

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA DEBU JALAN DI AREA MALIOBORO DAN PEMUKIMAN

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



RIVANDI MURSAL RIZKI

20513043

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

2024

**IDENTIFIKASI KELIMPAAHAN MIKROPLASTIK PADA DEBU JALAN DI AREA
MALIOBORO DAN PEMUKIMAN**

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



Disusun Oleh :
RIVANDI MURSAL RIZKI
20513043

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 DI AREA
MALIOBORO DAN PEMUKIMAN

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 23 Oktober 2024

Disusun Oleh :

RIVANDI MURSAL RIZKI

20513043

Tim Penguji :

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

NIK 155131304

() 23/10 2024

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

NIK 155131313

() 23/10 24

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

NIK 005130101

() 23/10 24

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 software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku perguruan tinggi .

Yogyakarta, 25 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan


Rivandi Mursal Rizki
20513043

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik Pada Debu Jalan di Area Malioboro dan Pemukiman**”. Penyusunan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan jenjang Strata Satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

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

1. Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan tugas akhir.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah memberi curah keberkahan dan sebagai petunjuk dalam segala melakukan aktifitas.
3. Almarhumah ibu penulis yang sudah menemani sampai 4 semester perkuliahan tetapi semangat dan kasih sayang dalam mendukung pendidikan sampai tiada masa serta ayah dan adik penulis yang telah mendukung secara moral dan batin dalam menyelesaikan perkuliahan .
4. Terimakasih kepada Jendral purnawirawan yang tidak disebutkan namanya yang telah membimbing saya dalam menghadapi suatu tantangan dan ketangguhan serta kebijaksanaan dalam menghadapi kehiruk pikukan dunia dengan mental yang berani dan tangguh dalam menghadapi suatu hal dengan slogan yang berasal dari kalimat latin yaitu “*Im Omnia Paratus*” .
5. Terimakasih kepada Rivandi Mursal Rizki yang sudah menghadapi semua tantangan dalam kehidupan dengan tangguh dengan semua batu kerikil dari kecil maupun terbesar sampai saat ini.

6. Terimakasih kepada Bapak Socrates, Bapak Plato, Bapak Nietzsche dan semua yang berada di Athena ataupun yang lainnya sebagai peneman penulis dalam melakukan suatu kebingungan yang ada dimuka bumi ini .
7. Bapak Adam Rus Nugroho S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktunya untuk selalu memberikan bimbingan, dukungan, bantuan, serta saran kepada penulis selama masa pengerjaan tugas akhir.
8. Bapak Ir. Lukman Hakim, S.T., M.T dan Bu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T sebagai dosen penguji.
9. Bapak Spiderman yang telah membantu penulis dalam mendukung percepatan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Rekan seperjuangan Yeza Ahmad Farhani yang telah membantu penulis dalam menghadapi kondisi kesulitan.
11. Kepada mentor mikroplastik *Road dust* Mba Baiq dan rekan seperjuangan Sheh Ahmad alqouli , Farah dan Satria di topik mikroplastik dan seperbimbingan yang selalu memberi dukungan dan bantuan dari awal proses pengerjaan tugas akhir hingga selesai.

Kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak luput merupakan dari kesalahan dan keterbatasan ilmu yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, pemberian kritik dan saran kepada penulis diterima untuk dalam kemajuan penulis dan juga kelengkapan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun pembaca.

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

Yogyakarta, 05 Juli 2024

Rivandi Mursal Rizki

ABSTRAK

RIVANDI MURSAL RIZKI . Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik pada debu jalan di area Malioboro dan Pemukiman. Dibimbing oleh Adam Rus Nugroho ,S.T,M.T.,Ph.D.

Plastik dan karet suatu yang bermanfaat dan juga merugikan bagi kehidupan. Plastik dan bahan dasar karet menyebabkan adanya polusi yang disebut mikroplastik. Distribusi mikroplastik di perkotaan dimulai dari terfragmentasi plastik dan bahan yang berasal dari karet yaitu ban yang terabrasi dan menghasilkan partikel debu . Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debu jalan yang berukuran ≤ 1.18 milimeter serta menghitung kelimpahan dan karakteristik mikroplastik dalam debu jalan di kawasan wisata area Malioboro dan pemukiman, yang dipengaruhi oleh tingginya jumlah pengunjung, volume kendaraan, dan kondisi cuaca. Aktivitas pariwisata yang padat dan lalu lintas kendaraan yang tinggi di area Malioboro berkontribusi signifikan terhadap akumulasi mikroplastik di area tersebut. Metode yang digunakan dalam analisis adalah metode National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) dengan beberapa modifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debu jalan yang berukuran ≤ 1.18 Milimeter yang diteliti di area Malioboro dan Pemukiman terdapat lima jenis mikroplastik, yaitu Fragment (65,3%), Fiber (3,02%), Film (25,9%), Foam (0,93%), dan Pellet (4,70%). Warna Mikroplastik yang ditemukan didominasi oleh warna Hitam (65,41%) dan diikuti warna Transparan (25,31%), Merah (1,80%), Kuning (0,7%), Hijau (0,22%), Biru (1,01%), dan Cokelat (5,51%). Analisis menggunakan FTIR mengidentifikasi 7 jenis polimer, yaitu Polypropilene (PP) 33,3%, LDPE 3,7%, Polycarbonate (PC) 18,51 %, Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) 11,11%, Ethylene vinyl acetate (EVA) 3,70%, Polystyrene (PS) 22,2%, Nylon 7,40%, . Debu jalan ini merupakan awal mula dari persebaran mikroplastik berada di semua lingkungan di daratan sampai ke perairan.

Kata Kunci: Debu jalan, Mikroplastik, Mikroskop, FTIR

ABSTRACT

RIVANDI MURSAL RIZKI. *Identification of Microplastic abundance in road dust in Malioboro and residential areas. Supervised by Adam Rus Nugroho, S.T, M.T., Ph.D.*

Plastic and rubber are both beneficial and harmful to life. Plastic and rubber-based materials cause pollution called microplastics. The distribution of microplastics in urban areas starts from the fragmentation of plastic and rubber-derived materials, namely tires that are abraded and produce dust particles. This study aims to analyze road dust measuring ≤ 1.18 millimeters and calculate the abundance and characteristics of microplastics in road dust in Malioboro area tourist areas and residential areas, which are influenced by the high number of visitors, vehicle volume, and weather conditions. Dense tourism activities and high vehicle traffic in the Malioboro area contribute significantly to the accumulation of microplastics in the area. The method used in the analysis is the National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) method with some modifications. The results showed that road dust measuring ≤ 1.18 millimeters studied in Malioboro and residential areas contained five types of microplastics, namely Fragment (65.3%), Fiber (3.02%), Film (25.9%), Foam (0.93%), and Pellet (4.70%). The color of Microplastics found was dominated by Black (65.41%) and followed by Transparent (25.31%), Red (1.80%), Yellow (0.7%), Green (0.22%), Blue (1.01%), and Brown (5.51%). Analysis using FTIR identified 7 types of polymers, namely Polypropilene (PP) 33.3%, LDPE 3.7%, Polycarbonate (PC) 18.51%, Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) 11.11%, Ethylene vinyl acetate (EVA) 3.70%, Polystyrene (PS) 22.2%, Nylon 7.40%, . This road dust is the beginning of the spread of microplastics in all environments from land to water.

Keywords: Road dust, Microplastics, Microscopy, FTIR

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I	14
PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Tujuan Penelitian	15
1.4 Manfaat Penelitian	15
1.5 Ruang Lingkup	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1 Mikroplastik	17
2.2 Mikroplastik Debu Jalan	19
2.2.1 Partikel Keausan Tapak Ban	20
2.2.2 Partikel Keausan Ban dan Jalan	20
2.2.3 Partikel keausan pada aspal	21
2.3 Kepadatan Siklus Transportasi di Yogyakarta	21
2.4 Fourier Transform Infrared (FTIR)	23
2.5. Penelitian Terdahulu	27
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Lokasi	17
3.2 Diagram alir penelitian	18
3.3 Variabel Penelitian	20
3.3.1. Variabel Utama	20
3.3.2 Variabel Pendukung	20
3.3.3 Variabel Kontrol	20
3.4 Alat dan Bahan	20
3.5 Pengambilan sampel	21
3.6 Preparasi Sampel	22
3.6.1 Pengeringan	23
3.6.2 WPO (Wet Peroxide Oxidation)	24

3.6.3 Density Separation	24
3.6.4 Centrifuge	25
3.6.5 Penyaringan	26
3.6 Analisis Sampel	27
3.6.1 Mikroskop	27
3.6.2 Fourier Transform Infrared (<i>FTIR</i>)	28
3.7 Analisis Data	28
3.7.1 Analisis Data Pada Mikroskop	28
3.7.2 Analisis Data Pada FTIR	29
BAB IV	34
4.1 Kelimpahan Mikroplastik	34
4.1.1 Jenis Mikroplastik	34
4.1.2 Jumlah Mikroplastik	36
4.1.3 Kelimpahan Mikroplastik	39
4.2 Warna Mikroplastik	40
4.3 Ukuran Mikroplastik	42
4.4 Jenis Polimer Plastik	44
4.5 Pembahasan	47
4.5.1 Karakteristik Mikroplastik	47
4.5.2 Sumber Mikroplastik	53
4.6 Rekomendasi Pengelolaan Lingkungan	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 KESIMPULAN	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
Lampiran	71
RIWAYAT HIDUP	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Mikroplastik berdasarkan bentuknya	5
Tabel 2. 2 Penentuan Jenis Polimer Berdasarkan Nilai Puncak Gelombang FTIR	11
Tabel 2. 3 Penelitian terdahulu	14
Tabel 3. 1 Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel	16
Tabel 3. 2 Waktu Pelaksanaan Sampling.....	18
Tabel 3. 3 Alat Pengambilan Sampel.....	20
Tabel 3. 4 Alat Pengujian Mikroplastik	21
Tabel 3. 5 Bahan Pengujian Mikroplastik.....	24
Tabel 4. 1 Jenis Mikroplastik.....	35
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Persentase Mikroplastik berdasarkan Warna.....	39
Tabel 4. 3 Warna Mikroplastik pada Debu Jalan.....	41
Tabel 4. 4 Mikroplastik berdasarkan ukuran	43
Tabel 4. 5 Analisis Senyawa Polimer FTIR.....	45
Tabel 4. 6 Jenis Mikroplastik di Area Pariwisata Malioboro dan Pemukiman	48
Tabel.4. 7 Perbandingan Polimer dan Mikroplastik.....	50
Tabel.4. 8 Sumber Mikroplastik di Area Pariwisata Malioboro dan Pemukiman	52
Tabel 4. 9 Data BMKG Klimatologi Yogyakarta	56
Tabel 4. 10 Korelasi perbandingan jumlah kendaraan dan kelimpahan mikroplastik	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk Mikroplastik Jenis Fragmen	6
Gambar 2. 2 Bentuk Mikroplastik Jenis Fiber/ Serat.....	6
Gambar 2.3 Bentuk Mikroplastik Jenis Film.....	7
Gambar 2. 4 Bentuk Mikroplastik Jenis pellet.....	7
Gambar 2. 5 Grafik Jumlah Wisatawan Malioboro tahun 2023	9
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Titik Pengambilan Sampel	18
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3. 3 Pengambilan sampel debu jalanan	25
Gambar 3. 4 Flow Chart Proses Preparasi Sampel	26
Gambar 3. 5 Tahap pengovenan Debu Jalan	27
Gambar 3. 6 Proses <i>Wet Peroxide Oxidation</i> (WPO).....	28
Gambar 3. 7 Proses <i>Density Separation</i>	29
Gambar 3. 8 Proses <i>Centrifuge</i>	29
Gambar 3. 9 Proses Penyaringan sampel menggunakan Pompa Vacuum	30
Gambar 3. 10 Mikroskop.....	31
Gambar 3. 11 Alat <i>FTIR</i>	32
Gambar 4. 1 Jumlah mikroplastik.....	37
Gambar 4. 2 Kelimpahan pada debu jalan.....	39
Gambar 4. 3 Hasil perhitungan Persentase Polimer.....	47
Gambar 4. 4 Hasil Perhitungan Blanko Kontrol.....	51
Gambar 4. 5 Metode Fishbone Pada Blanko Kontrol.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Graph Sampel Tugu Yogyakarta	66
Lampiran 1. 2 Hitlist Sampel Tugu Yogyakarta	67
Lampiran 1.3 Graph Sampel Monumen Stasiun KA Yogyakarta	67
Lampiran 1.4 Hitlist Sampel Stasiun KA Yogyakarta	68
Lampiran 1.5 Graph Sampel Plang Malioboro	68
Lampiran 1.6 Hitlist Sampel Plang Malioboro	69
Lampiran 1. 7 Graph Sampel Plaza Malioboro	69
Lampiran 1. 8 Hitlist Sampel Plaza Malioboro	70
Lampiran 1. 9 Graph Sample Pasar Beringharjo	71
Lampiran 1. 10 Hitlist Sampel Pasar Beringharjo	71
Lampiran 1. 11 Graph Sampel Titik Nol Yogyakarta	71
Lampiran 1. 12 Hitlist Sampel Titik Nol Yogyakarta	72
Lampiran 1. 13 Graph sampel Pemukiman Cokrokusuman	72
Lampiran 1. 14 Hitlist Sampel Pemukiman Cokrokusuman	73
Lampiran 1. 15 Graph Sampel Pemukiman Kauman	73
Lampiran 1. 16 Hitlist Pemukiman Kauman	74
Lampiran 1. 17 Graph Sampel Pemukiman Kauman	74
Lampiran 2. 1 Dokumentasi Area Tugu Yogyakarta	75
Lampiran 2. 2 Dokumentasi Area Monumen KA Yogyakarta	75
Lampiran 2. 3 Dokumentasi Area Plang Malioboro	76
Lampiran 2. 4 Dokumentasi Area Plaza Malioboro	76
Lampiran 2. 5 Dokumentasi Pasar Beringharjo	77
Lampiran 2. 6 Dokumentasi Titik Nol Yogyakarta	78
Lampiran 2. 7 Dokumentasi Pemukiman Cokrokusuman	78
Lampiran 2. 8 Dokumentasi Pemukiman Kauman	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman modern ini, kita tidak dapat lepas dari penggunaan bahan berbasis plastik dan karet (Rasmussen dkk., 2024). Produksi plastik global pada tahun 2025 diperkirakan mencapai 635 juta ton (Haque, 2023) dan terus meningkat setiap tahunnya. Menurut OECD (2022), produksi plastik secara global pada tahun 2060 diperkirakan mencapai 1,2 miliar ton. Salah satu bahan berbasis karet yang sering digunakan adalah ban, yang umumnya digunakan pada transportasi umum maupun pribadi, seperti kendaraan roda empat, roda dua, dan berbagai jenis transportasi lainnya. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, semakin banyak pula orang yang bergantung pada transportasi untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya (Jenne C., 2020). Namun, penggunaan bahan berbasis plastik dan karet ini turut berkontribusi terhadap munculnya partikel mikroplastik yang berada di debu jalan (Jarlski., 2022).

Mikroplastik yang terdeteksi sebagai debu jalan ini berasal dari sampah yang berserakan di kawasan perkotaan, akibat abrasi pada ban kendaraan. Hal ini menyebabkan mikroplastik menyebar di lingkungan, dipengaruhi oleh hujan, angin, dan aktivitas kendaraan (Haque, 2023). Dengan banyaknya mikroplastik yang tersebar di lingkungan dan ukurannya yang sangat kecil dan tidak terlihat dengan mata tanpa alat bantuan, mikroplastik ini sangat dikhawatirkan dapat berdampak negatif dan masuk ke dalam saluran pernapasan manusia (Abbasi dkk., 2019). Di kota Chennai India terdeteksi mikroplastik yang berasal dari debu jalanan yang dikhawatirkan akan masuk ke dalam saluran pernapasan manusia dengan kelimpahan mikroplastik $227,94 \pm 91,39$ perseratus gram mikroplastik yang berasal dari debu jalan (Dowarah dkk., 2020) dan di kota Asaluyeh, Iran terdeteksi mikroplastik yang berasal dari debu jalan 900 partikel per 15 gram dan 250 *microrubber* per 15 gram dan dapat berpotensi ke kesehatan manusia (Abbasi dkk., 2019).

Kekhawatiran mengenai mikroplastik berpotensi berdampak pada kesehatan manusia, sehingga sangat penting untuk mengidentifikasi keberadaan mikroplastik di debu jalan di area padat penduduk dan kawasan wisata, seperti Malioboro dan

daerah permukiman, yang diyakini sebagai sumber awal distribusi mikroplastik ke berbagai lingkungan. Di Indonesia, penelitian tentang mikroplastik yang berasal dari debu jalan masih sangat minim, sehingga ada kekosongan data yang signifikan dalam bidang ini. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya menjadi referensi ilmiah yang berguna, tetapi juga dapat memperkaya pengetahuan tentang dampak dan distribusi mikroplastik. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi sumber informasi bagi peneliti lain dan membuka peluang untuk penelitian lanjutan yang lebih mendalam dalam upaya memahami dan mengatasi masalah mikroplastik di lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun terkait penelitian identifikasi kelimpahan mikroplastik pada debu jalan di area Malioboro dan permukiman maka didapatkan perumusan masalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana kelimpahan mikroplastik pada debu jalan di area Malioboro dan permukiman ?
- 2) Bagaimana jenis dan karakteristik fisik (warna, bentuk dan ukuran) mikroplastik yang terkandung dalam debu jalan di area Malioboro dan permukiman?
- 3) Apa saja kandungan polimer yang terkandung dalam mikroplastik debu jalan di area Malioboro dan permukiman?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- 1) Mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik pada debu jalan.
- 2) Menganalisis jenis dan karakteristik fisik (warna, bentuk dan ukuran) mikroplastik yang terkandung dalam debu jalan.
- 3) Menganalisis kandungan polimer yang terkandung dalam mikroplastik pada debu jalan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan berbagai manfaat, dengan rincian manfaat sebagai berikut:

- 1) Bagi Masyarakat
Menjadi informasi bagi masyarakat supaya sadar dalam menjaga bumi dan lingkungan. Masyarakat juga memahami sebaran mikroplastik yang terdapat

didalam debu jalan.

2) Bagi Pemerintah

Pemerintah dapat mengambil kebijakan serta pengelolaan yang tepat dalam mengatasi kebijakan keberlanjutan penjagaan lingkungan dalam mitigasi mikroplastik.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian adalah sebagai berikut:

1) Ruang Lingkup Metode

Pada penelitian ini berfokus pada analisis karakteristik mikroplastik pada debu jalan. Untuk karakteristik mikroplastik yang dianalisis pada debu jalan yaitu dari jumlah, jenis dan warna serta jenis polimer dari mikroplastik tersebut. Pengujian kandungan mikroplastik debu jalan ini menggunakan mikroskop dan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) sesuai dengan panduan dan pedoman dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yang dimodifikasi. Identifikasi karakteristik dilakukan dengan cara pemetaan dan pengamatan sesuai dengan jenis dan karakteristiknya. *Administration* (NOAA). Identifikasi karakteristik dilakukan dengan cara pemetaan dan pengamatan sesuai dengan jenis dan karakteristiknya.

2) Ruang Lingkup Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Sampel yang akan digunakan ini akan di sampling terlebih dahulu di area sekitar Malioboro dan area pemukiman. Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu selama 4 bulan, dimulai pada bulan Maret 2024 sampai bulan Juni 2024. Dalam pengambilan sampel dilakukan pengambilan dibagian tepi kiri jalan.

3) Ruang Lingkup Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan adalah sampel debu jalan yang sudah diambil di kawasan wisata Malioboro dan beberapa area pemukiman sekitar. Penelitian yang akan dilakukan ini akan mengidentifikasi dan membandingkan karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam debu jalan diantara dua lokasi tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Pada awalnya, mikroplastik dilaporkan pada awal tahun 1970-an, di mana potongan-potongan kecil plastik ini ditemukan mengapung di permukaan laut (GESAMP, 2015). Mikroplastik ini tidak hanya ditemukan di permukaan laut, tetapi juga sering terdeteksi di tanah dan udara, dengan ukuran kurang dari 5 mm, yang dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan (Kang dkk., 2022). Mikroplastik yang berasal dari debu jalan dapat terbentuk dari beberapa faktor, salah satunya adalah abrasi ban. Permukaan jalan juga dapat terkontaminasi mikroplastik yang berasal dari abrasi ban kendaraan itu sendiri (Kang dkk., 2022)

Mikroplastik diklasifikasikan secara luas berdasarkan karakter morfologinya, seperti ukuran, bentuk, dan warna. Ukuran menjadi faktor kunci yang berhubungan dengan efek yang dapat terjadi pada organisme yang terkena. Faktor luas permukaan yang besar dibandingkan dengan volume partikel kecil dapat meningkatkan potensi pelepasan bahan kimia secara cepat dari mikroplastik (FAO, 2017). Berikut ini adalah klasifikasi mikroplastik berdasarkan bentuknya dalam bentuk Tabel 2.1 .

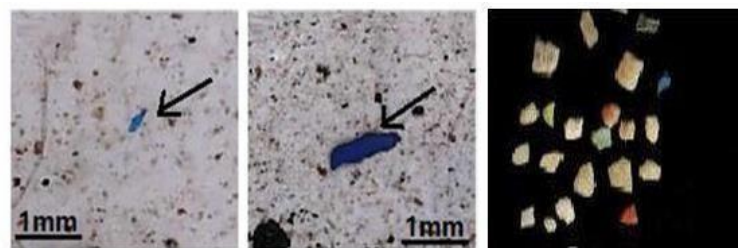
Tabel 2.1 Mikroplastik berdasarkan bentuknya

Klasifikasi bentuk	Definisi lain yang digunakan
Fragmen	Partikel berbentuk tidak beraturan, kristal, bulu halus, bubuk, butiran, serutan, serpihan, film
Serat	Filamen, serat mikro, helai, benang
Manik – manik	Biji-bijian, microbeads bulat, mikrosfer
Busa	Polistiren, Polistiren yang Diperluas
Pelet	Pelet Resin, nurdles, pelet pra-produksi, nib

Sumber : FAO. (2017)

Beberapa hasil penelitian menunjukkan beragam bentuk mikroplastik yaitu:

1. Fragmen (lihat Gambar 2.1) adalah mikroplastik yang terbentuk dari potongan produk plastik dengan polimer sintetis yang sangat kuat. Fragmen ini memiliki bentuk yang menyerupai pecahan plastik, berbeda dengan film yang berbentuk lembaran atau fiber yang berbentuk serabut. Fragmen merupakan jenis mikroplastik yang sering terbentuk dari pecahan plastik, seperti yang berasal dari sampah botol, toples, map mika, potongan kecil pipa paralon dan pada partikel ban juga terdapat fragmen berwarna hitam.



Gambar 2.1 Bentuk Mikroplastik Jenis Fragmen

Sumber : Cai dkk. (2017)

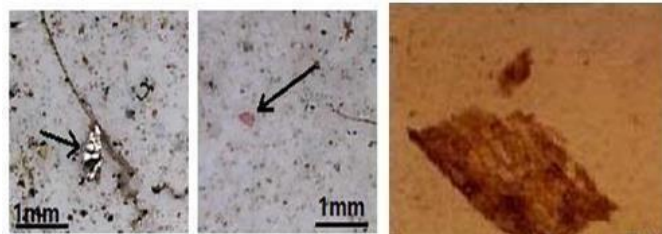
2. Fiber/Serat (lihat Gambar 2.2) merupakan bentuk mikroplastik berupa serat plastik yang panjangnya mirip dengan serat atau serabut. Mikroplastik ini berasal dari fragmentasi monofilamen jaring ikan, tali, dan bahan sintetis lainnya. Ciri khasnya adalah ketika terkena cahaya ultraviolet, fiber akan memancarkan cahaya biru terang. Fiber adalah jenis mikroplastik yang paling umum ditemui dalam kehidupan sehari-hari karena sering digunakan dalam pembuatan pakaian dan peralatan rumah tangga lainnya



Gambar 2.2 Bentuk Mikroplastik Jenis Fiber/ Serat

Sumber : Cai dkk. (2017)

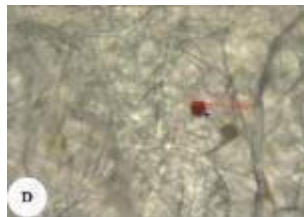
3. Film (Gambar 2.3), merupakan mikroplastik berbentuk lembaran berupa polimer plastik sekunder yang berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan dan memiliki densitas terendah.



Gambar 2.3 Bentuk Mikroplastik Jenis Film

Sumber : Cai dkk. (2017)

4. Pelet, merupakan bentuk mikroplastik berupa mikroplastik primer yang langsung diproduksi oleh pabrik sebagai bahan baku pembuatan produksi plastik.



Gambar 2.4 Bentuk Mikroplastik Jenis pellet

Sumber :Cai dkk. (2017)

2.2 Mikroplastik Debu Jalan

Debu jalan (*road dust*) merujuk pada debu yang berada di sekitar jalan, yang merupakan sumber utama polutan non-point bagi emisi partikel mikroplastik, terutama yang berasal dari ban, aspal, dan cat marka jalan (Vogelsang dkk., 2018). Proses terbentuknya debu jalan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang menyebabkan debu tersebut terfragmentasi dan menumpuk di sekitar jalan. Faktor utama timbulnya debu jalan adalah lalu lintas kendaraan yang terus-menerus di sepanjang jalan perkotaan dan regional, yang mengakibatkan fragmentasi potongan besar puing-puing di pinggir jalan, termasuk wadah dan kemasan makanan plastik,

serta aspal dan bahan konstruksi lainnya, tanah, dan bahan organik (Monira dkk., 2021).

Transportasi merupakan hal yang tidak dapat dihindari karena merupakan sarana perpindahan manusia dari satu tempat ke tempat lainnya. Kendaraan menyebabkan terbentuknya debu jalan dan menghasilkan mikroplastik akibat gesekan pada ban (Baensch-Baltruschat, 2020). Gesekan antara ban dan permukaan jalan menghasilkan mikroplastik yang dikategorikan dalam beberapa jenis abrasi: partikel keausan ban (TWP), partikel keausan ban dan jalan (TRWP), dan partikel keausan mikroplastik pada ban dan aspal (TBMP), yang terdeteksi sebagai polimer mengandung mikroplastik (Chae dkk., 2024). Sumber utama mikroplastik dalam debu jalan berasal dari jalan raya dan dapat menyebar ke berbagai lokasi sesuai dengan kondisi cuaca yang ada (Jarlski dkk., 2022).

2.2.1 Partikel Keausan Tapak Ban

Tapak ban terdiri dari campuran senyawa kompleks yang biasanya mengandung 40-60% berbagai jenis karet, dengan senyawa tambahan yang berfungsi memberikan kekerasan, ketahanan aus, daya tahan, elastisitas dan kelengketan yang diperlukan. Campuran karet pada ban mobil penumpang umumnya merupakan kombinasi antara Styrene-Butadiene Rubber (SBR) dan Polybutadiene Rubber (PBR), sedangkan karet alam (NR) mendominasi tapak ban kendaraan berat (Vogelsang dkk., 2018). *Tire and Road Wear Particles (TRWP)* adalah partikel kecil yang dihasilkan dari gesekan antara ban kendaraan dan permukaan jalan selama berkendara. TRWP terdiri dari partikel heterogen yang lebih kasar yang dilepaskan ke permukaan jalan dan tanah, yang terbentuk dari campuran karet sintetis dan bahan aspal yang mengandung senyawa polimer dan mikroplastik. Partikel ini tersebar ke lingkungan melalui udara, limpasan air hujan, dan mengendap di tanah, sehingga berkontribusi pada pencemaran mikroplastik. TRWP dapat mencemari ekosistem perairan dan rantai makanan, serta menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia, terutama dalam hal gangguan pernapasan akibat partikel yang terhirup di area perkotaan.

2.2.2 Partikel Keausan Ban dan Jalan

Partikel kecil yang dihasilkan dari gesekan antara ban kendaraan dan permukaan jalan selama berkendara. TRWP terdiri dari partikel heterogen yang lebih kasar yang dilepaskan ke permukaan jalan dan tanah, yang terbentuk dari

campuran karet sintetis dan bahan aspal yang mengandung senyawa polimer dan mikroplastik. Partikel ini tersebar ke lingkungan melalui udara, limpasan air hujan, dan mengendap di tanah, sehingga berkontribusi pada pencemaran mikroplastik. TRWP dapat mencemari ekosistem perairan dan rantai makanan, serta menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia, terutama dalam hal gangguan pernapasan akibat partikel yang terhirup di area perkotaan (Baensch dkk., 2020).

2.2.3 Partikel keausan pada aspal

Bitumen berfungsi sebagai "perekat" dalam lapisan aus dan pengikat perkerasan aspal, menyatukan kerikil pada permukaan jalan. Aspal termodifikasi polimer (PMB) digunakan untuk meningkatkan kekuatan, stabilitas, dan daya rekat perkerasan, bahkan dalam kondisi musim dingin. Di Norwegia, polimer yang paling umum digunakan adalah elastomer termoplastik Styrene Butadiene Styrene (SBS), yang tetap mempertahankan sifatnya pada suhu rendah. Namun, penggunaan aspal termodifikasi ini juga dapat berkontribusi pada masalah mikroplastik. Saat lapisan perkerasan aspal mengalami keausan, baik bitumen maupun polimer seperti SBS dapat terdegradasi menjadi partikel mikroplastik. Partikel mikroplastik ini kemudian dapat mencemari lingkungan, mengalir melalui sistem drainase, dan masuk ke ekosistem perairan serta tanah, berpotensi menimbulkan dampak negatif pada kesehatan dan lingkungan (Vogelsang dkk., 2018).

2.3 Kepadatan Siklus Transportasi di Yogyakarta

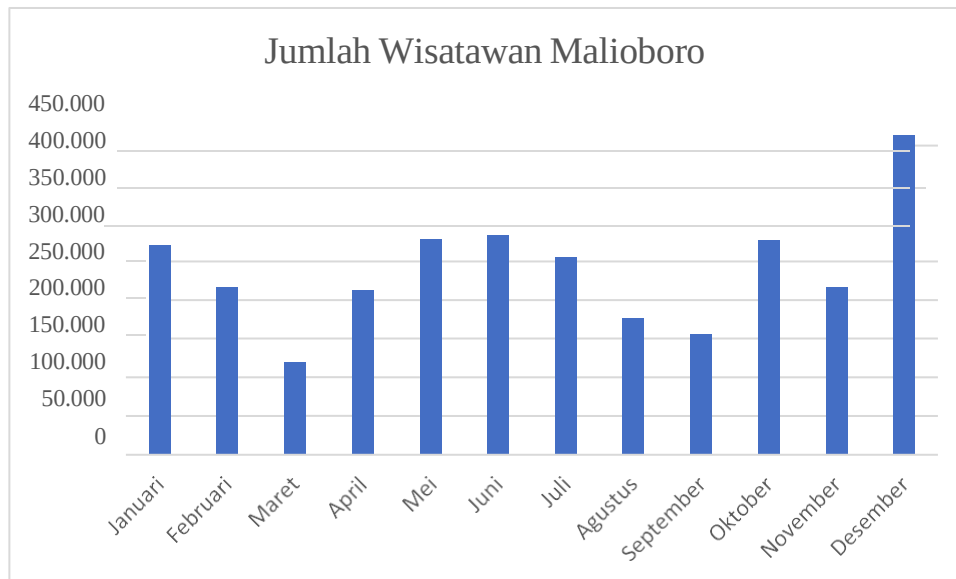
Yogyakarta, dikenal sebagai kota pendidikan dan budaya, mengalami transformasi yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Pertumbuhan penduduk yang pesat, ditambah dengan meningkatnya arus urbanisasi, telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan kota, termasuk sistem transportasi. Kota ini menjadi tujuan utama bagi para pelajar dari berbagai daerah di Indonesia, serta wisatawan lokal dan mancanegara. Peningkatan jumlah penduduk dan wisatawan ini berdampak langsung pada kebutuhan transportasi yang semakin meningkat.

Selain itu, perkembangan ekonomi Yogyakarta juga turut menyumbang terhadap peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Meningkatnya daya beli masyarakat dan kemudahan akses kredit kendaraan bermotor membuat jumlah kendaraan pribadi melonjak tajam. Data dari BPS Yogyakarta menunjukkan adanya peningkatan

signifikan dalam jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2018 hingga 2022, dengan total kendaraan mencapai 2.645.983 unit pada tahun 2022 . Kondisi ini semakin diperparah oleh kurangnya pengembangan infrastruktur jalan yang memadai untuk menampung pertumbuhan jumlah kendaraan tersebut.

Tata ruang kota Yogyakarta yang masih belum optimal juga menjadi salah satu penyebab utama kepadatan transportasi. Banyak jalan di kota ini yang dirancang pada masa lalu ketika jumlah kendaraan masih sedikit. Seiring waktu, meskipun ada beberapa upaya untuk memperbaiki dan memperlebar jalan, perkembangan tersebut tidak sebanding dengan peningkatan jumlah kendaraan. Selain itu, terdapat banyak persimpangan yang menjadi titik kemacetan karena pengaturan lalu lintas yang kurang efisien.

Area pariwisata Malioboro, sebagai salah satu ikon wisata Yogyakarta, memiliki kontribusi signifikan terhadap kepadatan lalu lintas di kota ini. Malioboro merupakan destinasi utama bagi wisatawan yang datang ke Yogyakarta, menawarkan berbagai atraksi wisata seperti pusat perbelanjaan, kuliner, dan cenderamata. Menurut data dari artikel Teras Malioboro, jumlah pengunjung di sekitar area Malioboro hingga bulan Mei 2024 mencapai 1.830.948 orang . Wisatawan ini tidak hanya berasal dari berbagai daerah di Indonesia, tetapi juga dari mancanegara. Tingginya arus wisatawan yang mengunjungi Malioboro setiap harinya menyebabkan peningkatan signifikan dalam jumlah kendaraan yang menuju dan melintasi area ini. Berikut ini detail jumlah wisatawan di area Malioboro pada Gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.5 Grafik Jumlah Wisatawan Malioboro tahun 2023

Sumber : Teras Malioboro, n.d. (2024)

Kebiasaan masyarakat Yogyakarta yang cenderung lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi daripada transportasi umum juga berkontribusi pada kepadatan lalu lintas, termasuk di area Malioboro. Kurangnya sistem transportasi publik yang efektif, nyaman, dan terjangkau membuat masyarakat dan wisatawan enggan beralih dari kendaraan pribadi. Bus kota yang ada sering kali tidak memadai dari segi jumlah, waktu operasional, serta rute yang tersedia. Akibatnya, masyarakat lebih memilih menggunakan sepeda motor atau mobil pribadi untuk mobilitas sehari-hari, yang pada akhirnya menambah beban lalu lintas kota, terutama di daerah-daerah wisata seperti Malioboro.

2.4 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Teknik penggunaan Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) dalam mengidentifikasi polimer mikroplastik telah sering diterapkan sejak tahun 2004 (Veerasingam dkk., 2021). FTIR adalah alat yang berguna untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam sebuah membran serta kemungkinan ikatan antara molekul-molekul kimia. Dengan memahami posisi pita serapan inframerah dalam spektrum sebagai bilangan gelombang, FTIR dapat mengidentifikasi berbagai komponen kimia, seperti amino dan senyawa aromatik, yang penting karena beberapa komponen tersebut tidak dapat terdeteksi menggunakan spektrum fotoelektron sinar-X (Berthomieu dkk., 2009).

Prinsip dan proses analisis FTIR melibatkan pancaran radiasi inframerah dari sumber, yang kemudian melewati interferometer dan digabungkan kembali untuk menghasilkan interferogram. Setelah proses ini, sampel yang telah melewati interferogram akan dianalisis untuk menentukan karakterisasi berdasarkan sinar yang memasuki kompartemen sampel (Berthomieu dkk., 2009). Penentuan karakteristik puncak FTIR untuk berbagai jenis polimer plastik yang terdapat dalam spectral library dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penentuan Jenis Polimer Berdasarkan Nilai Puncak Gelombang FTIR

No	Polimer	Karakteristik Puncak (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
1	<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)	2915 1845 1472 1462 730 717	C–H stretching C–H stretching CH ₂ bending CH ₂ bending CH ₂ rocking CH ₂ rocking
2	<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	2915 2845 1467 1462	C–H stretching C–H stretching CH ₂ bending CH ₂ bending
		1377 730 717	CH ₂ rocking CH ₂ rocking
3	<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	1713 1241 1094 720	C=O stretching C–O stretching C–O stretching Aromatic CH out-of-plane bending

No	Polimer	Karakteristik Puncak (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
4	<i>Polypropylene (PP)</i>	2950 2915 2838 1455 1377 1166 997 972 840 808	C–H stretching C–H stretching C–H stretching CH ₂ bending CH ₃ bending CH bending, CH ₃ rocking, C–C stretching CH ₃ rocking, CH ₃ bending, CH bending CH ₃ rocking, C–C stretching CH ₂ rocking, C–CH ₃ stretching CH ₂ rocking, C–C stretching, C–CH stretching
5	<i>Polystyrene (PS)</i>	3024 2847 1601 1492 1451 1027 694	Aromatic C–H stretching C– H stretching Aromatic ring stretching Aromatic ring stretching
6	<i>Polycarbonate (PC)</i>	2966 1768 1503 1409 1364 1186 1158 1013	CH stretching C=O stretching Aromatic ring stretching Aromatic ring stretching CH ₃ bending C– O stretching

No	Polimer	Karakteristik Puncak (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
		828	C–O stretching Aromatic CH inplane bending Aromatic CH out-of-plane bending
7	<i>Polytetrafluorethylene</i> (PTFE)	1201 1147 638 554 509	CF ₂ stretching CF ₂ stretching C–C–F bending CF ₂ bending CF ₂ bending
8	<i>Nylon</i> (allpolyamides)	3298 2932 2858 1634 1538 1464 1372 1274 1199 687	–H stretching CH stretching CH stretching C=O stretching NH bending, C–N stretching CH ₂ bending CH ₂ bending NH bending, C–N stretching CH ₂ bending NH bending, C=O Bending

Sumber : Veerasingam dkk. (2021)

2.5. Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai pembandingan dan acuan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	(Dowarah dkk., 2020)	Prevalence and characteristics of microplastics present in the street dust collected from Chennai metropolitan city, India	Penelitian ini mengevaluasi tingkat polusi mikroplastik dalam debu jalanan di Chennai, India, dengan mengambil sampel dari 16 lokasi berbeda yang mencakup area residensial di utara dan area industri di selatan kota. Pengumpulan sampel dilakukan pada Mei 2019 selama musim kering dengan menggunakan alat pengambil sampel khusus, yang kemudian disimpan dalam kantong kertas steril. Sampel debu tersebut kemudian diproses dengan larutan hidrogen peroksida dan besi untuk menghilangkan materi organik, sebelum dilakukan identifikasi mikroplastik menggunakan pewarnaan Nile Red dan mikroskop fluoresensi. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kelimpahan mikroplastik sebesar $227,94 \pm 91,37$ partikel per 100 gram sampel. Fragmen plastik mendominasi jenis mikroplastik yang teridentifikasi (92,46% dari total), dengan spektroskopi Raman mengonfirmasi sembilan jenis polimer termasuk polivinil klorida dan HDPE.
2	Abbasi dkk., 2019)	Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran	Penelitian ini dilakukan di kota dan kabupaten Asaluyeh, Iran. Pengumpulan sampel dilakukan sebanyak 15 lokasi untuk diambil debu jalan. Sampel ini untuk di cek mikroplastik dan <i>microrubber</i> yang mana terdapat 900 mikroplastik dan 250 microrubber per 15 gram sampel. Partikel yang dijumpai adalah berbentuk bola dan seperti film dan microrubber terdiri dari berbagai jenis dan warna yang mana fragmen berwarna hitam dan partikulat berserat.
3	Kang., dkk (2022)	Concentration of Microplastics in Road Dust as a Function of the Drying Period—A Case Study in G City, Korea	(1.) Pada sampel dengan periode pengeringan 0 hingga 3 hari, jumlah MP yang terkandung dalam debu jalan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengeringan karena Mikroplastik 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 $1363 (495) \text{ Mikroplastik g}^{-1}$

			<p>(2.) Dalam penelitian ini, 72% dari Mikroplastik dalam debu jalan adalah partikel hitam (yaitu partikel ban dan aspal). 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. 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 (Mikroplastik <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.</p>
4	(Kitahara & Nakata, 2020)	Plastic additives as tracers of microplastic sources in Japanese road dusts	<p>Penelitian ini dilakukan pada tahun 2019 untuk mengidentifikasi sumber mikroplastik di debu jalan di Kumamoto, Okinawa, dan Tokyo, Jepang, dengan menganalisis aditif plastik sebagai pelacak kimia. Sampel debu dikumpulkan dari tepi jalan menggunakan sikat dan pengki. Analisis komposisi polimer mengungkapkan bahwa poli(diallyl phthalate), polivinil klorida, polimetil metakrilat, dan poliester mendominasi, mencakup 60% hingga 70% dari total mikroplastik yang ditemukan. Profil aditif plastik pada mikroplastik dan pecahan marka jalan juga dievaluasi, dan lima aditif umum, termasuk pemlastis dan penghambat api, diidentifikasi baik dalam debu jalan maupun pecahan marka jalan. Hasil menunjukkan bahwa marka jalan merupakan sumber utama mikroplastik di lingkungan jalan di Jepang.</p>
5	(O'Brien dkk., 2021)	Quantification of selected microplastics in Australian urban road dust	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengkuantifikasi mikroplastik dalam debu jalan perkotaan di Queensland Tenggara, Australia, dan memahami distribusinya yang dipengaruhi oleh aktivitas lalu lintas. Mikroplastik, partikel plastik kecil yang tersebar luas di lingkungan, seringkali berasal dari berbagai sumber termasuk aktivitas manusia. Dengan menggunakan metode Ekstraksi Pelarut Dipercepat (ASE) diikuti oleh Pirolisis Gas Chromatography-Mass Spectrometry (Pyr-GC/MS), penelitian ini menganalisis enam jenis polimer:</p>

			<p>polipropilena, polistiren, polietilen tereftalat, polivinil klorida, poli(metil metakrilat), dan polietilen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi mikroplastik berkisar dari 0,5 mg/g di daerah pedesaan hingga 6 mg/g di kota Brisbane, dengan polivinil klorida dan polietilen tereftalat sebagai komponen utama. Fraksinasi ukuran mikroplastik menunjukkan bahwa partikel berukuran kurang dari 250 μm mendominasi secara massa. Selain itu, penelitian ini menemukan korelasi yang signifikan antara konsentrasi mikroplastik dan volume kendaraan, menunjukkan bahwa lalu lintas kendaraan memainkan peran penting dalam distribusi mikroplastik di lingkungan perkotaan.</p>
6	(Yukioka dkk., 2020)	Occurrence and characteristics of microplastics in surface road dust in Kusatsu (Japan), Da Nang (Vietnam), and Kathmandu (Nepa	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki keberadaan dan karakteristik mikroplastik dalam debu permukaan jalan di tiga kota berbeda: Kusatsu (Jepang), Da Nang (Vietnam), dan Kathmandu (Nepal). Metodologi penelitian melibatkan pengumpulan sampel debu permukaan jalan dari lokasi-lokasi tersebut, yang kemudian diproses melalui dekomposisi materi organik dan pemisahan gravitasi untuk mengisolasi mikroplastik. Mikroplastik yang teridentifikasi diamati secara mikroskopis berdasarkan warna, bentuk, dan ukuran, serta dianalisis menggunakan Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR) untuk menentukan jenis polimernya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah mikroplastik tertinggi ditemukan di Da Nang dengan rata-rata $19.7 \pm 13.7 \text{ pieces/m}^2$, diikuti oleh Kathmandu dengan $12.5 \pm 10.1 \text{ pieces/m}^2$, dan Kusatsu dengan $2.0 \pm 1.6 \text{ pieces/m}^2$.</p>

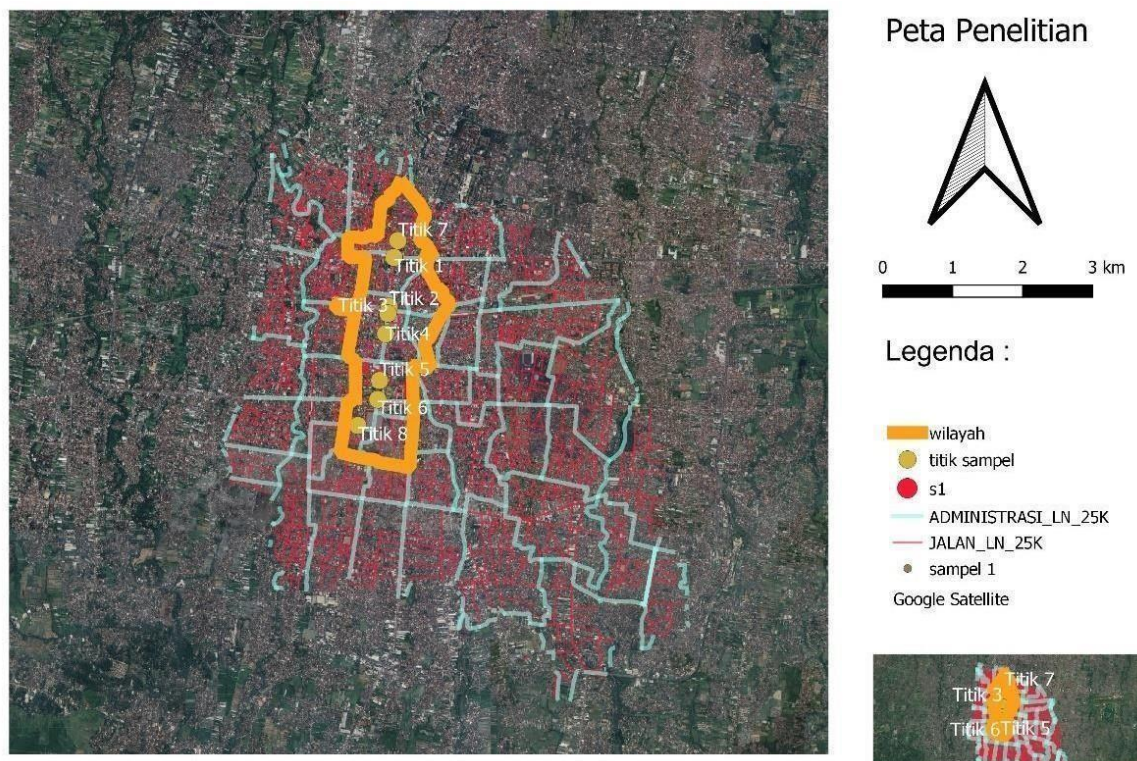
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan di lokasi Tugu Yogyakarta, area Malioboro, dan pemukiman penduduk. Penelitian debu jalanan mencakup 8 lokasi, terdiri dari 2 lokasi di area Tugu Yogyakarta, 4 lokasi di area jalan Malioboro, dan 2 kawasan pemukiman padat penduduk. Penentuan lokasi ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Kang dkk.(2022a), dengan pemilihan titik sampling mempertimbangkan kepadatan lalu lintas yang tinggi pada jam-jam sibuk. Penelitian ini direncanakan dilaksanakan pada bulan Maret 2024. Koordinat lokasi titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 3.1, dan peta pengambilan sampel ditentukan menggunakan perangkat lunak QGIS untuk menentukan titik koordinat. Tabel 3.1 Titik Koordinat Pengambilan Sampel.

Tabel 3.1 Koordinat Lokasi pengambilan sampel

Nama lokasi	Koordinat		Deskripsi
	Garis lintang	Bujur	
Titik 1	7°47'32.12"Selatan	110°21'55.50"Timur	Tugu jogja
Titik 2	7°47'9.98"Selatan	110°22'0.13"Timur	Monumen Stasiun Yogyakarta
Titik 3	7°47'24.47"Selatan	110°21'58.09"Timur	Jalan Malioboro
Titik 4	7°47'32.25"Selatan	110°21'57.26"Timur	Plaza Malioboro
Titik 5	7°47'55.79"Selatan	110°21'54.12"Timur	Pasar Beringharjo
Titik 6	7°48'3.96"Selatan	110°21'53.59"Timur	Titik nol Yogyakarta
Titik 7	7°46'50.19"Selatan	110°22'2.51"Timur	Pemukiman Cokrokusuman
Titik 8	7°48'16.55"Selatan	110°21'45.54"Timur	Pemukiman kauman



Gambar 3.1 Peta Lokasi Titik Pengambilan Sampel di area Malioboro dan Pemukiman

Pada pelaksanaan pengambilan sampel dilakukan pada bulan Maret 2024 dan dilampirkan pada Tabel 3.2 .

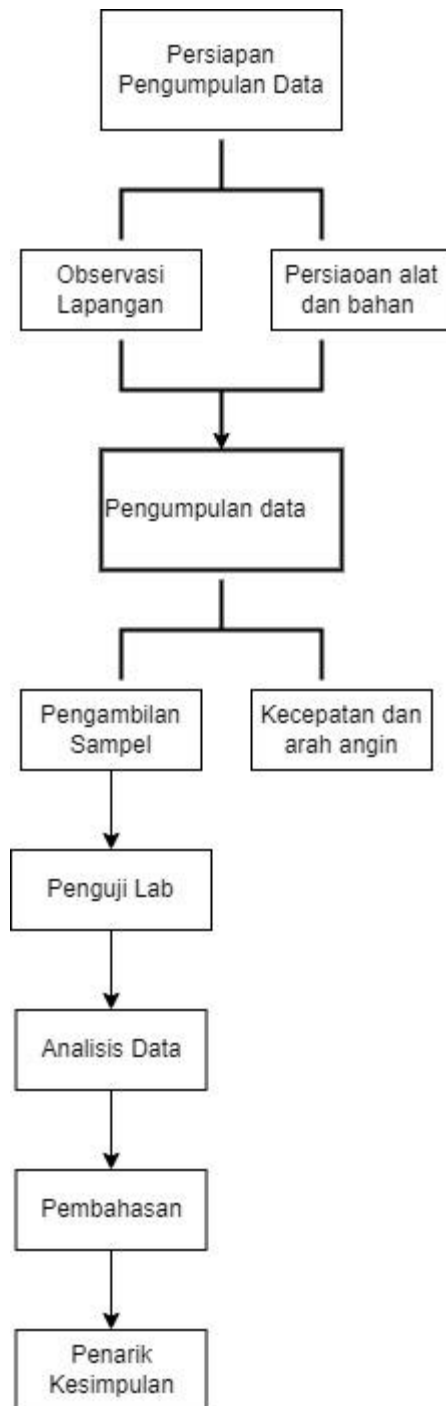
Tabel 3.2 Waktu Pelaksanaan Sampling

Sampling	Waktu sampling
1	31 Maret 2024

Pada saat melakukan sampling ini yang dilakukan dua hari setelah hujan dimana melakukan pengambilan sebanyak 8 sampel yang terdiri dari 6 di area malioboro dan 2 di area pemukiman sekitar malioboro yang dillaksanakan pada tanggal 31 Maret 2024 di mulai di jam 08:18 WIB sampai di jam 09:46 WIB .

3.2 Diagram alir penelitian

Dalam melakukan penelitian ini dilakukan beberapa tahapan dan dijelaskan kedalam diagram alir yang dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang ada dalam penelitian ini adalah jenis mikroplastik, jumlah mikroplastik dan juga warna mikroplastik yang terdapat pada sampel debu jalan . Sampel debu jalan digunakan sebanyak 30 gram.

Berikut merupakan variabel penelitian yang ada dalam penelitian ini :

3.3.1 Variabel Utama

Variabel utama dalam penelitian ini adalah menghitung jumlah,jenis,warna pada mikroplastik di debu jalan di area sekitar pariwisata Malioboro dan Pemukiman.

3.3.2 Variabel Pendukung

Variabel pendukung pada penelitian berupa data yang didapatkan dari instansi terkait seperti BMKG. Variabel pendukung berupa data klimatologi meliputi cuaca dan suhu.

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol menggunakan blanko kosong yang terdiri dari proses *Wet Peroxide Oxidation* ,Density Separation dan pompa vacum dan juga menggunakan pasir silika (Kuarst).

3.4 Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian ini sampel terdapat dua bagian untuk penggunaan alat dan bahan yang terdiri dari :

Alat dan Bahan Pengambilan Sampling

- Alat Sampling

Tabel 3.3 Alat Pengambilan Sampel

No	Nama alat	Kegunaan
1	Sapu Non Plastik	Pengambilan Sampel Lapangan
2	Sekop Alumunium	
3	Alumunium Foil	
4	Roll Meter	
5	Traffic Counter	
6	Botol Kaca	
7	Box	
8	Vest Safety	

Alat dan Bahan Pengujian Laboratorium

- Alat Pengujian

Alat untuk preparasi sampel ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Alat Pengujian Mikroplastik

No	Nama	Kegunaan
1	Gelas Beaker 100 ml	
2	Gelas Beaker 1000 ml	
3	Alumunium Foil	
4	Batang Pengaduk	
5	Pipet Volume	
6	Spatula Lab Stainless	

7	Loyang	Alat dan bahan pengujian laboratorium
8	Ayakan	
9	Timbangan Analitik	
10	Cawan Persolen	
11	Erlenmeyer	
12	Magnetic Stirrer	
13	Corong Kaca	
14	Kaca Preparat	
15	Labu Ukur	
16	Cawan Petri	
17	Pinset	
18	Kertas Saring Whatman CAT No.1821-047	
19	Mikroskop	
20	Spektrofotometri FT-IR	
21	Pompa Vacuum	

- Bahan Pengujian

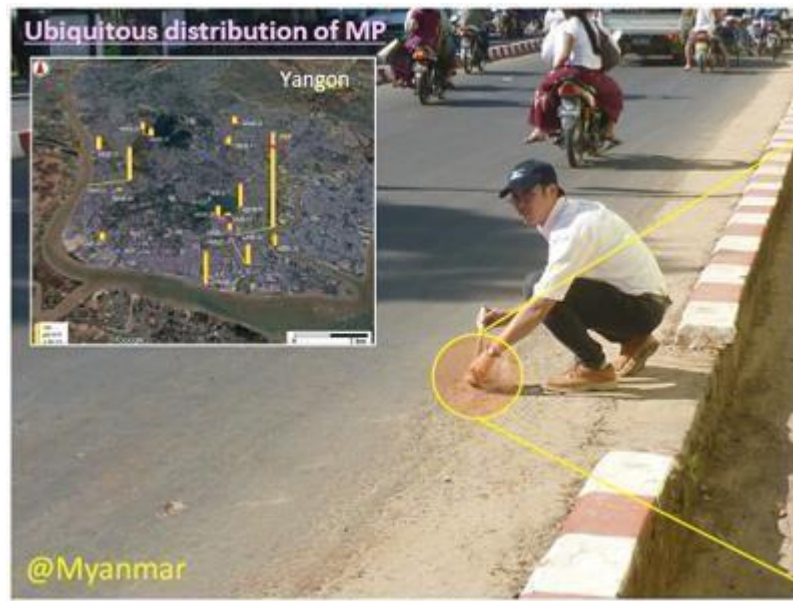
Tabel 3.5 Bahan Pengujian Mikroplastik

No.	Nama Alat	Pengujian
1	Aquades	Sebagai tahapan <i>Density Separation</i> dan <i>Wet Peroxide</i> <i>Oxidation</i>
2	Larutan H ₂ O ₂ 30%	
3	Larutan jenuh NaCl	

3.5 Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Maret, dengan sampel diambil dua hari setelah hujan berlangsung. Pengambilan sampel dilakukan di 8 titik lokasi, yang terdiri dari 2 lokasi di area pemukiman padat penduduk dan 6 lokasi di sekitar area pariwisata Malioboro.

Untuk pengambilan sampel debu jalanan, digunakan alat dan bahan yang berbahan dasar non-plastik untuk menghindari kontaminasi oleh polimer plastik selama analisis sampel. Sampel diambil dari area sekitar 1 meter persegi yang terletak di tepi jalan, dekat saluran drainase, di mana debu jalanan biasanya banyak terkumpul (Yukioka dkk., 2020; Jarlski dkk., 2022). Gambar 3.3 menunjukkan proses pengambilan sampel debu jalanan.

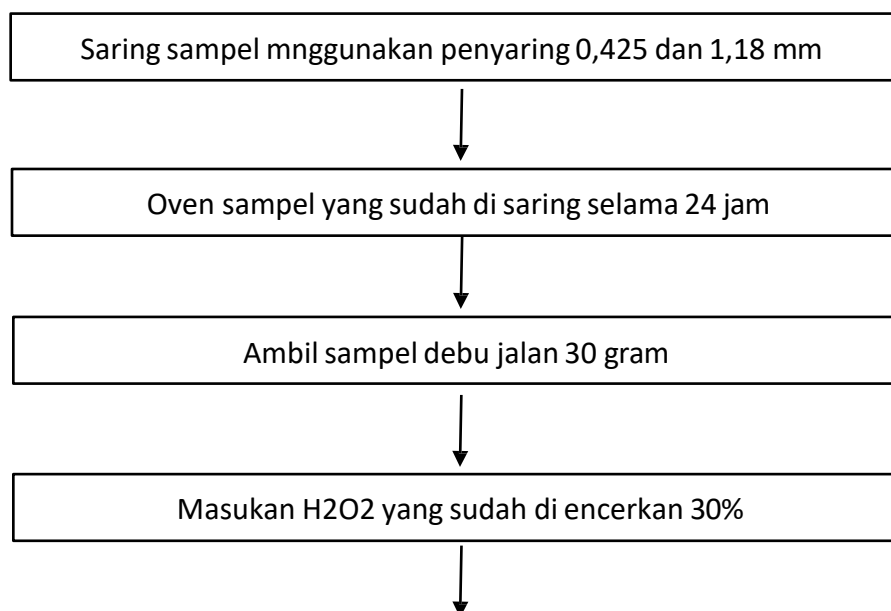


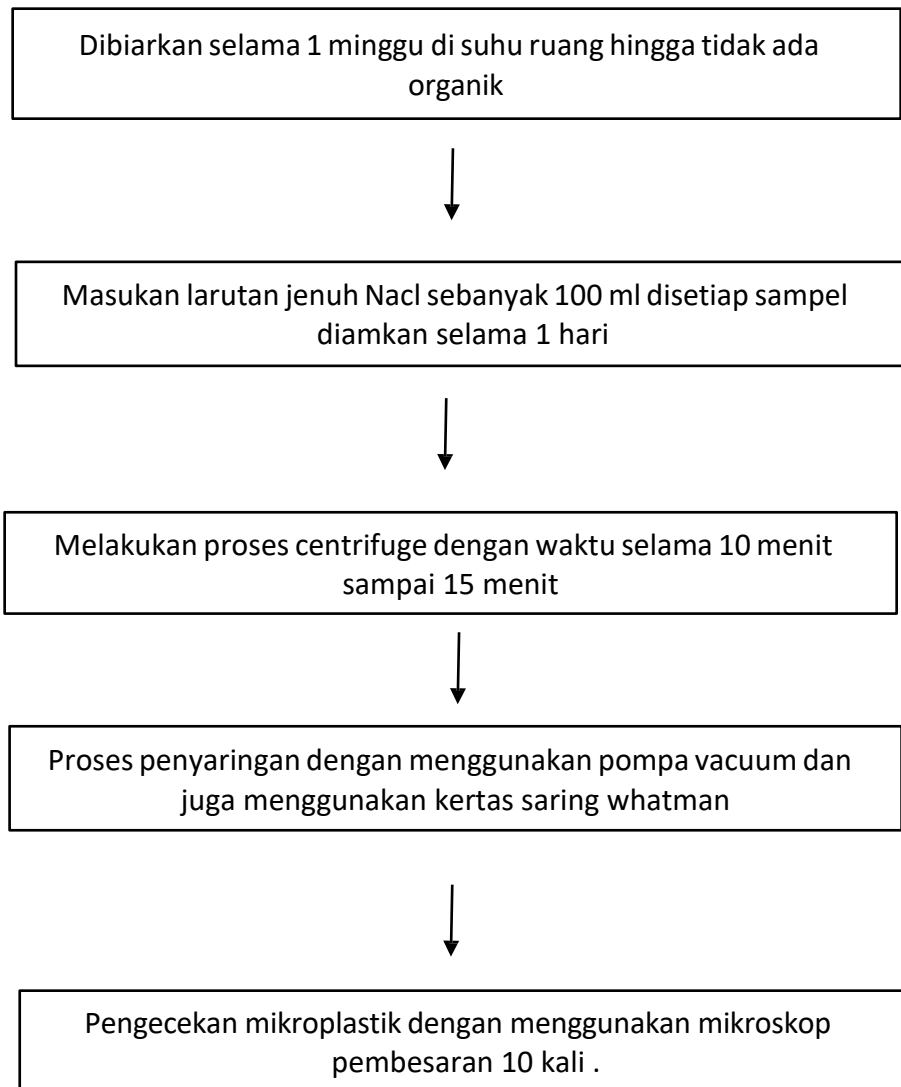
Gambar 3.3 Pengambilan sampel debu jalanan

Sumber : MON dkk (2022)

3.6 Preparasi Sampel

Proses yang digunakan dalam melakukan Analisis sampel ini dilakukan dengan menggunakan metode NOAA dan ada beberapa hal yang dimodifikasi dalam menganalisis sampel debu jalanan ini. Metode yang digunakan di NOAA ini ada beberapa proses yang dimodifikasi dari proses pengeringan oven, *Wet Peroxide Oxidation* dan *Density Separation*. Berikut ini adalah langkah – langkah dalam Analisis laboratorium sampel debu jalanan dalam mengetahui mikroplastik pada Gambar Flow Chart berikut ini :





Gambar 3.4 Flow Chart Proses Preparasi Sampel

3.6.1 Pengeringan

Pada tahap pengeringan ini dilakukan pada sampel debu jalan yang sudah diambil. Tujuan dalam melakukan pengeringan ini untuk menghilangkan kandungan air pada debu jalan. Sampel debu jalan diayak terlebih dahulu untuk memisahkan dengan bahan organik seperti daun, kayu dan lainnya . Setelah itu diambil sampel debu jalanan diambil sebanyak 30 gram yang sudah terpisah oleh bahan organik yang lain dan masuk kedalam oven untuk melakukan pengeringan dengan suhu 50°C - 60°C selama 24 jam.



Gambar 3.5 Tahap pengovenan Debu Jalan

3.6.2 WPO (Wet Peroxide Oxidation)

Tujuan dari wet peroxide oxidation dengan menggunakan H_2O_2 yang diencerkan dari 50% ke 30% sebanyak 30-60 ml larutan dalam analisis mikroplastik pada debu jalan ini adalah untuk mengoksidasi material organik yang menyelimuti atau terikat pada partikel mikroplastik, sehingga memungkinkan identifikasi dan karakterisasi mikroplastik yang lebih akurat. Penggunaan H_2O_2 dengan konsentrasi yang lebih rendah bertujuan untuk menghindari degradasi mikroplastik itu sendiri, sambil tetap cukup efektif dalam menghilangkan kontaminan organik pada sampel.



Gambar 3.6 Proses *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

3.6.3 Density Separation

Sampel yang sudah di diamkan dan tidak ada reaksi dari perendaman *Road Dust Microplastic* selama 1 hari dan saatnya untuk langkah selanjutnya dalam memisahkan partikel

mikroplastik berdasarkan densitasnya yaitu disebut tahap Density Separation . Density separation ini bertujuan untuk memisahkan partikel – partikel berdasarkan densitasnya dan juga mengisolasi mikroplastik.

Dalam pembuatan larutan ini dibuat dengan larutan NaCl yang sudah ditimbang dan dilarutkan dengan aquades dengan jumlah persampel sebanyak 100 ml. Sampel yang sudah dimasukkan kedalam gelas beaker dan di larutkan menggunakan *Hotplate Magnetic Stirrer* dan membuat larutan jenuh NaCl nya dengan suhu 60 °C dengan kecepatan perputaran *Stirrer* 400 RPM . Proses pengadukan dilakukan dengan perkiraan waktu sekitar 20 menit dan sampai larutannya menjadi jenuh .Berikut merupakan dokumentasi proses *Density Separation* :



Gambar 3.7 Proses *Density Separation*

3.6.4 Centrifuge

Setelah sudah melalui tahap pelarutan dengan NaCl (*Density separation*) ,dilakukan tahap selanjutnya yaitu *centrifuge*. Tujuan dilakukan ini supaya ketika dilakukan penyaringan kedalam kertas saring tidak adanya partikel dari debu jalan yang tidak terlarut yang akan mengakibatkan kotornya kertas saring dan memastikan bahwa partikel bebas dari kontaminan atau padatan yang tidak terlarut. Berikut merupakan dokumentasi proses centrigue :



Gambar 3.8 Proses *Centrifuge*

3.6.5 Penyaringan

Pada tahap persiapan, tahap terakhir yang dilakukan adalah penyaringan sebelum pengujian dilakukan. Pada tahap penyaringan ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan penyaringan mikroplastik. Alat dan bahan yang diperlukan dalam penyaringan ini yang dibutuhkan yaitu Pompa vacuum dan kertas saring dengan spesifikasi Glass Micro Fiber (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047. Mekanisme pada saat proses penyaringan ini adalah kertas saring yang diletakkan diatas pompa vacuum dan dilakukan penyedotan. Tujuan dari adanya pompa vacuum ini adalah untuk membantu dan menghisap dari larutan yang sudah diberi Nacl dan menghisap larutan tersebut dan membuat perangkap mikroplastik kedalam kertas saring yang sudah di letakkan di pompa vacuum. Setelah proses vacuum selesai dilakukan pembilasan pada mulut vacuum dengan aquades yang berfungsi untuk menghindari mikroplastik yang tertinggal di mulut vacuum. Sampel yang telah disaring diletakkan di cawan petri dan didiamkan sampai kering . Setelah tahap ini selesai dapat dilakukan penggunaan mikroskop untuk mengetahui kandungan mikroplastik. Berikut merupakan dokumentasi prosespenyaringan sampel pada saat penelitian :



Gambar 3.9 Proses Penyaringan sampel menggunakan Pompa Vacuum

3.7 Analisis Sampel

3.7.1 Mikroskop

Dalam penggunaan mikroskop dalam meneliti mikroplastik ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan dari mikroplastik yaitu dilihat dari jenis, jumlah dan warna mikroplastik yang terkandung dalam setiap sampel . Sampel yang sudah pada tahap preparasi diletakkan ke kaca preparat pada mikroskop. Mikroskop ini memiliki ukuran dalam pembesaran mikroskop dan dapat diatur dengan beberapa pembesaran yaitu dengan pembesaran 4 x,10 x,40 x hingga 100 x .Untuk mempermudah dalam analisis sampel , dilakukan pembagian pada kertas saring dengan 4 kuadran yang di gambar menggunakan pensil.Berikut merupakan dokumentasi mikroskop :



Gambar 3.10 Mikroskop

3.7.2 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Pengujian menggunakan FTIR dilakukan dengan meletakkan sampel di dalam kompartemen sampel. Setelah itu, detektor diputar hingga menyentuh sampel pada kuadran yang dipilih. Sampel di bawah FTIR kemudian dibaca oleh sinar inframerah. Cahaya yang dipantulkan mengarah ke detektor untuk pengukuran akhir dan konversi cahaya menjadi sinyal listrik yang direkam oleh alat perekam. Hasil pengukuran FTIR dapat disajikan dalam bentuk histogram intensitas dan daftar skor kemiripan polimer yang terbaca. Pengamatan menggunakan FTIR bertujuan untuk mendeteksi kandungan unsur kimia pada mikroplastik. Alat ini beroperasi dengan prinsip mengidentifikasi dan menganalisis spektrum dari transformasi Fourier spektroskopi inframerah pada FTIR.



Gambar 3.11 Alat *FTIR*

3.8 Analisis Data

3.8.1 Analisis Data Pada Mikroskop

Analisis data yang didapatkan dari hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 4 kali akan dianalisis secara deskriptif. Analisis data menggunakan mikroskop dilakukan pada sampel sedimen, dengan perhitungan kuantitas dan kelimpahan mikroplastik sebanyak 30 gram debu jalan. akan diperoleh hasil analisis. Rumus untuk menghitung kelimpahan mikroplastik sebagai berikut:

$$\text{Kelimpahan} = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik per Sampel (Partikel)}}{\text{Berat Road Dust (gr)}}$$

Pengamatan menggunakan mikroskop selain mengamati kuantitas mikroplastik, juga dilakukan pengamatan jenis dan warna mikroplastik. Adapun jenis mikroplastik berupa pellet, fiber, fragment, foam dan film. Warna mikroplastik dapat berupa, transparan, hitam, biru, merah, hijau dan lain sebagainya. Perhitungan jenis dan warna mikroplastik akan didapatkan hasil berupa jumlah dan persentase. Perhitungan persentase pada jenis dan warna mikroplastik didapatkan dengan rumus:

$$\text{Persentase (\%)} = \left(\frac{\text{Jumlah partikel jenis atau warna}}{\text{jumlah keseluruhan partikel jenis atau warna}} \times 100\% \right)$$

3.8.2 Analisis Data Pada FTIR

Analisis menggunakan FTIR didapatkan dari hasil pembacaan sampel Debu jalan (*Road dust*). Hasil pembacaan berupa grafik dan hasil serapan gugus fungsi senyawa. Pada grafik diperoleh grafik puncak (peak) unsur kimia yang diserap dengan score penyerapan paling tinggi ke rendah. Sedangkan hasil serapan gugus fungsi senyawa didapatkan hasil daftar nama gugus fungsi senyawa yang terbaca. Nama gugus fungsi senyawa akan disesuaikan dengan referensi yang bertujuan mencari turunan senyawa. Turunan senyawa akan ditelusuri berasal dari sumber kegiatan yang menimbulkan. Perhitungan persentase pada polimer plastik didapatkan dengan rumus :

$$\text{Persentase (\%)} = \left(\frac{\text{Jumlah polimer pada sampel}}{\text{jumlah keseluruhan polimer}} \times 100\% \right)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik di lokasi penelitian yang meliputi Tugu Jogja, area Malioboro, dan permukiman di sekitar kawasan wisata menunjukkan variasi yang signifikan, bergantung pada aktivitas manusia dan lalu lintas di setiap area. Penelitian ini mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik berdasarkan jenis, jumlah, dan distribusinya dalam sampel debu jalan seberat 30 gram yang diambil dari setiap lokasi yang dianalisis di laboratorium. Hasil analisis menunjukkan bahwa area dengan lalu lintas yang padat, seperti Tugu Jogja, Malioboro, memiliki jenis dan jumlah mikroplastik yang lebih banyak dibandingkan dengan area permukiman. Temuan ini menegaskan bahwa intensitas aktivitas manusia, seperti pariwisata dan kendaraan bermotor, secara langsung memengaruhi distribusi dan kelimpahan mikroplastik di lingkungan perkotaan Yogyakarta.

4.1.1 Jenis Mikroplastik

Dalam penelitian ini, ditemukan lima jenis mikroplastik, yaitu fragmen, film, fiber, foam, dan pellet. Dari hasil analisis, fragmen adalah jenis mikroplastik yang paling dominan di area pariwisata Malioboro dan permukiman sekitar. Fragmen merupakan potongan-potongan kecil dari plastik yang lebih besar, yang sering kali berasal dari kemasan plastik, produk sehari-hari, atau bahkan dari abrasi ban kendaraan. Jenis mikroplastik lainnya, seperti film, fiber, foam, dan pellet, ditemukan dalam jumlah yang lebih kecil. Temuan ini menunjukkan bahwa di daerah dengan aktivitas tinggi seperti Malioboro dan di permukiman, fragmen mikroplastik mendominasi, mencerminkan pengaruh dari berbagai sumber pencemaran, termasuk dari penggunaan kendaraan. Mikroplastik ini diidentifikasi menggunakan mikroskop dengan pembesaran 10 kali, yang membantu dalam mengamati dan mengklasifikasikan berbagai jenis mikroplastik. Berikut ini adalah Gambar didalam tabel yang menampilkan jenis mikroplastik yang didapat.

Tabel 4.1 Jenis Mikroplastik

JENIS MIKROPLASTIK	GAMBAR
Fragmen	
Film	
Fiber	
Foam	
Pellet	

1. Fragmen
Fragmen mikroplastik umumnya memiliki bentuk yang tidak teratur dan acak, dengan tepi yang kasar atau tidak rata. Bentuk ini dapat bervariasi, bergantung pada cara plastik asalnya terpecah atau mengalami penguraian. Fragmen ini sering kali menyerupai serpihan kecil, potongan, atau pecahan yang tidak simetris (Cárdenas dkk., 2020).
2. Film
Film mikroplastik adalah partikel kecil berbentuk lembaran tipis atau lapisan datar. Biasanya, film ini berasal dari plastik lentur seperti

kantong plastik, bungkus makanan, atau lapisan plastik pada kemasan. Partikel ini memiliki permukaan yang relatif luas dibandingkan ketebalannya dan sering kali muncul sebagai potongan kecil dari lembaran plastik yang telah rusak atau terpecah (Tziourrou dkk., 2021).

3. Fiber

Fiber adalah partikel plastik berbentuk serat tipis dan memanjang yang umumnya berasal dari bahan sintesis seperti poliester, nilon, atau akrilik. Serat ini sering berasal dari daratan, seperti dari tekstil, karpet, atau bahan sintesis lainnya, yang kemudian terlepas dan tersebar di lingkungan melalui berbagai aktivitas manusia (Almroth dkk., 2018).

4. Foam

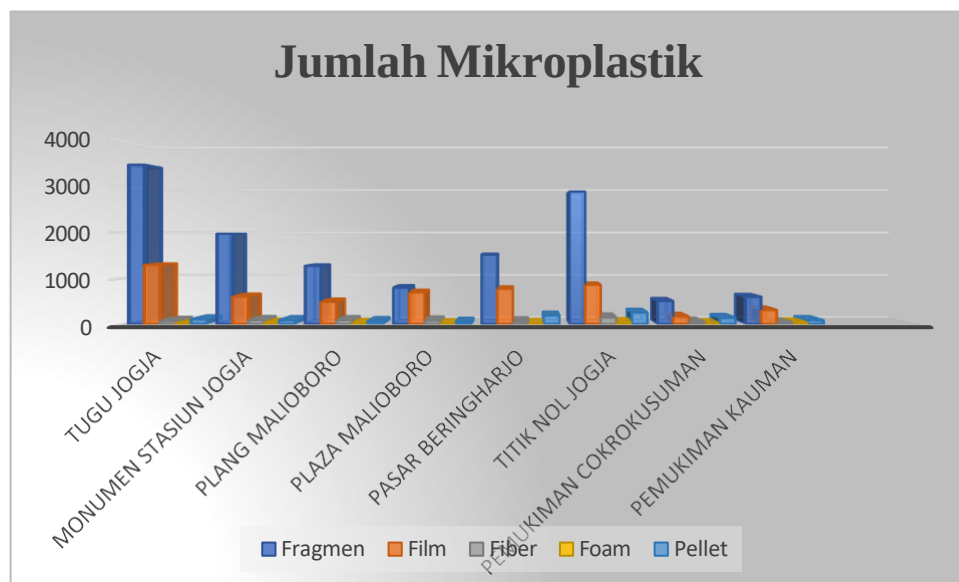
Foam merujuk pada fragmen kecil dari bahan plastik berbusa, seperti styrofoam, yang terbentuk melalui proses pembentukan gelembung udara dalam matriks polimer (Tsivintzelis., dkk 2007)

5. Pellet

Pellet adalah partikel kecil dari plastik yang berbentuk bulat atau silindris dan biasanya digunakan sebagai bahan baku dalam industri plastik (Silva dkk., 2020).

4.1.2 Jumlah Mikroplastik

Mikroplastik berada disekitar lingkungan dan untuk mengetahui dari jumlahnya mikroplastik harus melakukan perhitungan setelah adanya melakukan identifikasi menggunakan mikroskop .Berikut ini adalah gambar diagram jumlah dari mikroplastik di area sampel :



Gambar 4.1 Jumlah Mikroplastik

Perbandingan jumlah mikroplastik yang ditemukan di beberapa lokasi di Yogyakarta menunjukkan variasi yang signifikan dalam jenis dan jumlah mikroplastik yang terdeteksi. Di Tugu Jogja, fragmen mendominasi dengan 3.479 partikel/30 gram, diikuti oleh film 1.293 partikel/30 gram, pellet 103 partikel/30 gram, fiber 68 partikel/30 gram dan foam 22 partikel/30. Monumen Stasiun Jogja menunjukkan pola serupa dengan dominasi fragmen sebanyak 1.971 partikel/30 gram, namun jumlah film 603 partikel/30 gram dan pellet 83 partikel/30 gram sedikit lebih rendah, sementara fiber 86 partikel/30 gram dan foam 23 partikel/30 gram sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan Tugu Jogja. Plang Malioboro memiliki jumlah fragmen yang lebih rendah, yaitu 1.271 partikel/30 gram, dengan film sebanyak 485 partikel/30 gram, dan pellet sebanyak 62 partikel/30 gram. Fiber dan foam juga lebih sedikit ditemukan di lokasi ini, masing-masing sebanyak 83 partikel/30 gram dan 20 partikel/30 gram. Plaza Malioboro menunjukkan jumlah film yang relatif tinggi 69 partikel/30 gram meskipun fragmen tetap mendominasi dengan 795 partikel/30 gram sedangkan foam dan pellet ditemukan dalam jumlah yang lebih kecil. Pasar Beringharjo memiliki jumlah fragmen 1.514 partikel/30 gram dan film 76 partikel/30 gram yang signifikan, dengan pellet yang cukup tinggi dibandingkan lokasi lain 187 partikel/30 gram. Di Titik Nol Yogyakarta, fragmen tetap dominan dengan 2.893 partikel/30 gram, dan jumlah pellet juga tinggi, mencapai 252 partikel/30 gram. Sementara itu, pemukiman

Cokrokusuman dan Kauman menunjukkan jumlah mikroplastik yang lebih rendah secara keseluruhan, namun tetap mempertahankan dominasi fragmen dengan masing-masing 501 partikel/30gram dan 594 partikel/30gram. Fiber dan foam di kedua pemukiman tersebut ditemukan dalam jumlah yang jauh lebih sedikit. Analisis ini menunjukkan bahwa fragmen merupakan jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan di semua lokasi, dengan variasi jumlah jenis mikroplastik lainnya yang dipengaruhi oleh aktivitas di tiap area, seperti lalu lintas dan kepadatan penduduk.



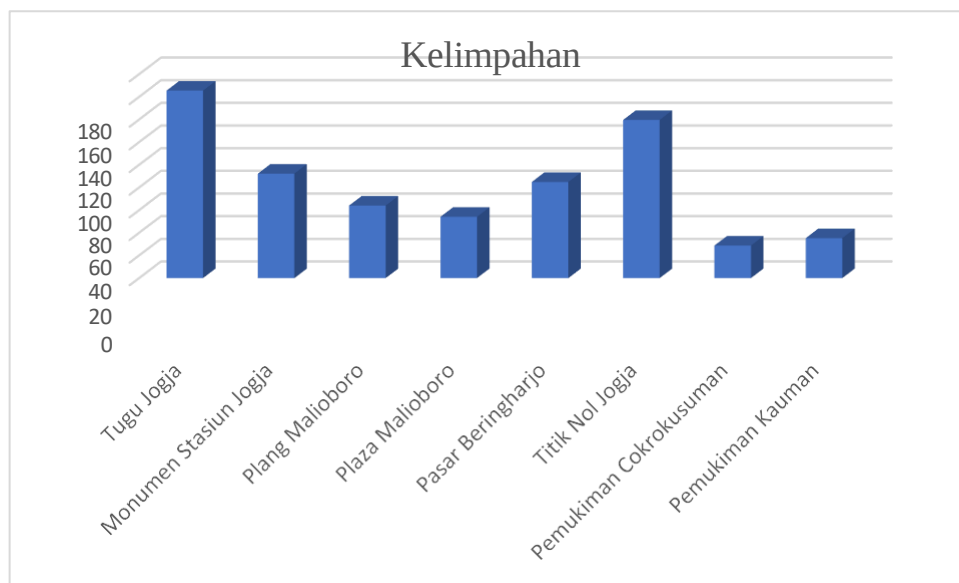
Gambar 4.2 Jumlah persentase mikroplastik

Dalam analisis sampel keseluruhan dari area pariwisata Malioboro, Tugu Jogja, dan pemukiman, ditemukan bahwa mikroplastik jenis fragmen adalah yang paling dominan, mencakup 65,3% dari total sampel dengan jumlah 13.018 partikel mikroplastik. Jenis film menyusul dengan persentase 25,9%, yang setara dengan 5.165 partikel mikroplastik. Fiber terdeteksi sebanyak 602 partikel mikroplastik, atau 3,02%, sementara foam ditemukan dalam jumlah 187 partikel mikroplastik, yang merupakan 0,93% dari total. Pellet menyumbang 4,7% dengan jumlah 955 partikel mikroplastik. Temuan ini menunjukkan bahwa fragmen adalah komponen utama mikroplastik di debu jalan dari ketiga area tersebut, menunjukkan kontribusi signifikan dari berbagai sumber pencemaran seperti kemasan plastik, abrasi ban kendaraan, cat plastik pada jalan serta trotoar jalan (Monira dkk., 2021). Jenis mikroplastik lainnya, seperti film,

fiber, foam, dan pellet, juga terdeteksi, meskipun dalam jumlah yang lebih sedikit daripada fragmen .

4.1.3 Kelimpahan Mikroplastik

Setelah menganalisis mikroplastik berdasarkan jenis dan jumlah pada sampel, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan kelimpahan partikel mikroplastik untuk setiap sampel. Besar kelimpahan partikel mikroplastik pada masing-masing sampel bergantung pada jumlah penemuan mikroplastik. Hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada sampel debu jalan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Kelimpahan pada debu jalan

Kelimpahan mikroplastik tertinggi dalam penelitian ini ditemukan di Tugu Jogja dengan jumlah 165,5 partikel per gram. Titik Nol Yogyakarta menempati posisi kedua dengan 139,6 partikel per gram, diikuti oleh Monumen Stasiun Yogyakarta dengan 92,2 partikel per gram. Pasar Beringharjo mencatat 84,8 partikel per gram, sementara Plang Malioboro memiliki 64,03 partikel per gram, dan Plaza Malioboro memiliki 54,1 partikel per gram. Di antara area pemukiman, Pemukiman Kauman menunjukkan kelimpahan mikroplastik sebesar 35,2 partikel per gram, sedangkan Pemukiman Cokrokusuman memiliki 28,7 partikel per gram. Data ini menunjukkan bahwa area dengan aktivitas tinggi seperti di pusat kota memiliki kelimpahan mikroplastik yang lebih tinggi dibandingkan dengan area pemukiman.

4.2 Warna Mikroplastik

Pengamatan dilakukan tidak hanya berdasarkan jenis, jumlah, dan kelimpahan mikroplastik, tetapi juga memperhatikan variasi warna dari mikroplastik yang ditemukan. Warna-warna yang teridentifikasi meliputi hitam, transparan, cokelat, merah, kuning, hijau, dan biru. Hasil pengamatan mikroplastik berdasarkan pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Persentase Mikroplastik berdasarkan Warna

Sampel Warna	Persentase(%)
HITAM	65,41878
Transparan	25,31239
Cokelat	5,510112
Merah	1,806594
Kuning	0,707583
Hijau	0,225824
Biru	1,018718

Dalam penelitian ini, distribusi warna mikroplastik yang ditemukan di area pariwisata Malioboro dan pemukiman menunjukkan dominasi warna hitam sebesar 65,41 persen. Warna hitam pada mikroplastik umumnya berasal dari produk-produk yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti ban kendaraan, komponen elektronik, dan bahan konstruksi, yang mengalami degradasi dan Fragmentasi menjadi partikel mikroplastik. Dominasi warna hitam juga dapat disebabkan oleh tingginya penggunaan material berbahan plastik hitam di wilayah perkotaan, serta sifat warna hitam yang lebih tahan terhadap perubahan warna akibat paparan sinar UV dan kondisi lingkungan (Ainali dkk, 2021).

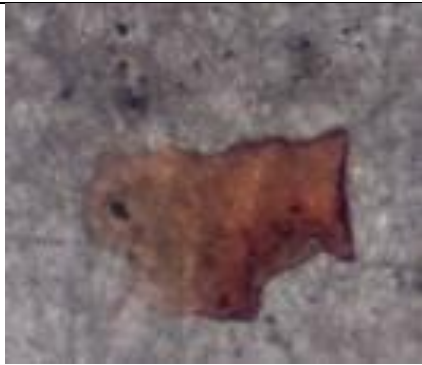
Warna transparan, yang menyumbang 25,31 persen, sering berasal dari plastik kemasan, botol, dan bahan-bahan plastik lainnya yang cenderung tidak berwarna atau bening. Plastik transparan juga sering digunakan dalam produk yang sekali pakai, yang kemudian terdegradasi menjadi partikel kecil di lingkungan .

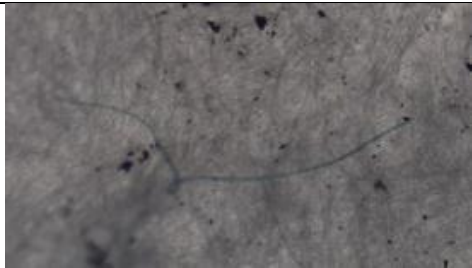
Warna cokelat (5,51 persen) dan merah (1,80 persen) biasanya berasal dari produk-produk seperti kantong plastik, bahan konstruksi, atau serpihan produk industri yang terfragmentasi. Sedangkan warna kuning (0,70 persen), hijau (0,22 persen), dan biru (1,01 persen) kemungkinan besar berasal dari plastik berwarna yang digunakan dalam produk-produk spesifik, seperti mainan, peralatan rumah tangga, dan komponen dekoratif.

Warna mikroplastik biasanya berasal dari berbagai sumber, termasuk pigmen

atau pewarna yang digunakan dalam pembuatan plastik untuk memberikan warna pada produk. Selain itu, bahan tambahan seperti zat aditif atau pelapis juga dapat memengaruhi warna mikroplastik. Proses degradasi plastik, seperti paparan sinar UV dan cuaca, dapat menyebabkan perubahan warna, tetapi partikel mikroplastik tetap mempertahankan jejak warna aslinya. Warna mikroplastik juga bisa mencerminkan sumber asalnya, seperti plastik kemasan yang berwarna cerah atau tekstil sintetis dengan warna tertentu (Imhof dkk., 2016). Berikut ini perbedaan warna pada mikroplastik yang dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Warna Mikroplastik pada Debu Jalan

Warna	Gambar
Hitam	
Transparan	
Merah	

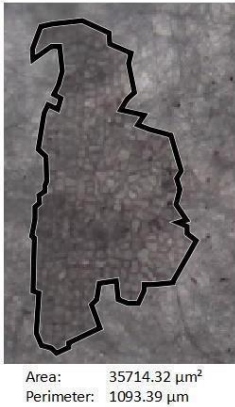
Kuning	
Hijau	
Biru	
Cokelat	

4.3 Ukuran Mikroplastik

Setelah diidentifikasi mikroplastik berdasarkan dari jenis dan warna, selanjutnya mengidentifikasi mikroplastik berdasarkan ukuran yang mana ukuran mikroplastik kurang dari 5mm (Kang dkk..2022).Berikut ini merupakan

pengukuran mikroplastik memakai *software image raster* yang dilampirkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Mikroplastik berdasarkan ukuran

Jenis Mikroplastik	Gambar	Deskripsi
Fragmen		Fragmen mikroplastik memiliki perimeter 543,52 mikrometer.
Fiber		Fiber mikroplastik memiliki ukuran 870,45 mikrometer.
Film		Film mikroplastik memiliki ukuran perimeter 657,74 mikrometer.
Foam		Foam mikroplastik memiliki ukuran perimeter 1093,39 mikrometer.

Pellet	 Diameter: 1024.19 μm Area: 823851.61 μm^2	Pellet memiliki diameter 1024,19 mikrometer
--------	---	---

Pengukuran mikroplastik dilakukan dengan menggunakan *Software Image raster* dan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 10 kali. Dalam pengukuran ini, berbagai jenis mikroplastik diidentifikasi dan diukur sebagai berikut: Fragmen mikroplastik memiliki perimeter 543,52 mikrometer ; fiber mikroplastik memiliki luas area sebesar 870,45 mikrometer; film mikroplastik memiliki perimeter seluas 657,74 mikrometer; foam mikroplastik memiliki perimeter sebesar 1.093,39 mikrometer; dan pelet mikroplastik memiliki luas area dengan diameter 1.024,19 mikrometer.

4.4 Jenis Polimer Plastik

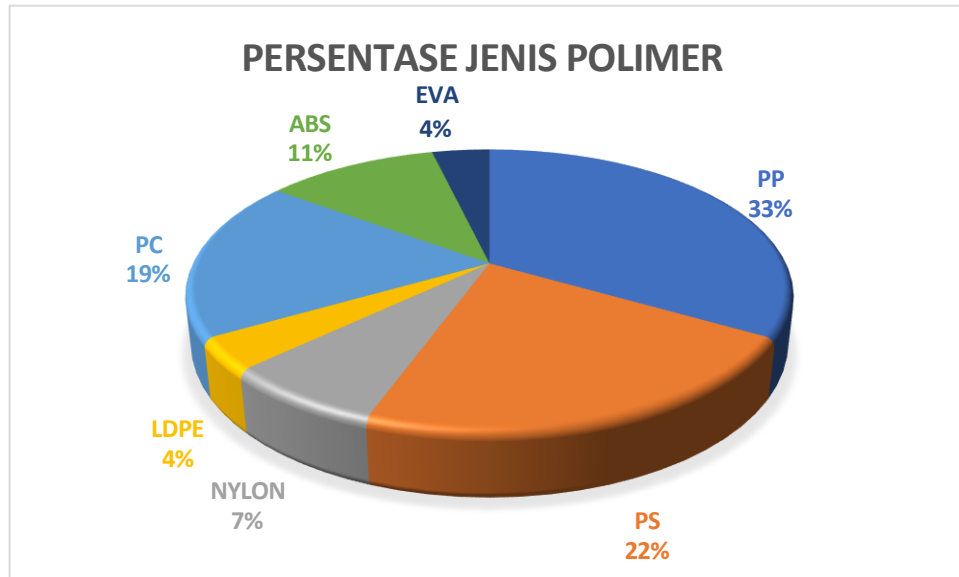
Setelah pengamatan dengan mikroskop, senyawa polimer pada mikroplastik dianalisis lebih lanjut. Tahapan analisis ini dilakukan menggunakan instrumen FTIR (Fourier Transform Infrared). Instrumen FTIR bekerja dengan menganalisis struktur gugus fungsi yang ada pada mikroplastik. Sampel dibagi menjadi empat kuadran saat pengamatan mikroskopis, dengan tujuan untuk mengidentifikasi kuadran yang memiliki konsentrasi mikroplastik tertinggi, yang kemudian akan dianalisis lebih lanjut dengan FTIR.

Hasil Analisis polimer mengacu pada berupa grafik dan titik puncak pada grafik serta melihat puncak dari polimer yang pada sampel telah diidentifikasi dengan FTIR serta mengacu pada Analisis dari (Veerasingam et al., 2021b). Berikut ini adalah hasil tabel yang dianalisis menggunakan FTIR.

Tabel 4.5 Analisis Senyawa Polimer FTIR

POLIMER			
NO		PUNCAK	JENIS
1	Tugu Jogja	999,79	PP
2		578,64	PS
3	Monumen Stasiun Jogja	1647,21	Nylon
4		1319,31	LDPE
5		1006,84	PC
6		775,38	ABS
7		732,95	EVA
8		690,52	PS
9		671,23	Nylon
10		563,21	PS
11		532,35	PS
12	Plang Malioboro	1002,98	PP
13		783,1	ABS
14		694,37	PS
15		648,08	ABS
16	Plaza Malioboro	1002,98	PP
17	Pasar Beringharjo	1006,84	PC
18		999,13	PP
19	Titik Nol Yogyakarta	790,81	PP
20		1002,8	PP
21		790,81	PP
22	Pemukiman Cokrokusuman	1010,7	PC
23		1010,7	PC
24	Pemukiman Kauman	1006,84	PC
25		1002,98	PP
26		794,67	PP
27		574,79	PS

Setelah melakukan Analisis puncak kemiripan polimer yang terdeteksi oleh instrumen FTIR pada setiap sampel ,dilakukan perhitungan persentase dari hasil polimer yang kedeteksi.Berikut ini adalah diagram persentase pada hasil Analisis polimer.



Gambar 4.4 Hasil perhitungan Persentase Polimer

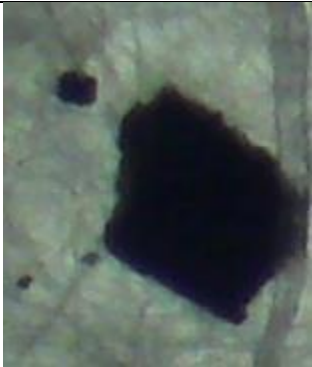
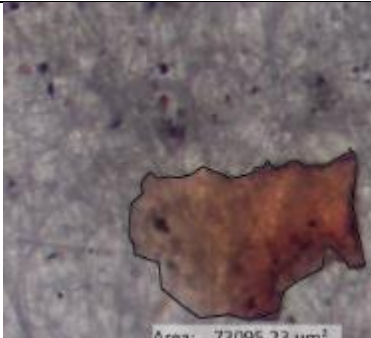
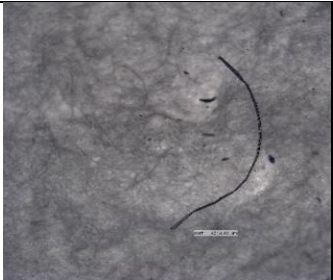
Dalam penelitian ini, setelah dilakukan analisis menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR), teridentifikasi tujuh jenis polimer yang terkandung dalam sampel mikroplastik. Polimer yang paling dominan adalah *Polypropylene* (PP) dengan persentase sebesar 33%. PP sering digunakan dalam berbagai produk plastik seperti kemasan makanan, botol, produk rumah tangga lainnya serta mobil automotive (Zhao dkk. 2015). Selanjutnya, *Polystyrene* (PS) ditemukan dengan persentase 22%. PS adalah bahan umum dalam produk sekali pakai seperti gelas plastik, pembungkus makanan, dan cangkir kopi (Sun dkk. 2022). *Polycarbonate* (PC) terdeteksi dengan persentase 18,5%. PC dikenal kuat dan tahan terhadap benturan, sehingga sering digunakan dalam peralatan elektronik seperti casing serta lampu kendaraan mobil maupun motor dan sebagainya (Kim dkk. 2019). *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) memiliki persentase 11,11%. ABS adalah bahan yang digunakan dalam pembuatan mainan, komponen otomotif (panel interior dan grill depan), dan peralatan elektronik (Hylova dkk. 2017). *Nylon* ditemukan dengan jumlah persentase 7,4% yang mana Nylon sering digunakan dalam tekstil dan produk industri (Chen dkk. 2006). Sementara dari *Low density Polyethylene* (LDPE) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) memiliki persentase yang sama 3,7 %. LDPE ini sering dipakai dalam penggunaan plastik berdensitas rendah (Shankar dkk., 2019). EVA biasanya digunakan dalam sol sepatu dan busa pelindung (Junior dkk. 2021).

4.5 Pembahasan

4.5.1 Karakteristik Mikroplastik

Mikroplastik merupakan pecahan dari plastik yang mengalami degradasi dari berbagai macam proses yang membuat ukuran dari mikroplastik kurang dari 5 mm dan tersebar luas di lingkungan sekitar (O'Brien dkk., 2021). Pada debu jalanan berbagai macam jenis mikroplastik yang ditemukan seperti Fragmen, Film, Fiber dan sebagainya. Berikut ini adalah gambar dari jenis mikroplastik yang didapatkan di dalam tabel di penelitian di area pariwisata malioboro dan pemukiman .

Tabel 4.6 Jenis Mikroplastik di Area Pariwisata Malioboro dan Pemukiman

		
(1)	(2)	(3)
		(1)Fragmen (2)Film (3)Fiber (4)Pellet (5)Foam
(4)	(5)	

Fragmen adalah mikroplastik yang umumnya muncul dalam bentuk potongan plastik yang tidak beraturan (Zhang dkk. 2021). Fragmen banyak ditemukan di area pariwisata malioboro dan pemukiman sekitar 65,3 persen yang mana diindikasikan bahwa pecahan sampah plastik dan abrasi pada ban serta aspal jalan .

Sebagian besar mikroplastik jenis fragmen yang diteliti oleh Yukioka dkk., (2020) berwarna hitam yang di indikasi bahwa fragmen itu berasal dari ban ataupun aspal. Mikroplastik jenis film ini merupakan pecahan dari plastik yang bentuknya berupa lembaran tipis yang datar dan rapuh (Amrutha dkk. 2020). Jumlah persentase film yang terbanyak kedua setelah fragmen yaitu berkisar 25,9 persen yang mana banyaknya sampah plastik yang sudah lama dan terdegradasi oleh berbagai macam proses yang menyebabkan mikroplastik film yang sangat ringan dan cepat berpindah ketempat yang lainnya dikarenakan erosi angin maupun hujan (Haque, 2023). Fiber merupakan jenis mikroplastik yang berbentuk panjang seperti benang dan tipis (Corami dkk. 2020). Pada mikroplastik jenis fiber ini terdapat 3,02 persen yang berada disekitar area malioboro dan pemukiman. Mikroplastik yang dikenal sebagai Foam memiliki bentuk mirip kapas dan tekstur seperti spons. Mikroplastik ini umumnya berasal dari produk polistiren sekali pakai. Sumber utama mikroplastik jenis ini adalah kemasan atau wadah makanan dan minuman sekali pakai yang terbuat dari polistiren (Yin dkk. 2019). Mikroplastik foam terdapat 0,93persen yang berada di lokasi area malioboro dan pemukiman . Mikroplastik berjenis pellet biasanya berasal dari butiran plastik kecil yang digunakan sebagai bahan baku dalam industri pembuatan produk plastik dan lainnya(Pflieger dkk.2017). Pellet initerdapat 4,7 persen berada di area sekitar malioboro dan pemukiman

Mikroplastik yang paling banyak ditemukan diarea pariwisata dan pemukiman adalah fragmen dan begitu juga penelitian yang dilakukan oleh Dowarah dkk. (2020) menemukan bahwa jenis mikroplastik dengan persentase tertinggi adalah fragmen sebesar 92,46 persen. Kelimpahan mikroplastik di Kota Chennai ini paling tinggi di wilayah Chennai Selatan yang merupakan daerah perkotaan, sedangkan di daerah pemukiman di Chennai Selatan, kelimpahan mikroplastik lebih rendah dibandingkan di daerah perkotaan. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan di Iran oleh Abbasi dkk.,(2019) yang mana mikroplastik dan *microrubber* sesuatu yang berbeda dan mikroplastik ini merupakan plastik yang terdegradasi dari berbagai proses yang mana nantinya akan terpecah menjadi partikel plastik yang kecil dan sedangkan microrubber ini adalah partikel yang berbahan dasar dari karet disebabkan faktor abrasi pada ban dan menyebabkan partikel karet tersebut mengelupas dari ban dan menyebar ke lingkungan dan teridentifikasi bahwa mikroplastik yang diteliti di Iran berjenis mikroplastik film dan pellet sedangkan microrubber adalah fragmen yang berwarna hitam.

Mikroplastik yang dihasilkan pada debu jalan ini diperkirakan berdasarkan abrasi pada ban kendaraan, cat plastik pada jalan dan trotoar serta sampah plastik yang berserakan di area lantai malioboro maupun pemukiman dikarenakan kepadatan penduduk yang berkunjung disekitar area pariwisata. Volume kendaraan, beratnya kendaraan, cara pengemudi mengendarai kendaraan serta kecepatan kendaraan sangat mempengaruhi dari jumlah kelimpahan dari terciptanya mikroplastik (Chae dkk . 2024) . Kekhawatiran Monira dkk.(2021) yang menyatakan bahwa abrasi pada ban kendaraan, polimer plastik pada aspal, cat marka jalan serta degradasi sampah plastik yang akan menjadi mikroplastik yang memasuki ke badan air permukaan dan harus memberikan solusi dalam mengelola mikroplastik yang berasal dari debu jalan ini untuk dilakukan pengolahan.

Dalam pengukuran, O'Brien dkk.(2021) menyatakan bahwa rentang ukuran mikroplastik berada antara 1 hingga 5000 μm . Pengukuran mikroplastik di area pariwisata Malioboro dan pemukiman menunjukkan bahwa ukuran mikroplastik berkisar antara 1 hingga 5000 μm , Fragmen mikroplastik memiliki perimeter 543,52 mikrometer; fiber mikroplastik memiliki luas area sebesar 870,45 mikrometer, film mikroplastik memiliki perimeter seluas 1.246,37 mikrometer, foam mikroplastik memiliki perimeter sebesar 1.093,39 mikrometer, dan pelet mikroplastik memiliki luas area dengan diameter 1.024,19 mikrometer.

Berdasarkan hasil mengidentifikasi polimer dengan menggunakan FTIR dari 8 lokasi yang dilakukan terdapat 7 jenis polimer yang terdeteksi dari kertas saring whatman yang dilakukan dengan bantuan alat spektrum FTIR. Lokasi pertama yang berada di daerah Tugu Yogyakarta terdapat 2 jenis polimer yang terdeteksi yaitu Polypropylene (PP) dan Polystirene. Lokasi kedua yang berada di area Monumen Stasiun KA Yogyakarta yang dijumpai adalah jenis polimer Nylon, LDPE, Polycarbonate, Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Ethylene Vinyl Acetate, PE, PS. Lokasi ketiga berada di Plang Malioboro terdapat polimer jenis PP, ABS dan PS. Lokasi keempat yang berlokasi di Plaza Malioboro terdapat jenis polimer PP. Lokasi ke 5 berada di Pasar Beringharjo terdeteksi bahwa jenis polimer plastik Polycarbonate (PC), dan Polypropylene (PP). Lokasi ke 6 berada di Titik Nol Yogyakarta terdapat polimer jenis PP. Sedangkan yang berada di area pemukiman mendapatkan polimer jenis Polycarbonate (PC), Polypropylene (PP) dan PS yang berada di lokasi Pemukiman Cokrokusuman dan Pemukiman Kauman. Berikut ini adalah perbandingan hasil mikroplastik dengan acuan jurnal

yang didapatkan didalam tabel berikut .

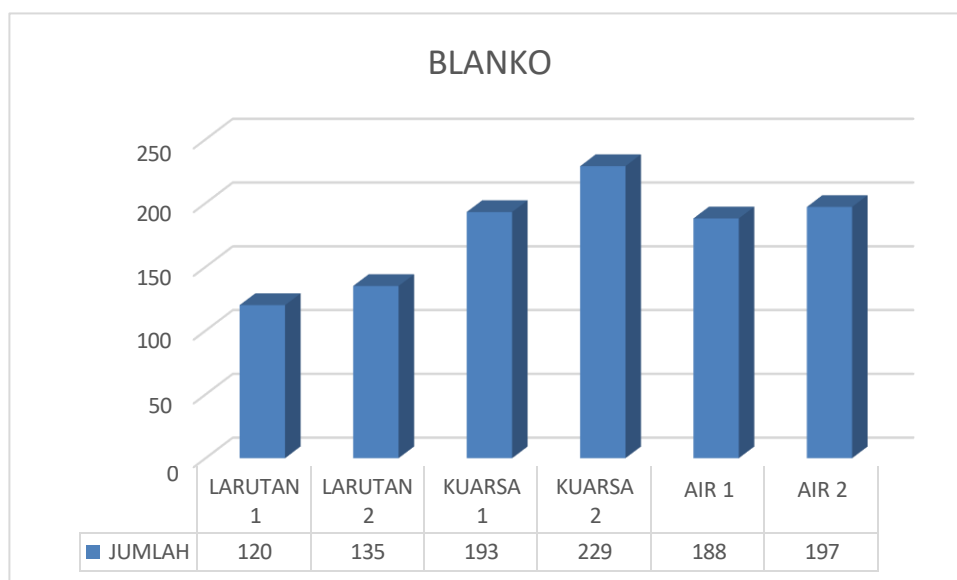
Tabel 4.7 Perbandingan Polimer dan mikroplastik

Nama	Lokasi	Hasil
Dowarah dkk.,(2020)	India	Terdapat beberapa jenis polimer yaitu polivinil klorida, poli(etilen-ko-vinilasetat),HDPE,poli(tetrafluoroetilen), mikrokristalin selulosa, lyocell, superflex-200, wax-1032, dan AC-395.Mikroplastik yang diidentifikasi yang mayoritas yaitu fragmen sebanyak 92,46 % dan fiber 7,54%.
Abbasi dkk.,(2019)	Iran	Terdapat mikroplastik dan microrubber yang mana mikroplastik didominasi oleh mikroplastik pellet 74% dan film 14% sedangkan Microrubber didominasi oleh fragmen 61 % dan fiber 36%.
Kang., dkk (2022)	Korea	Mendapatkan mikroplastik berwarna hitam yang diindikasikan dari ban kendaraan sebanyak 72% dan mengandung polimer butadiena stirena.
O Brien dkk.,(2021)	Australia	Terdapat 6 jenis polimer yang ditemui yaitu polipropilena, polistiren, polietilen tereftalat, polivinil klorida, poli(metil metakrilat), dan polietilen.
Kitahara dkk., (2020)	Jepang	Analisis komposisi polimer mengungkapkan bahwa poli(diallyl phthalate), polivinil klorida, polimetil metakrilat, dan poliester mendominasi, mencakup 60% hingga 70% dari total mikroplastik yang ditemukan lingkungan jalan di Jepang.

Nama	Lokasi	Hasil
Yukioka dkk.,(2020)	Jepang,nepal dan Vietnam	Mikroplastik yang didapatkan berdasarkan warna yang didapatkan di kathmadu nepal berwarna biru 26% dan di da nang berwarna hitam 21%.Mikroplastik yang dominan adalah Fragmen dengan danang di
		vietnam berkisar 68 persen dan 81 persen sedangkan yang paling rendah adalah pellet 4 % dan 10 %

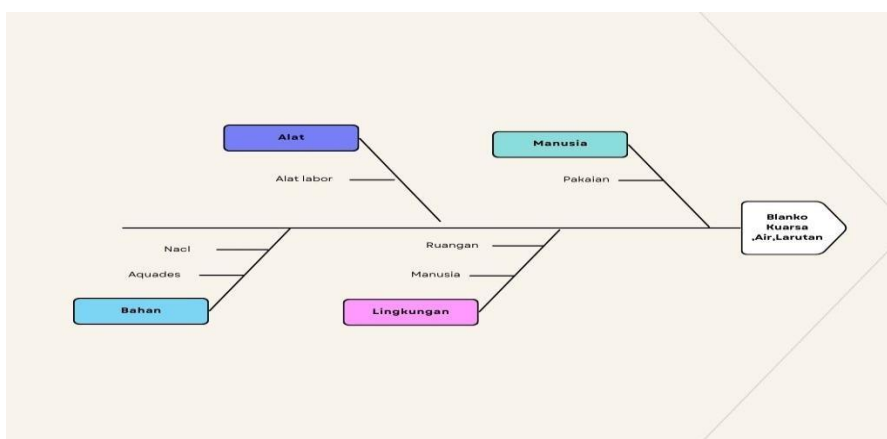
Dari berbagai acuan penelitian yang ada, ditemukan bahwa keberadaan mikroplastik di sekitar lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jenis polimer yang tersebar di area tersebut dan durasi partikel debu jalan berada di lokasi tersebut. Jenis polimer yang terdispersi dapat mempengaruhi karakteristik dan konsentrasi mikroplastik yang ditemukan, sedangkan lama waktu partikel debu jalan terakumulasi di lingkungan sekitar juga berkontribusi pada intensitas pencemaran mikroplastik. Faktor-faktor ini perlu diperhitungkan dalam analisis dan pengelolaan kontaminasi mikroplastik untuk mendapatkan gambaran yang akurat mengenai distribusi dan dampaknya di lingkungan tersebut.

Pada penelitian ini juga menggunakan blanko kontrol yang terdiri dari pasir silika,pasir kuarsa dan blanko larutan yang terdiri dari h2o2 dan Nacl serta blanko air yang dapat dilihat pada gambar berikut .



Gambar 4.5 Hasil Perhitungan Blanko Kontrol

Blanko kontrol yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan adanya kontaminasi dari lingkungan meskipun telah dilakukan langkah-langkah pencegahan, seperti penggunaan peralatan dan pakaian yang tidak mengandung serat atau jenis polimer lainnya. Hasil pengukuran pada blanko larutan 1 menunjukkan adanya 120 mikroplastik, sedangkan pada larutan 2 terdapat 135 mikroplastik. Blanko kuarsa 1 mencatat 193 mikroplastik, dan kuarsa 2 lebih tinggi dengan 229 mikroplastik. Blanko air 1 terdeteksi memiliki 188 mikroplastik, sementara air 2 mencatat 197 mikroplastik. Kontaminasi ini dapat disebabkan oleh partikel mikroplastik yang ada di udara dalam ruangan selama proses analisis, meskipun tindakan pencegahan sudah diterapkan. Hasil ini menekankan pentingnya kehati-hatian ekstra dalam menangani sampel agar hasil penelitian tetap akurat dan terhindar dari kontaminasi eksternal. Ditemukan adanya terkontaminasi mikroplastik pada blanko pada pasir kuarsa ataupun blanko lainnya dapat dilakukan mencari akar permasalahan dengan menggunakan metode fishbone pada gambar berikut.



Gambar 4.6 Metode Fishbone Pada Blanko Kontrol

Kontaminasi blanko kontrol dengan mikroplastik dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang saling terkait, termasuk manusia, peralatan, bahan yang digunakan, serta lingkungan di laboratorium. Serat dari pakaian atau tekstil yang terlepas akibat penggunaan atau degradasi menjadi salah satu sumber mikroplastik yang umum. Selain itu, alat yang digunakan dalam proses preparasi sering kali masih menyimpan partikel mikroplastik, yang dapat berasal dari penggunaan sebelumnya atau dari material pembuat alat itu sendiri. Bahan-bahan seperti aquades dan NaCl juga berpotensi terkontaminasi, sementara pasir kuarsa yang disimpan dalam karung goni bisa melepaskan mikroplastik saat terpecah, sehingga

meningkatkan risiko kontaminasi dalam analisis.

Faktor lingkungan di laboratorium juga memainkan peran penting dalam kontaminasi mikroplastik. Keberadaan debu di dalam ruangan dapat menyebabkan partikel mikroplastik bertebaran di udara, yang selanjutnya dapat mengendap pada permukaan blanko kontrol. Aktivitas manusia di sekitar area preparasi, seperti bergerak dan berinteraksi dengan lingkungan, dapat memperburuk situasi ini, karena mikroplastik dapat terangkat dan mencemari sampel. Oleh karena itu, penting bagi laboratorium teknik lingkungan untuk menerapkan protokol kebersihan yang ketat dan menjaga kontrol kualitas lingkungan, guna meminimalkan risiko kontaminasi mikroplastik.

4.5.2 Sumber Mikroplastik

Sumber mikroplastik di lokasi sampel dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk volume kendaraan, kepadatan penduduk, dan keberadaan sampah plastik di sekitar lokasi. Volume kendaraan yang tinggi dapat meningkatkan pencemaran mikroplastik melalui abrasi ban dan debu rem yang mengandung partikel mikroplastik. Kepadatan penduduk yang besar sering kali berhubungan dengan konsumsi plastik yang tinggi dan produksi sampah yang lebih banyak, yang seiring waktu dapat terfragmentasi menjadi mikroplastik akibat paparan cuaca dan proses pelapukan. Selain itu, sampah plastik yang tidak dikelola dengan baik di lingkungan sekitar menjadi sumber mikroplastik langsung yang dapat terlepas ke lingkungan melalui proses degradasi. Kombinasi dari faktor-faktor ini mempengaruhi konsentrasi mikroplastik di debu jalan dan lingkungan sekitarnya, sehingga analisis terhadap ketiga faktor ini sangat penting untuk memahami dan mengelola pencemaran mikroplastik secara efektif. Berikut ini adalah kondisi yang terjadi disekitar lokasi dari waktu pengambilan ,jumlah kendaraan dan sampah disekitar Lokasi.

Tabel 4.8 Sumber Mikroplastik di Area Pariwisata Malioboro dan Pemukiman

Waktu Pengambilan	Titik Lokasi	Jumlah Motor	Jumlah Mobil	Sampah Disekitar
31 Maret 2024(08:07-08:12)	Tugu Jogja	127	37	
31 Maret 2024(08:28-08:33)	Monumen Stasiun Yogya	68	36	

31 Maret 2024(08:42-08:47)	Plang Malioboro	44	23	
Waktu Pengambilan	Titik Lokasi	Jumlah Motor	Jumlah Mobil	Sampah Disekitar
31 Maret 2024(09:00-09:05)	Plaza Malioboro	92	46	
31 Maret 2024 (09:14-09:19)	Pasar Beringharjo	83	22	

31 Maret 2024 (09:26- 09:31)	Titik Nol Yogyakarta	204	50	
31 Maret 2024 (08:17- 08:22)	Pemukiman Cokrokusuman	7	0	

Waktu Pengambilan	Titik Lokasi	Jumlah Motor	Jumlah Mobil	Sampah Disekitar
31 Maret 2024 (09:41-09:46)	Pemukiman Kauman	12	0	

Tabel 4.9 Data BMKG Klimatologi Yogyakarta

Tanggal	Kec.Angin (m/s)			Suhu (°C)			Curah Hujan
	Max	Min	Rata-rata	Max	Min	Rata-rata	RR
31 Maret 2024	3		2	30.4	25.6	28.1	0

Dalam pelaksanaan pengambilan sampel yang dimulai dari pukul 08.18 hingga 09.46, berdasarkan kondisi cuaca menurut BMKG, suhu rata-rata saat pengambilan adalah 28,1 °C dengan kecepatan angin rata-rata 2 m/s, dan pada hari pengambilan sampel tersebut tidak terjadi hujan.

Di sekitar lokasi Tugu Jogja, yang dikelilingi oleh berbagai usaha seperti kafe, angkringan, penginapan, dan pasar, ditemukan mikroplastik dari dua jenis polimer utama: polypropylene (PP) dan polystyrene (PS). Polypropylene, yang sering digunakan dalam wadah makanan, botol minuman, dan kemasan makanan cepat saji, banyak ditemukan di area kafe dan angkringan (Zhao dkk. 2015). Sementara itu, polystyrene, yang umum digunakan dalam kemasan makanan dan minuman sekali pakai seperti gelas styrofoam dan nampan, sering digunakan di pasar dan penginapan (Sun dkk. 2022).

Di sekitar Monumen Nasional Yogyakarta, terdapat berbagai usaha dan fasilitas seperti angkringan kopi, perkantoran, hostel, dan Stasiun Yogyakarta, yang dikelilingi oleh tingkat lalu lintas kendaraan yang tinggi. Aktivitas ini berkontribusi pada pencemaran mikroplastik di lingkungan sekitar. Polimer yang

terdeteksi di area ini meliputi nylon, LDPE (Low-Density Polyethylene), polycarbonate, ABS (AcrylonitrileButadieneStyrene), EVA (Ethylene Vinyl Acetate), PE(Polyethylene), dan polystyrene. Nylon umumnya berasal dari serat tekstil yang terlepas atau rapuh dari pakaian yang dikenakan pengunjung (Chen dkk. 2006), sementara LDPE terdapat pada kantong plastik dan kemasan makanan (Sahankar dkk., 2019). Polycarbonate ditemukan dalam produk yang memerlukan ketahanan benturan, seperti kaca mata, casing elektronik maupun lampu kendaraan mobil dan motor (Kim dkk., 2019). ABS digunakan dalam berbagai barang plastik seperti mainan, komponen otomotif seperti panel interior dan grill depan dan peralatan rumah tangga (Hylova dkk., 2019). EVA ditemukan dalam produk berbusa seperti sandal, sol sepatu dan sebagainya (Paiva Junior dkk., 2021) dan PS hadir dalam botol dan kemasan. Polystyrene biasanya ditemukan dalam kemasan makanan sekali pakai seperti gelas styrofoam, gelas kopi, pembungkus makanan dan sebagainya (Sun dkk., 2022).

Di Plang Malioboro, yang terletak di jalan awal Malioboro dan terkenal dengan banyak becak, delman, wisatawan yang berfoto-foto, serta lalu lintas kendaraan yang lalu lintas, ditemukan mikroplastik dari polimer polypropylene, ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), dan polystyrene. Polypropylene, yang sering digunakan dalam kemasan makanan dan kantong plastik, mungkin berasal dari sampah kemasan yang ditinggalkan oleh wisatawan di area tersebut (Zhao dkk., 2015). ABS, yang ditemukan dalam berbagai barang plastik seperti mainan dan komponen otomotif, kemungkinan berasal dari produk terbuang di sekitar lokasi (Hylova dkk., 2017). Polystyrene, yang umumnya digunakan dalam kemasan makanan sekali pakai seperti gelas dan nampan styrofoam, juga banyak ditemukan dari kemasan yang digunakan oleh pengunjung (Sun dkk., 2020).

Lokasi ke 4 adalah Plaza Malioboro yaitu salah satu pusat perbelanjaan yang selalu ramai dengan pengunjung yang jalan-jalan di kawasan Malioboro. Banyaknya toko makanan, minuman, dan pakaian di sekitar tempat ini menarik minat wisatawan dan warga lokal untuk mampir dan berbelanja. Di area ini, ditemukan mikroplastik dari jenis polimer polypropylene. Kemungkinan besar, polypropylene ini berasal dari sampah kemasan makanan, botol plastik, dan kantong belanja yang digunakan oleh pengunjung (Zhao dkk., 2015). Produk-produk plastik ini, setelah dibuang atau rusak, bisa terurai menjadi partikel mikroplastik yang akhirnya mencemari lingkungan di sekitar Plaza Malioboro.

Lokasi ke 5 berada di Pasar Beringharjo yang mana banyaknya wisatawan yang berkunjung untuk berbelanja di pasar ini dan juga terdapat lapangan parkir di tepi jalan yang sangat padat yang menyebabkan jalan ini sangat macet, terdapat 2 jenis polimer yang terdeteksi di sini yaitu Polycarbonate dan Polypropylene. Polycarbonate sering dipilih untuk berbagai produk karena kekuatannya yang tinggi dan kemampuannya untuk tetap transparan. Ini membuatnya ideal untuk digunakan dalam barang-barang elektronik seperti casing perangkat dan layar, serta dalam kontainer penyimpanan yang perlu kuat dan tahan lama. Di industri otomotif, polikarbonat digunakan untuk membuat bagian-bagian mobil yang ringan namun kuat. Selain itu, material ini juga dipakai dalam produk keselamatan seperti helm dan kaca pelindung, serta dalam lensa optik karena kejernihannya yang memungkinkan cahaya lewat dengan baik tanpa distorsi (J. G. Kim, 2020) sedangkan Polypropylene berasal dari sampah kemasan makanan, botol plastik, dan kantong belanja yang digunakan oleh pengunjung (Zhao dkk., 2015).

Lokasi ke enam Titik Nol Yogyakarta merupakan sebuah area yang banyak bangunan sejarah seperti Benteng Vredenburg, Museum, dan Istana Presiden. Di area ini terindikasi jenis polimer Polypropylene yang berasal dari kemasan plastik yang terindikasi dari pengunjung yang membawa makanan maupun minuman di sekitar lokasi dan ada yang mengindikasikan bahwa polimer Polypropylene merupakan salah satu bahan dasar dari ban yang menyebabkan abrasi pada ban (Awang dkk., 2009).

Lokasi ke tujuh berada di area Pemukiman yang bernama Pemukiman Cokrokusuman yang mana di daerah ini tidak terlalu jauh dengan Tugu Yogyakarta, pemukiman Cokrokusuman yang berada di kecamatan Jetis terdapat 23.655

penduduk yang tinggal di kecamatan inidan daerah sekitar ini banyaknya pedagang yang berjualan ,fasilitas pendidikan maupun perhotelan dan setelah di identifikasi polimer yang berada di area ini adalahPolycarbonate dan polimer ini di indikasi berasal dari pengunjung yang berkunjungdi area sekitar lokasi ataupun orang yang lalu lintas disekitar lokasi yang bisa berasal dari pelapis helm ataupun lensa kaca mata (J. G. Kim, 2020) .

Lokasi ke delapan berada di pemukiman kauman yang mana termasuk Kecamatan Gondomanan yang jumlah penduduk disekitar lokasi berkisar 12.941 jiwa .Pemukiman Kauman merupakan daerah yang sakral dan banyak sejarah berada disekitar lokasi dan juga banyak wisatawan yang berkunjung di sekitar lokasi ini .Oleh karena itu terindikasi mikroplastik berada di area sini cukup rentan yang mana terindikasi polimer yang dijumpai yaitu Polycarbonate,Polypropihile,Polystirene .Polycarbonate di daerah kauman bisa jadi dikarekanan wisatawan maupun penduduk yang singgah berasal dari lensa kaca mata yang dipakai,helm ataupun casing elektronik dari handphone maupun elektronik lainnya (J. G. Kim, 2020) ,Polypropihilene berasal dari kemasan plastik yang ada UMKM yang berjualan pop ice,minuman dan sebagainya didaerah sekitar lokasi sampel,serta juga bisa berasal dari ban kendaraan,maupun,aspal dan cat polimer pada jalan ,Polystirene digunakan dalam kemasan makanan sekali pakai seperti gelas dan nampan styrofoam, juga banyak ditemukan dari kemasan yang digunakan oleh pengunjung (Sundkk.,2020).

Berdasarkan jumlah partikel debu jalanan yang didapatkan dalam jumlah kendaraan yang dihitung selama 5 menit akan di tentukan dan dikorelasikan di dalam tabel berikut .

Tabel 4.10 Korelasi perbandingan jumlah kendaraan dan kelimpahan mikroplastik

Korelasi				
SAMPEL	KENDARAAN	KELIMPAHAN		
TUGU YOGYAKARTA	164	165,5	0,823804	korelasi kuat
MONUMEN NASIONAL YOGYAKARTA	104	92,2	-0,03933	korelasi negatif
PLANG MALIOBORO	67	64,03	-0,58372	Korelasi negatif
PLAZA MALIOBORO	138	54,1	0,148061	tidak korelasi
PASAR BERINGHARJO	105	84,8	0,365594	korelasi lemah
TITIK NOL YOGYAKARTA	254	139,6	0,958257	korelasi kuat
PEMUKIMAN COKROKUSUMAN	7	28,7	-1	korelasi negatif
PEMUKIMAN KAUMAN	12	35,2	-1	korelasi negatif

Penjelasan dari tabel ini menunjukkan korelasi antara jumlah kendaraan bermotor yang dihitung selama 5 menit dengan kelimpahan mikroplastik di berbagai lokasi di Yogyakarta. Di Tugu Yogyakarta dan Titik Nol Kilometer Yogyakarta, terdapat korelasi positif yang kuat (0,823804 dan 0,958527), yang mengindikasikan bahwa semakin banyak kendaraan yang melintas, maka semakin tinggi pula kelimpahan mikroplastik. Di rambu Malioboro dan Monumen Nasional Yogyakarta, korelasinya negatif (-0,58372 dan - 0,09393), yang menunjukkan bahwa semakin banyak kendaraan yang melintas, maka kelimpahan mikroplastik semakin menurun. Di Malioboro Plaza, korelasinya sangat lemah (0,148065), menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara kendaraan dan kelimpahan mikroplastik. Di Pasar Beringharjo, korelasinya lemah (0,365594), dan di permukiman Kauman dan Cokrokusuman, korelasinya negatif sempurna (-1), menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik menurun seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan di daerah tersebut. Kesimpulannya, korelasi antara kendaraan dan mikroplastik sangat bervariasi berdasarkan lokasi, dengan beberapa daerah menunjukkan korelasi yang kuat, sementara daerah lain menunjukkan korelasi negatif atau tidak signifikan.

4.6 Rekomendasi Pengelolaan Lingkungan

Pengelolaan mikroplastik dalam debu jalan di lingkungan perkotaan memerlukan pendekatan berkelanjutan yang mencakup penggunaan ban ramah lingkungan yang terbuat dari bahan daur ulang dan memiliki rolling resistance yang rendah dibandingkan dengan ban konvensional lainnya. Ban tersebut dirancang untuk mengurangi emisi mikroplastik dengan mengurangi abrasi pada ban. Selain itu, peningkatan sistem pengelolaan sampah, penerapan cat jalan yang ramah lingkungan, dan pemeliharaan jalan secara teratur juga merupakan langkah penting dalam mengurangi pelepasan mikroplastik. Edukasi masyarakat mengenai dampak mikroplastik serta kolaborasi antara pemerintah, industri, dan komunitas lokal untuk mengembangkan teknologi ramah lingkungan sangat diperlukan dalam upaya ini. Di sisi lain, pengembangan kereta rel listrik (KRL) yang melayani rute dalam kota juga merupakan solusi transportasi yang ramah lingkungan dan efisien, yang dapat mengurangi ketergantungan pada kendaraan bermotor yang berkontribusi terhadap pencemaran mikroplastik di perkotaan (Vogelsang dkk. 2018).

Ketika hujan terjadi, mikroplastik yang terdapat dalam debu jalan dapat terbawa masuk ke saluran drainase melalui aliran permukaan (runoff). Untuk mengelola

mikroplastik yang masuk ke dalam drainase, solusi yang diterapkan adalah dengan membangun kolam penampungan hujan. Kolam ini berfungsi untuk menahan mikroplastik di saluran drainase dan telah terbukti meningkatkan efisiensi pengurangan mikroplastik hingga 88 hingga 99 persen (Rasmussen dkk., 2024). Selain itu, Monira dkk. (2021) merekomendasikan penggunaan lahan basah (wetland) sebagai metode penyaringan mikroplastik, diikuti dengan penambahan teknologi berbasis membran atau flotasi pada saluran keluar dari wetland. Teknologi ini dapat menghilangkan 90-95 persen mikroplastik dan kontaminan lainnya yang masih tersisa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan untuk mengetahui keberadaan mikroplastik yang berada di area Malioboro dan Pemukiman yang paling tertinggi terdapat di Tugu Yogyakarta dengan kelimpahan 165,5 partikel per gram mikroplastik dan hasil paling sedikit berada di area pemukiman Cokrokusuman dengan jumlah partikel sebesar 28,7 partikel per gram.
2. Melalui pengamatan penggunaan mikroskop diperoleh hasil berdasarkan jumlah ,jenis dan warna mikroplastik .Terindikasi 5 jenis mikroplastik ,yaitu,fragmen,film,pellet,foam dan fiber.Berdasarkan persentase ,jenis mikroplastik yang dominan adalah fragmen dengan persentase 65,3%,diikuti oleh film 25,90%,pellet 4,70%,fiber 3,02% dan foam 0,93%. Berhubungan dengan warna,ditemukan 7 warna yaitu hitam,transparan,merah,kuning,hijau,biru dan coklat.Dengan persentase warna yang paling banyak ditemukan adalah warna hitam 65,41% dan warna yang paling sedikit adalah warna hijau dengan persentase 0,22 persen.
3. Hasil analisis kandungan polimer dengan menggunakan *FTIR* terdapat 7 jenis polimer yaitu Polypropylene(PP),Polystyrene(PS),Nylon,LDPE Acrylonitrile Butadine Styrene (ABS) ,Polycarbonate (PC) Ethylene Vinyl Acetate(EVA).

5.2 Saran

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

1. Sebelum pelaksanaan WPO (*Wet Peroxide Oxidation*) perlumemperhatikan partikel debu dengan melihat adanya bahan organik atau tidak supaya tidak mengalami kerusakan sampel .

2. Diganti metode *Density Separation* yang memakai larutan garam dengan metode yang lain dikarenakan dikhawatirkan dengan adanya larutan garam menambah terkontaminasinya mikroplastik yang berasal dari garam tersebut.
3. Memerlukan ketelitian yang tinggi dalam mengidentifikasi dan perhitungan dalam mengkarakterisasi mikroplastik tersebut
4. Melakukan penelitian lanjut mengenai adanya mikroplastik dari jenis-jenis ban .
5. Melakukan penelitian lebih lanjut terkait resiko mikroplastik terhadap kesehatan manusia di lokasi area malioboro dan pariwisata yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Kelly, F. J., Dominguez, A. O., & Jaafarzadeh, N. (2019). Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran. *Environmental Pollution*, 244, 153–164.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.039>
- Ainali, N. M., Bikiaris, D. N., & Lambropoulou, D. A. (2021). Aging effects on low- and high-density polyethylene, polypropylene and polystyrene under UV irradiation: An insight into decomposition mechanism by Py-GC/MS for microplastic analysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 158(December 2020), 105207. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105207>
- Almroth, B., Åström, L., Roslund, S., Petersson, H., Johansson, M., & Persson, N. (2018). Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25, 1191 - 1199.
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-0528-7>.
- Amrutha, K., & Warriar, A. K. (2020). The first report on the source-to-sink characterization of microplastic pollution from a riverine environment in tropical India. *Science of the Total Environment*, 739, 140377.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140377>
- Andreatta, F., Lanzutti, A., Aneggi, E., Gagliardi, A., Rondinella, A., Simonato, M., & Fedrizzi, L. (2020). Degradation of PTFE non-stick coatings for application in the food service industry. *Engineering Failure Analysis*, 115, 104652. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104652>
- Awang, M., & Ismail, H. (2009). Weatherability of polypropylene/waste tire dust blends: Effects of trans-polyoctylene rubber and dynamic vulcanization. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 15.
<https://doi.org/10.1002/vnl.20172>.
- Baensch-baltruschat, P. (2020). Tire and road wear particles (TRWP) - A review of generation, properties, emissions, human health risks, ecotoxicity, and

environmental fate 3.

Balthazar-Silva, D., Turra, A., Moreira, F., Camargo, R., Oliveira, A., Barbosa, L., & Gorman, D. (2020). Rainfall and Tidal Cycle Regulate Seasonal Inputs of Microplastic Pellets to Sandy Beaches. , 8.

<https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00123>.

Berthomieu, C., & Hienerwadel, A. R. (2009). Transformasi Fourier inframerah (FTIR) spektroskopi, 157–170.

Bullard, J. E., Ockelford, A., Brien, P. O., & Neuman, C. M. (2020). J Preferential transport of microplastics through wind Joanna.

Cai, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X., & Chen, Q. (2017). Characteristic Of Microplastics In The Atmospheric Fallout From Dongguan City, China: preliminary research and first evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(32), 24928–24935.

Chae, E., Jung, U., & Choi, S. (2024). concentration of tire wear particles (TWP) in road dust generated in the slow lane, 346.

Chen, H. L., & Burns, L. D. (2006). Environmental analysis of textile products.

Clothing and Textiles Research Journal, 24(3), 248–261.

<https://doi.org/10.1177/0887302X06293065>

Corami, F., Rosso, B., Bravo, B., Gambaro, A., & Barbante, C. (2020). A novel method for purification, quantitative analysis and characterization of microplastic fibers using Micro-FTIR. *Chemosphere*, 238, 124564.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124564>

Correa, C. A., de Santi, C. R., & Leclerc, A. (2019). Green-PVC with full recycled industrial waste and renewably sourced content. *Journal of Cleaner Production*, 229(2019), 1397–1411.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.383>

Dan, N., & Dari, E. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment, (April), 221.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3803.7925>

Dowarah, K., Zakiahmed, S., & Devipriya, S. P. (2020). Prevalence and characteristics of microplastics in street dust collected from Chennai

metropolitan city, India.

- Elisabeth von der Esch, Maria Lanzinger, Alexander J. Kohles, Christian Schwaferts, Jana Weisser, Thomas Hofmann, Karl Glas, Martin Elsner and Natalia P. Ivleva (2020). Simple Generation of Suspensible Secondary Microplastic Reference Particles via Ultrasound Treatment: Original Research, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00169>
- FAO. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 61*. 2017.
- Haque, F. (2023). The fate of microplastics under the influence of climate change, (September).
- Hylova, L., & Manas, M. (2017). Impact behaviour of acrylonitrile-butadiene-styrene after temperature and humidity load. *MATEC Web of Conferences*, 125, 8–11. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201712502048>
- Jarlski, I., C. D. J., C. J. R., & A. M. G. (2022). Concentrations of tire-wear microplastics and other non-exhaust particles originating from traffic in the road environment, 170(November).
- Jenne, C. (2020). Increase of Transportation Efficiencies and Emission Reduction within a City. *Waste Management*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0302-6.CH004>.
- Kang, H., Park, S., Lee, B., Kim, I., & Kim, S. (2022a). 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>
- Kim, J. (2020). Chemical recycling of poly(bisphenol A carbonate). *Polymer Chemistry*, 11, 4830-4849. <https://doi.org/10.1039/c9py01927h>.
- Kim, K., Ryu, Y., Sohn, J. S., & Cha, S. W. (2019). Effect of chemical blowing agent, melt temperature, and mold temperature on the fluidity of glass fiber-reinforced polycarbonate in injection molding. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 58(18), 2066–2073. <https://doi.org/10.1080/25740881.2019.1602142>
- Kitahara, K. I., & Nakata, H. (2020). Plastic additives as tracers of microplastic

- sources in Japanese road dusts. *Science of the Total Environment*, 736, 139694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139694>
- Mateos-Cárdenas, A., O'Halloran, J., Pelt, F., & Jansen, M. (2020). Rapid fragmentation of microplastics by the freshwater amphipod *Gammarus duebeni* (Lillj.). *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69635-2>.
- MON, E. E., TUN, T. Z., AGUSA, T., YEH, H.-M., HUANG, C.-H., & NAKATA, H. (2022). Monitoring of microplastics in road dust samples from Myanmar and Taiwan. *Environmental Monitoring and Contaminants Research*, 2(0), 112–119. <https://doi.org/10.5985/emcr.20220008>
- Monira, S., Bhuiyan, M. A., Haque, N., Shah, K., Roychand, R., Hai, F. I., & Pramanik, B. K. (2021). Understanding the fate and control of road dust-associated microplastics in stormwater. *Process Safety and Environmental Protection*, 152, 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.05.033>
- Morioka, T., A, S. T., B, Y. Y., A, S. Y., & B, F. A. (2023). Environmental pollution of road dust in an urban city, Japan334 (April).
- Mušič, B., Jemec Kokalj, A., & Sever Škapin, A. (2023). Influence of Weathering on the Degradation of Cellulose Acetate Microplastics Obtained from Used Cigarette Butts. *Polymers*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/polym15122751>
- O'Brien, S., Okoffo, E. D., Rauert, C., O'Brien, J. W., Ribeiro, F., Burrows, S. D., ... Thomas, K. V. (2021). Quantification of selected microplastics in Australian urban road dust. *Journal of Hazardous Materials*, 416(March), 125811. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125811>
- Paiva Junior, C. Z., Peruchi, R. S., Fim, F. de C., Soares, W. de O. S., & da Silva, L. B. (2021). Performance of ethylene vinyl acetate waste (EVA-w) when incorporated into expanded EVA foam for footwear. *Journal of Cleaner Production*, 317(July). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128352>
- Perakitan, X. (2020). Riverine microplastics: Behavior, space-time variability, and recommendations for sampling and monitoring standards, 36.
- Pflieger, M., Makorič, P., Kovač Viršek, M., & Koren, Š. (2017). Extraction of

- organochlorine pesticides from plastic pellets and plastic type analysis. *Journal of Visualized Experiments*, 2017(125), 4–13.
<https://doi.org/10.3791/55531>
- Rasmussen, L. A., Liu, F., Dyg, N., Klemmensen, R., & Lykkemark, J. (2024). Water Research Retention of microplastics and tire wear particles in stormwater ponds, 248(November 2023), 1–9.
- Shankar, S., Bang, Y. J., & Rhim, J. W. (2019). Antibacterial LDPE/GSE/Mel/ZnONP composite film-coated wrapping paper for convenience food packaging application. *Food Packaging and Shelf Life*, 22(October), 100421. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100421>
- Sun, J., Prabhu, A., Aroney, S. T. N., & Rinke, C. (2022). Corrigendum: Insights into plastic biodegradation: community composition and functional capabilities of the superworm (*Zophobas morio*) microbiome in styrofoam feeding trials (Microbial Genomics, 2022, 8, 000842, 10.1099/mgen.0.000842). *Microbial Genomics*, 8(12), 1–2.
<https://doi.org/10.1099/mgen.0.000916>
- Teras Malioboro. (n.d.). Data Pengunjung Malioboro Tahun 2024. Retrieved from <https://terasmalioboro.jogjapro.go.id/data-pengunjung/>
- Tziourrou, P., Kordella, S., Ardali, Y., Papatheodorou, G., & Karapanagioti, H. (2021). Microplastics formation based on degradation characteristics of beached plastic bags.. *Marine pollution bulletin*, 169, 112470 .
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112470>.
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., ... Vethamony, P. (2021a). Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(22), 2681–2743.
<https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450>
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., ... Vethamony, P. (2021b). Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(22), 2681–2743.

<https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450>

Vogelsang, C., Lusher, A., Sundvor, I., & Umar, M. (2018). *Microplastics in road dust - characteristics, pathways and actions*.

Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and Human Health: a Micro Issue
Pages S1-S5, Tables S1 and S2, 44(0), 2–7.

Yin, L., Jiang, C., Wen, X., Du, C., Zhong, W., Feng, Z., ... Ma, Y. (2019).
Microplastic pollution in surface water of urban lakes in changsha, china.
International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(9).
<https://doi.org/10.3390/ijerph16091650>

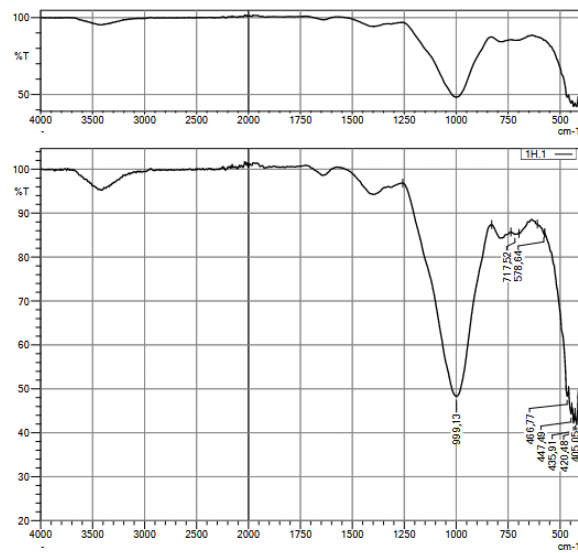
Yukioka, S., Tanaka, S., Nabetani, Y., Suzuki, Y., Ushijima, T., Fujii, S., ...
Singh, S. (2020). Occurrence and characteristics of microplastics in surface
road dust in Kusatsu (Japan), Da Nang (Vietnam), and Kathmandu (Nepal).
Environmental Pollution, 256, 113447.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113447>

Zhang, K., Hamidian, A. H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J. K. H., Wu, C., &
Lam, P. K. S. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic
formation in the environment: A review. *Environmental Pollution*, 274.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116554>

Zhao, Q., & Chen, M. (2015). Characterization of Automobile Plastics by
Principal Component Analysis and Near-Infrared Spectroscopy. *Analytical
Letters*, 48(2), 301–307. <https://doi.org/10.1080/00032719.2014.942910>

Lampiran

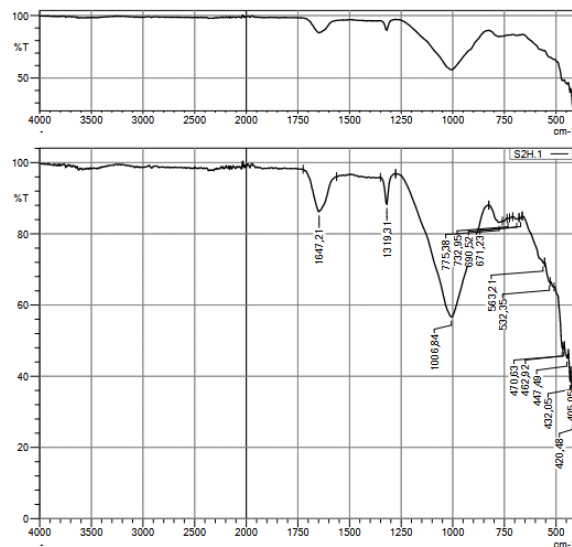
1. Hasil Analisis Menggunakan FTIR



Lampiran 1. 1 Graph Sampel Tugu Yogyakarta

	Score	Library	Name	Comment
1	735	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSampleR-II
2	731	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel (LENZING Corporation) DuraSampleR-II
3	713	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Semberg Cupra DuraSampleR-II
4	702	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSampleR
5	701	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose (Methoxyl content 30%) DuraSampleR-II
6	693	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSampleR-II
7	693	106 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose (8% Hydroxybutyl, 20% Methoxyl) DuraSampleR-II
8	692	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSampleR-II
9	692	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose (10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSampleR-II
10	684	8 - IRs Polymer2	CELLORHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
11	666	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel (LENZING Corporation) Transmission (Microscope)
12	664	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission (Microscope)
13	656	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
14	656	5 - IRs Polymer2	BERMBERG	Semberg Cupra Fiber ATR/diamond ATRcorrected
15	655	11 - T-Polymer2	Cupra	Semberg Cupra Transmission (Microscope)
16	647	96 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	Ethyl Cellulose (Ethoxyl content 50%) DuraSampleR-II
17	646	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission (Microscope)
18	642	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission (Microscope)
19	634	156 - ATR-Polymer2	D_PVPM	Poly(Vinyl Formal) (PVFM) (52% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSampleR-II
20	630	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
21	629	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATR/diamond ATRcorrected
22	623	7 - ATR-Polymer2	D_Cellulose1	Hydroxypropylcellulose (HPC) DuraSampleR-II
23	617	175 - ATR-Polymer2	D_Vinyl_Alcohol_Vinyl_Butiral	Vinyl Alcohol/Vinyl Butyral Copolymer (Vinyl Butyral Content 60%) DuraSampleR-II
24	613	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose (Methoxyl content 30%) Transmission (Microscope)
25	613	109 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Cellulose	Hydroxypropyl Cellulose DuraSampleR-II
26	607	163 - ATR-Polymer2	D_PVB	Poly(Vinyl Butyral) (PVB) (11% Hydroxyl, 1% Acetate, 86% Butyral) DuraSampleR-II
27	605	109 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose (10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl)

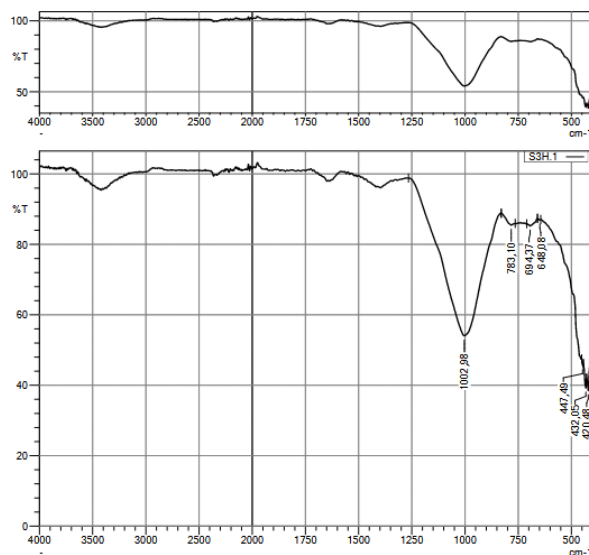
Lampiran 1. 2 Hitlist Sampel Tugu Yogyakarta



Lampiran 1.3 Graph Sampel Monumen Stasiun KA Yogyakarta

	Score	Library	Name	Comment
1	739	174 - ATR-Polymer2	D_Tenol	Tenol (LHQ/NG Corporation)
2	737	11 - ATR-Polymer2	D_Cellose4	DuraSampIR-II
3	729	8 - ATR-Polymer2	D_Cellose3	Bemberg/Cupra DuraSampIR-II
4	722	182 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSampIR-II
5	720	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Celulose	Methyl Cellulose(Methoxy content 30%) DuraSampIR-II
6	708	10 - ATR-Polymer2	D_Celulose3	Cotton DuraSampIR-II
7	701	12 - ATR-Polymer2	D_Celulose5	Ramie DuraSampIR-II
8	703	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Celulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20% Methoxy) DuraSampIR-II
9	698	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Celulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxy) DuraSampIR-II
10	675	8 - IRs Polymer2	CELLOPHAN	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
11	663	166 - ATR-Polymer2	D_PVPIM	Poly(Vinyl Formal)(PVPIM)(32% Formal, 12% Acetate, 8% Hydroxy) DuraSampIR-II
12	658	138 - ATR-Polymer2	D_Polyacrylamide-2	Polyacrylamide(Carboxyl modified,Low carbonyl content) DuraSampIR-II
13	655	22 - ATR-Polymer2	D_Protein2	Protein(Soy Bean Powder) DuraSampIR-II
14	650	137 - ATR-Polymer2	D_Polyacrylamide-1	Polyacrylamide(non-ionic) DuraSampIR-II
15	648	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
16	646	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg/Cupra Fiber ATR/diamond ATRcorrected
17	643	58 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSampIR-II
18	636	132 - T-Polymer2	T_Polyacrylamide-2	Polyacrylamide(Carboxyl modified,Low carbonyl content) Transmission(Microscope) DuraSampIR-II
19	634	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Celulose	Ethyl Cellulose(Ethoxy content 50%) DuraSampIR-II
20	629	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
21	629	7 - ATR-Polymer2	D_Celulose1	Hydroxypropyl Cellulose(HPC) DuraSampIR-II
22	624	183 - ATR-Polymer2	D_Zen	zen, Purified DuraSampIR-II
23	622	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSampIR-II
24	617	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATR/diamond ATRcorrected
25	611	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSampIR-II
26	610	21 - T-Polymer2	Human Hair	Human Hair Transmission(Microscope) DuraSampIR-II
27	609	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
28	602	139 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Phtalate	Poly(Diallyl Phthalate) Transmission(Microscope)

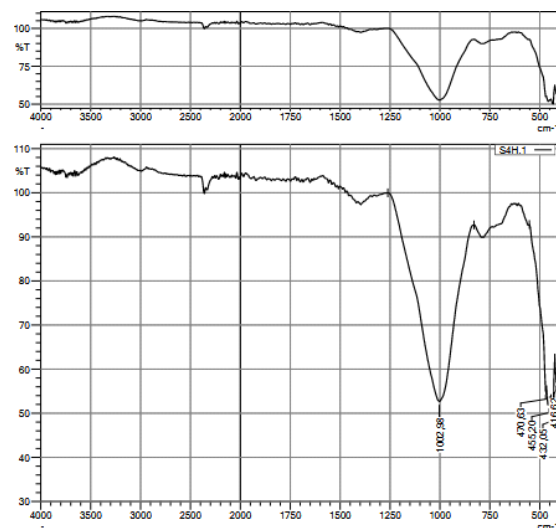
Lampiran 1.4 Hitlist Sampel Stasiun KA Yogyakarta



Lampiran 1.5 Graph Sampel Plang Malioboro

	Room	Library	Name	Comment
1	737	8 - ATR-Polymer2	O_Celulose2	Paper DuraSample-I
2	733	114 - ATR-Polymer2	O_Tenax	Tenax(LENDING Corporation)
3	726	11 - ATR-Polymer2	O_Celulose4	Bemberg(Cupri) DuraSample-R-I
4	703	184 - ATR-Polymer2	O_Methyl_Celulose	Methyl_Celulose DuraSample-I
5	700	111 - ATR-Polymer2	O_Methyl_Celulose	Methyl_Celulose(Methoxy) content 20% DuraSample-I
6	699	10 - ATR-Polymer2	O_Celulose3	Cotton DuraSample-I
7	684	12 - ATR-Polymer2	O_Celulose1	Ramie DuraSample-I
8	686	168 - ATR-Polymer2	O_Hydroxybutyl_Methyl_Celulose	Hydroxybutyl_Methyl_Celulose(8% Hydroxybutyl, 20% Methoxy) DuraSample-I
9	686	110 - ATR-Polymer2	O_Hydroxypropyl_Methyl_Celulose	Hydroxypropyl_Methyl_Celulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxy) DuraSample-I
10	684	3 - IRs Polymer2	CELLOPHAN	Celulose ATRdiamond ATRCorrected
11	677	143 - T-Polymer2	T_Tenax	Tenax(LENDING Corporation)
12	678	8 - T-Polymer2	Paper	Transmission(Microscope)
13	660	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
14	660	11 - T-Polymer2	Cupri	Bemberg(Cupri) Transmission(Microscope)
15	655	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATRdiamond ATRCorrected
16	653	166 - ATR-Polymer2	O_PVFM	Poly(Vinyl Formol)(PVFM)(24% Formal, 12% Acetic, 6% Hydroxy) DuraSample-I
17	652	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupri) Fiber ATRdiamond ATRCorrected
18	648	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)
19	644	90 - ATR-Polymer2	O_Ethyl_Celulose	Ethyl_Celulose(Ethoxy) content 50% DuraSample-I
20	641	7 - ATR-Polymer2	O_Celulose1	Hydroxypropyl_Celulose(HPC) DuraSample-I
21	639	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATRdiamond ATRCorrected
22	636	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATRdiamond ATRCorrected
23	635	22 - ATR-Polymer2	O_Protein2	Protein(Soy Bean Powder) DuraSample-I
24	616	115 - ATR-Polymer2	O_Vinyl_Alcohol_Vinyl_Butyl	Vinyl Alcohol/Vinyl Butyl Copolymer(Vinyl Butyl Content 50%) DuraSample-I
25	616	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Celulose	Methyl_Celulose(Methoxy) content 30% Transmission(Microscope)
26	616	109 - ATR-Polymer2	O_Hydroxypropyl_Celulose	Hydroxypropyl_Celulose DuraSample-I
27	614	22 - T-Polymer2	Soy Bean Powder	Protein(Soy Bean Powder) Transmission(Microscope)
28	614	163 - ATR-Polymer2	O_PVB	Poly(Vinyl Butyral)(PVB)(11% Hydroxy, 1% Acetic, 88% Butyral) DuraSample-I
29	605	58 - ATR-Polymer2	O_SiliconR	Silicon Rubber DuraSample-I

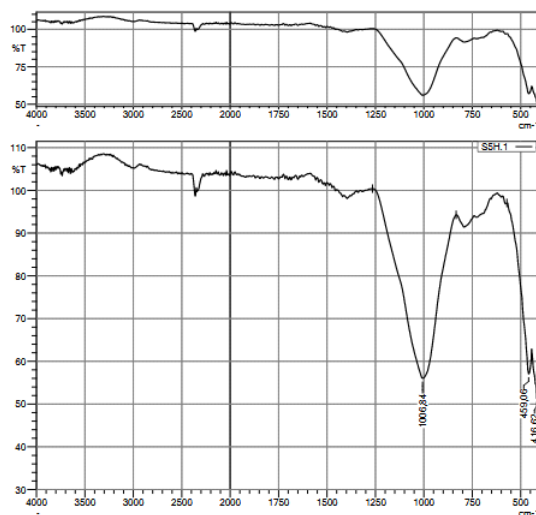
Lampiran 1.6 Hitlist Sampel Plang Malioboro



Lampiran 1. 7 Graph Sampel Plaza Malioboro

	Score	Library	Name	Comment
1	873	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSampleR-II
2	873	156 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSampleR-II
3	859	116 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxy) DuraSampleR-II
4	859	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20% Methoxy) DuraSampleR-II
5	857	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxy content 30%) DuraSampleR-II
6	852	174 - ATR-Polymer2	D_Yencol	Yencol(LENZING Cooperation) DuraSampleR-II
7	836	166 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVFM)(82% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxy) DuraSampleR-II
8	834	3 - IR6 Polymer2	ARABIC	Arabic gum Film
9	823	16 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSampleR-II
10	818	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Ramie DuraSampleR-II
11	816	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Samborg(Cupra) DuraSampleR-II
12	815	55 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSampleR-II
13	810	56 - IR6 Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
14	802	8 - IR6 Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
15	802	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxy content 50%) DuraSampleR-II
16	596	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSampleR-II
17	581	40 - T-Polymer2	PEP	Tetrafluoroethylene-hexafluoropropylene(PEP) Transmission(Microscope)
18	578	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSampleR-II
19	575	55 - IR6 Polymer2	PVC2	Polyvinyl chloride with Phthalate ATR/diamond ATRcorrected
20	575	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
21	571	4 - IR6 Polymer2	ARAMID	ARAMID fiber ATR/diamond ATRcorrected
22	568	128 - ATR-Polymer2	D_PhenoxyResin	Phenoxy Resin DuraSampleR-II
23	566	107 - T-Polymer2	T_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20% Methoxy) Transmission(Microscope)
24	565	57 - IR6 Polymer2	PVC	Poly(vinylchloride (PVC) Film
25	564	41 - ATR-Polymer2	D_Epoxy5	Epoxy Resin DuraSampleR-II

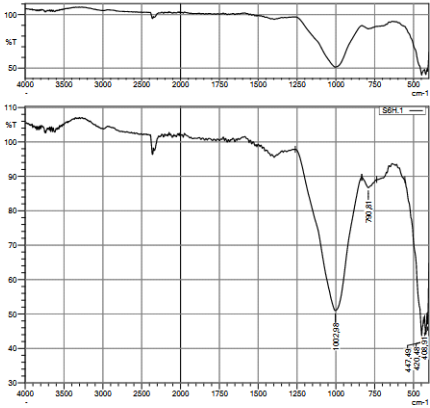
Lampiran 1. 8 Hitlist Sampel Plaza Malioboro



Lampiran 1. 9 Graph Sample Pasar Beringharjo

Scan	Library	Name	Comment
1 673	3-ATN-Polymer2	D_Celulose2	Paper Dursampit
2 673	34-ATN-Polymer2	D_Methylcelulose	Methylcelulose Dursampit
3 673	10-ATN-Polymer2	D_Carboxymethyl_Celulose	Carboxymethyl Cellulose 8% Dursampit
4 688	115-ATN-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Celulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose 7% Hydroxypropyl 30% Methyl Dursampit
5 688	111-ATN-Polymer2	D_Methyl_Celulose	Methyl Cellulose(Methyl) content 30% Dursampit
6 688	112-ATN-Polymer2	D_Therid	Therid(Methyl) Dursampit
7 688	106-ATN-Polymer2	D_PVP	Polyvinylpyrrolidone(PVP) Pump 12% Acetate 8% Hydroxy Dursampit
8 641	3-IR-Polymer2	ARABIC	Arabic gum film
9 655	11-ATN-Polymer2	D_Celulose4	Senyeng(Celulose) Dursampit
10 654	12-ATN-Polymer2	D_Celulose3	Celulose Dursampit
11 654	12-ATN-Polymer2	D_Celulose1	Seny Dursampit
12 619	81-IR-Polymer2	SLICON	ATRCelulose
13 616	1-IR-Polymer2	CELLULOSE	ATRCelulose ATRCorrected
14 611	81-ATN-Polymer2	D_Ethylcel	Ethyl Cellulose Dursampit
15 611	81-ATN-Polymer2	D_Ethyl_Celulose	Ethyl Cellulose(Ethyl) content 30% Dursampit
16 602	75-ATN-Polymer2	D_PE	Polyethylene(PE) Dursampit
17 604	13-IR-Polymer2	1-Polyethyl_Pthalate	Polyethyl Pthalate Dursampit
18 604	75-IR-Polymer2	PEI	Polyethyleneimine Dursampit
19 603	5-ATN-Polymer2	D_Ethylcel	Ethyl Cellulose Dursampit
20 603	5-IR-Polymer2	PEI-PVC	Polyethyleneimine(PVC) Dursampit
21 590	33-IR-Polymer2	PVC	Polyvinyl Chloride(PVC) Dursampit ATRCorrected
22 590	1-6-ATN-Polymer2	D_Polyethyl_Pthalate	Polyethyl Pthalate Dursampit
23 591	10-ATN-Polymer2	D_PVC with Phthalate 2	PVC with Phthalate 2 Dursampit
24 585	40-IR-Polymer2	PEB	Polyethylene(PEB) Dursampit
25 585	40-IR-Polymer2	PEB	Polyethylene(PEB) Dursampit
26 584	33-IR-Polymer2	PVC-OR	Polyvinyl Chloride(PVC-OR) film

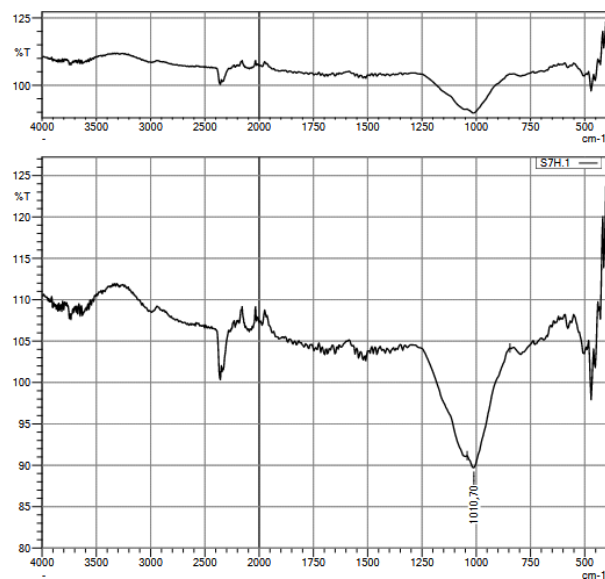
Lampiran 1. 10 Hitlist Sampel Pasar Beringharjo



Lampiran 1. 11 Graph Sampel Titik Nol Yogyakarta

	Score	Library	Name	Comment
1	681	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSampleR-II
2	670	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSampleR-II
3	666	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 20%) DuraSampleR-II
4	664	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSampleR-II
5	660	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSampleR-II
6	656	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	TENCEL(LENZING Cooperation) DuraSampleR-II
7	636	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bamberg(Cupra) DuraSampleR-II
8	635	166 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVM)(82% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSampleR-II
9	629	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSampleR-II
10	625	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSampleR-II
11	622	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	Ethyl Cellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSampleR-II
12	614	58 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSampleR-II
13	610	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATR/diamond ATRcorrected
14	603	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSampleR-II
15	593	175 - ATR-Polymer2	D_Vinyl_Alcohol_Vinyl_Butylal	Vinyl Alcohol/Vinyl Butyral Copolymer(Vinyl Butyral Content 80%) DuraSampleR-II
16	593	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSampleR-II
17	593	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope) DuraSampleR-II
18	592	163 - ATR-Polymer2	D_PVB	Poly(Vinyl Butyral)(PVB)(11% Hydroxyl, 1% Acetate, 88% Butyral) DuraSampleR-II
19	588	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 20%) DuraSampleR-II

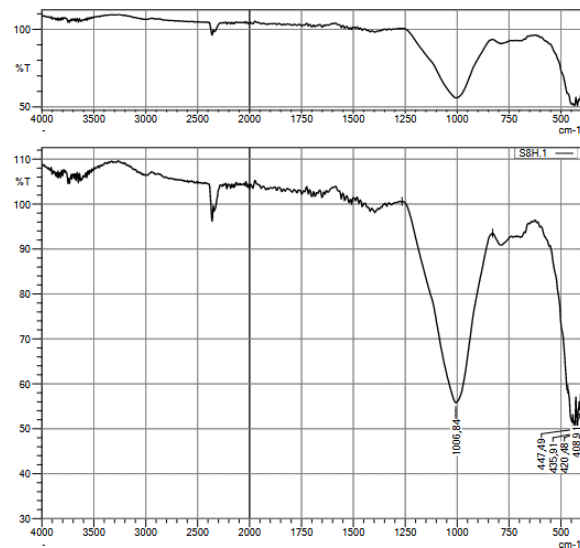
Lampiran 1. 12 Hitlist Sampel Titik Nol Yogyakarta



Lampiran 1. 13 Graph sampel Pemukiman Cokrokusuman

	Score	Library	Name	Comment
1	872	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSampleR-II
2	870	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSampleR-II
3	669	106 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20% Methoxyl) DuraSampleR-II
4	663	174 - ATR-Polymer2	D_Tenocel	Tenocel(LENZING Corporation) DuraSampleR-II
5	663	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSampleR-II
6	649	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSampleR-II
7	647	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSampleR-II
8	639	106 - ATR-Polymer2	D_PVPm	Poly(Vinyl Formal)(PVPm)(82% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSampleR-II
9	633	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	Ethyl Cellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSampleR-II
10	627	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSampleR-II
11	624	66 - IRs Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATRdiamond ATRcorrected
12	621	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Rama DuraSampleR-II
13	619	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene	Polyacetylene DuraSampleR-II
14	617	56 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSampleR-II
15	614	7 - ATR-Polymer2	D_Cellulose1	Hydroxypropylcellulose(HPC) DuraSampleR-II
16	609	100 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Cellulose	Hydroxypropyl Cellulose DuraSampleR-II
17	604	8 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSampleR-II
18	601	37 - T-Polymer2	PVAL	Polyvinyl Alcohol(PVAL) Transmission(Microscope)
19	600	58 - T-Polymer2	Silicon Rubber	Silicon Rubber Transmission(Microscope)
20	600	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSampleR-II
21	599	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
22	597	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
23	595	54 - T-Polymer2	CR	Chloroprene Rubber(CR) Transmission(Microscope)
24	595	36 - T-Polymer2	EVCH	Ethylenevinylalcohol(EVCH) Transmission(Microscope)
25	594	100 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl)

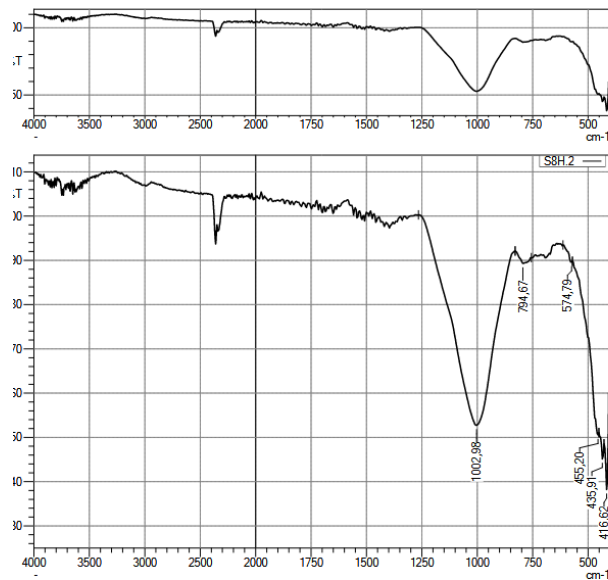
Lampiran 1. 14 Hitlist Sampel Pemukiman Cokrokusuman



Lampiran 1. 15 Graph Sampel Pemukiman Kauman

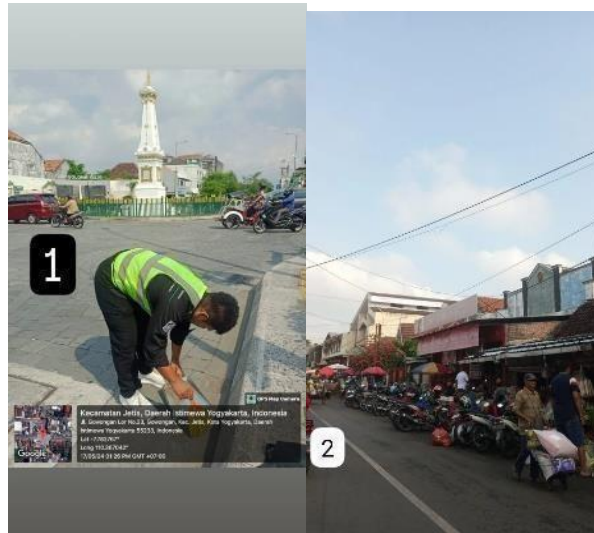
Score	Library	Name	Comment
1 555	8 - ATR-Polymer2	D_Celulose2	Ziger DuraSampleR-II
2 577	174 - ATR-Polymer2	D_Tenol	Tenol(LENZING Corporation) DuraSampleR-II
3 674	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSampleR
4 667	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Celulose	Methyl Cellulose/Methoxyl content 30% DuraSampleR-II
5 666	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Celulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSampleR-II
6 654	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Celulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSampleR-II
7 659	11 - ATR-Polymer2	D_Celulose4	Bemberg(Cupra) DuraSampleR-II
8 648	195 - ATR-Polymer2	D_PVFM	Poly(Vinyl Formal)(PVFM)(25% Formal, 12% Acetate, 6% Hydroxyl) DuraSampleR-II
9 641	10 - ATR-Polymer2	D_Celulose3	Cotton DuraSampleR-II
10 638	12 - ATR-Polymer2	D_Celulose5	Kamie DuraSampleR-II
11 620	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Celulose	Ethyl Cellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSampleR-II
12 619	8 - IR6 Polymer2	CELLCOPHA	Cellulose ATRdiamond ATRCorrected
13 612	68 - ATR-Polymer2	D_SiliconR	Silicon Rubber DuraSampleR-II
14 609	66 - IR6 Polymer2	SILICON	Silicone rubber ATRdiamond ATRCorrected
15 597	6 - ATR-Polymer2	D_Silicon2	Silicon Grease DuraSampleR-II
16 592	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Celulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
17 588	83 - IR6 Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATRdiamond ATRCorrected
18 588	109 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Celulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl)
19 587	75 - ATR-Polymer2	D_PEI	Polyetherimide(PEI) DuraSampleR-II
20 586	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
21 584	5 - ATR-Polymer2	D_Silicon1	Silicon Oil DuraSampleR-II
22 583	56 - IR6 Polymer2	PVC2	Polyvinyl chloride with Phthalate ATRdiamond ATRCorrected
23 581	190 - ATR-Polymer2	D_PVC with PhthalicEster 2	Polyvinylchloride with Phthalate DuraSampleR
24 581	109 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Celulose	Hydroxypropyl Cellulose DuraSampleR
25 580	75 - T-Polymer2	PEI	Polyetherimide(PEI) Transmission(Microscope)
26 580	139 - T-Polymer2	T_Polydiallyl_Phthalate	Poly(Diallyl Phthalate) Transmission(Microscope)
27 578	169 - ATR-Polymer2	D_PVC with PhthalicEster 1	Polyvinylchloride with Phthalate DuraSampleR
28 575	40 - T-Polymer2	PEP	Tetrafluoroethylene-Hexafluoroprop ylene(PEP) Transmission(Microscope)

Lampiran 1. 16 Hitlist Pemukiman Kauman

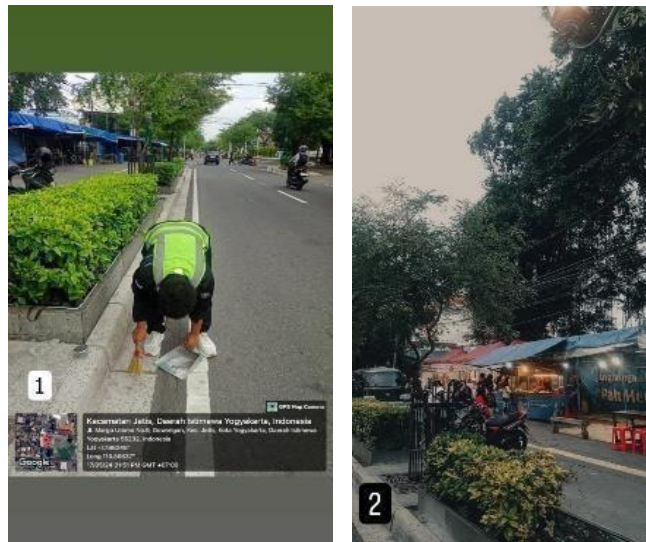


Lampiran 1. 17 Graph Sampel Pemukiman Kauman

2. Lampiran Dokumentasi



Lampiran 2. 1 Dokumentasi Area Tugu Yogyakarta



Lampiran 2. 2 Dokumentasi Area Monumen KA Yogyakarta



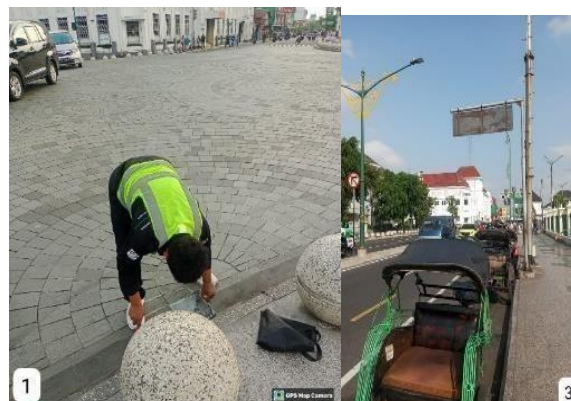
Lampiran 2. 3 Dokumentasi Area Plang Malioboro



Lampiran 2. 4 Dokumentasi Area Plaza Malioboro



Lampiran 2. 5 Dokumentasi Pasar Beringharjo



Lampiran 2. 6 Dokumentasi Titik Nol Yogyakarta



Lampiran 2. 7 Dokumentasi Pemukiman Cokrokusuman



Lampiran 2. 8 Dokumentasi Pemukiman Kauma

RIWAYAT HIDUP

Rivandi Mursal Rizki lahir di Pekanbaru, Riau pada tahun 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Jenjang pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis yaitu mulai dari SDN 6 Pekanbaru (2007-2013), SMPN 1 Pekanbaru (2013-2016), SMAN 8 Pekanbaru (2016-2019), dan pada masa perkuliahan sejak 2020 menempuh studi di jenjang Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif diberbagai kegiatan akademik maupun non akademik. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di salah satu perusahaan minyak terbesar di Indonesia yaitu PT. Pertamina Hulu Rokan, Rumbai pada bulan Juni 2023 hingga bulan Agustus 2023. Dalam kegiatan non akademik, penulis aktif di berbagai kepanitiaan Lintas Lingkungan 2021 bidang Dana dan Usaha, dan juga di divisi keamanan pada kegiatan Gelar Pekan Olahraga Mahasiswa FTSP UII (GELORASEMA) pada tahun 2022.

Selain kepanitiaan kegiatan, penulis juga aktif menghadiri dalam kegiatan usaha dan menjalani kegiatan organisasi serta forum mengenai isu lingkungan.