

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA TSP, PM₁₀, DAN PM_{2,5}
DI LOKASI PARIWISATA KOTA YOGYAKARTA

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



AHMAD RAIHAN SUHARYO

19513041

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

2023

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA TSP, PM₁₀, DAN PM_{2,5}
DI LOKASI PARIWISATA KOTA YOGYAKARTA

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

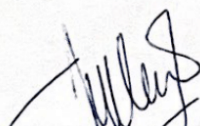


Disusun Oleh:

AHMAD RAIHAN SUHARYO


19513041

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


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

NIK. 155131313

Tanggal: 29/09/2023


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

NIK. 155131304

Tanggal: 20-09-2023

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII,


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

NIK. 045130401

Tanggal: 29/5/2023

HALAMAN PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA TSP, PM₁₀, DAN PM_{2,5}
DI LOKASI PARIWISATA KOTA YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat

Tanggal : 29 September 2023

Disusun Oleh:

AHMAD RAIHAN SUHARYO

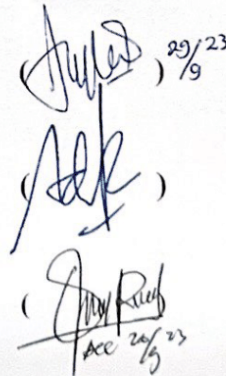
19513041

Tim Penguji :

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

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

Elita Nurfitriyani Sulistyvo, S.T., M.Sc.


(*Suphia*)^{29/9}
(*Adam*)
(*Elita*)
acc 29/9/23

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

Yogyakarta, 03 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Raihan Suharyo

19513041

PRAKATA

Assalam'ualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya, yang telah memungkinkan penulis menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA TSP, PM₁₀, DAN PM_{2,5} DI LOKASI PARIWISATA KOTA YOGYAKARTA". Penyusunan laporan Tugas Akhir ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dan menyelesaikan perjalanan akademik penulis pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

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

1. Allah SWT yang telah melimpahkan karunia berupa Kesehatan, ilmu pengetahuan, dan rahmat-Nya yang senantiasa memberikan kemudahan dan kelancaran dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik.
2. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. dan Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing dan Ibu Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc. selaku penguji yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, dan memberikan saran yang sangat berharga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini serta kontribusi dan dukungan mereka telah memberikan manfaat yang besar bagi penulis.
3. Kedua orang tua beserta keluarga penulis yang tak henti-hentinya memberikan doa, dukungan moral dan materi, serta kasih sayang yang tulus dan penuh cinta.

4. Seluruh dosen pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan banyak sekali ilmu kepada penulis.
5. Seluruh staff laboran dari Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan bantuan selama penulis menggunakan laboratorium.
6. Tim Mikroplastik Udara yaitu Hanifah Aulia Maharani, Nasrul Fajar Pradana, dan Ophelia Aziz yang telah berkontribusi dalam perjalanan penyelesaian Tugas Akhir ini, di mana semua pihak berjuang bersama dan saling bertukar pikiran.
7. Teman-teman “Jarene” yang telah berjuang bersama berbagi semangat semasa kuliah dan tempat berkeluh kesah hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Program Studi Teknik Lingkungan 2019
9. Seluruh pihak yang tidak disebutkan satu persatu namun telah memberikan bantuan berharga selama penelitian dan pengumpulan data dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Dalam penulisan laporan ini penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan baik dalam segi penulisan maupun materi. Penulis mengharapkan masukan dari berbagai pihak berupa saran dan kritik yang membangun dalam usaha perbaikan laporan tugas akhir ini. Diharapkan penulisan laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 03 Oktober 2023

Ahmad Raihan Suharyo

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

AHMAD RAIHAN SUHARYO. Identifikasi Mikroplastik Pada TPS, PM₁₀, dan PM_{2,5} di Lokasi Pariwisata Kota Yogyakarta. Dibimbing oleh Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. dan Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Mikroplastik sangat berpotensi membahayakan karena sifatnya yang mampu menyerap racun yang berasal dari bahan kimia lingkungan sekitarnya. Hal ini memungkinkan biota konsumen terkena transfer toksik melalui rantai makanan yang secara tidak langsung dapat terjadi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter (PM₁₀ dan PM_{2,5})* dan mengidentifikasi jumlah karakteristik warna serta bentuk mikroplastik yang terdapat pada TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} di udara sekitar tempat wisata Kota Yogyakarta. Metode pengambilan sampel udara mengacu pada SNI 7119-3 : 2017, SNI 7119.15 : 2016, dan SNI 7119.14 : 2016 sedangkan metode analisis sampel mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Akhbarizadeh Razegheh *et al.*, 2021). Hasil penelitian ditemukan mikroplastik jenis *film*, *fiber*, dan *fragment* dengan warna hitam, transparan, biru, merah, kuning, coklat, hijau, dan ungu. Mikroplastik yang teridentifikasi pada semua lokasi dan waktu penelitian sebanyak 3998 partikel. Warna mikroplastik paling banyak ditemukan yaitu hitam sejumlah 2438 partikel. Mikroplastik dengan jenis *film* sebanyak 1765 partikel. Sumber-sumber mikroplastik berasal dari aktivitas manusia disekitar lokasi penelitian, abrasi pada ban, emisi yang dihasilkan oleh pabrik terutama tekstil, plastik yang terfragmentasi, dan pelapukan pada cat. Hal-hal tersebut mengakibatkan mikroplastik terlepas ke udara.

Kata kunci: Kota Yogyakarta, Mikroplastik, Udara, *Weekend*, *Weekdays*

ABSTRACT

AHMAD RAIHAN SUHARYO. *Identification of Microplastics in TPS, PM10, and PM2.5 at Yogyakarta City Tourism Locations. Supervised by Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. dan Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.*

Microplastics are potentially dangerous because of their ability to absorb toxins from environmental chemicals. This allows consumer biota to be exposed to toxic transfers through the food chain which can indirectly occur. The purpose of this study was to determine the concentration of Total Suspended Particulate (TSP) and Particulate Matter (PM10 and PM2.5) and identify the number of color characteristics and the shape of microplastics found in Total Suspended Particulate (TSP) and Particulate Matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) in the air around Yogyakarta City tourist attractions. The air sampling method refers to SNI 7119-3 : 2017, SNI 7119.15 : 2016, and SNI 7119.14 : 2016 while the sample analysis method refers to research conducted by Akhbarizadeh Razegheh et al., 2021. The results found microplastic films, fibers, and fragments in black, transparent, blue, red, yellow, brown, green, and purple. Microplastics identified at all locations and time of study were 3998 particles. The most common microplastic color found was black with 2438 particles. Microplastic with a film type of 1765 particles. Sources of microplastics come from human activities around the study site, tire abrasion, emissions produced by factories, especially textiles, fragmented plastics, and weathering of paints. These things cause microplastics to be released into the air.

Keywords: Air, Microplastics, Weekend, Weekdays, Yogyakarta City

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kualitas Udara di Kota Yogyakarta	5
2.2 Pencemaran Udara	6
2.3 Mikroplastik	8
2.4 High Volume Air Sampler (HVAS).....	11
2.5 Penelitian Terdahulu	12
BAB III.....	20
METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	20
3.2 Metode Penelitian.....	21
3.3 Prosedur Pengambilan Data	24
3.3.1 Pengambilan Sampel (harus di detailkan lagi).....	24
3.3.2 Analisis Sampel.....	25
3.4 Alat dan Bahan.....	26
3.5 Pengolahan Data.....	26
3.6 Analisis Data	28

BAB IV	29
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Detail Lokasi Penelitian	29
4.2 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi.....	31
4.2.1 Analisis Hasil Pengukuran TSP	33
4.2.2 Analisis Hasil Pengukuran PM ₁₀	35
4.2.3 Analisis Hasil Pengukuran PM _{2,5}	37
4.3 Analisis Hasil Uji Mikroplastik	39
4.3.1 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jumlah.....	40
4.3.2 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Warna.....	43
4.3.3 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jenis	50
BAB V.....	58
KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	67
RIWAYAT HIDUP.....	75

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Literatur Terdahulu.....	12
Tabel 3.2 Alat dan Bahan.....	26
Tabel 4. 1 Data Klimatologi Rata-Rata 24 Jam.....	32
Tabel 4. 2 Konsentrasi TSP.....	33
Tabel 4. 3 Konsentrasi PM ₁₀	35
Tabel 4. 4 Konsentrasi PM _{2,5}	37
Tabel 4. 5 Kelimpahan Mikroplastik.....	40
Tabel 4. 6 Rasio Mikroplastik.....	42
Tabel 4. 7 Perbandingan Warna.....	49
Tabel 4. 8 Perbandingan Jenis.....	56

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme Mikroplastik ke Udara	9
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Titik Pengambilan Sampel TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}	20
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}	21
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Sampling TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}	22
Gambar 3. 4 Diagram Alir Analisis Sampel Mikroplastik.....	23
Gambar 4. 1 Kondisi Eksisting Lokasi Pengambilan Sampel Tugu	30
Gambar 4. 2 Kondisi Eksisting Titik Pengambilan Sampel Jalan Malioboro.....	31
Gambar 4. 3 Konsentrasi TSP	34
Gambar 4. 4 Konsentrasi PM ₁₀	36
Gambar 4. 5 Konsentrasi PM _{2,5}	38
Gambar 4. 6 Jumlah Mikroplastik di Lokasi Penelitian.....	40
Gambar 4. 7 Jumlah Mikroplastik di Lokasi Penelitian.....	41
Gambar 4. 8 Warna Mikroplastik Parameter TSP di Tugu.....	43
Gambar 4. 9 Warna Mikroplastik Parameter PM ₁₀ di Tugu.....	44
Gambar 4. 10 Warna Mikroplastik Parameter PM _{2,5} di Tugu.....	44
Gambar 4. 11 Warna Mikroplastik Parameter TSP di Jalan Malioboro	45
Gambar 4. 12 Warna Mikroplastik Parameter PM ₁₀ di Jalan Malioboro	45
Gambar 4. 13 Warna Mikroplastik Parameter PM _{2,5} di Jalan Malioboro	46
Gambar 4. 14 Jumlah Warna dan Jenis Mikroplastik di Lokasi Penelitian	46
Gambar 4. 15 Persentase Jumlah Mikroplastik di Lokasi Penelitian.....	47
Gambar 4. 16 Perbandingan Warna dan Jenis Mikroplastik di Lokasi Penelitian	48
Gambar 4. 17 Jumlah Jenis Mikroplastik Tiap Parameter Udara di Lokasi Penelitian.....	52
Gambar 4. 18 Jumlah Jenis-Jenis Mikroplastik di Lokasi Penelitian	55
Gambar 4. 19 Persentase Total Jenis Mikroplastik.....	55

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Proses Pengambilan Sampel Udara di Tugu Weekend	67
Lampiran 1. 2 Proses Pengambilan Sampel Udara di Tugu Weekdays.....	68
Lampiran 1. 3 Proses Pengambilan Sampel Udara di Malioboro Weekend	69
Lampiran 1. 4 Proses Pengambilan Sampel Udara di Malioboro Weekdays	69
Lampiran 2. Proses Pengujian Sampel Udara.....	70
Lampiran 3. Proses Analisis Sampel Menggunakan Mikroskop.....	71
Lampiran 4. Data Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Warna, dan Jenis.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan plastik dalam berbagai aspek seperti pengemasan produk dan konstruksi bangunan menyebabkan produksi plastik meningkat dari tahun ke tahun. Ditambah dengan buruknya pengelolaan sampah di Indonesia, khususnya sampah plastik, sampah tersebut dibiarkan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST), bahkan dibuang ke laut dalam jumlah yang banyak. Ini menimbulkan masalah besar bagi lingkungan dan degradasi plastik menjadi mikroplastik.

Proses pembentukan mikroplastik terjadi melalui proses fisik, kimiawi, dan biologis. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Ayuningtyas, 2019) didapatkan jenis-jenis yang berbeda pada mikroplastik yaitu serat *fiber* atau filamen, *fragment*, *film*, dan *pellet*. Pada saat ini, diameter ukuran mikroplastik sangat beragam mulai dari < 1 mm sampai < 10 mm, tetapi yang paling umum yaitu memiliki ukuran < 5 mm.

Penyumbang polusi mikroplastik di udara pada daerah perkotaan khususnya jalan berasal dari ban yang terabrasi dan keausan jalan yang kuantitasnya bisa sampai 13.000-ton emisi setiap tahun di Swedia. Sumber mikroplastik juga berasal dari pakaian yang sedang digunakan/dicuci/dikeringkan, parabol rumah yang sudah rusak, erosi ban karet, emisi dari industri tekstil sintesis, kontaminasi dari debu kota, dan jatuhnya atmosfer yang berdampak dari berbagai aktivitas.

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan provinsi berpenduduk tinggi dengan 3.677.446 jiwa menurut Badan Pusat Statistik (BPS). Kota Yogyakarta luasnya hanya 32,5-kilometer persegi tetapi merupakan salah satu tujuan wisata utama di Indonesia. Beberapa destinasi wisata di kota ini adalah Jalan Malioboro dan Tugu Jogja. Pada tahun 2019 jumlah wisatawan

di kota Yogyakarta sebanyak 4.378.609, bahkan melebihi jumlah penduduk kota tersebut menurut BPS.

Melihat situasi saat ini di tahun 2022, penyebaran Covid 19 semakin mengecil, sebagian besar masyarakat sudah divaksin, aktivitas masyarakat sudah dilonggarkan, sehingga wisatawan dari nusantara dan mancanegara mulai berdatangan kembali. Dengan kedatangan wisatawan dalam jumlah besar, jumlah kendaraan bertambah, dan kepadatan jalan di sekitar destinasi wisata meningkatkan jumlah debu partikulat. Jika TSP mengandung mikroplastik, baik TSP maupun mikroplastik dapat menimbulkan masalah bagi saluran pernapasan manusia. Pertambahan jumlah kendaraan akibat aktivitas lalu lintas merupakan sumber utama TSP di udara (Esti, 2018).

Dengan mengetahui keberadaan mikroplastik dari polutan TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} atau debu yang disebabkan oleh meningkat kembalinya populasi wisatawan di Yogyakarta menyebabkan penelitian ini harus dilakukan. Dengan demikian dapat diketahui dampak terhadap kondisi kesehatan masyarakat sekitaran tempat wisata di Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas maka dapat dirumuskan masalah yaitu:

1. Bagaimana konsentrasi pada *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter (PM₁₀ dan PM_{2,5})* di udara sekitar tempat wisata Kota Yogyakarta.
2. Bagaimana jumlah dan karakteristik warna serta jenis mikroplastik yang terdapat pada *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter (PM₁₀ dan PM_{2,5})* di udara sekitar tempat wisata Kota Yogyakarta?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui konsentrasi pada *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter* (PM₁₀ dan PM_{2,5}) di udara sekitar tempat wisata Kota Yogyakarta.
2. Mengidentifikasi jumlah karakteristik warna serta bentuk mikroplastik yang terdapat pada *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter* (PM₁₀ dan PM_{2,5}) di udara sekitar tempat wisata Kota Yogyakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat diadakannya penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi konsentrasi pada *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter* (PM₁₀ dan PM_{2,5}) di udara sekitar tempat wisata Kota Yogyakarta.
2. Mengidentifikasi jumlah dan karakteristik warna serta jenis mikroplastik yang terdapat pada *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter* (PM₁₀ dan PM_{2,5}).
3. Memberikan pemahaman terkait penggunaan alat dan teknologi di laboratorium.
4. Menambah wawasan terkait ilmu pengetahuan mikroplastik yang digunakan sebagai referensi dari hasil penelitian.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *sampling* pada polutan *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter* (PM₁₀ dan PM_{2,5}) yang mengacu pada SNI 19-7119.6-2005 Udara ambien – Bagian 6 Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien; SNI 7119-3 : 2017 Tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total menggunakan *High Volume Air Sampler (HVAS)* dengan Metode

Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam; SNI 7119.15 : 2016 Tentang Cara Uji PM₁₀ menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam; SNI 7119.14 : 2016 Tentang Cara Uji PM_{2,5} menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam. Untuk analisis mikroplastik pada ketiga parameter tersebut mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Akhbarizadeh R *et al* ., 2021 dengan melakukan beberapa modifikasi.

2. Penelitian dilakukan pada kawasan wisata Kota Yogyakarta meliputi Tugu Yogyakarta dan Jalan Malioboro dengan mempertimbangkan syarat pemilihan lokasi berdasarkan SNI 19-7119.6 : 2005 Tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Titik koordinat lokasi pengambilan TSP, PM_{2,5}, dan PM₁₀ berada di 7°46'59.44"S 110°22'1.86"E; 7°47'24.43"S 110°22'3.27"E
3. Penelitian dilakukan selama 24 jam sesuai dengan SNI.
4. Melakukan kajian terhadap jumlah dan karakteristik warna serta jenis mikroplastik yang terdapat pada *Total Suspended Particulate (TSP)* dan *Particulate Matter* (PM₁₀ dan PM_{2,5}).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Udara di Kota Yogyakarta

Aktivitas masyarakat yang cukup padat ditambah dengan laju pertumbuhan penduduk yang meningkat pesat membuat sarana aktivitas mobilitas masyarakat semakin besar. Kendaraan menjadi penentu kualitas udara yang ada di Kota Yogyakarta dan sumber pencemarnya timbul dari kendaraan itu sendiri. Ditambah dengan Kota Yogyakarta merupakan salah satu ikon pariwisata di Indonesia sekaligus industri, perkantoran, dan pendidikan membuat hal tersebut tidak dapat dipisahkan dari mobilitas masyarakat yang ada.

Sesuai dengan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk parameter NO_2 , SO_2 , PM_{10} , dan O_3 pada tahun 2021 dimulai dari bulan Januari sampai Oktober termasuk ke dalam kategori baik, sedangkan untuk parameter $\text{PM}_{2.5}$ di bulan Februari sampai Mei masuk ke dalam kategori sedang. Untuk kualitas udara ambien di jalan raya Kota Yogyakarta terkait parameter NO_2 , SO_2 , dan O_3 berada di bawah batas baku mutu dan untuk kualitas udara ambien permukiman terkait parameter NO_2 , SO_2 , dan O_3 berada di bawah batas baku mutu.

Dari masing-masing parameter tersebut terdapat dampak yang membahayakan bagi lingkungan dan kesehatan. Dampak dari konsentrasi parameter yang berlebih di udara dapat menimbulkan gangguan pernapasan seperti batuk dan nyeri di paru-paru. Konsentrasi yang berlebih di udara dapat menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan serta konsentrasi yang berlebih di atmosfer dapat bereaksi dengan uap air dan menimbulkan peristiwa hujan asam.

2.2 Pencemaran Udara

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyatakan bahwa udara ambien merupakan udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Sedangkan baku mutu udara ambien merupakan nilai pencemar udara yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien ataupun batasan ukuran atau kadar suatu zat, energi dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Baku mutu ini sebagai patokan atau acuan yang mana apabila suatu udara sudah melebihi baku mutu maka dapat merusak lingkungan sekitarnya dan dapat mengganggu kesehatan pada masyarakat serta udara tersebut dapat dikatakan telah tercemar.

Meningkatnya pencemaran udara ambien dapat kita rasakan khususnya pada daerah industri, daerah yang padat lalu lintas, bahkan daerah perumahan yang disebabkan oleh gas-gas berbahaya dari kegiatan yang dilakukan manusia itu sendiri. Gas-gas berbahaya yang dihasilkan oleh aktivitas manusia diantaranya Karbonmonoksida (CO), Nitrogendioksida (NO₂), Sulfurdioksida (SO₂), Hidrokarbon (HC), dan lain-lain. Perlu dilakukannya upaya dalam menjaga mutu udara ambien secara optimal dengan melakukan pencegahan dan penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara.

Total Suspended Particulate (TSP) adalah partikel berupa debu, asap, dan asap yang berukuran lebih kecil dari 100 µm (Prilila *et al.*, 2016). Sumber utama emisi TSP adalah asap dari kegiatan konstruksi, kendaraan bermotor, pembakaran, dan lain-lain (Tiara *et al.*, 2016). Konsentrasi TSP pada sektor transportasi dipengaruhi oleh berat jenis kendaraan, dan bus menghasilkan TSP 2.232 ton/tahun, mobil penumpang 2.134 ton/tahun. (Oktaviani, 2018). Baku mutu TSP di udara ambien adalah 230 µg/Nm³

untuk pengukuran 24 jam sesuai dengan Lampiran PP Nomor 22 Tahun 2021.

Particulate Matter (PM) merupakan salah satu polutan yang ada di udara. Polutan ini merupakan partikulat halus yang memiliki dampak berbahaya bagi Kesehatan manusia dibandingkan polutan lainnya. Campuran partikel padat dan cair yang tersuspensi di udara itulah merupakan istilah dari PM. Partikel tersuspensi ini memiliki ukuran, komposisi, dan asal yang berbeda-beda (Cholianawati, 2019).

Partikulat dibagi menjadi partikulat kasar (*coarse*) atau PM₁₀ yang memiliki ukuran berdiameter < 10 µm dan partikulat halus (*fine*) atau PM_{2,5} yang memiliki ukuran berdiameter < 2,5 µm menurut ukurannya di atmosfer. Apabila partikulat PM_{2,5} ini masuk ke tubuh manusia maka tidak dapat tersaring oleh sistem pernapasan atas yang mengakibatkan partikulat ini masuk hingga paru-paru bagian dalam lalu kandungannya dapat masuk ke aliran darah (Cholianawati, 2019). PM₁₀ tentu juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia khususnya pada kesehatan saluran pernapasan.

Campuran yang terdapat pada PM adalah unsur fisika dan kimia yang bermacam-macam tergantung sumbernya. Paling banyak ditemukan diantaranya ion sulfat, ion nitrat, ion ammonium, ion inorganic (sodium, kalsium, potassium, magnesium, dan klorida), ion organic, elemen karbon, material padat, partikel air, logam (tembaga, nikel, cadmium, vanadium, dan seng), dan hidrokarbon aromatik poliksilik. Unsur biologi berupa allergen dan senyawa bakteri pun ditemukan pada PM. Kegiatan manusia dan sumber alami merupakan sumber PM yang paling umum, tetapi terdapat juga sumber kontribusi lainnya yang berasal dari tanah dan debu (Agus *et al.*, 2019).

Baku mutu PM_{2,5} di udara ambien adalah 55 µg/Nm³ untuk pengukuran 24 jam dan 15 µg/Nm³ untuk pengukuran 1 tahun sedangkan untuk PM₁₀ di udara ambien adalah 75 µg/Nm³ untuk pengukuran 24 jam dan 40 µg/Nm³ untuk pengukuran 1 tahun sesuai dengan Lampiran PP

Nomor 22 Tahun 2021. PM memiliki kandungan material yang dapat menyebabkan gangguan pada pernapasan seperti Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), kardiovaskular, kanker paru-paru, penyakit paru-paru obstruktif kronis, dan kematian dini (Elsa Try Julita Sembiring, 2020).

2.3 Mikroplastik

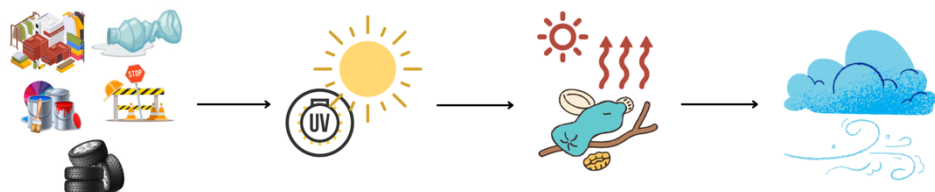
Mikroplastik yaitu partikel plastik yang berdiameter sangat kecil dengan ukuran 0,5 mm. Namun partikel ini memiliki beberapa kategori ukuran yang mana ukuran besar berdiameter 1-5 mm dan kecil dengan ukuran < 1 mm (Kuasa, 2018). Tetapi mikroplastik sendiri belum memiliki definisi yang pasti, namun umumnya para peneliti mengambil objek partikel dengan ukuran minimal 300 μm .

Mikroplastik dapat terbentuk baik dari hal yang disengaja maupun tidak disengaja yang mana biasa disebut sebagai primer dan sekunder. Kategori primer mengarah kepada partikel yang sengaja dibuat dengan ukuran kecil untuk kebutuhan pasar seperti kosmetik dan scrubber kulit. Sedangkan kategori sekunder merupakan mikroplastik yang terjadi karena pemecahan atau fragmentasi plastik karena terpapar oleh radiasi ultraviolet matahari dan lapuknya plastik tersebut secara bertahap karena kerusakan fisik. Sumber mikroplastik juga berasal dari abrasi ban karet yang mana penyumbang polusi mikroplastik di udara pada daerah perkotaan khususnya jalan berasal dari ban yang terabrasi dan keausan jalan yang kuantitasnya bisa sampai 13.000 ton emisi setiap tahun di Swedia.

Mikroplastik ini digolongkan sesuai dengan karakter morfologinya yaitu ukuran, bentuk, dan warna. Klasifikasi mikroplastik berdasarkan tipe atau bentuknya terdiri dari *fragment*, *fiber* (serat), *film*, foam (busa), filaments, dan pellet (butiran). Tipe *fragment* ini memiliki bentuk yang tidak beraturan, bisa berbentuk kristal, bulu, bubuk, granula, potongan, dan serpihan yang biasanya mikroplastik ini berasal dari jaring nelayan dan bisa dipengaruhi oleh padatnya penduduk (Dewi *et al.*, 2015). *Fiber* (serat) memiliki bentuk helaian, benang, mikro*fiber*, dan filamen. Berasal dari sisa

benang pakaian dari hasil kain baju yang dicuci, dan tali plastik yang terdegradasi (Crawford *et al.*, 2017). Tipe *film* atau polimer dari plastik berasal dari plastik kemasan dan kantong plastik yang terfragmentasi serta memiliki densitas rendah (Septian, 2014). Untuk foam atau busa berasal dari plastik besar seperti foam yang terdegradasi ataupun *fragment* hasil dari fragmentasi (Kershaw, 2015). Filaments sendiri berasal dari sumber sekunder yang berada pada sampah rumah tangga secara umum (Faruqi, 2019). Sedangkan Pellet atau butiran sendiri berasal dari *microbeads* yang terkandung pada produk pembersih, *microfiber* pada tekstil, dan getah kelapa untuk proses pembuatan plastik (Putri, 2017). Dilihat dari sumber dari mana mikroplastik itu berasal, dinyatakan bahwa tipe Filamen dan *Fiber* banyak ditemukan di jalan raya.

Sumber-sumber mikroplastik (MP) dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu sumber titik (seperti limbah dari pabrik dan fasilitas pengolahan limbah) dan sumber non-titik (seperti air hujan, saluran jalan, peternakan, dan sebagainya) sebagai penyebab polusi. Sebanyak 37,3% dari mikroplastik berasal dari sumber titik, sementara 62,7% berasal dari sumber non-titik (Boucher, J, 2017) Sumber polusi titik sering dapat diatur dan dikendalikan. Di sisi lain, sumber polusi non-titik mengalir ke lingkungan perairan melalui berbagai saluran, termasuk melalui angin, air hujan, limpasan jalan, pembuangan salju, dan pembuangan limbah yang tidak terkelola dengan baik (Su, L *et al.*, 2020) yang menjadikannya lebih sulit untuk dikelola.



Gambar 2. 1 Mekanisme Mikroplastik ke Udara

Debu jalan merupakan salah satu sumber utama mikroplastik yang berasal dari sumber non-titik, terutama disebabkan oleh ban, bitumen, dan cat marka jalan (Vogelsang, C *et al.*, 2019). Ban terdiri sebagian besar dari 60% *styrene butadiene rubber*, yang dicampur dengan berbagai aditif dan karet alam (Sommer, F *et al.*, 2018). Sementara itu, bahan seperti *styrene-butadienestyrene*, *ethylene-vinyl-acetate*, *polyamide*, dan *polyacrylate* umumnya ditambahkan pada cat marka jalan untuk meningkatkan performanya (Sundt, P *et al.*, 2015).

Terkait jenis plastik yang paling sering diproduksi yaitu *Polypropylen (PP)*, *Polyetylen (PE)*, *Polyetylen 9 Tereftalat (PET)*, *Polystiren (PS)*, *Poliuretan (PUR)*, *Polivinil Klorida (PVC)* dan *Polikarbonat (PC)* (Li *et al.*, 2016). Polipropilen (PP) yang digunakan sebagai tali, roda gigi, dan alat pancing. Polietilen (PE) yang biasanya digunakan sebagai kantong plastik. Poli Etilen Terptalat (PET) digunakan sebagai botol, pengikat, dan tekstil. Polimed (Nilon) yang digunakan sebagai jarring ikan dan tali. Polivinil Klorida (PVC) digunakan sebagai pipa dan Asetat Selulosa yang digunakan sebagai filter rokok (Widinarko *et al.*, 2018).

Dilihat dari penelitian-penelitian sebelumnya, didapatkan bahwa kelimpahan mikroplastik di atmosfer sangat beragam jumlahnya. Di kota Dongguan China sendiri didapati 175 – 313 partikel/m³ (Cai *et al.*, 2017). Daerah terpencil di pegunungan Pyrenee didapati kurang lebih 365 partikel/m³ (Allen *et al.*, 2019). Sedangkan di Benua Eropa khususnya kota Paris kurang lebih didapati 118 partikel/m³ dan di kota Hamburg didapatkan kurang lebih 275 partikel/m³ (Dris *et al.*, 2015). Mikroplastik juga memiliki berbagai jumlah, bentuk, dan warna. Penelitian terkait hal ini masih terus dilakukan dan dipantau dimulai dari daerah perkotaan sampai daerah-daerah terpencil (Bank *et al.*, 2019).

Mikroplastik di udara merupakan topik baru yang mana sangat berdampak pada kesehatan yang disertai dengan *dyspnea* (sesak nafas) karena saluran pernapasan dan saluran interstisial fl respon inflamasi (Prata,

2018). Ukurannya yang kecil juga menimbulkan efek yang mudah terhirup dan dapat menyebabkan lesi pada sistem pernapasan yang dipengaruhi oleh kerentanan individu dan sifat partikel. Mikroplastik ini juga sangat mungkin masuk ke rantai makanan dan berakhir pada *top predator* yang mana manusia itu sendiri. Mikroplastik juga memiliki karakteristik berupa menyerap racun yang dihasilkan dari bahan-bahan kimia pada lingkungan sekitarnya yang memungkinkan biota konsumen terkena transfer toksik melalui rantai makanan secara tidak langsung terjadi.

2.4 *High Volume Air Sampler (HVAS)*

Berdasarkan SNI 7119.14:2016 tentang Udara Ambien mendefinisikan *High Volume Air Sampler (HVAS)* merupakan alat yang dipakai guna mengumpulkan kandungan partikel melalui filtrasi sejumlah besar volume udara di atmosfer dengan memakai pompa vakum kapasitas tinggi yang dilengkapi dengan filter dan alat ukur serta kontrol laju air. Penggunaan *High Volume Air Sampler* sudah sangat sering untuk mengukur kadar TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5}. Secara prinsip kerja pada alat ini, udara diambil melalui inlet selektif TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} lalu dilewatkan pada filter yang memiliki ukuran 20,3 cm x 25,4 cm (8 in x 10 in) dan efisiensi penyaringan minimum 98,5 % yang setara dengan porositas 0,3 µm pada kecepatan aliran 1,1 m³/menit sampai 1,7 m³/menit selama 24 jam ± 1 jam dengan penggunaannya *High Volume Air Sampler (HVAS)* yang terakumulasi dalam filter dengan Metode Gravimetri (SNI 7119-3 : 2017 Tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total menggunakan *High Volume Air Sampler (HVAS)* dengan Metode Gravimetri; SNI 7119.15 : 2016 Tentang Cara Uji PM₁₀ menggunakan *High Volume Air Sampler (HVAS)* dengan Metode Gravimetri; SNI 7119.14 : 2016 Tentang Cara Uji PM_{2,5} menggunakan *High Volume Air Sampler (HVAS)* dengan Metode Gravimetri).

2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam melaksanakan penelitian, salah satu acuan penulis adalah dengan membaca referensi penelitian sebelumnya. Tidak ditemukan judul yang sama dengan penelitian yang direncanakan dari beberapa referensi tersebut. Hasil referensi penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Studi Literatur Terdahulu

NO	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
1	Andi Indah Fitria Wahyuni Safaat	2021	Identifikasi Mikroplastik Udara Dari Polutan <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) Jalan Arteri <i>Divided</i> Di Kota Makassar	Menganalisis konsentrasi <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) pada Jalan Arteri <i>Divided</i> di Kota Makassar Mengidentifikasi karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam <i>Total Suspended Particulate</i>	Analisis data yang dilakukan dengan menganalisis sampel TSP menggunakan microscope digital tipe Dino Lite AM 211	Hasil penelitian ditemukan mikroplastik paling banyak di Jalan Urip Sumoharjo sebanyak 149 partikel dengan konsentrasi TSP, yakni 588,91 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan mikroplastik paling sedikit ditemukan di Jalan Sultan Alauddin sebanyak 120 dengan konsentrasi TSP, yakni 208,53 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Jenis mikroplastik yang paling dominan ditemukan,

NO	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
				<p>(TSP) pada Jalan Arteri Divided di Kota Makassar</p> <p>Menganalisis kecenderungan hubungan jumlah kendaraan dengan jumlah <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) dan jumlah kendaraan dengan mikroplastik pada Jalan Arteri <i>Divided</i> di Kota Makassar</p>		<p>yakni <i>Fiber</i>/Filamen dan warna yang paling banyak ditemukan, yakni hitam dan cokelat. Kelimpahan mikroplastik dalam TSP yang ditemukan yang tertinggi dan terendah, yakni di Jalan Urip Sumoharjo sebanyak 1,69 partikel/m³ dan di Jalan Sultan Alauddin sebanyak 1,35 partikel/m³. Berdasarkan hasil analisis kecenderungan data, volume kendaraan berpengaruh sebanyak 70,2 % terhadap konsentrasi TSP, sedangkan hanya 12% pengaruh volume kendaraan terhadap jumlah mikroplastik di udara.</p>

NO	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
2	Arie Dipareza Syafei, Nurul Rizki Nurasin, Abdu Fadli Assomadi, dan Rachmat Boedisantoso	2019	<i>Microplastic Pollution in the Ambient Air of Surabaya, Indonesia</i>	Mengetahui kandungan dan jenis mikroplastik di udara ambien Jalan Raya	Metode analisis kuantitatif menggunakan corong stainless steel 1000 mL, filter GF/A Whatman (masing-masing dengan porositas 1,6 m dan diameter 47 mm) dan pompa vakum (pompa Vacuubrand) dengan aliran 207,38 mL/menit (untuk Periode I)	Mikroplastik ditemukan paling banyak di Jalan Urip Sumoharjo (174,97 partikel/m ³) dan Jalan Embong Malang yang paling sedikit (94,69 partikel/m ³ dan 55,93 partikel/m ³) untuk Periode I dan II. Sedangkan untuk jenis mikroplastiknya ditemukan yaitu serat, <i>fragment</i> , dan <i>film</i> .

NO	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
					dan 446,93 mL/menit (untuk Periode II)	
3	A.Torres-Agullo, A. Karanasiou, T. Moreno, S. Lacorte	2021	<i>Overview on The Occurrence of Microplastic in Air and Implication from The Use of Face Mask During the Covid-19 Pandemic</i>	Mengetahui dampak konsentrasi mikroplastik di dalam dan luar ruangan selama pandemi Covid-19	Metode analisis kualitatif	Pencemaran udara mikroplastik tidak diperhatikan, tetapi paparan plastik pada manusia dan penelitian selanjutnya harus tetap dilakukan untuk mengetahui dampak pada kesehatan manusia. Dalam hal Covid-19 harus diberikan perhatian khusus hingga peningkatan sampah plastik global dan inhalasi mikroplastik akibat penggunaan masker wajah.
4	Akhbarizadeh R <i>et al</i>	2021	<i>Suspended fine particulate matter (PM2.5),</i>	Mengetahui paparan PM _{2,5} , mikroplastik, dan hidrokarbon aromatic polisiklik serta	<input type="checkbox"/> Analisis PM _{2,5} menggunakan HVAS dengan laju	Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama periode pengambilan sampel debu dari wilayah yang jauh (Irak dan Arab Saudi) sebagian besar berasal

NO	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
			<i>microplastics (MPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: Their possible relationships and health implications</i>	kemungkinan hubungan ketiganya terkait peningkatan efek berbahaya pada kesehatan manusia.	aliran 1,4-1,6 m ³ /menit dengan waktu pengambilan 24 jam <input type="checkbox"/> Analisis hidrokarbon aromatic polisiklik menggunakan Kromatografi gas agilen (GC) digabungkan dengan detektor selektif massa	dari diagenesis (aktivitas terkait minyak/gas), yang berperan penting dalam konsentrasi PM2.5 dan mikroplastik di udara serta PAH di wilayah studi berperan penting. Oleh karena itu, pencemar udara dapat berasal tidak hanya dari sumber proksimal, tetapi juga dari sumber yang jauh. Berdasarkan penilaian risiko yang diperhitungkan, seperti menghirup mikroplastik, orang berisiko terpapar PAH selama musim dingin di Pelabuhan Bushehr dan dari paparan anggota mikroplastik selama hari-hari berdebu di Pelabuhan Bushehr. Oleh karena itu, emisi polutan udara buatan manusia di

NO	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
					<p>(MS) dengan kolom kapiler DB-5 (30 mm×Diameter dalam 0,25 mm x ketebalan <i>film</i> 0,25 µm)</p> <p>□ Analisis MPs diambil dari sampel PM_{2,5} kemudian Ekstraksi MPs dari filter dilakukan dengan versi modifikasi</p>	<p>wilayah studi harus dikendalikan lebih lanjut. Namun, karena studi ini adalah yang pertama menyelidiki hubungan antara polutan mikro udara dengan ukuran ini (<2,5 µm), dan mengingat keterbatasan identifikasi, studi lebih lanjut diperlukan untuk menyelidiki efek gabungan dan dampak jangka panjangnya terhadap pengaruh kesehatan manusia. . Selain itu, pola distribusi ukuran mikroplastik dalam penelitian ini menunjukkan bahwa mungkin terdapat lebih banyak partikel plastik yang lebih kecil dari 1 µm dalam sampel, yang tidak dihitung dalam</p>

NO	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
					dari metode yang disarankan oleh Abbasi <i>et al.</i> (2019)	penelitian ini karena batas pengamatan yang lebih rendah.
5	Xuan Zhu <i>et al</i>	2021	<i>Airborne Microplastic Concentrations in Five Megacities of Northern and Southeast China</i>	Mengetahui konsentrasi mikroplastik di udara yang memungkinkan timbulnya konsekuensi terkait peningkatan efek berbahaya pada kesehatan manusia akibat inhalasi.	□ Menggunakan intelligent middle flow total suspended particulate sampler (LB-120F, Lubo Co., Qingdao) dengan laju aliran masuk	Mikroplastik di udara ditemukan di semua sampel udara yang dikumpulkan dari lima kota besar di Cina, rata-rata 282 ± 127 item/m ³ (n = 75) dan berkisar antara 104 hingga 650 item/m ³ . Konsentrasi mikroplastik di udara di Beijing (393 ± 112 item/m ³ , n = 15) serupa dengan di Tianjin (324 ± 145 item/m ³ , n = 15) tetapi secara signifikan lebih tinggi daripada di Shanghai (267 ± 117 item/m ³ , n = 15), Hangzhou ($246 \pm$

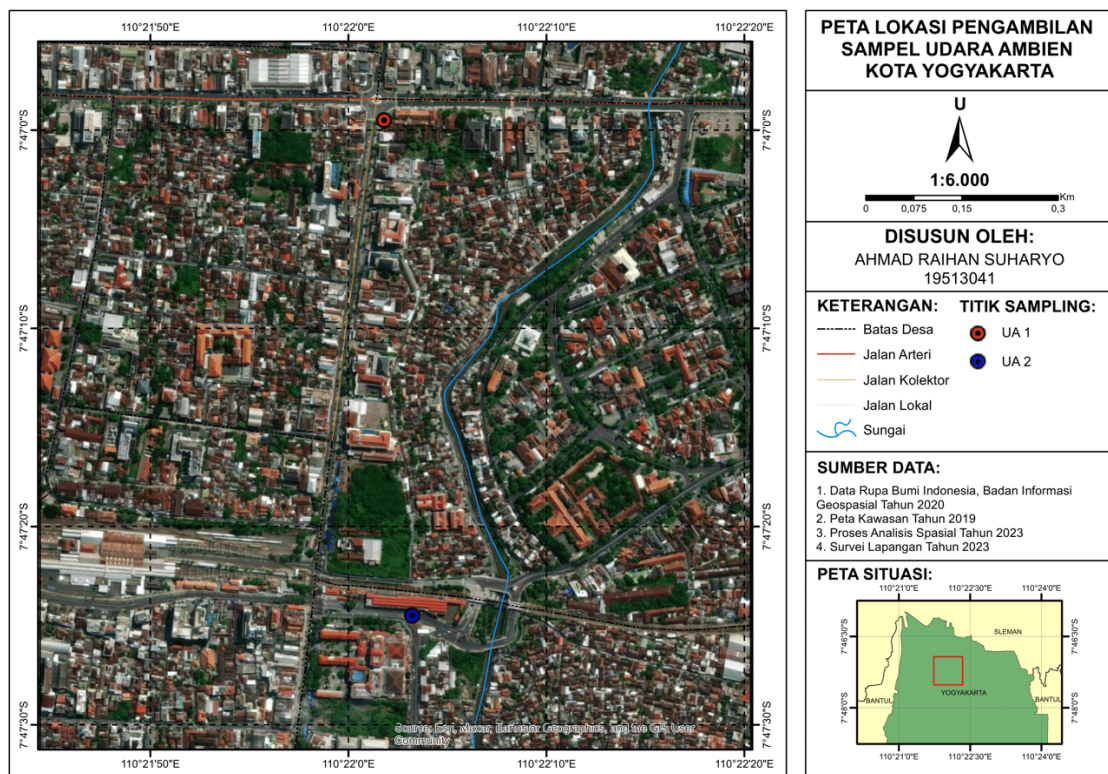
NO	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
					<p>1 00 ± 0.1 L/menit.</p> <p>□ Analisis MPs menggunakan μ-FTIR spectroscopy (Nicolet iN10, Thermo Scientific)</p>	78 item/m ³ , n = 15), dan Nanjing (177 ± 59 item/m ³ , n = 15) (P < 0,01).

BAB III

METODE PENELITIAN

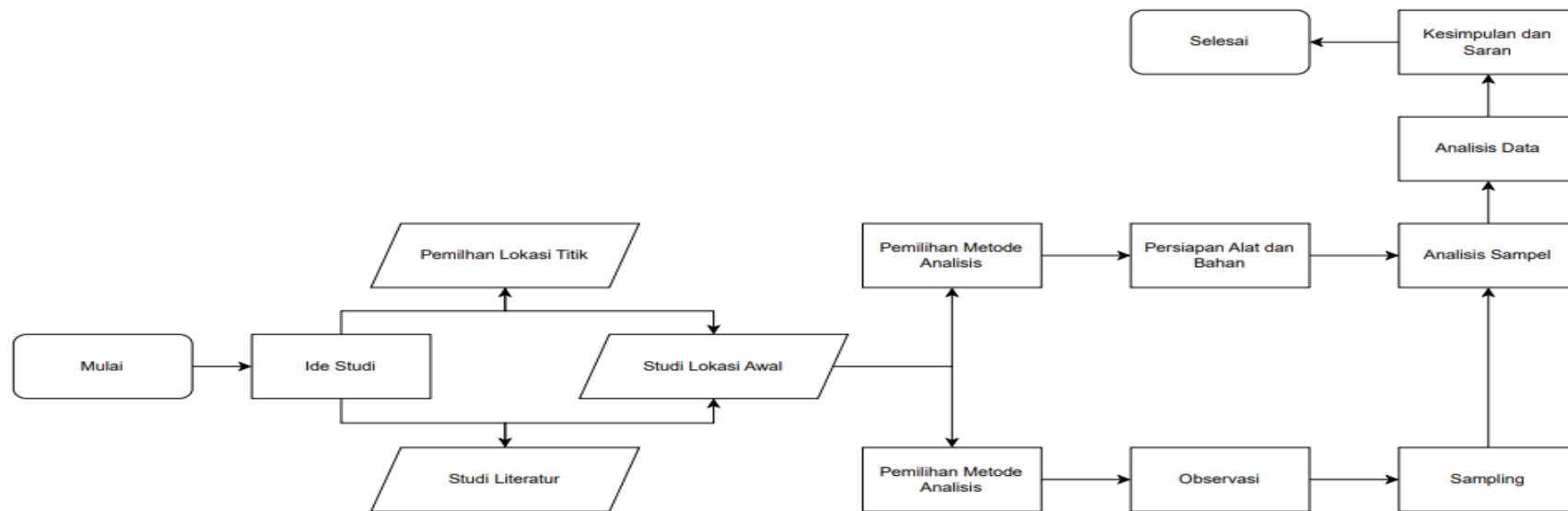
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Yogyakarta dan terdapat 2 titik sampling yaitu Tugu dan Jalan Malioboro. Titik lokasi sampling ditentukan atas pertimbangan syarat pemilihan lokasi berdasarkan SNI 19-7119.6-2005 Tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Sampel diambil selama 24 jam untuk setiap titik sampling. Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Februari sampai Juni 2023.

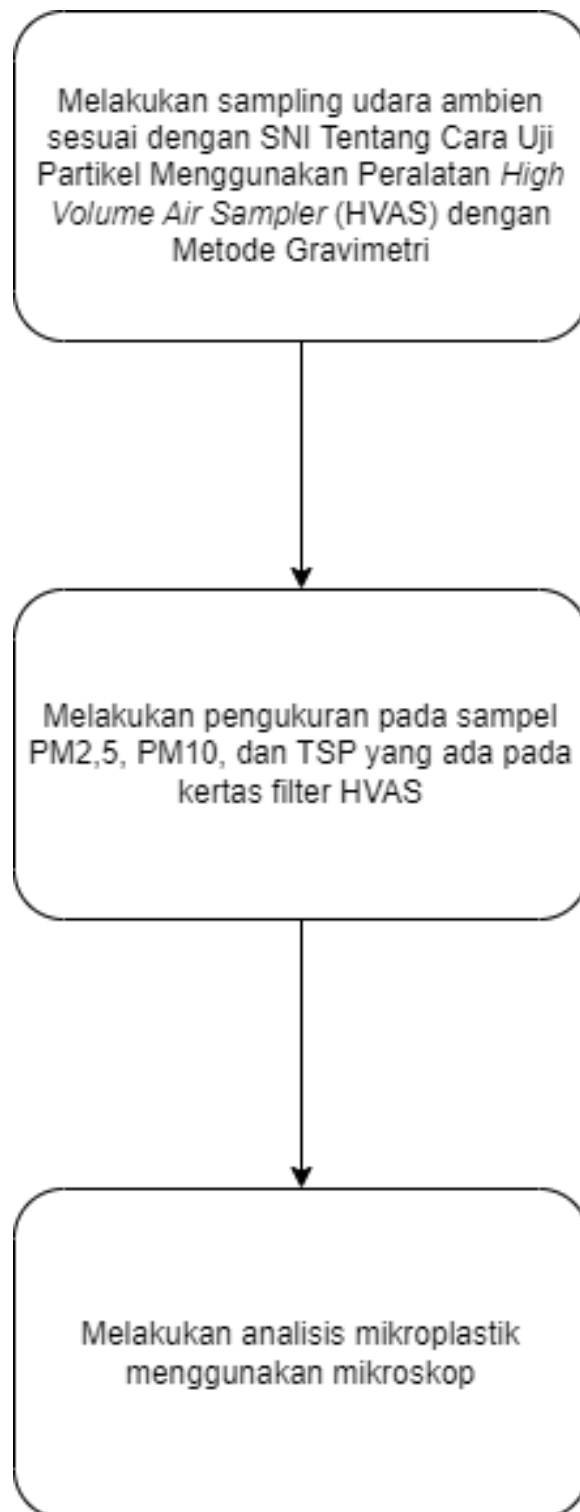


Gambar 3. 1 Peta Lokasi Titik Pengambilan Sampel TSP, PM₁₀, PM_{2,5}

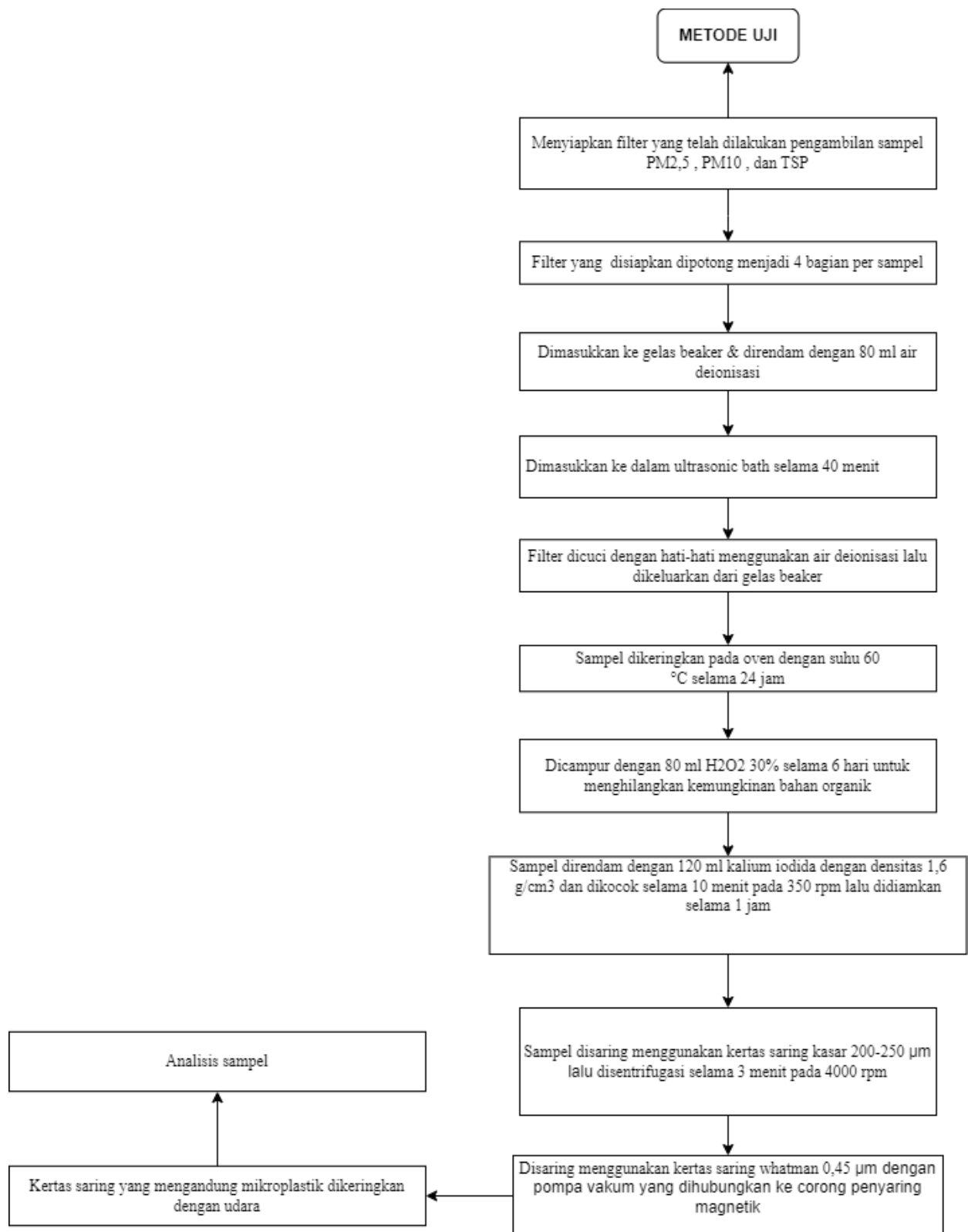
3.2 Metode Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian TSP, PM10, PM2,5



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Sampling TSP, PM₁₀, PM_{2,5}



Gambar 3. 4 Diagram Alir Analisis Sampel Mikroplastik

(Sumber: Akhbarizadeh Razegheh et al., 2021)

3.3 Prosedur Pengambilan Data

3.3.1 Pengambilan Sampel

Data yang didapatkan pada penelitian ini berupa data konsentrasi TSP, PM₁₀, PM_{2,5} dan jumlah serta karakteristik warna dan jenis mikroplastik. Proses pengambilan sampel ini telah disesuaikan dengan SNI 7119.3:2017 Tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri.

Sampel udara diambil pada 2 titik pada lokasi Yogyakarta dengan melihat banyaknya pengunjung yang datang dengan menggunakan kendaraan-kendaraan pribadi. Penentuan tersebut juga telah mempertimbangkan syarat pemilihan lokasi berdasarkan kriteria penentuan lokasi pengambilan contoh uji pada SNI 19-7119.6-2005 Tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Sampel diambil selama 24 jam untuk setiap titik sampling.

Proses pengambilan sampel ini telah disesuaikan dengan SNI 7119.4:2016 Tentang Cara Uji Partikel Dengan Ukuran $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5}) Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri, SNI 7119.15:2016 Tentang Cara Uji Partikel Dengan Ukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri, dan SNI 7119.3:2017 Tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri. Kertas filter yang digunakan yaitu *Glass Fiber Filters* dengan merk *Staplex Type TFAGF810*. Secara prinsip instrumen HVAS digunakan untuk pengambilan sampel dengan menggunakan kertas filter. Kertas filter yang digunakan memiliki porositas $< 0,3 \mu\text{m}$ pada kecepatan aliran 1,1 m³/menit sampai dengan 1,7 m³/menit. Jumlah partikel PM_{2,5} yang terperangkap di kertas filter akan dianalisa menggunakan Metode Gravimetri. Secara prinsip proses pengambilan ketiga sampel dilakukan dengan cara yang sama sesuai dengan SNI.

3.3.2 Analisis Sampel

Sampel yang sudah diambil menggunakan kertas filter di lapangan dianalisis dengan mengacu pada metode oleh penelitian Akhbarizadeh Razegheh *et al.*, 2021 dengan melakukan beberapa modifikasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Akhbarizadeh kertas filter dipotong menjadi 4 bagian lalu direndam menggunakan air aquades dengan masing-masing kertas filter tadi sebanyak 20 ml. Pada penelitian ini kertas filter yang dipotong menjadi 4 bagian lalu direndam menggunakan air aquades sebanyak 80 ml/parameter, kemudian dimasukkan kedalam *ultrasonic bath* selama 40 menit. Penggunaan air aquades untuk membersihkan debu-debu yang melekat pada kertas filter. Pencucian menggunakan aquades untuk melarutkan kotoran seperti air dan debu pada permukaan zeloit (Adhiati, 2014). Selanjutnya kertas sampel dikeringkan selama 24 jam menggunakan oven dengan suhu 60°C. Setelah itu dilakukan penambahan H₂O₂ 30% dengan jenis PA (*Pro Analys*) yang berfungsi untuk melarutkan zat organik dan kontaminan lainnya pada kertas sampel (Ayuningtyas *et al.*, 2019). Alasan pemilihan bahan kimia PA dikarenakan bahan kimia tersebut memiliki tingkat kemurnian yang sangat tinggi hingga mencapai 99,95%. Penambahan Kalium Iodida juga dibutuhkan pada analisis sampel karena berfungsi sebagai larutan pengikat yang akan menahan mikroplastik tetap mengendap pada permukaan filter. Lalu larutan di saring ke dalam tabung reaksi yang selanjutnya akan disentrifugasi pada 4000 rpm selama 3 menit yang akan berpengaruh dalam penyisihan mikroplastik. Selanjutnya larutan disaring menggunakan Whatman 0,45 µg lalu dianalisis menggunakan mikroskop digital dengan merk OLYMPUS U-TV0.5XC-3 dengan perbesaran 4X dan 10X. Hal ini digunakan untuk mengamati jumlah, warna, dan bentuk fisik atau jenis mikroplastik. Partikel mikroplastik dihitung untuk setiap filter serta dikelompokkan berdasarkan warna dan bentuknya.

3.4 Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel secara langsung. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini:

Tabel 3.2 Alat dan Bahan

Nama Barang	Satuan	Jumlah
Alat		
Pompa Vakum	bh	1
Gelas Ukur 100 ml	bh	3
Corong Gelas	bh	3
<i>Ultrasoic Bath</i>	bh	1
Timbangan Analitik	bh	1
Gelas <i>Beaker</i> 200 ml	bh	3
Oven	bh	1
Desikator	bh	1
<i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS)	bh	3
Mikroskop	bh	1
<i>Hotplate Stirrer</i>	bh	3
<i>Centrifuge</i>	bh	1
Bahan		
Filter Mikrofiber	bh	12
Filter Whatman 0,45 μ	bh	12
Kalium Iodida	ml	1440
H ₂ O ₂ 30%	ml	960
Air Aquades	ml	960

3.5 Pengolahan Data

Sampel PM_{2,5}, PM₁₀, dan TSP diambil sesuai dengan SNI Tentang Cara Uji Partikel Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Geometri. Instrumen HVAS digunakan untuk

pengambilan sampel PM_{2,5}, PM₁₀, dan TSP dengan menggunakan kertas filter. Konsentrasi TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} dapat dihitung dengan rumus berikut:

a. Koreksi Laju Alir

Konsentrasi koreksi laju alir pada TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_s = Q_o \times \left(\frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Keterangan:

Q_s = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (Nm³/menit)

Q_o = Laju alir volume uji (m³/menit)

T_s = Temperatur standar (298 K)

T_o = Temperatur rata-rata aktual (273 + T_{ukur})

P_s = Tekanan barometik standar (101,3 kPa = 760 mmHg)

P_o = Tekanan barometik rata-rata actual

b. Volume Contoh Uji Udara

Konsentrasi volume contoh uji udara pada TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V_{std} = \frac{\sum_{s=1}^n Q_s}{n} \times t$$

Keterangan:

V_{std} = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm³)

Q_s = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ke-s (Nm³/menit)

n = Jumlah pencatatan laju alir

t = Durasi pengambilan contoh uji (menit)

c. Konsentrasi Partikel Tersuspensi

Konsentrasi partikel tersuspensi pada TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{W2 - W1 \times 10^6}{Vstd}$$

Keterangan:

C = Konsentrasi massa partikel tersuspensi ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

Vstd = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm^3)

W1 = Berat filter awal (g)

W2 = Berat filter akhir (g)

10^6 = Konversi gram ke microgram

3.6 Analisis Data

Untuk menganalisis konsentrasi mikroplastik pada polutan TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} di lokasi penelitian dilakukan analisis deskriptif secara kualitatif. Untuk konsentrasi mikroplastik dalam TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} diamati menggunakan pengamatan Visual. Analisis deskriptif ini bertujuan untuk menggambarkan keadaan sesungguhnya tentang keberadaan mikroplastik di lokasi penelitian. Hasil analisis tersebut akan disajikan dalam bentuk kalimat yang dapat menggambarkan objek penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Detail Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemilihan titik pada lokasi pengambilan sampel TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} telah sesuai dengan kriteria yang tertera pada SNI 19-7119.6-2005 Udara ambien – Bagian 6 Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien serta untuk metode pengambilan sampel mengacu pada SNI 7119-3 : 2017 Tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam; SNI 7119.15 : 2016 Tentang Cara Uji PM₁₀ menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam; SNI 7119.14 : 2016 Tentang Cara Uji PM_{2,5} menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam. Berdasarkan kriteria tersebut maka titik pengambilan sampel udara pada penelitian ini berada di Tugu Yogyakarta dan Jalan Malioboro.

Pada lokasi pertama yaitu Tugu Yogyakarta pengambilan dilakukan di sebelah selatan tugu tepatnya di pos pengamanan. Adapun koordinat pada titik ini yaitu 7°46'59.44"S 110°22'1.86"E. Titik yang dipilih merupakan area di dekat jalan raya dan dekat dengan pejalan kaki. Adapun aktivitas yang dilakukan di sekitar lokasi yaitu mobilitas yang dilakukan pedagang angkringan, mobilitas pengguna jalan, mobilitas pejalan kaki, dan sebagainya. Kondisi eksisting pada titik pengambilan sampel dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4. 1 Kondisi Eksisting Lokasi Pengambilan Sampel Tugu

Lokasi kedua yaitu Jalan Malioboro tepatnya di Pos Pantau Polisi sebelah timurnya Jalan Malioboro. Koordinat pada titik ini yaitu $7^{\circ}47'24.43''S$ $110^{\circ}22'3.27''E$. Lokasi ini terletak dekat dengan Parkiran Abu Bakar Ali yang mana merupakan tempat parkir kendaraan khususnya bus pariwisata untuk wisatawan yang ingin ke malioboro. Di sebelah selatan lokasi pengambilan sampel juga merupakan jalan raya yang merupakan tempat mobilitas pengendara yang ingin ke Jalan Malioboro. Selain mobilitas pengendara dan juga bus pariwisata, kegiatan lain yang ada di sekitar lokasi pengambilan sampel yaitu jual beli makanan, barang, dan sebagainya. Kondisi eksisting pada titik pengambilan sampel dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4. 2 Kondisi Eksisting Titik Pengambilan Sampel Jalan Malioboro

4.2 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi

Pelaksanaan pengambilan sampel TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} dilakukan sekaligus selama 12 hari dengan membandingkan antara *weekdays* dan *weekend* di dua tempat. Dipilihnya perbandingan tersebut guna melihat peningkatan konsentrasi debu yang terjadi pada hari aktif kerja dengan hari non-aktif kerja, dikarenakan menurut penelitian yang dilakukan oleh (Nurzazuli *et al.*, 2010) dijelaskan bahwa kendaraan bermotor yang melintas pada non-aktif kerja (*weekend*) lebih banyak dibandingkan pada saat hari

kerja (*weekdays*). Pengambilan sampel pertama dilakukan di Tugu Yogyakarta pada hari Sabtu, 12 Maret 2023 sampai hari Minggu, 13 Maret 2023 pukul 07.15 WIB sampai 06.15 WIB. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel pada hari Selasa, 14 Maret 2023 sampai hari Rabu, 15 Maret 2023 pukul 07.35 WIB sampai 06.45 WIB. Pada pengambilan sampel kedua ini terjadi kendala yang mana *High Volume Air Sampler* (HVAS) untuk TSP *flow* nya turun lalu mati di jam ke-13 sedangkan untuk PM_{2,5} mati di jam ke-12, untuk PM₁₀ karena alat masih berfungsi normal maka tetap dilanjutkan sampai akhir. Kendala tersebut terjadi karena diduga adanya kerusakan pada pompa atau saluran udara tersubbat yang menyebabkan penurunan laju aliran. Pengambilan sampel ketiga dilakukan di Jalan Malioboro pada hari Sabtu, 1 April 2023 sampai hari Minggu, 2 April 2023 yang dilakukan dari pukul 06.45 WIB sampai 05.45 WIB. Pengambilan sampel keempat dilakukan pada hari Selasa, 4 April 2023 sampai hari Rabu, 5 April 2023 dari pukul 08.35 WIB sampai 07.35 WIB.

Proses pengambilan sampel ini disesuaikan dengan SNI 19-7119.6-2005 Udara ambien – Bagian 6 Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien; SNI 7119-3 : 2017 Tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam; SNI 7119.15 : 2016 Tentang Cara Uji PM₁₀ menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam; SNI 7119.14 : 2016 Tentang Cara Uji PM_{2,5} menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan sampel selama 24 jam. Hasil pengukuran partikulat TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5} dinyatakan dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel 4. 1 Data Klimatologi Rata-Rata 24 Jam

Lokasi	Waktu Pengambilan	Tekanan (mmhg)	Kec. Angin (m/s)	Suhu (°C)	Hum (%RH)
Tugu	Weekend	745,6	0,5	30,4	70,0
	Weekdays	745,6	0,4	29,6	69,5

Lokasi	Waktu Pengambilan	Tekanan (mmhg)	Kec. Angin (m/s)	Suhu (°C)	Hum (%RH)
Jalan Malioboro	Weekend	745,6	0,4	27,1	80,0
	Weekdays	745,6	0,8	28,1	76,2

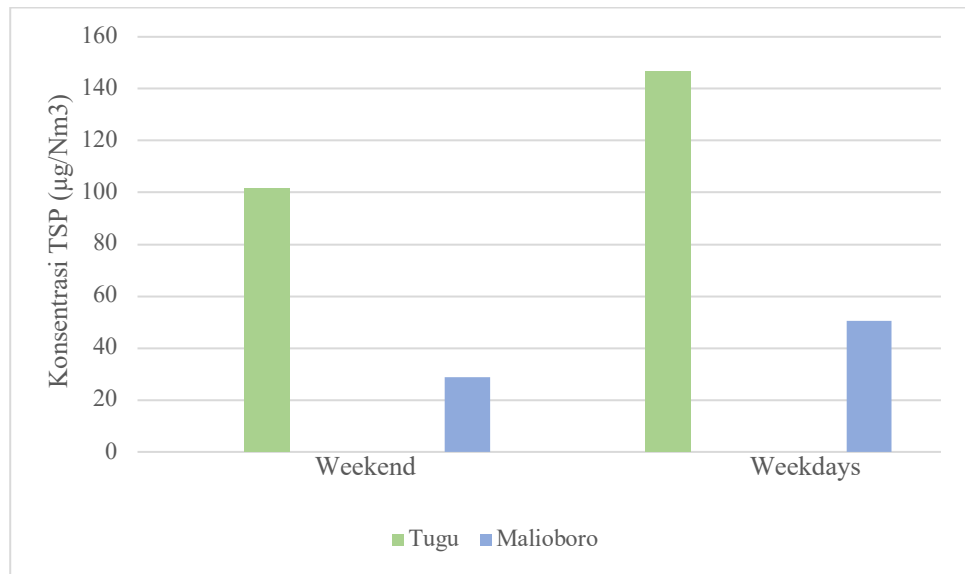
Pada tabel diatas merupakan data klimatologi pada setiap lokasi dan waktu pengambilan sampel. Dapat dilihat bahwa tekanan pada tiap lokasi pengambilan sampel sama dikarenakan kedua lokasi pengambilan sampel memiliki jarak karakteristik geografis, faktor lokal, dan mekanisme atmosfer yang sama sehingga diasumsikan bahwa tekanan disetiap lokasi pengambilan sampel sama. Data klimatologi diatas menunjukkan bahwa nilai dari masing-masing parameter tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

4.2.1 Analisis Hasil Pengukuran TSP

Pengukuran TSP menggunakan alat HVAS dengan laju alir 1,2 L/menit. Selain itu diperlukan juga pengukuran tekanan, kecepatan angin, suhu, dan kelembapan yang masing-masing diukur setiap 1 jam begitu juga dengan pengecekan konsistensi laju alir. Hasil pengukuran partikulat TSP yang dilakukan selama 24 jam dapat dilihat pada **Gambar 4.3**

Tabel 4. 2 Konsentrasi TSP

Tempat	Waktu Pengambilan	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Baku Mutu	Satuan
Tugu	Weekend	101,62152	230	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Weekdays	146,67536	230	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Malioboro	Weekend	28,887583	230	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Weekdays	50,393585	230	$\mu\text{g}/\text{m}^3$



Gambar 4. 3 Konsentrasi TSP

Berdasarkan hasil penelitian ini, TSP yang memiliki konsentrasi paling rendah berada di titik pengambilan sampel Jalan Malioboro pada waktu pengambilan *weekend*. Melihat dari hasil pengukuran sampel diatas dapat dinyatakan bahwa pada saat *weekend*, tingkat produksi TSP lebih rendah dibanding pada saat *weekdays*. Rata-rata konsentrasi TSP harian yang didapati pada titik pengambilan sampel di Tugu dan Jalan Malioboro secara berturut-turut yaitu $39,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $124,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, yang mana titik pengambilan sampel Jalan Malioboro lebih rendah dari pada titik pengambilan sampel Tugu. Dari hasil konsentrasi tersebut, dapat dinyatakan bahwa konsentrasi TSP di Tugu dan Jalan Malioboro termasuk ke dalam kategori baik karena hasil pengukuran tidak melebihi baku mutu yang sudah jelas dinyatakan pada Lampiran VII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan waktu pengambilan selama 24 jam.

Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa konsentrasi TSP yang paling tinggi terdapat pada titik pengambilan sampel Tugu pada saat *weekdays* yaitu sebesar $146,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Faktor yang menyebabkan konsentrasi tersebut lebih tinggi dibanding dengan yang lainnya

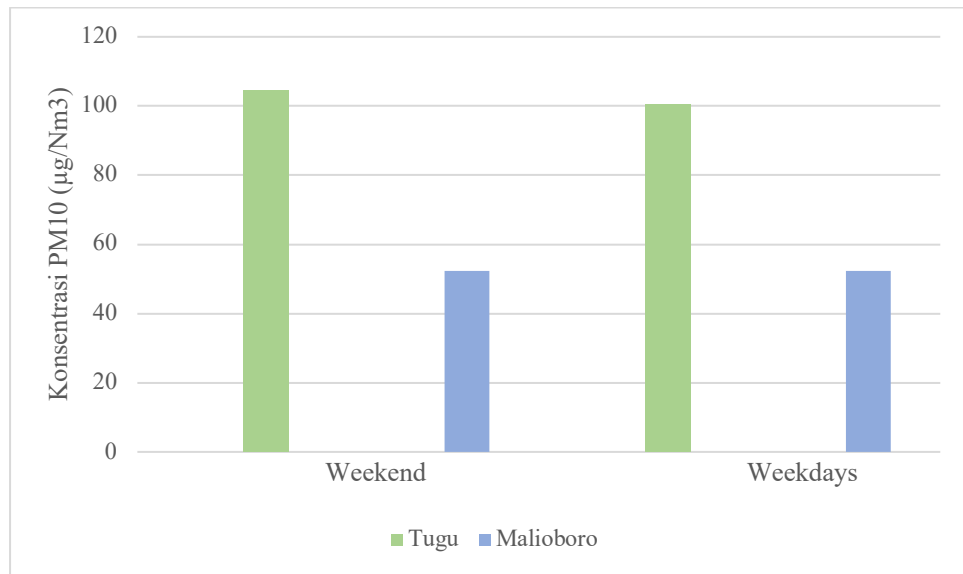
menurut pengamatan subjektif penulis yaitu karena meningkatnya jumlah kendaraan yang melewati lokasi tersebut terutama di waktu pagi dan sore hari serta ramainya pengunjung yang berada di sekitar area pengambilan sampel tersebut. Selain itu, Adapun aktivitas lain yang dilakukan disekitar tempat penambilan sampel seperti merokok. Pengaruh besar dan kecilnya konsentrasi TSP pada lokasi penelitian dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah volume kendaraan yang berlalu lalang dan faktor meteorologis seperti suhu dan kelembaban (Rurika W.N.P, 2022). Dampak partikulat ini tidak hanya berpengaruh terhadap kesehatan manusia, pencemaran partikulat juga dapat mempengaruhi penglihatan atau tingkat visibilitas, merusak kehidupan tumbuhan serta mempengaruhi iklim regional maupun global. Adapun dampak pencemaran partikulat terhadap kesehatan manusia diantaranya iritasi pada mata, gangguan pernapasan, alergi, serta gangguan kesehatan lainnya (Ihsan, I. M *et al.*, 2021).

4.2.2 Analisis Hasil Pengukuran PM₁₀

Pengambilan sampel PM₁₀ juga dilakukan dengan menggunakan HVAS dengan laju alir 1,2 L/menit. Diperlukan juga pengambilan data tekanan, kecepatan angin, suhu, dan kelembapan yang masing-masing diukur setiap 1 jam begitu juga dengan pengecekan konsistensi laju alir. Berikut merupakan hasil pengukuran konsentrasi PM₁₀ di Tugu dan Jalan Malioboro yang ditampilkan pada **Gambar 4.4**.

Tabel 4. 3 Konsentrasi PM₁₀

Tempat	Waktu Pengambilan	Konsentrasi (µg/m ³)	Baku Mutu	Satuan
Tugu	Weekend	104,63571	75	µg/m ³
	Weekdays	100,3439	75	µg/m ³
Malioboro	Weekend	52,266941	75	µg/m ³
	Weekdays	52,355379	75	µg/m ³



Gambar 4. 4 Konsentrasi PM₁₀

Dari hasil analisis yang dilakukan, hasil rata-rata dari dua tempat pengambilan sampel berbeda. Konsentrasi yang didapatkan paling tinggi diantara dua tempat tersebut yaitu Tugu yang dilakukan pengambilan sampel pada saat *weekend*. Konsentrasi tertinggi yang terekam pada hasil analisis yaitu sebesar 204,643 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hasil rata-rata yang didapatkan dari pengambilan sampel dua titik tersebut yaitu 102,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 52,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Apabila mengacu pada baku mutu pada Lampiran VII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dinyatakan bahwa hasil pengukuran pada titik pengambilan sampel Tugu itu melebihi baku mutu yang mana baku mutu dinyatakan pada lampiran tersebut sebesar 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan waktu pengambilan selama 24 jam. Menurut Analisa subjektif penulis adapun penyebab lonjakan konsentrasi yang amat tinggi disebabkan oleh ramainya pengunjung yang duduk-duduk maupun melewati titik pengambilan sampel baik itu dengan berjalan kaki ataupun berkendara. Aktivitas lain pun juga menyebabkan terjadinya peningkatan seperti pejalan kaki dan orang sekedar duduk-duduk yang merokok di dekat titik pengambilan sampel. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan

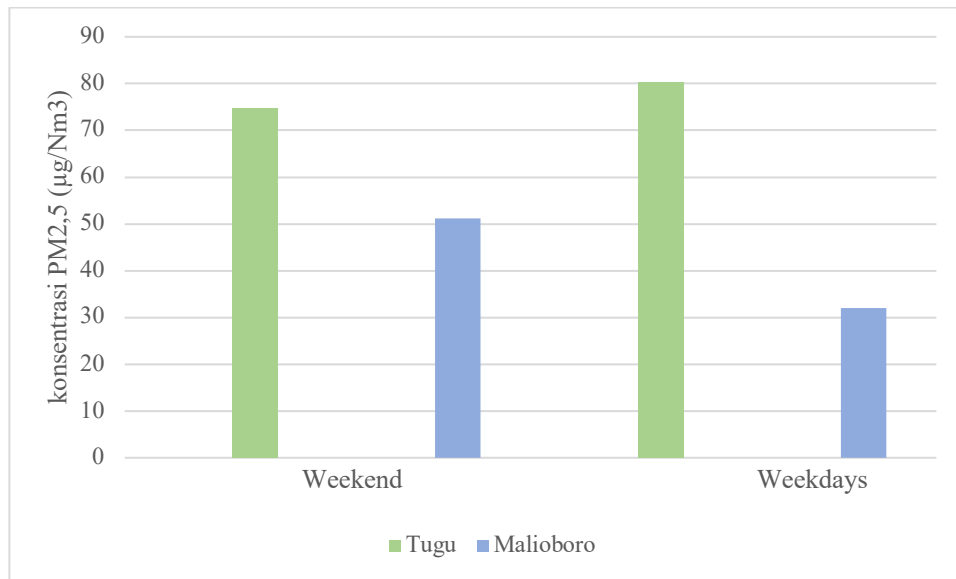
oleh (Nida'Ul Fariyah *et al.*, 2021), didapatkan bahwa kegiatan merokok sangat berpengaruh terhadap kualitas udara di dalam rumah ditinjau dari konsentrasi PM₁₀ baik di *indoor* maupun *outdoor*. Rata-rata konsentrasi PM₁₀ selama 24 Jam pada rumah dengan paparan asap rokok dari dalam maupun luar rumah melebihi baku mutu yang dipersyaratkan PMK No.1077 Tahun 2011 bahkan rata-rata terkecil pada salah satu ruangan memiliki selisih 49,56µg/m³. Merokok di halaman dengan pintu terbuka menghasilkan konsentrasi partikulat per batang rokok lebih tinggi dibandingkan dengan pintu tertutup tetapi memiliki rata-rata konsentrasi PM₁₀ selama pengukuran lebih rendah, hal ini seperti yang disebutkan oleh Nazaroff dan Klepeis bahwa pada lingkungan sekitar, partikel-partikel ditandai oleh waktu tinggal yang lama di atmosfer. Konsentrasi PM₁₀ tinggi yang terkandung diudara dapat menyebabkan iritasi mata, batuk, ISPA, dan sebagainya (A. Hidayat *et al.*, 2020).

4.2.3 Analisis Hasil Pengukuran PM_{2,5}

Sampel PM_{2,5} diambil menggunakan HVAS dengan laju alir 1,2 L/menit. Pengukuran tiap 1 jam untuk data tekanan, kecepatan angin, suhu, dan kelembapan serta pengecekan laju alir. Hasil pengukuran konsentrasi PM_{2,5} di Tugu dan Jalan Malioboro ditampilkan pada **Gambar 4.5**.

Tabel 4. 4 Konsentrasi PM_{2,5}

Tempat	Waktu Pengambilan	Konsentrasi (µg/m ³)	Baku Mutu	Satuan
Tugu	Weekend	74,801309	55	µg/m ³
	Weekdays	80,291178	55	µg/m ³
Malioboro	Weekend	51,165296	55	µg/m ³
	Weekdays	32,001766	55	µg/m ³



Gambar 4. 5 Konsentrasi PM_{2,5}

Berbeda dengan TSP dan PM₁₀, hasil pengukuran konsentrasi PM_{2,5} pada dua titik pengambilan sampel terdapat perbedaan. Pada titik pengambilan sampel Tugu didapati konsentrasi PM_{2,5} paling tinggi pada saat *weekdays*, sedangkan pada titik pengambilan sampel Jalan Malioboro konsentrasi PM_{2,5} yang paling tinggi yaitu pada saat *weekend*. Penyebab terjadinya hal itu dikarenakan oleh beberapa faktor yang dapat menimbulkan polutan PM_{2,5} salah satunya banyaknya jumlah kendaraan yang melewati Tugu pada saat *weekdays* untuk orang memulai aktivitasnya seperti bekerja. Waktu siklus 125 detik akan optimal jika diterapkan pada hari kerja (*weekday*) karena volume kendaraan yang lebih tinggi. Jika waktu siklus tersebut diterapkan untuk hari libur, maka nilai tundaan akan mengalami peningkatan. Sedangkan waktu siklus 95 detik akan optimal jika diterapkan pada hari libur (*weekend*) karena volume kendaraan yang lebih rendah (Achmad Ananta Hadi, 2020). Konsentrasi PM_{2,5} tertinggi yaitu pada saat pengambilan titik Tugu *weekdays* yaitu sebesar 80,29 µg/m³.

Rata-rata hasil pengukuran konsentrasi harian PM_{2,5} secara berurutan pada titik pengambilan sampel yaitu 41,58 µg/m³ dan 77,54 µg/m³. Apabila dibandingkan dengan baku mutu sesuai dengan

Lampiran VII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dinyatakan bahwa nilai pada titik pengambilan sampel Tugu berada diatas baku mutu yang mana standar baku mutu yaitu sebesar 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan waktu pengambilan selama 24 jam. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Maksum *et al.*, 2022) dinyatakan bahwa jumlah kendaraan yang melintas, dan titik kemacetan yang berada pada penghubung antar Kota-Kabupaten menjadi penyebab tingginya konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$. Paparan asap rokok merupakan sumber terhadap kandungan *particulate matter* ukuran kurang dari 2,5 mikron. Oleh karena itu apabila ada paparan asap rokok akan memberikan hasil positif pada pemeriksaan $\text{PM}_{2,5}$ (Santi Martini *et al.*, 2016). Dalam berbagai literatur, telah dikaji bahwa efek $\text{PM}_{2,5}$ terhadap saluran pernapasan telah terbukti terkait dengan peningkatan insiden gejala pernapasan, terutama batuk. Selain itu, efeknya juga dapat mempengaruhi fungsi paru dengan terlihat adanya gangguan pada ventilasi yang menyebabkan penurunan fungsi paru, termasuk gangguan pengembangan paru dan gangguan obstruksi. Gangguan obstruksi ini terjadi karena adanya peningkatan produksi mukus dalam saluran nafas (Azizah, 2019).

4.3 Analisis Hasil Uji Mikroplastik

Penelitian ini mengacu pada jurnal oleh Razegheh Akhbarizadeh, *et al.* Didapatkan hasil yang berbeda dengan penelitian sebelumnya melihat beberapa hal yang berbeda seperti lokasi penelitian dan aktivitas antropogenik. Pada penelitian sebelumnya terdapat mikroplastik jenis *fragment* yang dominan. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan pada tugu dan jalan malioboro terdapat mikroplastik dengan jenis dominan yang berbeda. Pada lokasi penelitian tugu terdapat jenis mikroplastik *fragment* yang mendominasi, sedangkan pada lokasi penelitian jalan malioboro didapati jenis mikroplastik *film* yang paling dominan.

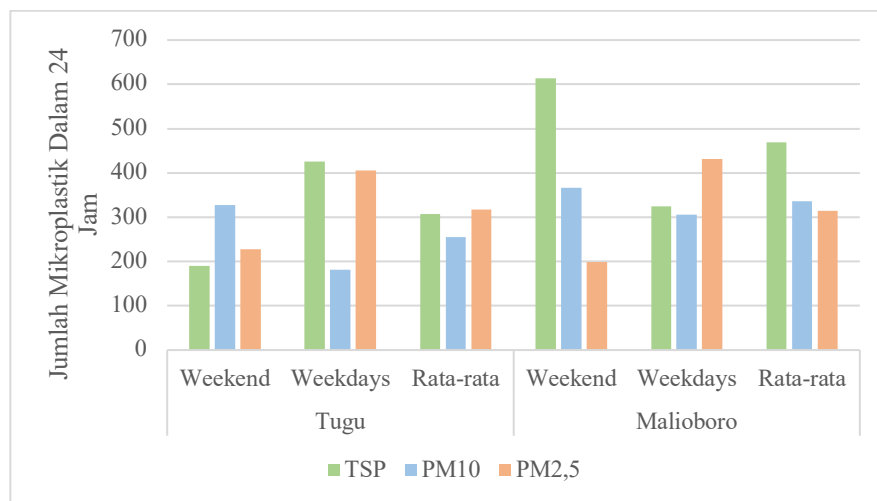
Mikroplastik yang diidentifikasi pada penelitian ini berupa jumlah, bentuk, dan warna yang dilihat melalui mikroskop. Kertas saring yang digunakan merupakan kertas saring Whatman 0,45 μm . Jenis mikroplastik yang teridentifikasi pada penelitian ini yaitu *film*, *fiber*, dan *fragment* serta warna yang teridentifikasi yaitu hitam, transparan, biru, merah, kuning, coklat, hijau, dan ungu.

4.3.1 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jumlah

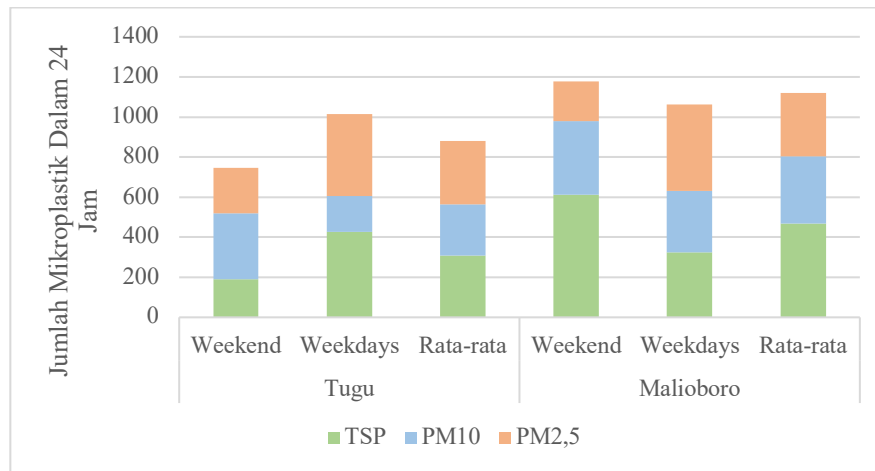
Hasil dari analisis jumlah mikroplastik di udara pada lokasi penelitian Tugu dan Jalan Malioboro baik *weekend* dan *weekdays* dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.

Tabel 4. 5 Kelimpahan Mikroplastik

Waktu	Tugu			Jumlah	Kelimpahan (Partikel/Nm ³)
	TSP	PM10	PM2,5		
Weekend	190	328	228	746	0,46
Weekdays	425	182	406	1013	0,88
Waktu	Malioboro			Jumlah	Kelimpahan (Partikel/Nm ³)
	TSP	PM10	PM2,5		
Weekend	613	367	198	1178	0,72
Weekdays	324	306	431	1061	0,65



Gambar 4. 6 Jumlah Mikroplastik di Lokasi Penelitian



Gambar 4. 7 Jumlah Mikroplastik di Lokasi Penelitian

Jumlah mikroplastik pada tiap titik dan waktu sampling memiliki perbedaan. Pada sampling pertama yang dilakukan di Tugu saat *weekend* terdapat 746 partikel mikroplastik yang teridentifikasi atau 0,46 partikel/Nm³ sedangkan sampling kedua yang dilakukan pada saat *weekdays* terdapat 1013 partikel atau 0,88 partikel/Nm³ mikroplastik yang teridentifikasi di TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5}. Pada sampling ketiga yang dilakukan di Jalan Malioboro saat *weekend* ditemukan sejumlah 1168 partikel atau 0,71 partikel/Nm³ mikroplastik sedangkan pada saat sampling keempat yang dilakukan ketika *weekdays* didapati partikel mikroplastik sejumlah 1061 atau 0,65 partikel/Nm³. Adanya perbedaan tersebut bisa jadi disebabkan oleh sumber mikroplastik itu sendiri, kepadatan penduduk dan aktivitas manusia disekitar lokasi penelitian serta pola angin dan jarak dari sumber mikroplastik itu sendiri, dan juga cuaca serta musim pada saat melakukan pengambilan sampel.

Pada sampling *weekend* sampel udara Tugu TSP, Tugu PM_{2,5}, dan Jalan Malioboro PM_{2,5} terdapat partikel mikroplastik yang paling sedikit dengan rata-rata jumlah sekitar 206 partikel. Pada sampling *weekend* sampel udara Tugu PM₁₀ dan Jalan Malioboro PM₁₀ memiliki jumlah yang stabil dengan rata-rata jumlah partikel sekitar 347 partikel. Pada sampling *weekend* sampel udara Jalan Malioboro TSP memiliki rata-rata jumlah partikel mikroplastik yang paling tinggi yaitu 603.

Pada sampling *weekdays* memiliki perbedaan dengan waktu *weekend* yang mana jumlah partikel mikroplastik tidak terlalu bervariasi. Jumlah mikroplastik pada saat *weekdays* cenderung sama. Pada sampling *weekdays* sampel udara Tugu PM₁₀ memiliki jumlah partikel yang paling sedikit yaitu 182. Pada sampling *weekdays* sampel udara Jalan Malioboro TSP dan PM₁₀ memiliki jumlah partikel mikroplastik yang stabil dengan rata-rata jumlah partikel yaitu 315. Pada sampling *weekdays* sampel udara Tugu PM_{2,5} dan Jalan Malioboro PM_{2,5} memiliki rata-rata jumlah partikel mikroplastik yang paling tinggi yaitu 418.

Tabel 4. 6 Rasio Mikroplastik

Lokasi	Waktu Pengambilan	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)			Jumlah Mikroplastik (partikel)			Rasio Mikroplastik (partikel/ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		
		TSP	PM10	PM2,5	TSP	PM10	PM2,5	TSP	PM10	PM2,5
Tugu	Weekend	101,62	104,64	74,80	190	328	228	1,87	3,23	2,24
	Weekdays	146,68	100,34	80,29	425	182	406	2,90	1,24	2,77
Malioboro	Weekend	28,89	52,27	51,17	613	367	198	21,22	12,70	6,85
	Weekdays	50,39	52,36	32,00	324	306	431	6,43	6,07	8,55

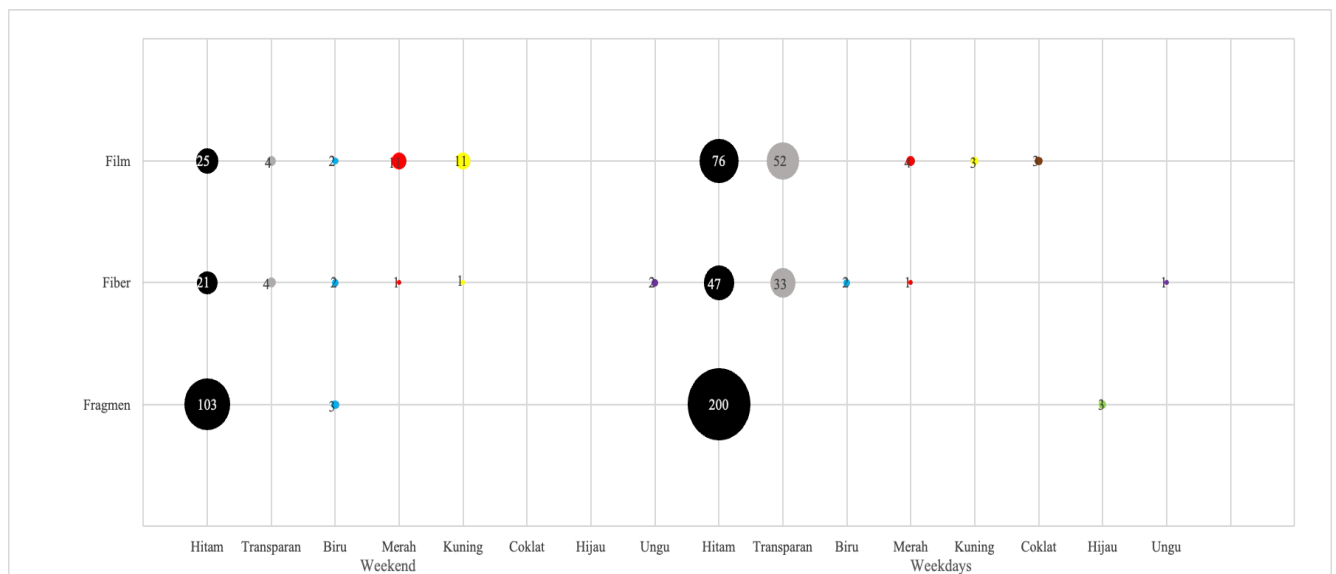
Tabel diatas menunjukkan rasio mikroplastik pada 2 titik lokasi pengambilan sampel dan waktu pengambilan sampel. Dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi pada udara ambien belum tentu semakin besar pula kelimpahan mikroplastik. Hal itu karena ukuran PM_{2,5} sebesar 2,5 mikron atau kurang menyebabkan angka PM_{2,5} tidak menunjukkan jumlah mikroplastik yang lebih tinggi di daerah tersebut. Ini disebabkan oleh fakta bahwa HVAS tidak hanya mendeteksi mikroplastik, tetapi juga partikel lain yang berbeda (Fathulloh *et al.*, 2021).

Hubungan antara curah hujan dan kelimpahan mikroplastik atmosfer memiliki korelasi positif seperti yang telah diamati di Paris dan Pyrenees Prancis (Dris *et al.*, 2016; Allen *et al.*, 2019). Meskipun tidak ada hubungan yang signifikan antara kelimpahan mikroplastik dan curah hujan, pentingnya curah hujan dalam pengendapan mikroplastik

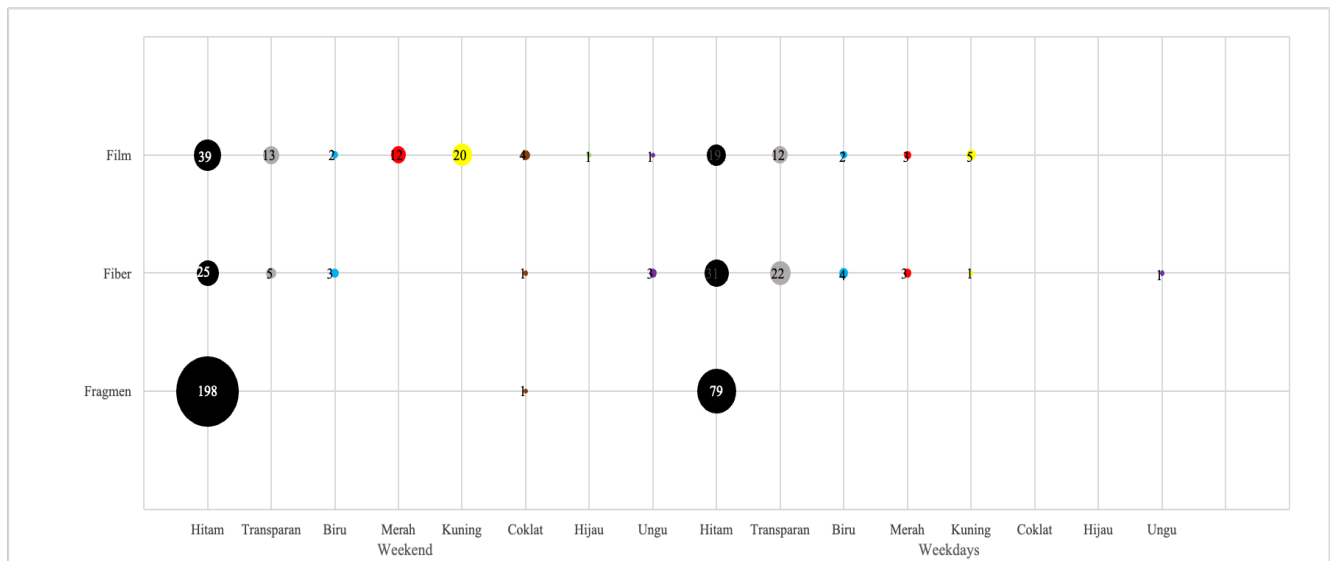
tidak dapat diabaikan. Sebuah penelitian di Paris menunjukkan bahwa tingkat mikroplastik mencapai lima kali lipat lebih tinggi selama periode hujan dibandingkan dengan periode kering (Dris *et al.*, 2017). Hal ini disebabkan oleh curah hujan yang membawa serat-serat dan meningkatkan jumlah mikroplastik yang terendap. Selain itu, pergerakan angin juga dapat mempengaruhi transportasi dan pengendapan mikroplastik di udara (Allen *et al.*, 2019).

4.3.2 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Warna

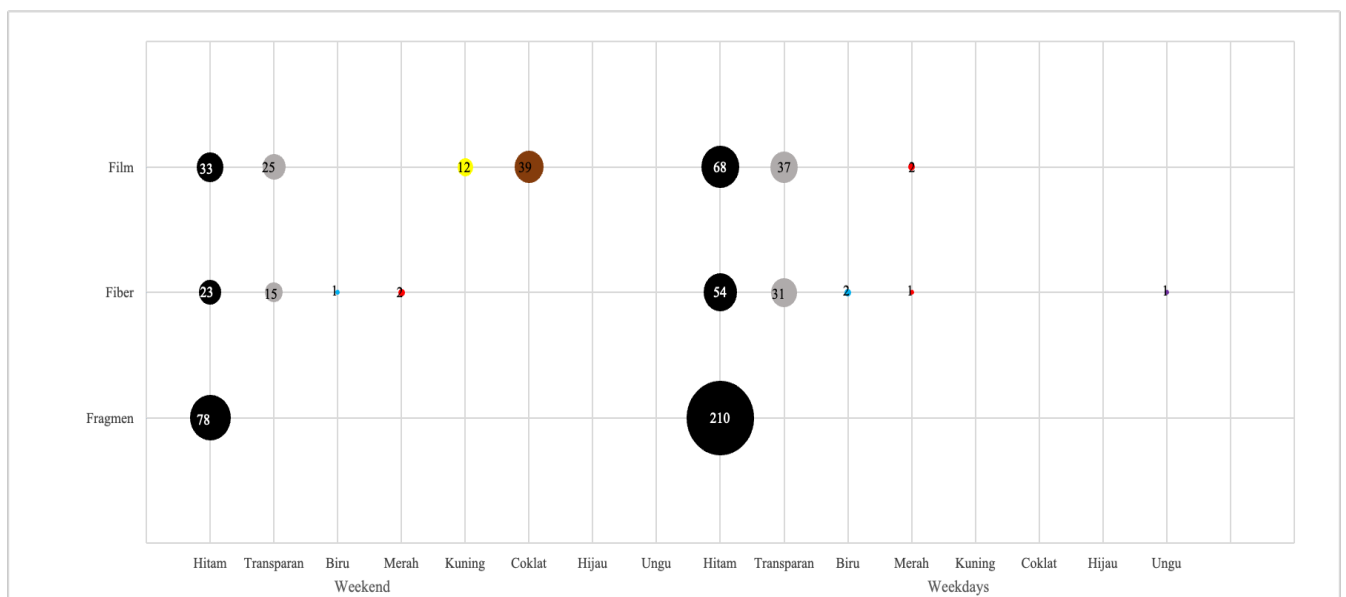
Pada perhitungan jumlah mikroplastik pada tiap sampel udara ditemukan beberapa warna pada mikroplastik yaitu hitam, transparan, biru, merah, kuning, coklat, hijau, dan ungu. Dalam analisis mikroplastik berwarna, kami menemukan adanya zat yang terkandung di dalamnya seperti etil selulosa dan covinax, yang digunakan sebagai partikel pelapis. Kami juga menemukan keberadaan karet, seperti poly(norbornena), yang digunakan untuk melawan getaran dan benturan. Temuan ini menunjukkan bahwa zat-zat tersebut berasal dari pelapis kendaraan, bantalan rem, dan bumper (Leads, R.R *et al.*, 2019). Berikut merupakan jumlah warna pada mikroplastik yang dapat dilihat pada gambar dibawah.



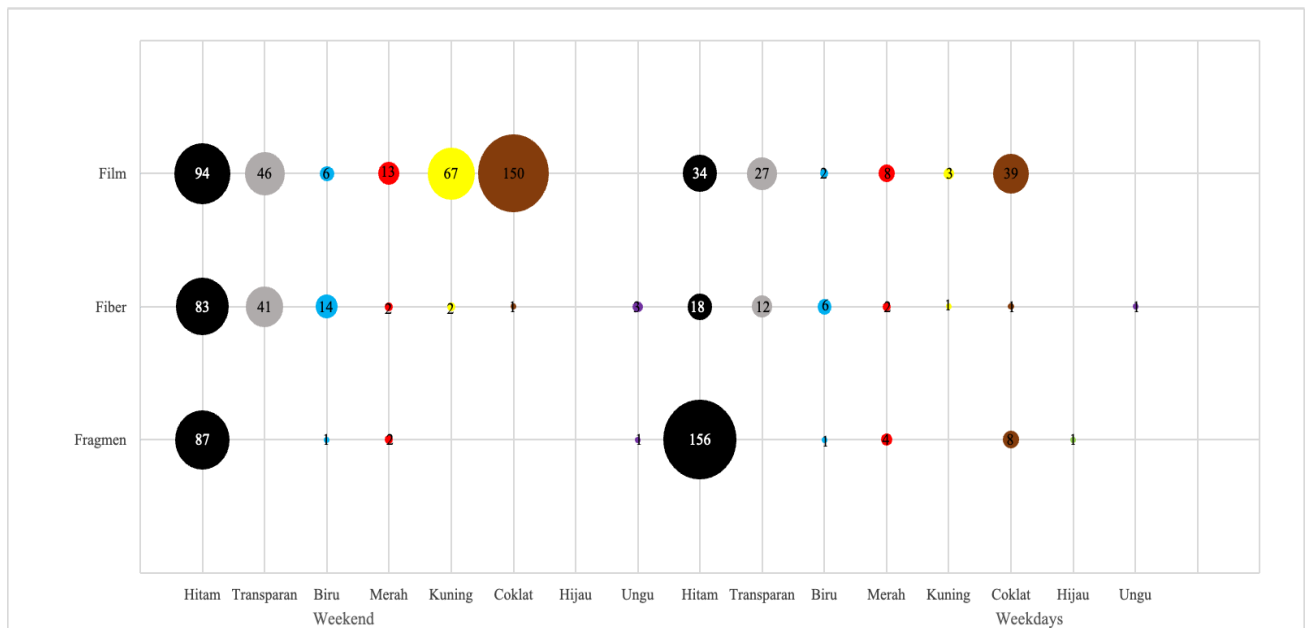
Gambar 4. 8 Warna Mikroplastik Parameter TSP di Tugu



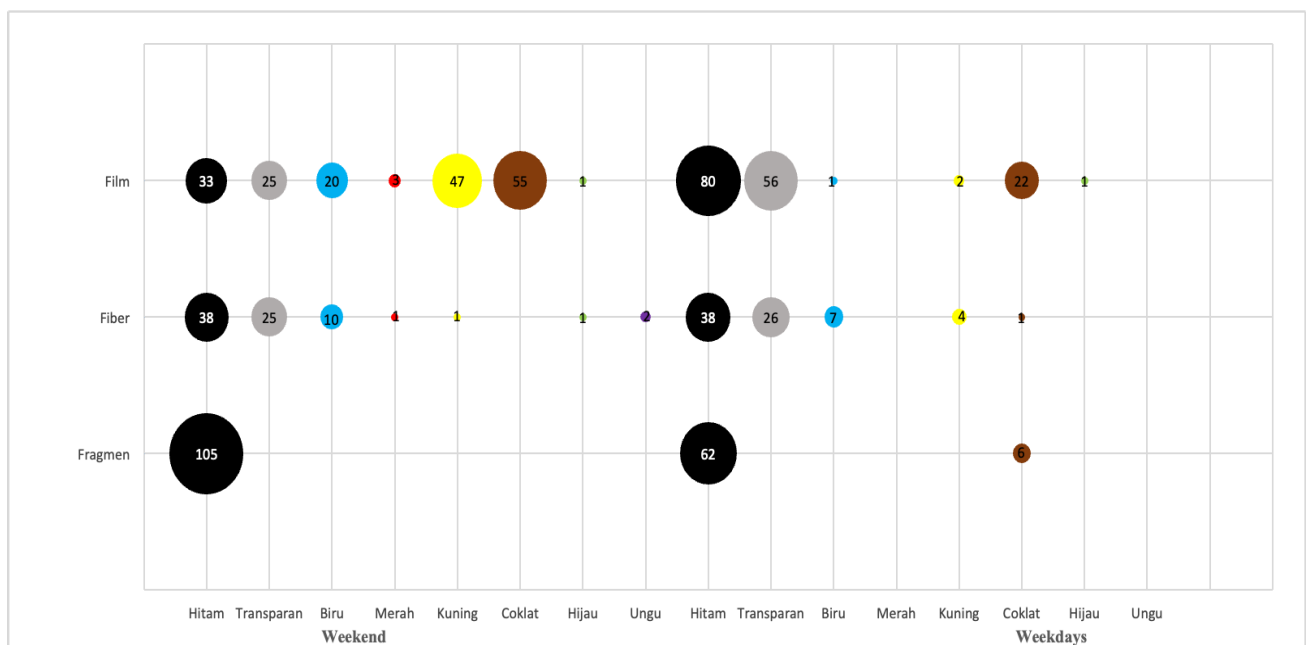
Gambar 4. 9 Warna Mikroplastik Parameter PM₁₀ di Tugu



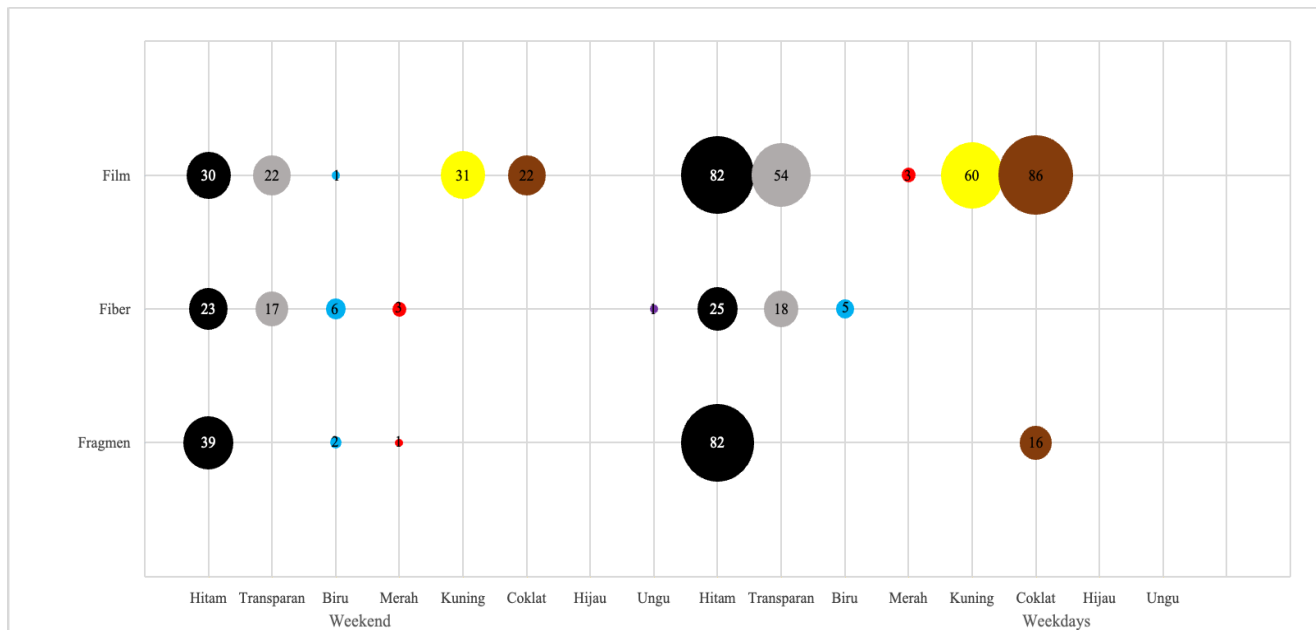
Gambar 4. 10 Warna Mikroplastik Parameter PM_{2,5} di Tugu



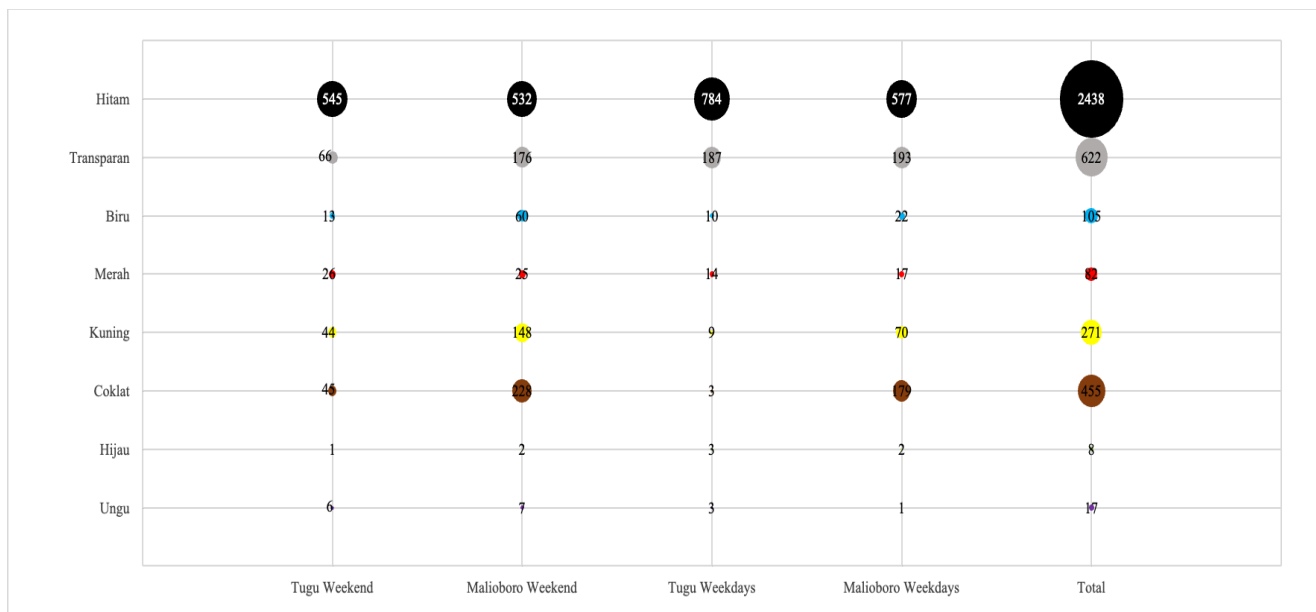
Gambar 4. 11 Warna Mikroplastik Parameter TSP di Jalan Malioboro



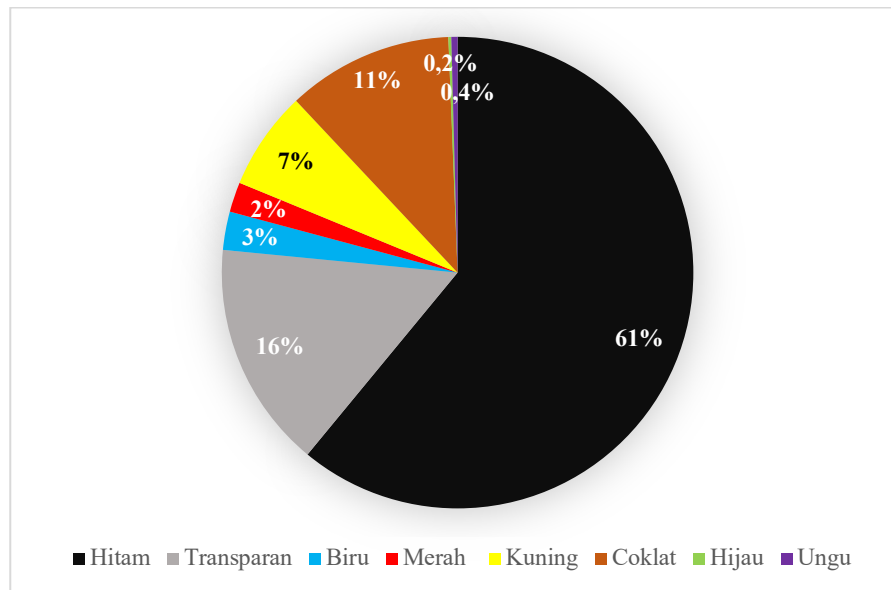
Gambar 4. 12 Warna Mikroplastik Parameter PM₁₀ di Jalan Malioboro



Gambar 4. 13 Warna Mikroplastik Parameter PM_{2,5} di Jalan Malioboro



Gambar 4. 14 Jumlah Warna dan Jenis Mikroplastik di Lokasi Penelitian



Gambar 4. 15 Persentase Jumlah Mikroplastik di Lokasi Penelitian

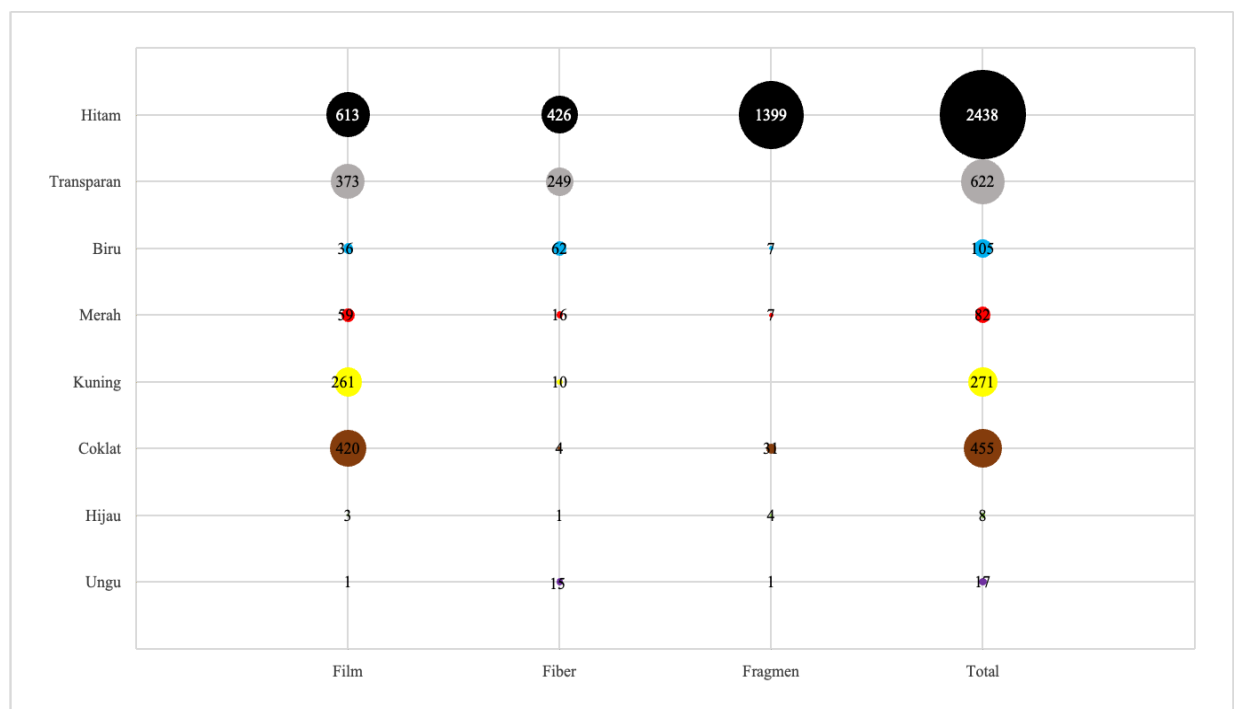
Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa warna yang paling dominan merupakan hitam dengan jumlah 2438 partikel, warna transparan menjadi warna dominan kedua dengan jumlah 622 partikel dan selanjutnya warna coklat menjadi warna paling dominana ketiga yaitu sejumlah 455 partikel. Warna yang paling tidak dominan yaitu warna hijau yang hanya didapati 8 partikel saja. Selain adanya zat yang terkandung pada warna mikroplastik, akumulasi logam berat dapat menyebabkan perubahan warna pada mikroplastik. Ketika terdegradasi, logam berat yang terdapat pada plastik dapat mempengaruhi warna mikroplastik tersebut (Massos & Turner, 2017). Dalam sebuah studi oleh (Hiwari *et al.*, 2019), disebutkan bahwa mikroplastik berwarna hitam memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap ion logam, bahan organik, dan polutan lainnya.

Warna yang paling banyak ditemukan pada setiap sampel udara yaitu warna hitam. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Heejun Kang *et al.*, 2022) sebanyak 72% dari partikel-partikel mikroplastik dalam debu jalan adalah partikel hitam (yaitu, partikel ban dan bitumen). Ketika komponen-komponen dari partikel-partikel hitam tersebut dianalisis, karbon hitam yang digunakan dalam bitumen dan ban

terdeteksi, sehingga partikel-partikel hitam tersebut diasumsikan berasal dari ban dan bitumen.

Warna dominan lainnya yang ditemukan pada setiap sampel udara lainnya yaitu coklat. Warna coklat dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti adanya pengotor organik atau pigmen alami yang melekat pada partikel tersebut. Pengotor organik seperti tanah atau materi organik lainnya yang terendap di permukaan mikroplastik dapat memberikan warna coklat. Selain itu, pigmen alami yang ada di lingkungan seperti pigmen dari alga atau mikroorganisme juga dapat memberikan warna coklat pada mikroplastik. Warna coklat terjadi karena mikroplastik telah lama terpapar sinar matahari, yang menyebabkan oksidasi polimernya (Ollivia B.L *et al.*, 2021).

Warna lain yang ditemukan pada setiap sampel udara yaitu kuning, biru, merah, ungu, dan hijau. Warna ungu dan hijau tidak ditemukan pada setiap sampel udara. Sedangkan untuk warna hijau merupakan warna yang paling sedikit ditemukan pada setiap sampel udara.



Gambar 4. 16 Perbandingan Warna dan Jenis Mikroplastik di Lokasi Penelitian

Pada gambar diatas merupakan perbandingan antara jumlah seluruh warna dan jenis pada partikel mikroplastik. Mikroplastik dengan warna hitam dan jenis *Fragment* dengan jumlah 1399 partikel menjadi yang paling dominan diikuti dengan warna hitam jenis *Film* dan *Fiber* yang masing-masing 613 dan 426 partikel merupakan warna dan jenis mikroplastik yang paling dominan. Warna paling dominan selanjutnya yaitu coklat dengan jenis *Film* sejumlah 420 partikel.

Tabel 4. 7 Perbandingan Warna

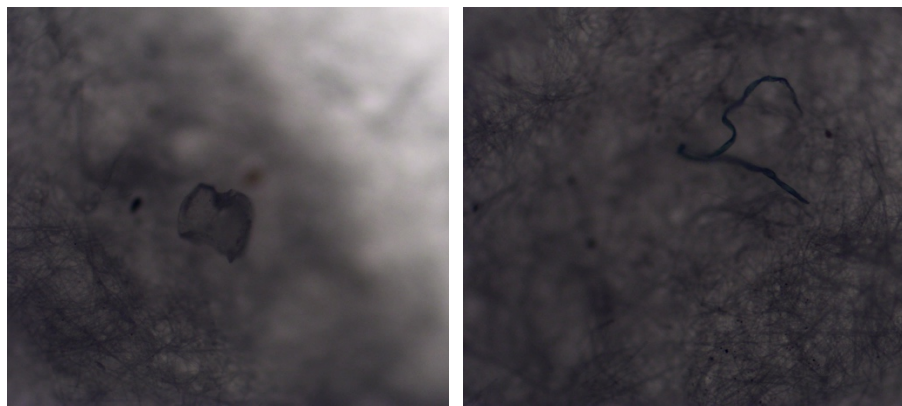
Lokasi	Warna	Kelimpahan	Referensi
Barcelona	Hitam, abu-abu, biru, kuning, jingga, coklat, dan tidak berwarna	$17,3 \pm 2,4$ MP/m ³ , $5,8 \pm 1,9$ MP/m ³ , $4,8 \pm 1,6$ MP/m ³ , dan $4,2 \pm 1,6$ MP/m ³	A.Torres-Agullo <i>et al.</i> , 2021
Bushehr	Hitam, transparan, merah, oranye, abu-abu	5,2 partikel/m ³	Akhbarizadeh Razegheh <i>et al.</i> , 2021
Kota Yogyakarta	Hitam, transparan, coklat, kuning, biru, merah, ungu, dan hijau	0,68 partikel/Nm ³	-

Penelitian yang dilakukan oleh (A.Torres-Agullo *et al.*, 2021) pada wilayah perkotaan Barcelona terdapat beberapa warna mikroplastik yang ditemukan seperti hitam, abu-abu, biru, kuning, jingga, coklat, dan tidak berwarna. Penelitian yang dilakukan oleh (Akhbarizadeh Razegheh *et al.*, 2021) pada perkotaan pelabuhan Bushehr, di bagian utara Teluk Persia didapati bahwa warna transparan/putih yang paling dominan. Sedangkan untuk penelitian yang dilakukan di Tugu dan Jalan Malioboro paling dominan warna hitam. Penelitian ini mengindikasikan bahwa perbedaan warna yang diamati kemungkinan disebabkan oleh warna asli bahan sintetisnya, pengaruh aktivitas manusia, dan proses degradasi akibat paparan sinar matahari (Kurniawan *et al.*, 2021). Warna yang beragam pada mikroplastik yang dikumpulkan

menunjukkan variasi dalam asal-usul dan/atau tingkat degradasi mikroplastik (Enyoh *et al.*, 2019; Gallagher *et al.*, 2016).

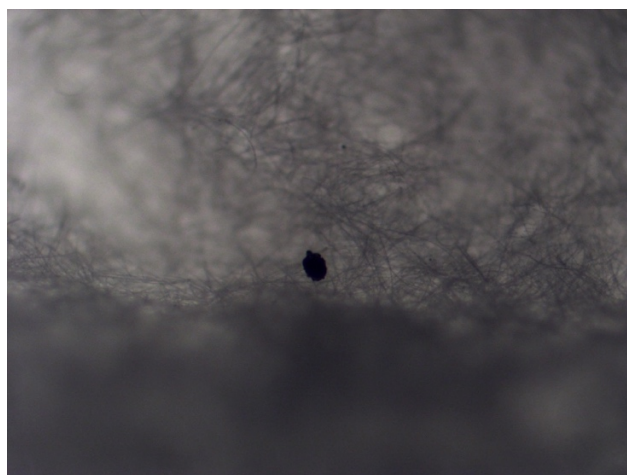
4.3.3 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Pada penelitian kali ini terdapat beberapa jenis mikroplastik yang teridentifikasi melalui mikroskop yaitu *Film*, *Fiber*, dan *Fragment*. Jenis mikroplastik yang paling dominan yaitu jenis *film* sebesar 44% atau jumlahnya sebanyak 1756 partikel. Jenis mikroplastik dominan selanjutnya merupakan jenis *fragment* sebesar 36% atau sebanyak 1445 partikel dan diikuti oleh mikroplastik jenis *fiber* sebesar 20% atau sebanyak 784 partikel. Berikut merupakan gambar beberapa jenis mikroplastik yang dilihat melalui mikroskop pada saat penelitian:



a. *Film*

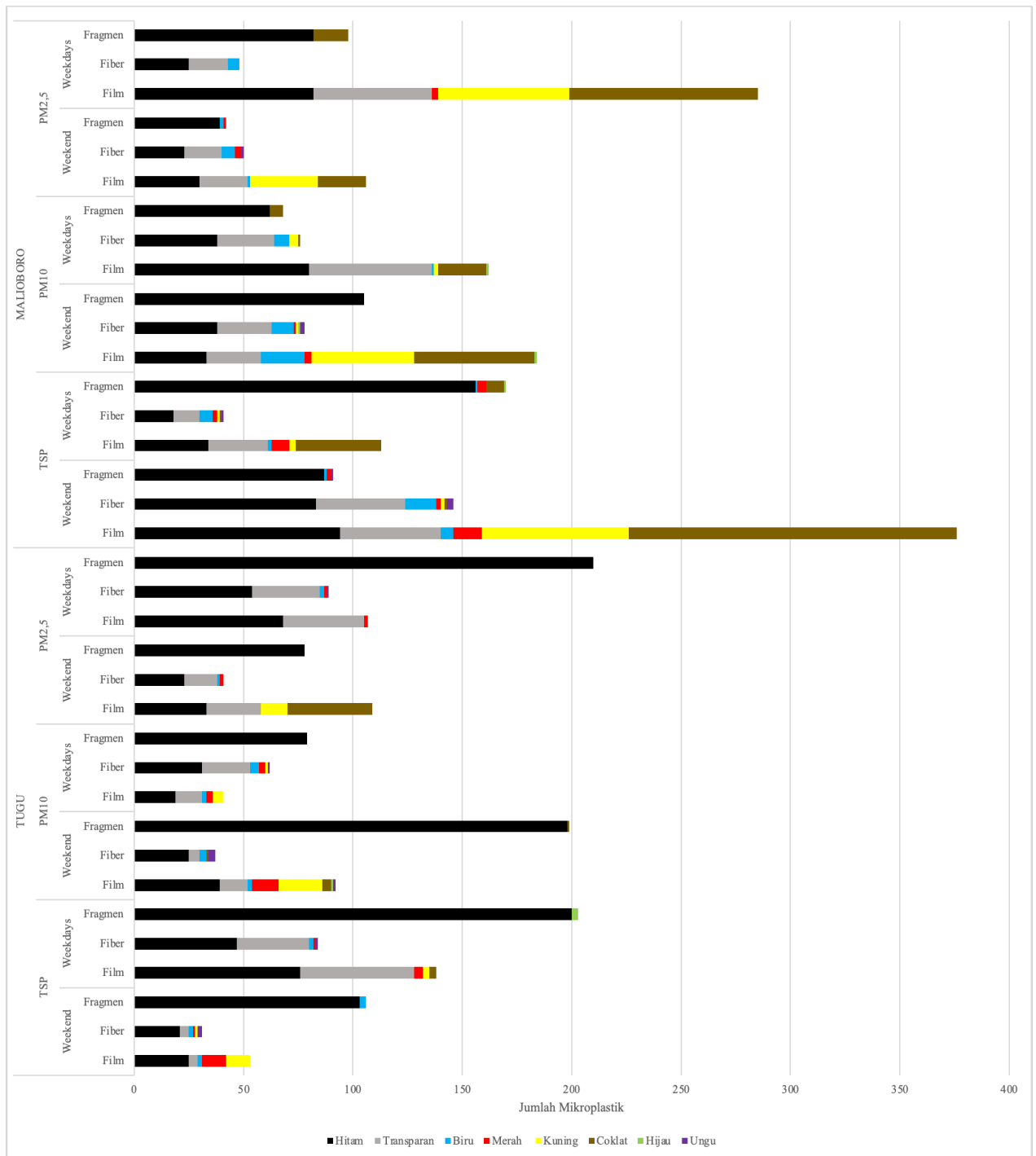
b. *Fiber*



c. *Fragment*

Mikroplastik jenis *fiber* merupakan serat-serat kecil yang berasal dari pakaian, karpet, atau bahan tekstil lainnya (Baldwin *et al.*, 2016). *Fragment* merupakan pecahan kecil plastik dari berbagai sumber seperti botol, kemasan makanan, atau produk plastik lainnya (Allen *et al.*, 2019). Mikroplastik jenis *film* atau polimer dari plastik berasal dari plastik kemasan dan kantong plastik yang terfragmentasi serta memiliki densitas rendah (Septian, 2014).

Mikroplastik di udara memiliki berbagai macam sumber diantaranya abrasi pada ban dan emisi yang dihasilkan oleh pabrik terutama tekstil. Selain itu, di antara komponen-komponen yang terdeteksi pada debu jalan, beberapa zat biasanya digunakan sebagai bahan dinding luar (yaitu bahan yang digunakan untuk cetakan dan polistiren berbentuk bola yang digunakan sebagai bahan interior bangunan). Hal ini menunjukkan bahwa mikroplastik dalam debu jalan tidak hanya berasal dari akumulasi mikroplastik yang dihasilkan oleh kendaraan, tetapi juga dari pengendapan mikroplastik yang dihasilkan di atmosfer perkotaan. Di banyak negara di Asia, kebanyakan pakaian dikeringkan dengan menjemurnya di bawah sinar matahari dan mengandalkan aliran udara alami. Ketika produk plastik, seperti pakaian sintetis, terpapar langsung oleh sinar matahari, dapat menyebabkan kerusakan dan degradasi tekstil. Akibatnya, mikroplastik dapat terlepas ke udara (Cai *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2019; Song *et al.*, 2017).



Gambar 4. 17 Jumlah Jenis Mikroplastik Tiap Parameter Udara di Lokasi Penelitian

Perbedaan dapat dilihat pada gambar diatas bahwa saat pengambilan sampel pada lokasi tugu *weekend* parameter TSP ditemukan mikroplastik jenis *fragment* paling banyak yaitu sebesar atau sejumlah

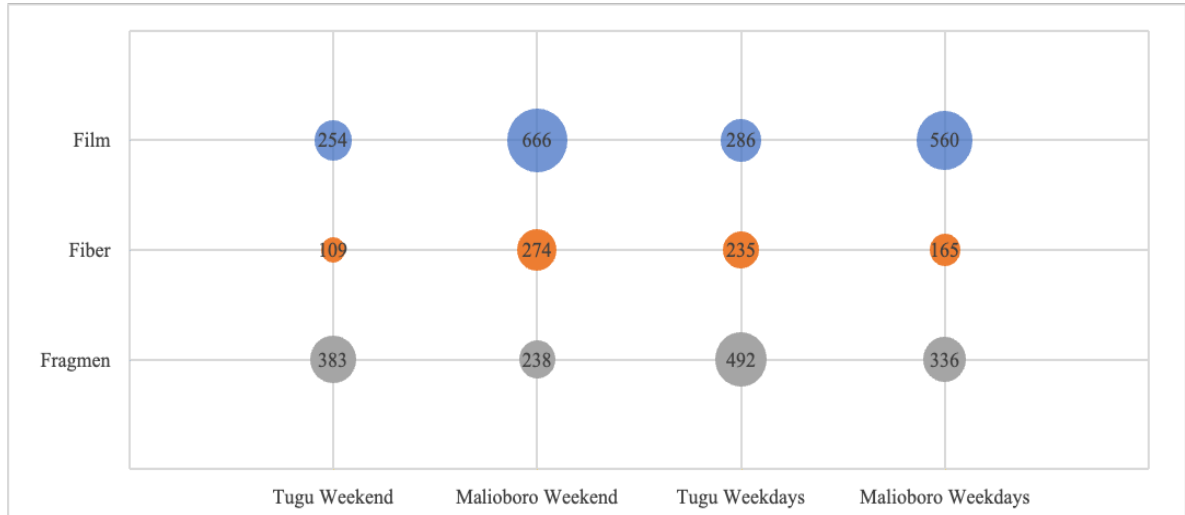
106 partikel. Sedangkan jenis mikroplastik terbanyak kedua yang ditemukan merupakan jenis *fiber* sebesar atau sebanyak 53 partikel. Selanjutnya mikroplastik jenis *fiber* sebesar atau sebanyak 31 partikel. Begitu pula pada saat waktu pengambilan sampel *weekdays* di tugu ditemukan mikroplastik jenis terbanyak dan paling sedikit yaitu *fragment*, *film*, dan *fiber* dengan jumlah partikel berurutan sebanyak 203, 138, dan 84 partikel. Selanjutnya untuk parameter PM_{10} *weekend* ditemukan mikroplastik jenis *fragment*, *film*, dan *fiber* dengan jumlah mikroplastik masing-masing sebanyak 199, 92, dan 37 partikel. Berbeda pada saat pengambilan sampel *weekdays*, jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu *fragment*, *fiber*, dan *film* dengan masing-masing jenis sebanyak 79, 62, dan 41 partikel. Untuk parameter $PM_{2,5}$ waktu pengambilan sampel *weekend* ditemukan mikroplastik jenis *film* paling besar diantara *fragment* dan *fiber* yaitu sebanyak 109 partikel, urutan selanjutnya yaitu mikroplastik jenis *fragment* dengan jumlah partikel sebanyak 78 dan yang paling sedikit yaitu *fiber* sebesar 42 partikel. Pada waktu pengambilan sampel *weekdays* didapati mikroplastik jenis *fragment* paling besar yaitu sebanyak 210 partikel, diikuti oleh mikroplastik jenis *film* sebanyak 107 partikel dan jenis *fiber* paling sedikit yaitu sebanyak 89 partikel. Pada lokasi pengambilan sampel jalan malioboro pada saat *weekend* parameter TSP, ditemukan mikroplastik jenis *film* paling besar yaitu sebanyak 366 partikel yang selanjutnya ditemukan mikroplastik jenis *fiber* sebanyak 146 partikel dan jenis *fragment* paling sedikit yaitu sebanyak 91 partikel. Pada saat pengambilan sampel *weekdays* ditemukan jenis mikroplastik paling besar secara berurutan yaitu *fragment*, *film*, dan *fiber* dengan jumlah masing-masing partikel sebanyak 170, 113, dan 41 partikel. Untuk parameter PM_{10} waktu pengambilan sampel *weekend*, jenis mikroplastik yang ditemukan yaitu *film* sebanyak 184 partikel, *fragment* sebanyak 105 partikel, dan *fiber* sebanyak 78 partikel. Pada waktu pengambilan sampel *weekdays* terdapat perbedaan mikroplastik baik dari segi jenis

dan jumlah yang ditemukan yaitu jenis *film* sebanyak 162 partikel, jenis *fiber* sebanyak 76 partikel, dan *fragment* sebanyak 68. Terakhir untuk parameter PM_{2,5} dengan waktu pengambilan sampel *weekend* ditemukan jenis mikroplastik *film* paling besar yaitu sebanyak 106 partikel, selanjutnya mikroplastik jenis *fiber* sebanyak 50 partikel, dan framen sebanyak 42 partikel. Pada waktu pengambilan sampel *weekdays* ditemukan mikroplastik jenis *film* terbesar yaitu sebanyak 285 partikel yang selanjutnya diikuti oleh mikroplastik jenis *fragment* sebanyak 98 partikel. Mikroplastik jenis *fiber* juga ditemukan yaitu sebanyak 48 partikel.

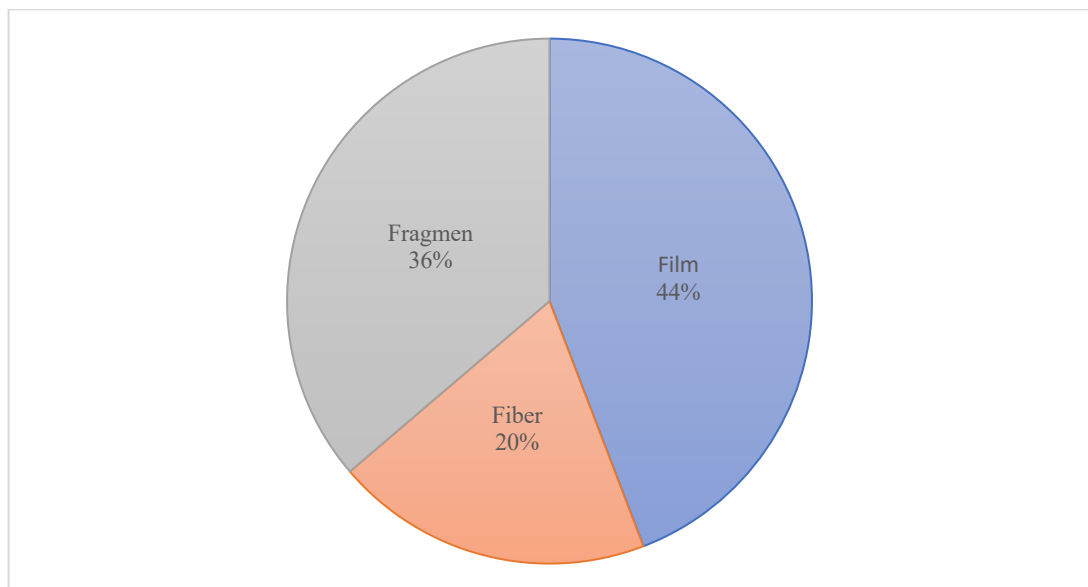
Pada titik pengambilan sampel Jalan Malioboro *weekend* parameter TSP merupakan lokasi yang memiliki jumlah mikroplastik jenis *film* paling banyak dibanding titik dan waktu pengambilan sampel lainnya. Pada titik dan waktu pengambilan sampel ini juga merupakan lokasi yang paling banyak ditemukan jumlah mikroplastik dibanding lokasi dan waktu pengambilan sampel lainnya. Jalan Malioboro saat *weekend* merupakan lokasi yang banyak dilakukan aktivitas seperti mobilitas kendaraan yang lewat, kendaraan yang parkir untuk pengunjung menuju jalan malioboro dan aktivitas berjualan.

Jenis mikroplastik *Fragment* juga banyak ditemukan pada setiap titik dan waktu pengambilan sampel. Sebuah studi yang dilakukan di Australia melaporkan bahwa *fragment* hitam mewakili 75% dari semua anggota mikroplastik yang terdeteksi (Ziajahromi, S *et al.*, 2020). Selain itu, analisis lahan basah *stormwater* di Swedia menunjukkan bahwa *fragment* hitam, yang dianggap sebagai partikel ban yang dipancarkan dari mobil, dominan pada anggota mikroplastik yang terdeteksi (Coalition, C.B *et al.*, 2017). Partikel ban yang terdeteksi dalam debu jalan dikaitkan dengan abrasi mekanis ban (Leads, R.R *et al.*, 2019). *Fragment* dan *film* juga dapat berasal dari hasil gesekan pada ban dan aspal, kerusakan, dan pelapukan produk plastik yang lebih besar. Di sisi

lain, *fiber* dapat berasal dari bahan tekstil (Enyoh *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2019).



Gambar 4. 18 Jumlah Jenis-Jenis Mikroplastik di Lokasi Penelitian



Gambar 4. 19 Persentase Total Jenis Mikroplastik

Pada kedua titik pengambilan sampel dan waktu sampling tidak menunjukkan adanya perubahan jumlah yang signifikan berdasarkan jenis mikroplastik yang ditemukan. Mikroplastik jenis *film* berasal dari bahan pengikat dan aditif plastik dalam cat, yang dapat memengaruhi kekuatan, ketahanan, dan elastisitas cat setelah mengering. Ketika cat mengelupas atau terurai dari permukaan, mikroplastik berbentuk *film*

tipis dapat lepas dan masuk ke lingkungan, termasuk udara. Partikel cat ini terutama dihasilkan oleh dampak fisik dan pelapukan pada permukaan rumah dan bangunan (Jones, M.S *et al.*, 2002). Selain itu, dalam analisis cat marka jalan, kita mendeteksi keberadaan manik-manik kaca dengan ukuran 200-300 μm di dalam cat. Manik-manik kaca ini umumnya digunakan dalam marka jalan untuk meningkatkan reflektivitas retro (Dehghani S *et al.*, 2017) dan biasanya ditemukan bersamaan dengan partikel cat yang sudah lapuk. Warna merah, biru, dan hijau terutama diamati pada serpihan yang terdeteksi dan *film*, dan diidentifikasi sebagai bahan yang berasal dari fasilitas jalan dan kendaraan. Adanya perbedaan bentuk mikroplastik pada setiap sampel udara merupakan faktor dari kondisi lingkungan dan aktivitas manusia di sekitar lokasi pengambilan sampel. Faktor cuaca adalah salah satu faktor yang mempengaruhi, tetapi tidaklah satu-satunya faktor yang menentukan sebaran mikroplastik di atmosfer. Penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa kelimpahan dan pengendapan mikroplastik di udara juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, populasi manusia di sekitarnya, atau aktivitas manusia di wilayah tersebut (Chen *et al.*, 2020).

Tabel 4. 8 Perbandingan Jenis

Lokasi	Jenis	Kelimpahan	Referensi
Barcelona	<i>Fiber dan fragment</i>	$17,3 \pm 2,4$ MP/m ³ , $5,8 \pm 1,9$ MP/m ³ , $4,8 \pm 1,6$ MP/m ³ , dan $4,2 \pm 1,6$ MP/m ³	A.Torres-Agullo <i>et al.</i> , 2021
Bushehr	<i>Fragment, film, dan fiber</i>	5,2 partikel/m ³	Akhbarizadeh Razegheh <i>et al.</i> , 2021
Kota Yogyakarta	<i>Film, fragment, dan fiber</i>	0,68 partikel/Nm ³	-

Pada penelitian yang dilakukan oleh (A.Torres-Agullo *et al.*, 2021) ditemukan mikroplastik jenis *fiber* dan *fragment*. Seperti penelitian lain yang dilakukan oleh (Akhbarizadeh Razegheh *et al.*, 2021) terdapat mikroplastik jenis *fragment*, *film*, dan *fiber*. Sedangkan pada penelitian ini jenis mikroplastik yang ditemukan yaitu *film*, *fiber*, *fragment*, dan *pellet*. Terdapat beberapa perbedaan jenis mikroplastik yang ditemukan dengan penelitian sebelumnya dikarenakan beberapa faktor seperti karena perbedaan lokasi pengambilan sampel, jenis sumber, dan ukuran pori dari filter yang digunakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan pada pembahasan penelitian ini terdiri dari beberapa hal, diantaranya:

1. Udara pada 2 lokasi penelitian didapati Tugu memiliki konsentrasi yang paling tinggi dibanding lokasi Jalan Malioboro. Untuk konsentrasi TSP yang paling tinggi yaitu di lokasi Tugu waktu *weekdays* sedangkan yang paling rendah yaitu di lokasi Jalan Malioboro waktu pengambilan sampel *weekend*. PM₁₀ yang memiliki konsentrasi paling tinggi yaitu di lokasi Tugu waktu *weekend* dan yang paling rendah yaitu di lokasi Jalan Malioboro waktu pengambilan sampel *weekend*. Konsentrasi PM_{2,5} yang paling tinggi terdapat pada lokasi Tugu waktu *weekdays* dan yang paling rendah didapati pada lokasi Jalan Malioboro waktu pengambilan sampel *weekdays*.
2. Hasil penelitian yang didapatkan dari pengambilan sampel di 4 titik Kota Yogyakarta menyatakan bahwa udara di Kota Yogyakarta terdapat mikroplastik. Jumlah mikroplastik yang didapati di keempat titik sebanyak 746 – 1178 partikel. Warna yang paling banyak ditemukan yaitu hitam dan hijau merupakan warna yang paling sedikit ditemukan. Sedangkan jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan secara berturut-turut yaitu *film*, *fragment*, dan *fiber*.
3. Berdasarkan lokasi penelitian kelimpahan mikroplastik paling banyak ditemukan yaitu di Jalan Malioboro dengan jumlah 2239 partikel. Untuk kelimpahan mikroplastik yang paling sedikit ditemukan di Tugu sebanyak 1759 partikel.
4. Berdasarkan waktu pengambilan sampel, kelimpahan mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu pada saat *weekdays* dengan

jumlah partikel sebanyak 2074. Pada saat *weekend* kelimpahan mikroplastik yang ditemukan sebanyak 1924 partikel.

5.2 Saran

Terdapat beberapa saran yang diberikan oleh penulis, diantaranya:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisis lebih lanjut terkait senyawa kimia mikroplastik pada uji FTIR untuk mengetahui jenis polimer pada mikroplastik yang teridentifikasi.
2. Diperlukan kajian lebih lanjut guna mengetahui upaya dalam mengurangi mikroplastik yang ada di atmosfer khususnya pada lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Torres-Agullo, A. Karanasiou, T. Moreno, S. Lacorte, 2021. *Overview on The Occurrence of Microplastic in Air and Implication from The Use of Face Mask During the Covid-19 Pandemic*
- Achmad Ananta Hadi, 2020. Analisis dan Koordinasi Antar Simpang Bersinyal (*Analysis and Coordination Between The Signalised Intersections*) (Studi Kasus: Simpang Ngabean dan Simpang Wirobrajan Yogyakarta)
- Adachi, K.; Tainosho, Y. Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust. *Environ. Int.* **2004**, *30*, 1009–1017. [CrossRef] [PubMed]
- Adhiati, T.S., 2014 'SINTESIS δ -TERPINEOL MELALUI REAKSI HIDRASI α -PINENA MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI', <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>, Indo. J. Chem. Sci. 3 (2)(Indonesian Journal of Chemical Science).
- Akhbarizadeh Razegheh *et al.*, 2021. Suspended fine particulate matter (PM_{2.5}), microplastics (MPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: Their possible relationships and health implications
- Allen, S., *et al.*, 2019. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nat. Geosci.* *12*, 339–344.
- Arie Dipareza Syafei, Nurul Rizki Nurasrin, Abdu Fadli Assomadi, dan Rachmat Boedisantoso, 2019. *Microplastic Pollution in the Ambient Air of Surabaya, Indonesia*
- Azizah, I. T. N. (2019). Analysis The Level of PM_{2,5} And Lung Function of Organic Fertilizer Industry Workers In Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, *11*(2), 141. <https://doi.org/10.20473/jkl.v11i2.2019.141-149>
- Bank, M. S., & Hansson, S. V. (2019). The plastic cycle: a novel and holistic paradigm for the Anthropocene.
- Baldwin *et al.*, 2016 : A review" *Microplastics in atmospheric environments*

- Boucher, J.; Friot, D. *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*; IUCN: Gland, Switzerland, 2017; p. 43.
- Caesar, July Fiani Putri. 2017. "Identifikasi Keberadaan dan Jenis Mikroplastik pada Bandeng (*Chanos Chanos*, Forskal) di Tambak Lorok, Semarang." *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Cai, L., *et al.*, 2018. Observation of the degradation of three types of plastic pellets exposed to UV irradiation in three different environments. *Sci. Total Environ.* 628, 740–747.
- Chen, G., Feng, Q., Wang, J., 2020. Mini-review of microplastics in the atmosphere and their risks to humans. *Sci. Total Environ.* 703, 135504.
- Coalition Clean Baltic. *Guidance on Concrete Ways to Reduce Microplastic Inputs from Municipal Stormwater and Wast Water Discharges*; Coalition Clean Baltic: Uppsala, Sweden, 2017.
- Crawford, C.B. and Quinn, B. (2017) Plastic Production, Waste and Legislation. In: Crawford, C.B. and Quinn, B., Eds., *Microplastic Pollutants*, Elsevier Science, Amsterdam, 39-56. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00003-7>
- Dehghani, S., *et al.*, 2017. Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 24, 20360–20371.
- Dris, R., *et al.*, 2016. Synthetic *fibers* in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? *Mar. Pollut. Bull.* 104, 290–293.
- Dris, R., *et al.*, 2017. A first overview of textile *fibers*, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environ. Pollut.* 221, 453–458.
- Elsa Try Julita Sembiring., 2020. Risiko Kesehatan Paparan PM2,5 di Udara Ambten Pada Pedagang Kaki Lima di Bawah Flyover Pasar Pagi Asemka Jakarta
- Enyoh, C.E., *et al.*, 2019. Airborne microplastics: a review study on method for analysis, occurrence, movement and risks. *Environ. Monit. Assess.* 191, 668.

- Faruqi, H. M., 2019. Persebaran Komposisi dan Kelimpahan Mikroplastik di Kali Surabaya Segmen Kecamatan Driyorejo
- Fathulloh, M.Z., Minanurrohman, M.R. dan Mahmudah, R. (2021) 'Identifikasi Mikroplastik di Udara: Upaya Penanggulangan False Solution Plastic Management', <https://ecotonjournal.id/index.php/epj>, 1 Nomor 3(Environmental Pollution Journal), pp. 208–216.
- Gallagher, A., *et al.*, 2016. Microplastics in the Solent estuarine complex, UK: an initial assessment. *Mar. Pollut. Bull.* 102, 243–249.
- Gasperi, Stephanie L. Wright, Rachid Dris, France Collard, Corinne Mandin, *et al.*, *Microplastics in air: Are we breathing it in?*. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2018,1, pp.1 - 5. [ff10.1016/j.coesh.2017.10.002](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002)ff. [ffhal-01665768f](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002)
- Gusnita, N. dan N. Cholianawati. 2019. Pola Konsentrasi dan Trayektori Polutan PM_{2,5} Serta Faktor Meteo di Kota Jakarta. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia.* 3:152-163
- Heejun Kang, Saerom Park , Bokjin Lee Ilho Kim, and Seogku Kim., 2022. Concentration of Microplastics in Road Dust as a Function of the Drying Period—A Case Study in G City, Korea
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Kondisi Sampah Mikro- plastik di Permukaan Air Laut Sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(2): 165–171. DOI: 10.13057/psnmbi/m050204.
- Iif Miftahul Ihsan, Moh. Yani, Rahmat Hidayat, Tetty Permatasari., 2021. Fluktuasi Cemaran Udara Partikulat dan Tingkat Risikonya terhadap Kesehatan Masyarakat Kota Bogor
- Intan Sari Dewi, Anugrah Aditya Budiarsa, dan Irwan Ramadhan Ritonga 2015. Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara

- Jones, M.S. Effects of UV Radiation on Building Materials. In *Building Research Association of New Zealand*; BRANZ: Judgeford, New Zealand, 2002.
- Kershaw, P., 2015. *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. International Maritime Organization.
- Kuasa S. (2018). Keberadaan Mikroplastik pada Hewan Filter feeder di padang lamun kepulauan Spermonde kota Makasar. *Skripsi*. Makasar.
- Laporan Analisis Hasil Pemantauan Kualitas Udara Kota Yogyakarta Tahun 2021
- Leads, R.R.; Weinstein, J.E. Occurrence of tire wear particles and other microplastics within the tributaries of the Charleston Harbor Estuary, South Carolina, USA. *Mar. Pollut. Bull.* **2019**, *145*, 569–582. [CrossRef] [PubMed]
- Liu, K., *et al.*, 2019a. Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. *Sci. Total Environ.* *675*, 462–471.
- Nida'Ul Farihah dan Kasni Sumeru. Pengaruh Asap Rokok pada Konsentrasi Partikulat PM10 di Dalam Rumah. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung, 4-5 Agustus 2021*
- Oktaviani, E. (2018). Paparan Particulate Matter (PM10) dan Total Suspended Particulate (TSP) di Trotoar Beberapa Jalan Kota Surabaya. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ollivia Brylliant Laksono, Jusup Suprijanto, Ali Ridlo : Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Bandengan Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research* Vol 10, No.2 Mei 2021, pp. 158-164 DOI: 10.14710/jmr.v10i2.29032 EISSN: 2407-7690 <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr>
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

- Prata, J. C. 2018. Airborne microplastics: Consequences to human health. *Environment and Pollution*, 234 (November 2017), 115–126. doi: 10.1016/j.envpol.2017.11.043.
- Prilila, F. G., Wardhana, I. W., & Sutrisno, E. (2016). Estimasi Sebaran dan Analisis Risiko TSP dan PB di Terminal Bis Terhadap Kesehatan Pengguna Terminal (Studi Kasus: Terminal Mangkang dan Penggaron, Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 5, No. 4
- R. Dris, J. Gasperi, V. Rocher, S. Mohamed, N. Renault, B. Tassin Microplastics contamination in a urban area: a case study in greater Paris Environ. Chem., 12 (2015), pp. 592-599
- Radityaningrum, Kajian Keberadaan Mikroplastik di Wilayah Perairan : Review, 500-501.
- Santi Martini, Kusuma S. Lestari, Kurnia D. Artanti, Hario Megatsari, Sri Widati. Perbedaan Hasil Pemeriksaan Kadar PM_{2.5} di Kota Surabaya berdasarkan Jenis Sarana. Simposium I Jaringan Perguruan Tinggi untuk Pembangunan Infrastruktur Indonesia, 2016
- Siti Umi Kalsum, Hadrah, Anggrika Riyanti, Andi Irfan Maulana., 2023. Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik Sungai Batanghari Wilayah Nipah Panjang Kabupaten Tanjung Jabung Timur
- SNI 19-7119.6-2005 Tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien
- SNI 7119.15:2016 Tentang Cara Uji Partikel dengan Ukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM₁₀) Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri, (2016).
- SNI 7119.4:2016 Tentang Cara Uji Partikel dengan Ukuran $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5}) Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri, (2016).
- SNI 7119-3:2017 Tentang Cara Uji Partikel Tersuspensi Total menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri, (2017).
- Sommer, F.; Dietze, V.; Baum, A.; Sauer, J.; Gilge, S.; Maschowski, C.; Gieré, R. Tire abrasion as a major source of microplastics in ^[1]the

- environment. *Aerosol Air Qual. Res.* **2018**, *18*, 2014–2028.
[CrossRef]
- Song, Y.K., *et al.*, 2017. Combined effects of UV exposure duration and mechanical abrasion on microplastic fragmentation by polymer type. *Environ. Sci. Technol.* *51*, 4368–4376.
- Su, L.; Nan, B.; Craig, N.J.; Pettigrove, V. Temporal and spatial variations of microplastics in roadside dust from rural and urban [SEP]Victoria, Australia: Implications for diffuse pollution. *Chemosphere* **2020**, *252*, 126567. [CrossRef] [PubMed]
- Sundt, P.; Schulze, P.; Syversen, F. Sources of microplastics-pollution to the marine environment. Mepex for the [SEP]Norwegian Environment Agency. Report no M-321/2015. Asker: Mepex Consult. 2014, p. 108. Available online: https://d3n8a8pro7vhm.cloudfront.net/boomerangalliance/pages/507/attachments/original/1481155578/Norway_Sources_of_Microplastic_Pollution.pdf?1481155578 (accessed on 1 January 2022).
- Syafei *et al.*, *Curr. World Environ.*, Vol. 14(2) 290-298 (2019)
- Tiara, V. L., Sutrisno, E., & Huboyo, H. S. (2016). Kajian Beban Emisi Pencemaran Udara (TSP, NOx, SO2, HC, CO) dan Gas Rumah Kaca (CO2, CH4, N2O) Sektor Transportasi Darat Kota Yogyakarta dengan Metode Tier 1 dan Tier 2. *Teknik Lingkungan* No. 1, 5
- Tri Septian Maksum dan Sylva Flora Ninta Tarigan. ANALISIS RISIKO KESEHATAN AKIBAT PAPARAN PARTIKEL DEBU (PM2.5) DARI AKTIVITAS TRANSPORTASI. *Jambura Health and Sport Journal* Vol. 4, No. 1, Februari 2022 p-ISSN: 2654-718X, e-ISSN: 2656-2863
- Vogelsang, C.; Lusher, A.L.; Dadkhah, M.E.; Sundvor, I.; Umar, M.; Ranneklev, S.B.; Eidsvoll, D.; Meland, S. *Microplastics in Road [SEP]Dust—Characteristics, Pathways and Measures*; Research Report 7361-

- 2019; Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for
 [1]Transport Research: Oslo, Norway, 2019; p. 174.
- Wang, X., *et al.*, 2019. Atmospheric microplastic over the south China sea and east
 Indian ocean: abundance, distribution and source. *J. Hazard Mater.*
 121846.
- Widinarko dan Inneke. 2018. Mikroplastik dalam seafood dari pantai Utara
 Jawa.Unika . Semarang. Soegijapranata. ISBN 978-602-6865-74-8
- William W. Nazaroff dan Neil E. Klepeis. *Environmental Tobacco Smoke Particles.*
 2003. *Indoor Environment* Edited by Lidia Morawska dan Tunga
 Salthammer. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGAA. ISBN:978-
 3-527-30525-4. Hal. 245- 274.
- Xuan Zhu *et al.*, 2021. *Airborne Microplastic Concentrations in Five Megacities of
 Northern and Southeast China*
- Yang, Y.Y.; Rodrigez-Jorquera, I.A.; McGuire, M.; Toor, G.S. Contaminants in the
 Urban Environment: Microplastics. UF/Extension. 2019. Available
 online: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/SS649> (accessed on 1
 January 2022).
- Ziajahromi, S.; Drapper, D.; Hornbuckle, A.; Rintoul, L.; Leusch, F.D.L.
 Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland:
 Detection of tyre particles in sediment. *Sci. Total Environ.* **2020**,
 713, 136356. [CrossRef] [PubMed]

LAMPIRAN

1. Proses Pengambilan Sampel Udara



Lampiran 1. 1 Proses Pengambilan Sampel Udara di Tugu Weekend



Lampiran 1. 2 Proses Pengambilan Sampel Udara di Tugu Weekdays



Lampiran 1. 3 Proses Pengambilan Sampel Udara di Malioboro Weekend



Lampiran 1. 4 Proses Pengambilan Sampel Udara di Malioboro Weekdays

2. Proses Pengujian Sampel



Lampiran 2. Proses Pengujian Sampel Udara

3. Proses Analisis Sampel Menggunakan Mikroskop



Lampiran 3. Proses Analisis Sampel Menggunakan Mikroskop

4. Data Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Warna, dan Jenis

TOTAL TUGU WEEKEND					
Warna	Jenis				Jumlah Warna
	<i>Film</i>	<i>Fiber</i>	<i>Fragment</i>	Pellet	
Hitam	97	69	379	0	545
Transparan	42	24	0	0	66
Biru	4	6	3	0	13
Merah	23	3	0	0	26
Kuning	43	1	0	0	44
Coklat	43	1	1	0	45
Hijau	1	0	0	0	1
Ungu	1	5	0	0	6
Jumlah Jenis	254	109	383	0	
Total	746				

TOTAL TUGU WEEKDAYS					
Warna	Jenis				Jumlah Warna
	<i>Film</i>	<i>Fiber</i>	<i>Fragment</i>	Pellet	
Hitam	163	132	489	0	784
Transparan	101	86	0	0	187
Biru	2	8	0	0	10
Merah	9	5	0	0	14
Kuning	8	1	0	0	9
Coklat	3	0	0	0	3
Hijau	0	0	3	0	3
Ungu	0	3	0	0	3
Jumlah Jenis	286	235	492	0	
Total	1013				

TOTAL TUGU					
Warna	Jenis				Jumlah Warna
	<i>Film</i>	<i>Fiber</i>	<i>Fragment</i>	Pellet	
Hitam	260	201	868	0	1329
Transparan	143	110	0	0	253
Biru	6	14	3	0	23
Merah	32	8	0	0	40
Kuning	51	2	0	0	53
Coklat	46	1	1	0	48
Hijau	1	0	3	0	4
Ungu	1	8	0	0	9
Jumlah Jenis	540	344	875	0	
Total	1759				

TOTAL MALIOBORO WEEKEND					
Warna	Jenis				Jumlah Warna
	<i>Film</i>	<i>Fiber</i>	<i>Fragment</i>	Pellet	
Hitam	157	144	231	0	532
Transparan	93	83	0	0	176
Biru	27	30	3	0	60
Merah	16	6	3	0	25
Kuning	145	3	0	0	148
Coklat	227	1	0	0	228
Hijau	1	1	0	0	2
Ungu	0	6	1	0	7
Jumlah Jenis	666	274	238	0	
Total	1178				
TOTAL MALIOBORO WEEKDAYS					
Warna	Jenis				Jumlah Warna
	<i>Film</i>	<i>Fiber</i>	<i>Fragment</i>	Pellet	
Hitam	196	81	300	0	577
Transparan	137	56	0	0	193
Biru	3	18	1	0	22
Merah	11	2	4	0	17
Kuning	65	5	0	0	70
Coklat	147	2	30	0	179
Hijau	1	0	1	0	2
Ungu	0	1	0	0	1
Jumlah Jenis	560	165	336	0	
Total	1061				
TOTAL MALIOBORO					
Warna	Jenis				Jumlah Warna
	<i>Film</i>	<i>Fiber</i>	<i>Fragment</i>	Pellet	
Hitam	353	225	531	0	1109
Transparan	230	139	0	0	369
Biru	30	48	4	0	82
Merah	27	8	7	0	42
Kuning	210	8	0	0	218
Coklat	374	3	30	0	407
Hijau	2	1	1	0	4
Ungu	0	7	1	0	8
Jumlah Jenis	1226	439	574	0	
Total	2239				

TOTAL					
Warna	Jenis				Jumlah Warna
	<i>Film</i>	<i>Fiber</i>	<i>Fragment</i>	Pellet	
Hitam	613	426	1399	0	2438
Transparan	373	249	0	0	622
Biru	36	62	7	0	105
Merah	59	16	7	0	82
Kuning	261	10	0	0	271
Coklat	420	4	31	0	455
Hijau	3	1	4	0	8
Ungu	1	15	1	0	17
Jumlah Jenis	1766	783	1449	0	
Total	3998				

Lampiran 4. Data Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Warna, dan Jenis

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara antara pasangan Bapak Bangun Wahyudiharjo dan Ibu Riza Yustanti yang lahir di Sawahlunto pada tanggal 28 Oktober 2001. Penulis memulai Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Lawang Kidul pada tahun 2013-2016, selanjutnya melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta pada tahun 2016-2019 dan saat ini terdaftar sebagai mahasiswa aktif di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Selama berkuliah, penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan seperti kepanitiaan, organisasi, dan pengalaman bekerja. Kepanitiaan yang diikuti selama penulis berkuliah yaitu Lintas Lingkungan 2021 sebagai Organizing Committee Sekretaris 1 dan *Enviro Champions and Nature* 2021 sebagai Steering Committee Ketua 1. Untuk kegiatan berorganisasi, penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) periode 2020/2021 sebagai Wakil Kepala Departemen Hubungan Luar dan aktif sebagai Dewan Pertimbangan Pengurus (DPP) HMTL periode 2021/2022. Penulis juga mendapatkan pengalaman kerja praktik di salah satu perusahaan tambang batubara milik negara di Indonesia.