan persentase 77% hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan di australia yaitu partikel mikroplastik fragmen hitam mewakili 75% dari semua mikroplastik yang terdeteksi (Ziajahromi dkk., 2020). Selain itu analisis terhadap lahan basah air hujan di swedia menunjukkan bahwa fragmen berwarna hitam, yang dianggap sebagai parikel ban yang terpancarkan dari kendaraan bermotor sangat dominan dalam mikroplastik yang terdeteksi (Müller dkk., 2020) Partikel ban yang terdeteksi dalam debu jalan dikaitkan dengan abrasi mekanis ban (Müller dkk., 2020). Hasil analisis di

korea menunjukkan keausan permukaan yang parah akibat gesekan kendaraan pada paritikel berwarna hitam (Kang dkk., 2022).

4) Ukuran

Mikroplastik (MP) didefinisikan sebagai serpihan plastik dengan ukuran partikel 1–1.000 µm (Hartmann dkk., 2019). Penelitian lain menyatakan bahwa rentang ukuran mikroplastik berada antara 1–5.000 µm (GESAMP, 2016). Berdasarkan hasil dari pengukuran mikroplastik pada debu jalan di musim kemarau mendapatkan bahwa ukuran mikroplastik yang dapatkan berkisar 1–5.000 µm, dengan ukuran fragmen memiliki ukuran 130,55 µm, film memiliki ukuran 1393,15 µm, foam memiliki ukuran 350,54 µm, pellet memiliki ukuran 24,84 µm dan terakhir fiber memiliki ukuran 701,64 µm. setiap ukuran yang diambil dan diamati mewakili ukuran-ukuran lainnya.

5) Polimer Mikroplastik

Berdasarkan hasil pengamatan FTIR yang dilakukan pada 16 titik sampel, didapatkan bahwa nilai puncak pada sampel RU1 yaitu 1002,98 cm^{-3} , 744,52 cm^{-3} ,632,65 cm^{-3} , sehingga dari puncak tersebut didapatkan polimer yaitu: *Polyethylene terephthalate* (PET), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *Polystyrene* (PS). Pada sampel RT1 nilai puncaknya adalah 1002,98 cm^{-3} , 783,10 cm^{-3} , 702,09 cm^{-3} , sehingga dari puncak tersebut didapatkan polimer yaitu: *Polystyrene* (PS), *Polyethylene terephthalate* (PET), *polyethylene* (LDPE). Selanjutnya pada sampel RS1 nilai puncaknya adalah 995,27 cm^{-3} , 786,25 cm^{-3} , 744,52 cm^{-3} , sehingga dari puncak tersebut didapatkan *Polyvinyl chloride (PS), Polyethylene terephthalate* (PET), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS). Pada sampel RB1 nilai puncaknya adalah 1743,65 cm^{-3} , 999,13 cm^{-3} , 786,96 cm^{-3} , sehingga dari puncak tersebut didapatkan polimer yaitu: *polyethylene* (HDPE*), Polyvinyl chloride* (PVC), *Polypropylene* (PP).

Polimer *Polystyrene* (PS) ditunjukkan dengan adanya ikatan aromatic ring stretching, ditemukan pada sampel inlet 1 dan inlet 2. Jenis polimer *Polystyrene* (PS) ini merupakan salah satu jenis plastik yang umum digunakan untuk wadah gelas plastik (Kilponen, 2016). *Polystyrene* (PS) mampu melepas styrene, dimana bila *styrene* ini terkena suhu panas dapat mengakibatkan gangguan pada sistem saraf dan otak, mempengaruhi genetic, paru-paru, hati, serta kekebalan tubuh (Warlina, 2019). Jenis

polimer ini juga dapat mudah rapuh apabila terkena sinar UV secara langsung selama 350 jam lebih (Fitriya, 2018). Polimer yang terdeteksi selanjutnya yaitu *Polypropylene* (PP) ditunjukkan dengan adanya ikatan CH2 bending, CH3 bending, dan CH3 rocking. Polimer mikroplastik ini ditemukan pada sampel outlet Menurut Rahmawati, (2023) polimer *Polypropylene* (PP) digunakan sebagai bahan kimia untuk kemasan plastik makanan. *Polypropylene* (PP) merupakan bahan yang memiliki titik leleh yang tinggi, tahan korosi, mudah diproses, biaya proses murah, dapat didaur ulang, sehingga mudah diperoleh di pasaran dan banyak digunakan sebagai perabitan rumah tangga (Amalia dkk., 2014).

Jenis polimer *Polyvinyl chloride* (PVC) ditemukan pada sampel RB1, dengan ditunjukkan ikatan CH2 bending dan CH bending. Jenis polimer *Polyvinyl chloride* (PVC) memiliki kandungan klorin yang membuat polimer plastik ini tidak mudah terbakar. Polimer PVC biasanya diproduksi untuk penggunaan industri dan konsumsi seperti: kabel, pakaian, jok mobil, pipa paralon, dan lain-lain (Kilponen, 2016). Polimer *Polyvinyl Chloride* (PVC) mengandung DEHA, kandungan tersebut akan bereaksi dengan makanan yang dikemas apabila bersentuhan secara langsung dengan plastik berbahan PVC ini. Apabila polimer PVC ini bersentuhan dengan makanan yang dikemas dengan plastik ini akan membahayakan ginjal, hati, serta penurunan berat badan (Karuniastuti, 2013). *High-Density Polyethylene* (HDPE) adalah salah satu jenis plastik yang sering ditemukan dalam berbagai produk sehari-hari, seperti botol air, wadah makanan, dan pipa. HDPE dikenal karena ketahanannya, kekuatan, dan ketahanan terhadap bahan kimia. Namun, karena sifatnya yang tidak terurai dengan mudah, HDPE juga dapat menjadi salah satu komponen dari mikroplastik.

4.5.3 Sumber Mikroplastik

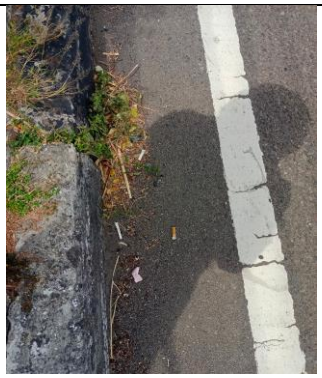
Debu plastik dihasilkan dari aktivitas seperti produksi plastik, pembakaran sampah plastik, emisi lalu lintas, pelapukan jalan, dan aktivitas pertambangan di perkotaan. Mikroplastik yang terbawa udara dalam ruangan berasal dari barang-barang plastik yang digunakan sehari-hari, seperti kemasan makanan, pakaian plastik, dan perabotan plastik. (Uurasjärvi dkk., 2020). Mikroplastik dapat dilepaskan dari barang-barang plastik yang kita gunakan sehari-hari, seperti kemasan makanan, pakaian sintetis, dan perabotan plastik.

Berikut tabel sumber mikroplastik didapatkan dilokasi pengambilan sampel:

Tabel 4.11 Sampah disekitar tempat sampling

Titik Sampel	Jumlah Kendaraan		Waktu Pengambilan	Arah & Kecepatan Angin (Windrose)	Sampah di Sekitar tempat sampling	Keterangan
	Motor	Mobil				
RU1	131	53	12.29	Kecepatan angin: 9,36 km/jam Arah angin: Selatan – Barat Daya		Kondisi pengambilan sampel sangat ramai karena berada di perempatan Jombor yang padat kendaraan dan banyak ditemukan sampah-sampah plastik
RU2	228	74	08.53	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Kondisi pengambilan sampel terbilang lancar kendaraan yang melewati, sedikit di temukan sampah plastik terdapat aktivitas sekolah di dekat pengambilan sampel
RU3	116	56	09.17	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Kondisi pengambilan sampel sangat padat kendaraan yang melewati perempatan concat banyak ditemukan sampah plastik yang dibuang sembarangan
RU4	147	48	09.33	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Pada pengambilan sampel dipertigaan pemukiman banyak ditemukan sampah plastik yang dibuang dan beberapa titik ditemukan bekas-bekas pembakaran sampah

RT1	176	90	09.45	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Pada perempatan adi sucipto banyak ditemukan sampah puntung rokok dari pengendara yang berhenti di lampu merah dan banyak juga bungkusan plastik
RT2	230	101	10.00	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Pada pertigaan masuk pemukiman daerah tersebut terbilang bersih karena pembersihan rutin, hanya ditemukan sampah serpihan dan sampah puntung rokok
RT3	93	54	10.15	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Pada perempatan ketandan aktivitas kendaraan sangat padat, banyak ditemukan ruko-ruko warga dan banyak ditemukan potongan sampah plastik yang dibuang dilokasi
RT4	100	44	10.29	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Pada perempatan masuk pemukiman banyak ditemukan sampah yang di buang sembarang dalam jumlah yang besar dan banyak sampah terdiri dari sampah plastik rumah tangga
RS1	101	83	10.46	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Kondisi pengambilan sampel di perempatan giwangan kendaraan yang padat dan panas ditambah debu jalan dan banyak sekali ditemukan sampah plastik sekali pakai

RS2	61	64	11.02	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Kondisi pengambilan sampel pada perempatan wojo padat kendaraan dan ruko-ruko masyarakat di sekitar area tersebut banyak ditemukan sampah plastik yang berserakan.
RS3	96	74	11.13	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Kondisi pengambilan sampel pada perempatan dongkelan debu jalan sangat tebal di beberapa titik ada bekas pembakaran sampah
RS4	76	54	11.23	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Pada kondisi pengambilan sampel didekat jembatan tirtonirmolo sangat sedikit ditemukan sampah karena daerah ini terbilang sepi kendaraan
RB1	89	54	11.37	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Kondisi pengambilan sampel pada perempatan wates kendaraan yang melewati sangat padat, , dan di sekitar area tersebut banyak ditemukan sampah plastik yang berserakan.
RB2	130	93	11.51	Kecepatan angin: 3,6 km/jam Arah angin: Utara – Timur Laut		Kondisi pengambilan sampel di perempatan demak ijo banyak ditemukan sampah puntung rokok dari pengendara yang berhenti di lampu merah dan banyak juga bungkusan plastik sekali pakai

RB3	127	58	12.01	Kecepatan angin: 9,36 km/jam Arah angin: Selatan – Barat Daya		Kondisi di lokasi sampling adalah ruko-ruko masyakat yang berjuangan di sekitaran kampus aktivitas warga banyak dilalui di jalan pertigaan banyak ditemukan bekas pembakaran sampah sekali pakai
RB4	109	68	12.16	Kecepatan angin: 9,36 km/jam Arah angin: Selatan – Barat Daya		Pada lokasi pertigaan selokan mataram kendaraan banyak melalui daerah tersebut banyak ditemukan sampah bungkus rokok dan bekas pembakaran sampah

Dari hal diatas kita bisa menjelaskan bahwa debu di jalan berasal dari berbagai sumber yang berhubungan dengan aktivitas manusia dan lingkungan sekitar seperti sampah dan lain-lain. Debu jalan terutama berasal dari gesekan ban dan rem kendaraan yang melintasi jalan yang melepaskan partikel kecil termasuk mikroplastik ke udara. Selain itu, aktivitas industri dan proyek konstruksi membawa partikel debu ke jalan melalui angin atau lalu lintas padat yang terjadi. Debu dari tanah dan pasir berkontribusi, terutama di daerah tanpa vegetasi di mana angin kencang dapat dengan mudah mengangkat partikel halus dari permukaan jalan yang kering terutama selama musim kemarau. Selama musim kering, debu lebih mudah terbentuk karena tidak ada hujan yang biasanya mengendapkan partikel di permukaan tanah dan membawa debu ke perairan, sehingga penyebaran debu dari berbagai sumber tersebut lebih cepat.

Angin memainkan peran penting dalam pergerakan debu di jalan terutama selama musim kemarau ketika udara lebih kering dan partikel lebih ringan. Seberapa jauh debu termasuk mikroplastik, dapat tersebar dari sumbernya dipengaruhi oleh kecepatan dan arah angin. Mikroplastik yang ditemukan dalam debu jalan terutama berasal dari plastik konsumen yang terfragmentasi, seperti kemasan dan serat tekstil, serta serpihan kecil ban dan rem kendaraan yang rusak. Ketika partikel mengendap di permukaan jalan,

tergabung dalam gumpalan debu yang lebih besar, atau dibawa kembali oleh angin atau air, proses pergerakan ini berakhir dijalanan. Partikel debu dan mikroplastik ini dapat diangkut kembali oleh pergerakan lalu lintas, menumpuk di sudut jalan, atau masuk ke sistem drainase. Dengan demikian, mereka menjadi bagian dari siklus pergerakan yang berulang di lingkungan jalanan.

4.6 Rekomendasi Pengelolaan Lingkungan

Rekomendasi pengelolaan lingkungan yang bisa di gunakan dalam mengurangi adanya mikroplastik pada debu jalan yaitu

- Mengurangi penggunaan plastik sekali pakai

  Dalam hal ini pemerintah dilibarkan dalam hal memperkuat peraturan atau regulasi serta kampanye untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, terutama di kawasan komersial dan perumahan. Mendorong penggunaan bahan yang lebih ramah lingkungan dan menerapkan program pengelolaan sampah plastik yang efektif di setiap sektor.
- Menggunakan transportasi ramah lingkungan

  Angkutan umum menjadi solusi yang terbaik untuk mengurangi mikroplastik pada debu jalan hal ini karena ketika angkutan umum seperti kereta, bus, dan sepeda denagn kitamenggunakan transportasi umum yang ramah lingkungan, polusi mikroplastik dari kendaraan pribadi dapat ditekan. Hal ini juga akan mengurangi kepadatan lalu lintas yang berkontribusi pada peningkatan polusi jalan.
- Pemeliharaan rutin jalan

  Pembersihan jalan rutin bisa menjadi program yang baik dan harus di tingkatkan, terutama pada saat musim kemarau ketika mikroplastik cenderung terakumulasi di permukaan jalan. Penggunaan alat dan metode yang tepat untuk membersihkan debu jalanan secara menyeluruh akan membantu mengurangi paparan mikroplastik di udara dan tanah.
- Sistem Pengelolaan sampah yang baik dari hulu ke hilir

  Agar tidak adanya sampah yang masuk kedalam jalan Sistem pengelolaan sampah yang lebih baik diperlukan untuk mencegah plastik dan limbah lainnya terbawa oleh angin atau hujan hingga ke jalanan. Sistem drainase juga perlu ditingkatkan agar tidak menjadi jalur distribusi mikroplastik saat hujan turun, khususnya di area Ringroad yang dekat dengan permukiman dan pusat industri.
- Mengedukasi dan menyadaran masyarakat

Melibatkan masyarakat melalui edukasi dan kampanye publik tentang bahaya mikroplastik dan bagaimana aktivitas sehari-hari, seperti penggunaan plastik dan produk sintetis, berkontribusi terhadap polusi mikroplastik. Program ini harus dilakukan secara terus-menerus agar kesadaran masyarakat meningkat dan dapat berkontribusi dalam menjaga kebersihan lingkungan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil olah data yang telah dilakukan, maka dapat dtarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil yang didapatkan pencemaran mikroplastik pada debu jalan Ringroad tertinggi adalah titik RS1 perempatan Terminal giwangan kelimpahan mikroplastik tertinggi dengan 138,4 partikel/g terendah terletak pada titik RS4 dengan 8,7 partikel/g. ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu ban kendaraan, kepadatan lalu lintas, dan faktor lokasi pengambilan sampel.
2. Karakterisitik jenis mikroplastik yang dominan adalah *fragmen* dengan persentase *fragmen* 77%, *Pellet* 11%, *Film* 6%, *Fiber* 5%, dan *Foam* 1%. Sedangkan pada warna teridentifikasi menjadi 6 warna yaitu hitam, merah, kuning, biru, transparan, dan hijau dengan warna yang dominan adalah warna hitam dengan persentase 67,8%. Berdasarkan ukuran mikroplastik maka ukuran fragmen memiliki ukuran 130,55 µm, film memiliki ukuran 1393,15 µm, foam memiliki ukuran 350,54 µm, pellet memiliki ukuran 24,84 µm dan terakhir fiber memiliki ukuran 701,64 µm. setiap ukuran yang diambil dan diamati mewakili ukuran-ukuran lainnya.
3. Hasil pengukuran polimer mikroplastik yang dilakukan pada 16 titik sampel, didapatkan polimer yang terkandung yaitu: *Polyethylene terephthalate* (PET), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *Polystyrene* (PS), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE*), Polyvinyl chloride* (PVC), dan *Polypropylene* (PP).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan:

1. Diperlukan ketelitian yang dalam pada saat pengamatan mikroplastik pada debu jalan yaitu pada saat pengamatan menggunakan mikroskop dan pada saat mengidentifikasi dan perhitungan jumlah
2. Diperlukan penelitian lanjut tentang pengaruh mikroplastik pada debu jalan terhadap Kesehatan manusia
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang mikroplastik pada debu jalan dikota-kota besar lainnya.

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*(23). https://doi.org/10.1007/s12665-017-7137-0

Booth, A. M., Kubowicz, S., Beegle-Krause, C. J., Skancke, J., Nordam, T., Landsem, E., Throne-Holst, M., & Jahren, S. (n.d.). *Microplastic in global and Norwegian marine environments: Distributions, degradation mechanisms and transport Author(s)*.

Cverenkárová, K., Valachovičová, M., Mackul'ak, T., Žemlička, L., & Bírošová, L. (2021). Microplastics in the food chain. In *Life* (Vol. 11, Issue 12). https://doi.org/10.3390/life11121349

Ding, L., Mao, R. fan, Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., & Yang, C. (2019). Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest of China. *Science of the Total Environment*, *667*, 427–434. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.332

GESAMP. (2016). Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: Part 2 of a Global Assessment. *Rep. Stud. GESAMP, No. 90*.

Hartmann, N. B., Hüffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., Rist, S., Karlsson, T., Brennholt, N., Cole, M., Herrling, M. P., Hess, M. C., Ivleva, N. P., Lusher, A. L., & Wagner, M. (2019). Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environmental Science and Technology*, *53*(3). https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297

Hidalgo-Ruz, V., Lars, G., Thompson, R., & Martin, T. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification Cellular Effects of microplastics-uptake, fate and pathologies View project. *Environmental Science and Technology*, *46*.

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 (Switzerland)*, *14*(5). https://doi.org/10.3390/su14053006

Karlsson, T. M., Vethaak, A. D., Almroth, B. C., Ariese, F., van Velzen, M., Hassellöv, M., & Leslie, H. A. (2017). Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: Method development and microplastic accumulation. *Marine Pollution Bulletin*, *122*(1–2). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.081

Kooi, M., & Koelmans, A. A. (2019). Simplifying Microplastic via Continuous Probability Distributions for Size, Shape,and Density. *Environmental Science and Technology Letters*, *6*(9). https://doi.org/10.1021/acs.estlett.9b00379

Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2020). The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources. *Science of the Total Environment*, *709*, 136125. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136125

P., J. K., A.J., L., F.G.A.J., V. B., & A.M.J., R. (2017). Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(10).

Su, L., Nan, B., Craig, N. J., & Pettigrove, V. (2020). Temporal and spatial variations of microplastics in roadside dust from rural and urban Victoria, Australia: Implications for diffuse pollution. *Chemosphere*, *252*. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126567

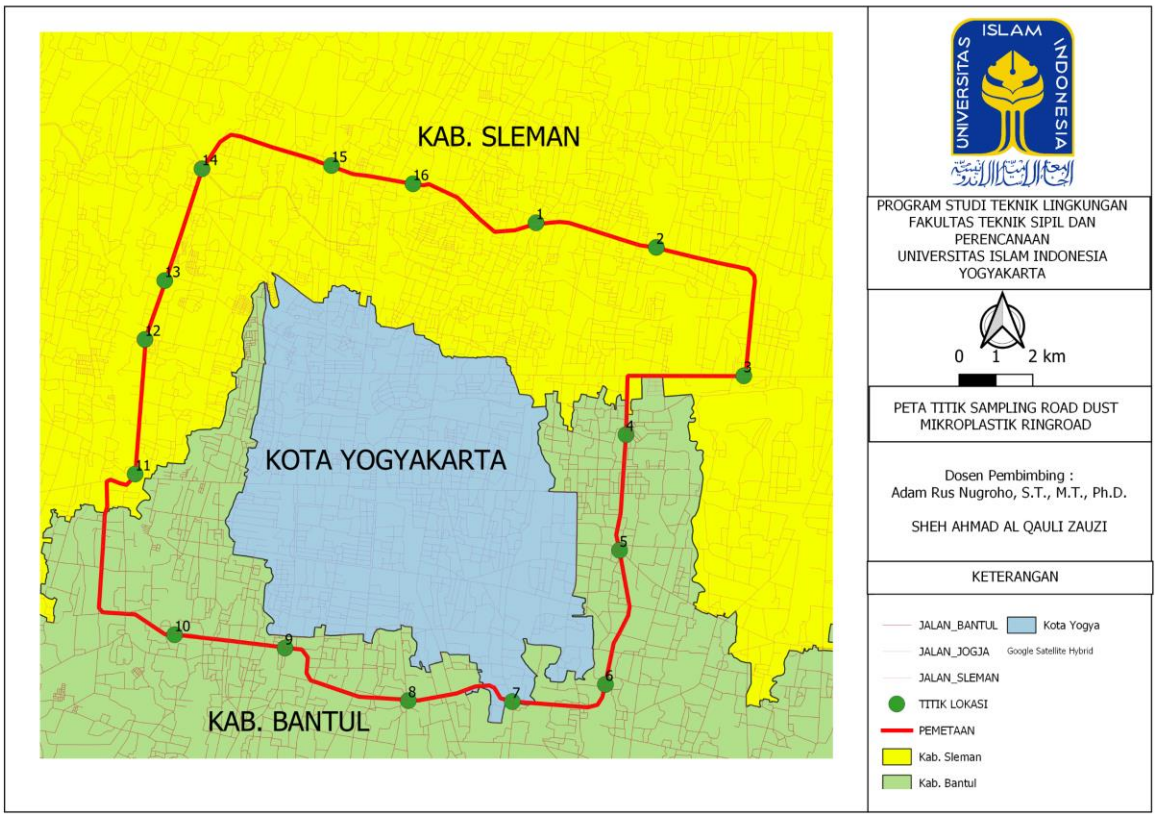
Turap, T., Merupakan, T. B., Lebih, T. B., & Turap, T. D. (n.d.). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title*. 1–17.

Uurasjärvi, E., Hartikainen, S., Setälä, O., Lehtiniemi, M., & Koistinen, A. (2020). Microplastic concentrations, size distribution, and polymer types in the surface waters of a northern European lake. *Water Environment Research*, *92*(1). https://doi.org/10.1002/wer.1229

Ziajahromi, S., Drapper, D., Hornbuckle, A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. L. (2020). Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland: Detection of tyre particles in sediment. *Science of the Total Environment*, *713*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136356

LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Titik Sampling



Lampiran 2 Dokumentasi pengambilan sampel

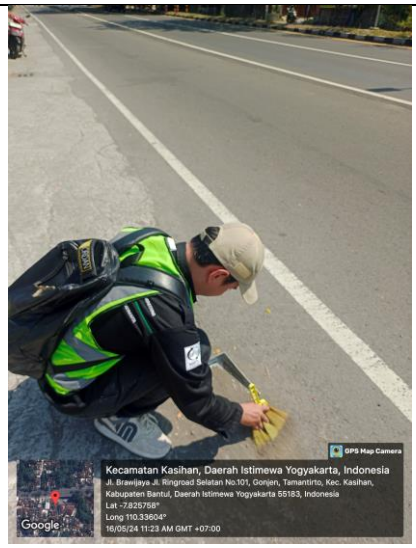
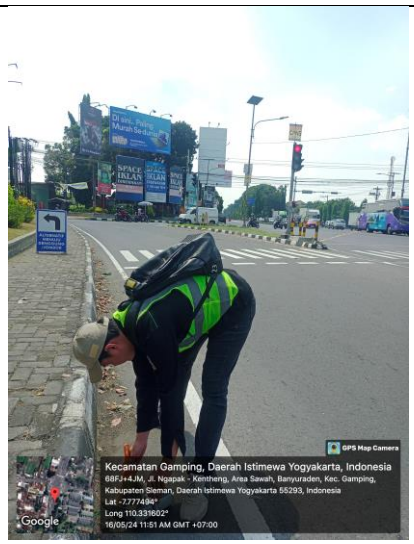


Ringroad Utara 1



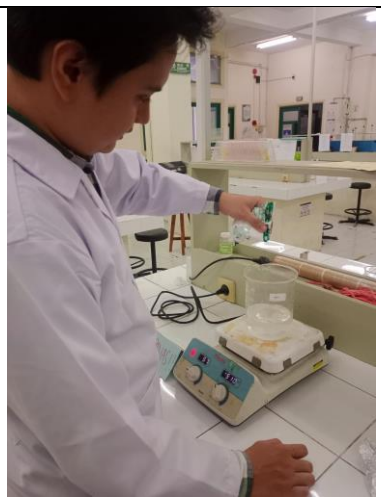
Ringroad Utara 2

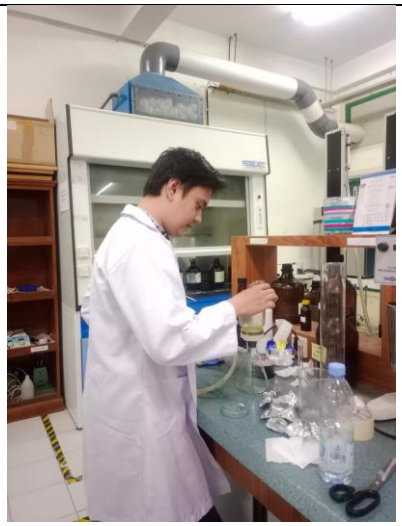
	
Ringroad Utara 3	Ringroad Utara 4
	
Ringroad Timur 1	Ringroad Timur 2
	
Ringroad Timur 3	Ringroad Timur 4

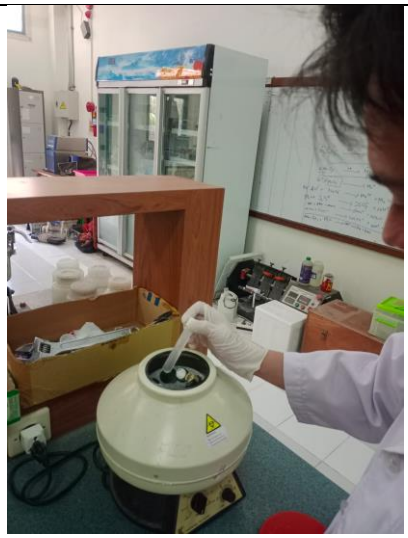
	
Ringroad Selatan 1	Ringroad Selatan 2
	
Ringroad Selatan 3	Ringroad Selatan 4
	
Ringroad Barat 1	Ringroad Barat 2

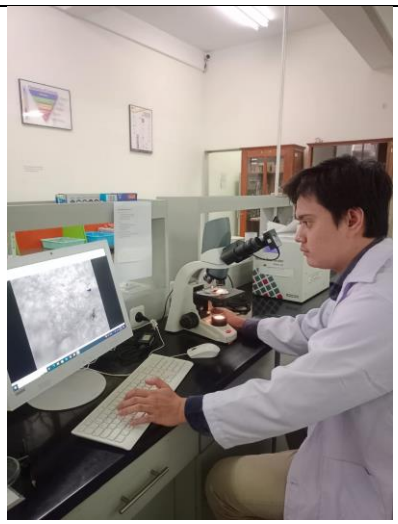
	
Ringroad Barat 3	Ringroad Barat 4

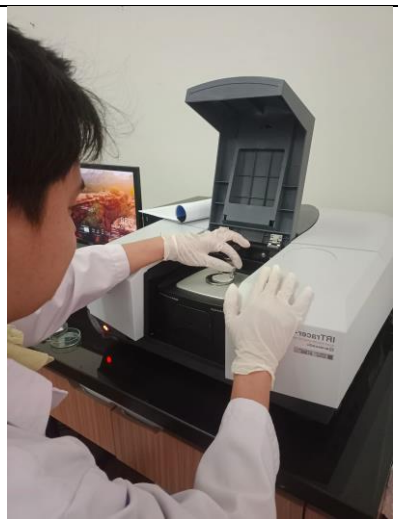
Lampiran 3 Dokumentasi di Laboratorium

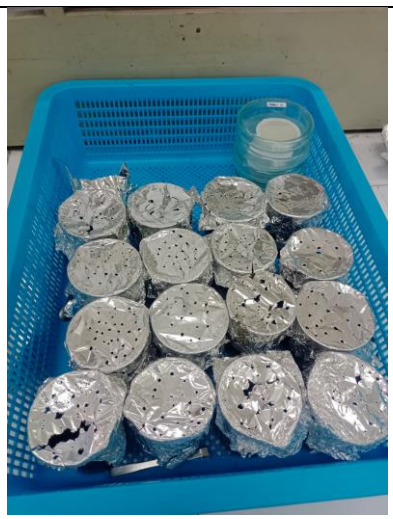




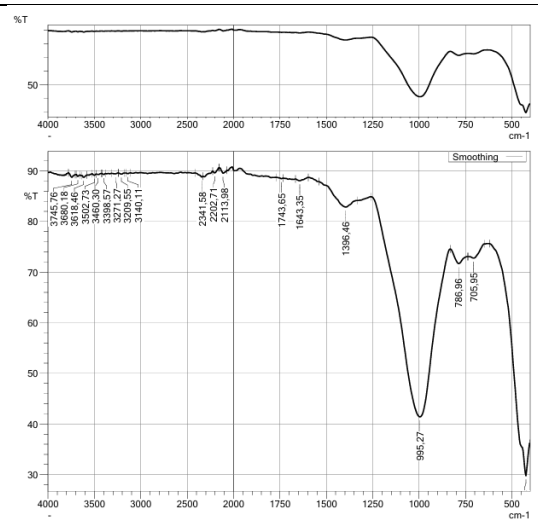




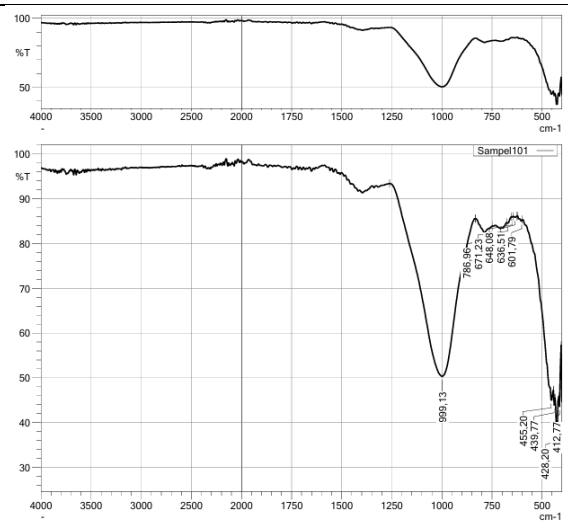




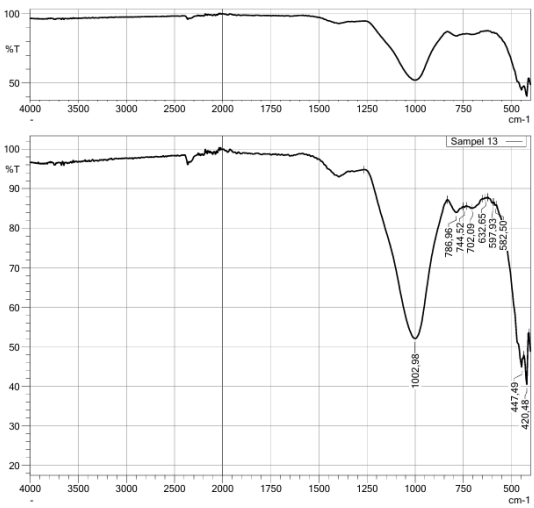
Lampiran 4 Hasil pembacaan polimer mikroplastik (FT-IR)



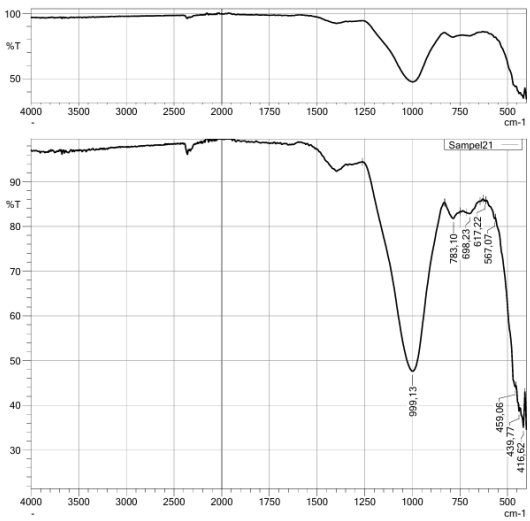
Ringroad Utara 1



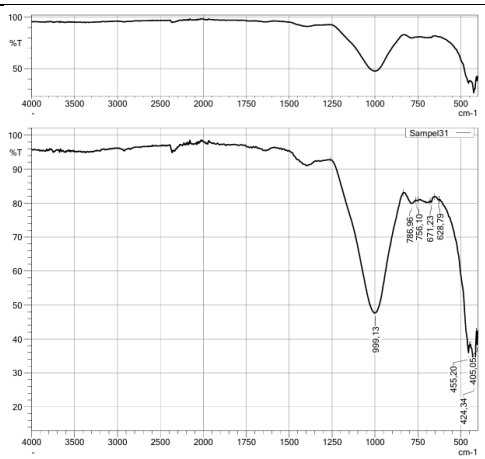
Ringroad Utara 2



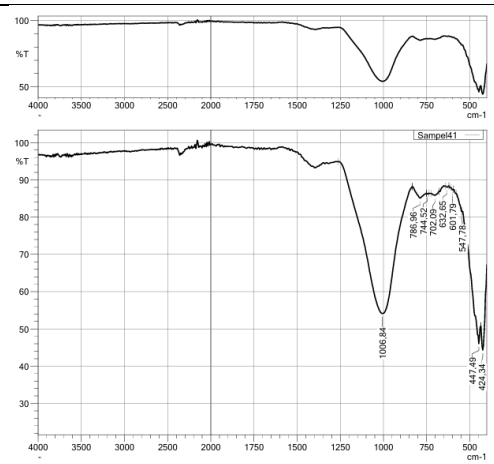
Ringroad Utara 3



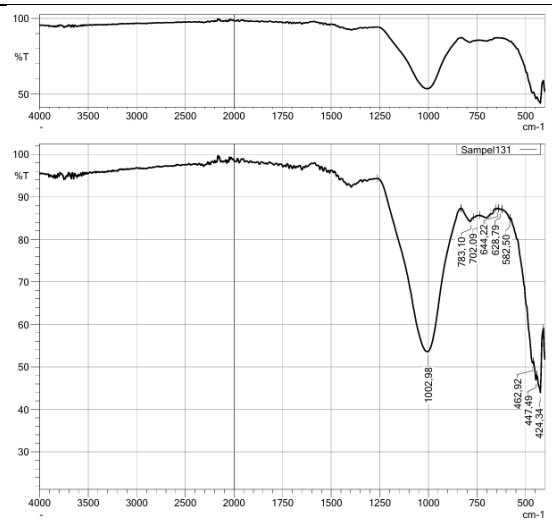
Ringroad Utara 4



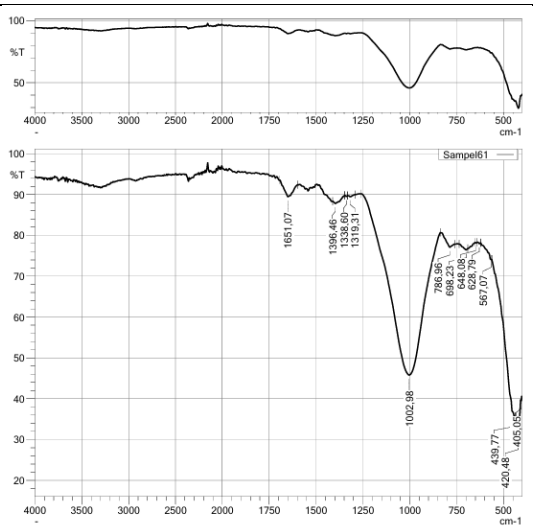
Ringroad Timur 1



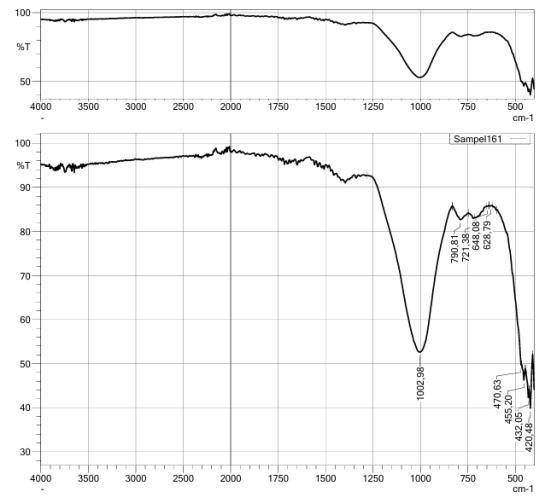
Ringroad Timur 2



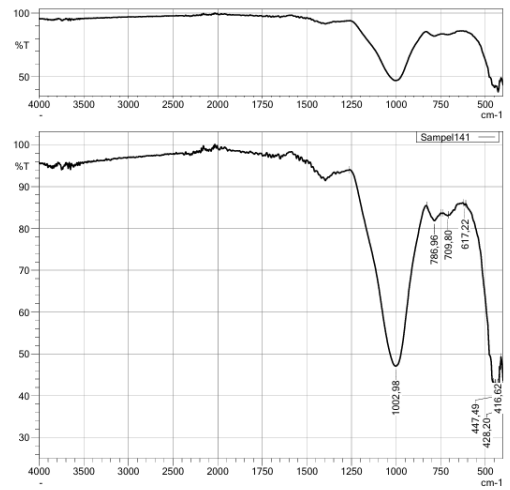
Ringroad Timur 3



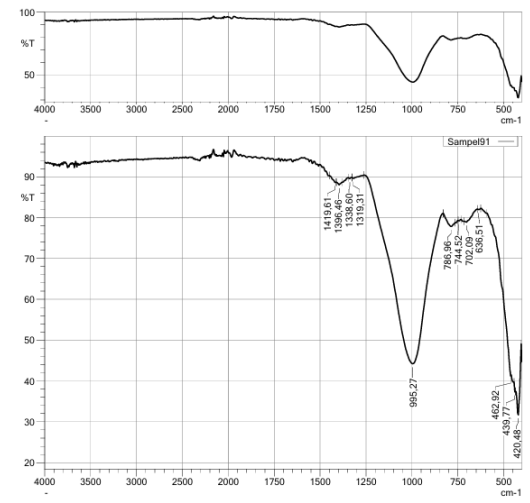
Ringroad Timur 4



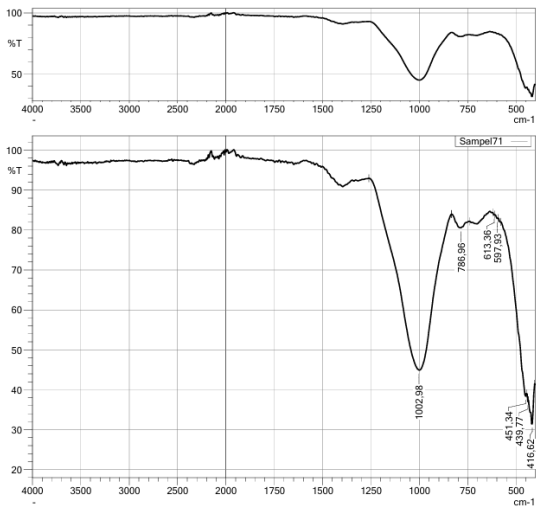
Ringroad Selatan 1



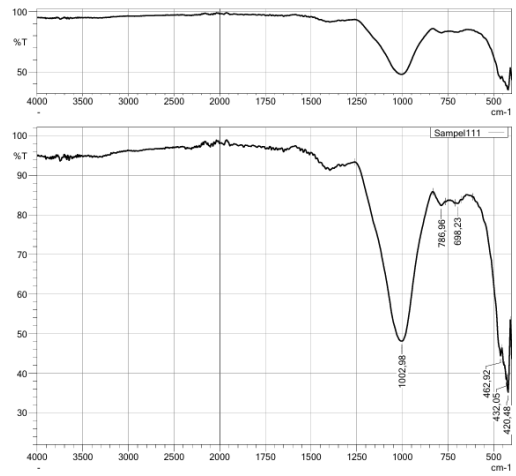
Ringroad Selatan 2



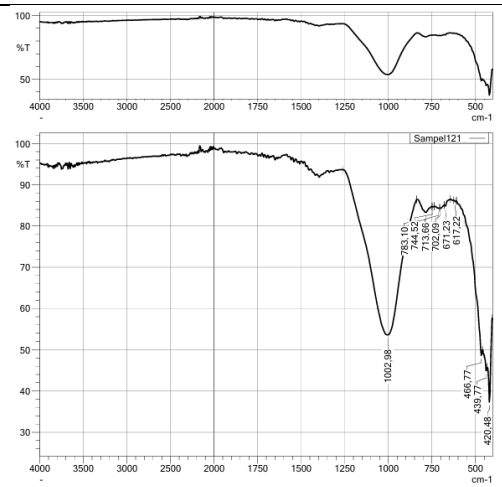
Ringroad Selatan 3



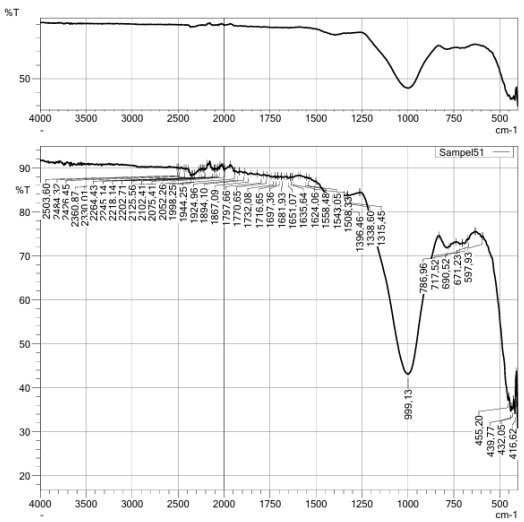
Ringroad Selatan 4



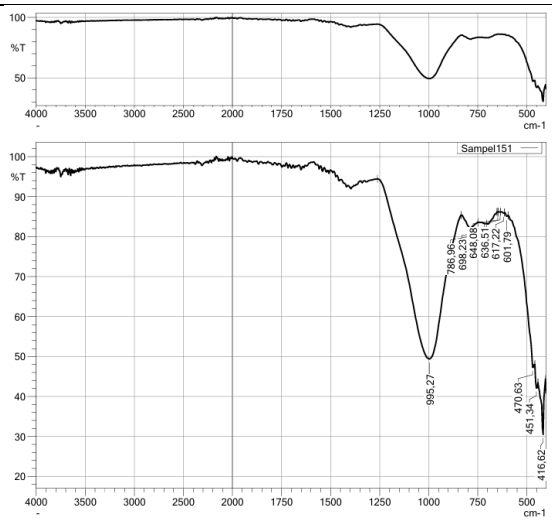
Ringroad Barat 1



Ringroad Barat 2



Ringroad Barat 3



Ringroad Barat 4