



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Mikroplastik PM_{2.5} dan PM₁₀ Pada Udara Ambien di TPST Sendangsari, Yogyakarta

Yumna Zakiy Sumarno
21513112

Dosen Pembimbing 1:
Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing 2:
Ir.Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

***Microplastic Analysis of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in Ambient Air at
Sendangsari Integrated Waste Treatment Site (TPST),
Yogyakarta***

Yumna Zakiy Sumarno

21513112

Supervisor 1:

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

Supervisor 2:

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

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

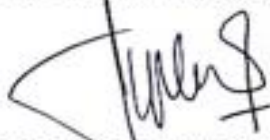
LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

**Analisis Mikroplastik PM_{2.5} dan PM₁₀ Pada Udara Ambien di TPST
Sendangsari Yogyakarta**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Yumna Zakiy Sumarno
21513112

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 20 Mei 2026 dan disetujui oleh:

 21/5²⁶
Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. (Pembimbing 1)

 20/5²⁶
Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D (Pembimbing 2)


Supriyanto, S.T., M.Sc., M.Eng. (Penguji)

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana


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

PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, 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 merupakan gagasan, rumusan, dan studi 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. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
 - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
 - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.

6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 11 Desember 2025

Yang membuat pernyataan,



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Lingkungan, dan penulis menyadari bahwa proses penyelesaian ini tidak lepas dari dukungan, doa, dan bantuan berbagai pihak.

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Sumarno dan Ibu Yuliana Orangtua tercinta, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral, serta motivasi tanpa henti sehingga penulis dapat melalui setiap tahapan penyusunan skripsi ini.
2. Yusuf Zakiy Sumarno dan Yunus Zakiy Sumarno, sebagai kakak yang selalu memberikan dorongan, nasihat, dan semangat agar penulis tidak putus asa menghadapi tantangan selama penyusunan skripsi.
3. Alifya Salsabila Azzahro, sebagai pasangan yang selalu memberikan dukungan, pengertian, dan motivasi dalam proses belajar dan penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ibu Suphia, sebagai Dosen Pembimbing 1, yang dengan sabar membimbing, memberikan arahan, masukan, dan koreksi sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini dengan baik.
5. Bapak Fajri, sebagai Dosen Pembimbing 2, yang telah memberikan bimbingan, kritik, dan motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
6. Teman-teman dan sahabat, yang telah memberikan bantuan, masukan, dan kebersamaan yang menyenangkan selama penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis sendiri, pembaca, serta bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang Teknik Lingkungan.

Akhir kata, penulis berharap karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi amal jariyah bagi semua pihak yang terlibat.

Yogyakarta, 20 Mei 2026

Yumna Zakiy Sumarno



Analisis Mikroplastik PM_{2.5} dan PM₁₀ Pada Udara Ambien di TPST Sendangsari Yogyakarta

Mahasiswa : Yumna Zakiy Sumarno
NIM : 21513112
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing 1 : Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
Pembimbing 2 : Ir.Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi partikulat (PM_{2.5} dan PM₁₀) serta karakteristik mikroplastik pada udara ambien di sekitar Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Sendangsari, Kabupaten Sleman. Pengambilan sampel dilakukan di empat lokasi berbeda, yaitu TPST Sendangsari, SPPG Sendangrejo, Denokan, dan SD 2 Dalangan untuk melihat sebaran polutan dari sumber emisi ke pemukiman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TPST Sendangsari merupakan lokasi paling tercemar dengan konsentrasi PM_{2.5} mencapai 59,65 µg/m³, yang telah melampaui baku mutu nasional (55 µg/m³), sedangkan konsentrasi PM₁₀ di seluruh titik masih memenuhi standar lingkungan. Selaras dengan data partikulat, kelimpahan mikroplastik tertinggi ditemukan di TPST Sendangsari, yakni sebesar 0,4626 partikel/m³ (918 partikel) pada PM₁₀ dan 0,3450 partikel/m³ (684 partikel) pada PM_{2.5}. Karakteristik mikroplastik didominasi oleh bentuk *fragment* dan warna hitam serta transparan, dengan rentang ukuran berkisar antara 0,01 mm hingga 2,01 mm. Dominasi bentuk *fragment* mengindikasikan adanya degradasi sekunder dari sampah plastik makro yang belum terolah sempurna dalam proses *Refuse Derived Fuel* (RDF). Analisis FTIR pada sampel PM_{2.5} di lokasi SPPG berhasil mengidentifikasi polimer *Linear Low-Density Polyethylene* (LLDPE), yang ditandai oleh gugus fungsi alkana (CH₂) pada bilangan gelombang 2916,37 cm⁻¹ dan 2846,93 cm⁻¹. Faktor meteorologi teridentifikasi sebagai penggerak utama dinamika polutan; tekanan udara rendah (740,9 mmHg) dan suhu tinggi (31°C) di area TPST memicu pelepasan partikel ke atmosfer, sementara kecepatan angin hingga 6 m/s berperan dalam transportasi polutan menuju pemukiman. Sebaliknya, kelembapan tinggi (90%) memicu deposisi basah sebagai mekanisme pembersihan alami (*natural scavenging*).

Kata kunci: Mikroplastik, PM_{2.5}, PM₁₀, udara Ambien, TPST Sendangsari, Meteorologi.

***Microplastic Analysis of PM_{2.5} and PM₁₀ in Ambient Air Around the
Sendangsari Yogyakarta Integrated Waste Treatment Site as
Indicators of Particulate Pollution***

Student : Yumna Zakiy Sumarno
Student Number : 21513112
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor 1 : Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
Supervisor 2 : Ir.Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

This study aims to analyze the concentration of particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) and the characteristics of microplastics in the ambient air around the Sendangsari Integrated Waste Processing Site (TPST), Sleman Regency. Sampling was carried out at four different locations, namely TPST Sendangsari, SPPG Sendangrejo, Denokan, and SD 2 Dalangan to see the distribution of pollutants from emission sources to residential areas. The results showed that TPST Sendangsari was the most polluted location with a PM_{2.5} concentration reaching 59.65 µg/m³, which has exceeded the national quality standard (55 µg/m³), while the PM₁₀ concentration at all points still met environmental standards. In line with particulate data, the highest abundance of microplastics was found at the Sendangsari Integrated Waste Processing Site, namely 0.4626 particles/m³ (918 particles) in PM₁₀ and 0.3450 particles/m³ (684 particles) in PM_{2.5}. The characteristics of microplastics are dominated by fragment forms and black and transparent colors, with a size range ranging from 0.01 mm to 2.01 mm. The dominance of fragment forms indicates secondary degradation of macroplastic waste that has not been fully processed in the Refuse Derived Fuel (RDF) process. FTIR analysis of PM_{2.5} samples at the SPPG site successfully identified Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE) polymers, characterized by alkane functional groups (CH₂) at wavenumbers 2916.37 cm⁻¹ and 2846.93 cm⁻¹. Meteorological factors were identified as the primary drivers of pollutant dynamics; low atmospheric pressure (740.9 mmHg) and high temperatures (31°C) at the TPST area triggered particle release into the atmosphere, while wind speeds of up to 6 m/s facilitated pollutant transport toward residential areas. Conversely, high humidity (90%) triggered wet deposition as a natural scavenging mechanism.

Keywords: Microplastics, PM_{2.5}, PM₁₀, Ambient Air, Sendangsari Integrated Waste Processing Site, Meteorological.

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
Abstrak.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Particulate Matter</i>	5
2.2 Mikroplastik.....	6
2.2.1 Definisi dan Karakteristik Mikroplastik.....	6
2.2.2 Mikroplastik Dalam Atmosfer dan Udara Ambien.....	7
2.2.3 Mikroplastik Pada Udara Ambien Yogyakarta.....	8
2.3 Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST).....	9
2.4 Kualitas Udara Ambien dan Faktor Meteorologi.....	10
2.5 <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS).....	11
2.6 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).....	12
2.7 Peneliti Terdahulu yang Relevan.....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	15
3.2 Peta Situasi.....	16
3.3 Pengambilan Sampel.....	18
3.3.1 Sampel Sekunder.....	18
3.3.2 Sampel Primer.....	19

3.4 Analisis Data	27
3.4.1 Analisis Kuantitatif.....	27
3.4.2 Analisis Kualitatif.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Detail Lokasi Penelitian	30
4.2 Hasil Pengukuran Konsentrasi PM _{2.5} dan PM ₁₀	32
4.3 Hasil Analisis Mikroplastik.....	35
4.3.1 Hasil Kelimpahan dan Rasio Mikroplastik.....	35
4.3.2 Hasil Berdasarkan Jenis	38
4.3.3 Hasil Berdasarkan Warna	51
4.3.4 Hasil Berdasarkan Ukuran	53
4.3.5 Hasil FTIR	56
4.4 Hubungan Faktor Meteorologi dengan Mikroplastik.....	58
4.4.1 Hasil Analisis Berdasarkan Rata – Rata Faktor Meteorologi	58
4.4.2 Hasil Analisis 24 Jam Faktor Meteorologi	60
BAB V PENUTUP.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	75
Lampiran 1. Lokasi Penelitian.....	75
Lampiran 2. Perhitungan	76
Lampiran 3. Ukuran Mikroplastik (<i>Image Raster</i>).....	79
Lampiran 4. FTIR.....	80
Lampiran 5. Proses Lab	81
Lampiran 6. Total Hasil Penelitian.....	82
RIWAYAT HIDUP	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sumber <i>Particulate Matter</i>	6
Tabel 2. 2 Karakteristik Polimer	7
Tabel 2. 3 Faktor Meteorologi.....	11
Tabel 2. 4 Peneliti Terdahulu	13
Tabel 3. 1 Alat <i>Sampling</i>	20
Tabel 3. 2 Bahan <i>Sampling</i>	20
Tabel 3. 3 Alat Analisis Sampel.....	22
Tabel 3. 4 Bahan Analisis Sampel.....	23
Tabel 4. 1 Lokasi Titik Penelitian (a) TPST Sendangsari, (b) Denokan, (c) SD 2 Dalangan, (d) SPPG Sendangrejo	32
Tabel 4. 2 Konsentrasi PM _{2.5} dan PM ₁₀	32
Tabel 4. 3 Kelimpahan Mikroplastik.....	35
Tabel 4. 4 Rasio Mikroplastik	37
Tabel 4. 5 Jenis Mikroplastik	40
Tabel 4. 6 Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman	43
Tabel 4. 7 Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman	45
Tabel 4. 8 Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah.....	47
Tabel 4. 9 Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah.....	49
Tabel 4. 10 Warna Mikroplastik.....	51
Tabel 4. 11 Ukuran Mikroplastik	53
Tabel 4. 12 Analisis FTIR	57
Tabel 4. 13 Faktor Meteorologi.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus Mikroplastik di Atmosfer	8
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir <i>Sampling</i>	21
Gambar 3. 4 Diagram Analisis Sampel.....	23
Gambar 3. 5 <i>Ultrasonic Bath</i>	24
Gambar 3. 6 Larutan H ₂ O ₂ 30%	25
Gambar 3. 7 Larutan NaCl	25
Gambar 3. 8 Pompa Vakum	26
Gambar 3. 9 Mikroskop.....	26
Gambar 3. 10 FTIR	27
Gambar 4. 1 Konsentrasi Mikroplastik	33
Gambar 4. 2 Kelimpahan Mikroplastik	35
Gambar 4. 3 Kelimpahan Mikroplastik	37
Gambar 4. 4 Jenis Mikroplastik (a) <i>Fragment</i> , (b) <i>Film</i> , (c) <i>Fiber</i>	39
Gambar 4. 5 Jenis Mikroplastik	40
Gambar 4. 6 Persentase (%) Jenis Mikroplastik	41
Gambar 4. 7 Total Persentase Jenis Mikroplastik	41
Gambar 4. 8 Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman	43
Gambar 4. 9 Persentase Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman.....	44
Gambar 4. 10 Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman	45
Gambar 4. 11 Persentase Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman.....	46
Gambar 4. 12 Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah	47
Gambar 4. 13 Persentase Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah	48
Gambar 4. 14 Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah	49
Gambar 4. 15 Persentase Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah	50
Gambar 4. 16 Warna Mikroplastik.....	52
Gambar 4. 17 Persentase (%) Total Warna Mikroplastik	52
Gambar 4. 18 Analisis FTIR	56
Gambar 4. 19 Faktor Suhu	60
Gambar 4. 20 Faktor Tekanan Udara	61
Gambar 4. 21 Faktor Kelembapan	63
Gambar 4. 22 Arah Angin dan Hasil Penelitian	64
Gambar 4. 23 Faktor Kecepatan Angin	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara adalah salah satu masalah lingkungan yang penting di Indonesia. Partikel halus seperti PM_{2.5} (partikel dengan ukuran $\leq 2,5$ mikrometer) dan PM₁₀ (ukuran ≤ 10 mikrometer) bisa bertahan lama di udara, menyebar ke berbagai area, dan menyebabkan penurunan kualitas udara sekitar. Pemilihan parameter PM_{2.5} dan PM₁₀ dalam penelitian ini didasarkan pada sifat aerodinamisnya yang bisa masuk ke dalam sistem pernapasan manusia hingga bagian terdalam, yaitu alveoli, serta perannya sebagai media pengangkut polutan kecil seperti mikroplastik. Konsentrasi partikulat halus (PM) di beberapa kota besar, termasuk Yogyakarta, sering kali melebihi batas kualitas udara yang berlaku, sehingga menunjukkan perlunya pemantauan yang lebih ketat terhadap polutan tersebut di udara lingkungan (Salam et al., 2023; Anggraini et al., 2023).

Mikroplastik sekarang menjadi perhatian karena beratnya yang ringan, sehingga mudah terbawa angin dan tersuspensi di udara. Ada perbedaan besar dalam cara partikel-partikel tersebut bergerak dan tersebar di udara. PM_{2.5} lebih lama bertahan di udara dan bisa dibawa angin ke jarak yang lebih jauh, sedangkan PM₁₀ lebih mudah jatuh ke permukaan karena ukurannya lebih besar. Mikroplastik di udara lingkungan bisa muncul dari berbagai aktivitas manusia, seperti pecahan sampah plastik yang terbawa ke udara dan campur dengan polutan lainnya (Kurniawan et al., 2023; Woo et al., 2021).

Area sekitar TPST Sendangsari di Kabupaten Sleman memiliki ciri khas wilayah yang sesuai untuk dipilih sebagai lokasi pemantauan kualitas udara lingkungan. Sebagai fasilitas pengelolaan sampah yang berada di dekat pemukiman warga, daerah ini memiliki berbagai jenis polutan yang beragam dan berbeda. Penentuan lokasi penelitian di daerah ini bertujuan untuk merepresentasikan kualitas udara di wilayah yang memiliki aktivitas pengolahan limbah yang tinggi, di mana proses abrasi mekanis atau pecahan plastik bisa menyebabkan pelepasan mikroplastik ke udara. Dalam konteks ini, TPST tidak hanya dianggap sebagai satu-satunya sumber polusi udara, tetapi juga dianggap sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari kondisi udara di wilayah tersebut. Pengamatan terhadap arah angin utama, suhu,

dan tingkat kelembapan adalah hal penting untuk memahami cara polutan menyebar dan berinteraksi langsung dengan masyarakat di sekitar daerah tersebut (Ardiyanta et al., 2024).

Hingga saat ini, penelitian tentang kualitas udara di Yogyakarta umumnya masih mengarah pada emisi dari kendaraan bermotor dan sektor industri, sedangkan penelitian yang secara spesifik menganalisis mikroplastik dalam partikulat $PM_{2.5}$ dan PM_{10} di area sekitar pengelolaan sampah masih sangat sedikit. Ada informasi ilmiah yang kurang lengkap mengenai jumlah, ciri fisik seperti warna dan ukuran, hingga jenis polimer yang terdistribusi di udara di area tersebut. Selain itu, belum ada penelitian yang secara mendalam menghubungkan parameter meteorologi lokal dengan keberadaan mikroplastik pada fraksi partikulat tertentu di lokasi ini, yang menjadi kontribusi utama dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mendapatkan data kuantitatif dan kualitatif yang lengkap, sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat memperdalam pemahaman mengenai mekanisme transport mikroplastik di udara ambien dan interaksinya dengan parameter lingkungan, yang pada akhirnya dapat menjadi dasar bagi pengembangan studi lingkungan di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut didapatkan permasalahan umum, yaitu :

1. Bagaimana Konsentrasi pada $PM_{2.5}$ dan PM_{10} di udara ambien Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Sendangsari?
2. Bagaimana Kelimpahan dan karakteristik mikroplastik yang meliputi jenis mikroplastik, warna, ukuran, dan jenis polimer di udara ambien Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Sendangsari?
3. Bagaimana Hubungan Faktor Meteorologi dengan Mikroplastik di udara ambien Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Sendangsari?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, seperti :

1. Mengetahui Konsentrasi pada $PM_{2.5}$ dan PM_{10} di udara ambien Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Sendangsari.

2. Mengidentifikasi Kelimpahan dan karakteristik morfologi (bentuk, warna, ukuran) dan jenis polimer mikroplastik menggunakan analisis FTIR di udara ambien Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Sendangsari.
3. Mengetahui Hubungan Faktor Meteorologi dengan Mikroplastik di udara ambien Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Sendangsari

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian dalam penelitian ini :

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik lingkungan, khususnya dalam kajian pencemaran udara dan mikroplastik, serta menjadi referensi bagi penelitian sejenis di masa mendatang.
2. Menambah wawasan terkait ilmu pengetahuan mikroplastik yang digunakan sebagai referensi dari hasil penelitian.
3. Mengidentifikasi jumlah, karakteristik, warna serta bentuk mikroplastik yang terdapat pada *Particulate Matter*.
4. Memberikan penjelasan komprehensif mengenai keterkaitan antara parameter meteorologi dengan pola persebaran mikroplastik di atmosfer, guna memperdalam pemahaman mengenai mekanisme transpor polutan polimer.
5. Memberikan pemahaman terkait penggunaan alat dan teknologi di laboratorium

1.5 Ruang Lingkup

1. Lokasi penelitian dibatasi pada area sekitar TPST Sendangsari, Sleman dengan pengambilan sampel udara menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS).
2. Identifikasi mikroplastik mencakup kelimpahan (partikel/m³), karakteristik visual (mikroskop), dan jenis polimer (FTIR).
3. Faktor lingkungan yang diamati terbatas pada parameter meteorologi (suhu, kelembapan, arah, dan kecepatan angin).
4. Analisis kualitas udara ambien dibatasi dengan standar evaluasi hasil mengacu pada Baku Mutu Udara Ambien Nasional (PP No. 22 Tahun 2021, Lampiran VII).

5. Prosedur *sampling* mengacu pada SNI 7119.14 & 15:2016 dengan durasi pemaparan filter selama 24 jam per titik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Particulate Matter*

Particulate Matter (PM) adalah campuran kompleks partikel padat dan cair yang tersuspensi di udara, bersumber dari proses alami maupun aktivitas antropogenik. Klasifikasi PM berdasarkan diameter aerodinamik menjadi krusial karena ukuran partikel menentukan mekanisme transportasi, waktu tinggal di atmosfer, serta pola dispersi dan deposisi di lingkungan (Anggraini et al., 2023).

Partikulat dikategorikan sebagai indikator utama pencemaran udara karena sifatnya yang persisten dan kemampuannya mengikat polutan lain. Distribusi PM di udara ambien sangat dipengaruhi oleh intensitas sumber emisi (seperti lalu lintas atau industri) dan kondisi meteorologi lokal. Oleh karena itu, parameter PM digunakan secara universal untuk menilai risiko kesehatan dan kualitas lingkungan di suatu wilayah (Salam et al., 2023; Chalvatzaki & Lazaridis, 2020).

PM₁₀ didefinisikan sebagai partikulat dengan diameter aerodinamik ≤ 10 μm . ini seringkali didominasi oleh partikel hasil resuspensi permukaan (debu jalan, tanah), material konstruksi, dan aktivitas mekanis lain yang menghasilkan partikel kasar (Reskita, 2020).

PM_{2.5} adalah partikulat halus dengan diameter aerodinamik $\leq 2,5$ μm yang umumnya terbentuk dari proses pembakaran (kendaraan bermotor, pembakaran biomassa, emisi industri) dan reaksi sekunder di atmosfer. Halus ini dapat bertahan lama di kolom udara dan tersebar hingga jarak jauh dari sumber emisi (Fauzi, 2023).

Mengingat ukurannya yang sangat kecil, PM_{2.5} dilaporkan memiliki korelasi kuat dengan keberadaan mikroplastik di udara (*airborne microplastics*). Studi terbaru menunjukkan bahwa PM_{2.5} dapat berperan sebagai media pembawa (*carrier*) atau bahkan berasosiasi langsung dengan mikroplastik berukuran sub-mikro. Oleh karena itu, analisis partikulat halus menjadi pendekatan yang relevan untuk mendeteksi keberadaan polutan mikroplastik di atmosfer (Fauzi, 2023; Woo et al., 2021).

Tabel 2. 1 Sumber *Particulate Matter*

No	Jenis PM	Rentang Ukuran	Sumber Utama
1	PM _{2.5}	< 2.5 um	Pembakaran (sampah, kendaraan), industri, aktivitas TPST, resuspensi halus
2	PM ₁₀	< 10 um	Debu jalan, aktivitas TPST, angkutan sampah, konstruksi, pembakaran terbuka

2.2 Mikroplastik

2.2.1 Definisi dan Karakteristik Mikroplastik

Mikroplastik didefinisikan sebagai partikel plastik berukuran kurang dari 5 mm, baik yang berasal dari produk berukuran mikro sejak awal (mikroplastik primer) maupun dari hasil degradasi plastik berukuran besar (mikroplastik sekunder). Definisi ini digunakan secara luas dalam berbagai penelitian lingkungan karena ukurannya yang kecil memungkinkan partikel ini tersebar luas di berbagai matriks lingkungan, termasuk udara, air, dan tanah (Kurniawan et al., 2023; Ardiyanta et al., 2024).

Klasifikasi mikroplastik umumnya didasarkan pada asal (primer dan sekunder), ukuran, bentuk, serta komposisi polimer. Berdasarkan studi karakteristik fisik, bentuk yang paling sering ditemukan pada sampel lingkungan di Indonesia meliputi serat (*fiber*), fragmen, film, dan butiran (*pellet*). Dominasi bentuk serat sering dikaitkan dengan limbah tekstil atau pencucian pakaian, sedangkan fragmen berasosiasi dengan pemecahan produk plastik keras (Salsabila et al., 2022).

Selain bentuk, karakteristik mikroplastik juga mencakup warna, densitas, dan jenis polimer. Warna mikroplastik dapat menjadi indikator awal sumber pencemaran misalnya, warna putih atau bening sering kali menunjukkan hasil degradasi plastik kemasan umum, sementara warna biru atau hitam sering berasal dari jaring atau material industri. Variasi densitas polimer (seperti PE, PP, atau PET) sangat memengaruhi perilaku transportasi partikel di udara, di mana polimer dengan densitas rendah lebih mudah tersuspensi dan terbawa angin (Woo et al., 2021; Ardiyanta et al., 2024).

Tabel 2. 2 Karakteristik Polimer

No	Jenis Polimer	Karakteristik	Bentuk
1	<i>Polyethylene (PE)</i>	Ringan, fleksibel, tahan air, kurang tahan panas; densitas rendah	Fragmen tipis, film kecil, partikel abrasi
2	<i>Polypropylene (PP)</i>	Lebih kaku dari PE, titik leleh tinggi, ringan; sering berbentuk serpihan	Fragmen, serpihan dari pecahan kemasan
3	<i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	Kuat, jernih, tahan suhu moderat; densitas sedang	Fiber (dari pakaian), fragmen dari botol PET
4	<i>Polystyrene (PS)</i>	Mudah rapuh, ringan, dapat berupa foam (styrofoam)	Fragmen kecil & butiran rapuh
5	<i>Polyvinyl Chloride (PVC)</i>	Tahan kimia, keras atau fleksibel tergantung aditif	Fragmen keras berukuran relatif besar

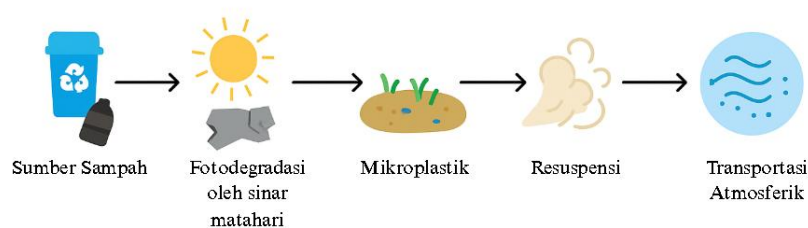
2.2.2 Mikroplastik Dalam Atmosfer dan Udara Ambien

Mikroplastik dalam atmosfer masuk melalui berbagai jalur yang berkaitan dengan aktivitas manusia dan proses lingkungan. Salah satu mekanismenya adalah resuspensi partikel dari permukaan tanah atau debu yang mengandung fragmen plastik akibat degradasi atau keausan material plastik. Selain itu, pembakaran sampah atau limbah plastik secara langsung dapat melepaskan partikel mikroplastik ke udara, sementara aktivitas industri yang memanfaatkan plastik sebagai bahan baku dapat menjadi sumber pelepasan partikel plastik halus. Mikroplastik juga dapat terbentuk melalui abrasi atau degradasi mekanik pada peralatan, kendaraan, atau permukaan yang mengandung plastik, sehingga partikel kecil tersebut tersuspensi di udara dan tersebar di area sekitarnya (Ardiyanta et al., 2024; Fathulloh, 2021).

Hasil pengukuran mikroplastik di udara ambien menunjukkan adanya variasi konsentrasi antar lokasi dan waktu pengambilan sampel. Beberapa penelitian melaporkan konsentrasi mikroplastik dalam satuan partikel per meter kubik udara, yang dipengaruhi oleh kedekatan dengan sumber emisi, intensitas aktivitas manusia, serta kondisi lingkungan pada saat *sampling*. Variasi konsentrasi tersebut

mencerminkan dinamika mikroplastik di atmosfer dan menegaskan pentingnya mempertimbangkan aspek spasial dan temporal dalam kajian mikroplastik udara (Ardiyanta et al., 2024).

Distribusi mikroplastik di udara ambien juga dipengaruhi oleh karakteristik fisik partikel dan kondisi lingkungan secara umum. Perbedaan ukuran dan bentuk partikel menyebabkan mikroplastik menunjukkan perilaku transportasi yang beragam di atmosfer, di mana partikel berbentuk serat (*fiber*) atau fragmen tipis cenderung lebih mudah tersuspensi dibandingkan partikel yang lebih padat. Secara spesifik, mikroplastik berukuran mikro hingga sub-mikro sering kali terdistribusi di dalam partikulat halus seperti PM_{2,5} dan PM₁₀, di mana partikulat tersebut berfungsi sebagai pembawa (*carrier*) bagi polutan plastik di atmosfer. Interaksi ini memungkinkan mikroplastik untuk berikatan dengan partikel debu atau aerosol lain, baik sebagai partikel individual maupun dalam bentuk agregat, yang selanjutnya memengaruhi proses transportasi dan deposisi di berbagai lokasi pengamatan (Woo et al., 2021; Ardiyanta et al., 2024).



Gambar 2. 1 Siklus Mikroplastik di Atmosfer

2.2.3 Mikroplastik Pada Udara Ambien Yogyakarta

Pencemaran mikroplastik di atmosfer merupakan salah satu tantangan lingkungan baru yang mulai terdeteksi di wilayah perkotaan Yogyakarta seiring dengan meningkatnya aktivitas antropogenik. Sebagai kota dengan kepadatan penduduk yang tinggi, udara ambien di Yogyakarta berpotensi mengandung partikel plastik berukuran < 5 mm yang berasal dari degradasi sampah plastik di permukaan tanah, serat tekstil sintetis, maupun abrasi ban kendaraan. Karakteristik partikel yang ringan memungkinkan mikroplastik ini tetap tersuspensi di udara dalam waktu yang lama dan berpindah tempat sesuai dengan pergerakan massa udara lokal (Wong et al., 2020).

Kondisi topografi dan meteorologi di wilayah Yogyakarta, khususnya di daerah penyangga seperti Sleman, sangat memengaruhi mekanisme deposisi dan resuspensi mikroplastik di udara. Adanya fluktuasi tekanan udara dan suhu harian di wilayah ini memicu pergerakan partikel plastik dari tumpukan sampah terbuka menuju area pemukiman melalui bantuan angin. Fenomena ini menyebabkan konsentrasi mikroplastik di udara sering kali ditemukan lebih tinggi pada titik-titik yang berdekatan dengan sumber timbulan sampah atau aktivitas pengolahan limbah secara terbuka (Pradiko et al., 2021).

Keberadaan fasilitas pengolahan sampah seperti TPST Sendangsari di Yogyakarta menjadi salah satu titik perhatian utama dalam studi mikroplastik udara karena berperan sebagai sumber pencemar potensial (*point source*). Proses pelapukan plastik akibat paparan sinar ultraviolet (UV) yang intens di iklim tropis Yogyakarta menyebabkan polimer plastik mengalami fragmentasi menjadi bentuk yang lebih kecil seperti *fiber*, *fragment*, dan *film*. Partikel-partikel hasil fragmentasi ini kemudian terangkat ke atmosfer dan berkontribusi terhadap konsentrasi polutan udara ambien di sekitar lokasi pengolahan (Sari et al., 2022).

2.3 Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST)

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) adalah fasilitas yang berfungsi untuk mengelola sampah secara terpusat melalui kegiatan pemilahan, pengumpulan, pemrosesan ulang, dan pengolahan sebelum pembuangan akhir. Fungsi utama TPST adalah mengurangi volume sampah yang dibuang, meningkatkan efisiensi daur ulang, serta memisahkan limbah yang bisa dimanfaatkan kembali dari limbah residu. Fasilitas ini dapat mengintegrasikan berbagai metode pengolahan, seperti pemilahan mekanik, pengolahan organik, dan daur ulang material anorganik, termasuk plastik, sehingga menjadi bagian penting dari sistem pengelolaan sampah perkotaan dan perdesaan di Indonesia (Salam et al., 2023).

Kegiatan TPST yang melibatkan pengelolaan plastik memiliki potensi menghasilkan mikroplastik melalui berbagai mekanisme. Plastik yang dipotong, dicacah, atau diproses secara mekanik dapat mengalami degradasi dan fragmentasi menjadi partikel kecil. Selain itu, interaksi plastik dengan proses pemilahan, penimbunan, atau pengangkutan dapat menyebabkan aus atau patahnya partikel, sehingga mikroplastik dapat terbentuk dan terlepas ke lingkungan. Faktor fisik,

seperti gesekan, tekanan, dan paparan cuaca, dapat mempercepat proses fragmentasi plastik di TPST (Ardiyanta et al., 2024).

Pelepasan mikroplastik dari aktivitas TPST dapat terjadi ketika residu plastik tidak ditangani dengan sistem pengendalian yang memadai. Partikel halus ini dapat tersuspensi di udara, terbawa angin, atau bercampur dengan debu lainnya. Potensi ini menjadikan TPST sebagai salah satu sumber mikroplastik di lingkungan sekitar, meskipun skala pelepasannya dipengaruhi oleh efisiensi pengelolaan fasilitas dan protokol pengendalian polutan yang diterapkan (Aprilianti et al., 2025; Chalvatzaki & Lazaridis, 2020).

2.4 Kualitas Udara Ambien dan Faktor Meteorologi

Pemantauan kualitas udara ambien di Indonesia umumnya menggunakan parameter partikulat seperti $PM_{2.5}$ dan PM_{10} karena partikel-partikel ini dapat membawa polutan padat, debu, dan material halus yang mempengaruhi dan lingkungan. Partikel halus seperti $PM_{2.5}$ dan PM_{10} dianggap kritis karena ukuran kecil memungkinkan penetrasi ke saluran pernapasan bagian dalam, sehingga digunakan sebagai indikator utama dalam penilaian kualitas udara dan risiko kesehatan. Karena itu, ketika merancang penelitian kualitas udara termasuk potensi kontaminan baru seperti mikroplastik penting untuk memasukkan parameter umum kualitas udara tersebut sebagai *baseline* (Ardiyanta et al., 2024).

Faktor meteorologi seperti suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin dapat mempengaruhi konsentrasi partikulat di udara ambien. Saat kecepatan angin meningkat, partikel halus cenderung tersuspensi lebih lama, sedangkan kelembaban tinggi dapat menyebabkan pengendapan partikel lebih cepat. Fluktuasi harian maupun musiman pada $PM_{2.5}$ dan PM_{10} sering dikaitkan dengan variabel meteorologi, sehingga pemahaman kondisi lokal penting ketika menafsirkan data kualitas udara. Dengan demikian, pencatatan data meteorologi saat *sampling* sangat disarankan untuk membedakan pengaruh sumber polutan dan kondisi cuaca (Ardiyanta et al., 2024).

Tabel 2. 3 Faktor Meteorologi

No	Parameter	Pengaruh	Penjelasan
1	Suhu (<i>Temperature</i>)	Mempengaruhi pembentukan dan resuspensi partikel	Suhu tinggi meningkatkan aktivitas fotokimia sehingga PM _{2.5} lebih mudah terbentuk dan partikulat mudah terangkat kembali.
2	Kelembaban Relatif	Mengubah ukuran dan perilaku partikel	Kelembaban tinggi membuat partikel menyerap air sehingga ukurannya membesar dan lebih mudah mengendap, tetapi dapat meningkatkan PM _{2.5} pada kondisi aerosol higroskopis.
3	Kecepatan Angin	Mengatur akumulasi atau dispersi partikulat	Angin rendah menyebabkan penumpukan partikulat, sedangkan angin tinggi dapat mendispersikan atau mengangkat kembali partikel dari permukaan.

2.5 High Volume Air Sampler (HVAS)

High Volume Air Sampler (HVAS) merupakan metode standar dalam pemantauan kualitas udara ambien untuk pengukuran partikulat tersuspensi. Prosedur penggunaan HVAS dan penentuan konsentrasi massa partikulat dalam penelitian ini mengacu pada SNI 7119-3:2017. Prinsip utamanya adalah metode Gravimetri, yaitu mengukur konsentrasi massa melalui selisih berat media filter sebelum dan sesudah *sampling* menggunakan neraca analitik dengan ketelitian tinggi (Chalvatzaki & Lazaridis, 2020; Salam et al., 2023).

Dalam kajian pencemaran udara, HVAS secara luas digunakan untuk studi partikulat karena kemampuannya menangkap partikel dari berbagai ukuran dalam satu periode pengambilan sampel. Pendekatan ini menjadikan HVAS relevan tidak hanya untuk pengukuran PM konvensional, tetapi juga untuk kajian pencemar non-konvensional yang berasosiasi dengan partikulat udara, termasuk mikroplastik. Mikroplastik berukuran mikro hingga sub-mikro dapat terperangkap bersama partikulat udara pada media filter, sehingga metode berbasis HVAS berpotensi dimanfaatkan dalam kajian mikroplastik atmosfer (Woo et al., 2021; Ardiyanta et al., 2024; Aprilianti et al., 2025).

Meskipun memiliki keunggulan dalam hal volume udara dan representativitas sampel, penggunaan HVAS juga memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan.

Kinerja alat ini dapat dipengaruhi oleh kestabilan laju alir, kondisi lingkungan saat sampling, serta penanganan media filter sebelum dan sesudah pengambilan sampel. Oleh karena itu, penerapan HVAS dalam penelitian kualitas udara umumnya memerlukan prosedur pengendalian mutu untuk memastikan bahwa data partikulat yang diperoleh akurat dan dapat diinterpretasikan secara ilmiah (Woo et al., 2021; Ardiyanta et al., 2024).

2.6 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan instrumen analitik utama yang digunakan untuk mengidentifikasi komposisi kimia dan jenis polimer dari partikel mikroplastik yang ditemukan di udara ambien. Penggunaan FTIR sangat krusial karena metode identifikasi visual saja sering kali tidak akurat dan dapat menyebabkan kesalahan klasifikasi antara partikel plastik dengan material organik atau sintetik lainnya. Instrumen ini bekerja dengan cara menembakkan radiasi inframerah pada sampel, di mana setiap jenis polimer akan menyerap energi pada panjang gelombang tertentu yang sesuai dengan vibrasi ikatan molekulnya (Baharuddin et al., 2023).

Prinsip dasar analisis FTIR terletak pada pembentukan spektrum absorpsi yang unik, yang sering disebut sebagai "sidik jari" (*fingerprint*) dari suatu material polimer. Melalui perbandingan spektrum sampel dengan database standar, peneliti dapat memverifikasi keberadaan polimer spesifik seperti *Polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), atau *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang umum ditemukan pada filter PM_{2.5}. Keunggulan teknik ini adalah kemampuannya untuk menganalisis sampel dalam ukuran mikro tanpa merusak struktur kimia partikel, sehingga memberikan data yang reliabel mengenai dominasi jenis plastik di lokasi penelitian (Alphasains, 2023).

2.7 Peneliti Terdahulu yang Relevan

Dalam menyusun tinjauan pustaka ini, penting untuk mengulas penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik mikroplastik di udara ambien dan lingkungan sekitar fasilitas pengolahan sampah. Kajian terhadap penelitian terdahulu membantu memberikan gambaran mengenai metodologi, temuan, dan

kesenjangan penelitian yang ada, sehingga landasan ilmiah bagi penelitian ini menjadi lebih kuat.

Tabel 2. 4 Peneliti Terdahulu

No	Peneliti Terdahulu	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
1	Aprilianti et al. (2025)	Identifikasi Mikroplastik Udara Ambien 18 Kabupaten/Kota di Indonesia	Pemetaan skala besar pencemaran mikroplastik udara di berbagai kota	Studi Lapangan Multi-lokasi & Analisis Deskriptif Komparatif	Mikroplastik udara ditemukan di seluruh lokasi studi, menunjukkan pencemaran udara Mp adalah masalah nasional/luas
2	Ardiyanta et al. (2024)	Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik di Udara Ambien TPA Piyungan, Yogyakarta	Mengetahui kelimpahan dan karakteristik mikroplastik di udara sekitar TPA	<i>Active Sampling (Impinging)</i> & Analisis Mikroskopis	Mikroplastik ditemukan di semua titik sampling, didominasi bentuk fiber dan fragmen, mengindikasikan risiko inhalasi bagi pekerja/warga.
3	Akhbarizadeh et al. (2021)	<i>Suspended fine particulate matter (PM 2.5), microplastics (MPs), and polycyclic aromatic</i>	Menganalisis konsentrasi PM _{2.5} , karakteristik mikroplastik (MPs), dan kandungan PAHs di udara perkotaan serta hubungannya dengan risiko kesehatan kronis melalui inhalasi.	<i>Active Air Sampling</i> (menggunakan <i>high-volume sampler</i>), Analisis Mikroskopis (identifikasi MPs), dan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (analisis PAHs).	Mikroplastik ditemukan di semua sampel dengan bentuk dominan berupa fragmen dan jenis PET; PM _{2.5} terbukti bertindak sebagai pembawa (<i>carrier</i>) mikroplastik yang meningkatkan risiko paparan polutan berbahaya bagi penduduk.
4	Xuan Zhu et al. (2021)	<i>airborne Microplastic Concentrations in Five Megacities of Northern and Southeast China</i>	Menyelidiki kelimpahan, karakteristik fisik (bentuk, warna, ukuran), dan komposisi polimer mikroplastik di atmosfer pada lima megacity (Beijing,	<i>Active Air Sampling</i> (menggunakan <i>high-volume air sampler</i>), dan Identifikasi Polimer menggunakan M-FTIR (<i>Micro-Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	Mikroplastik terdeteksi di seluruh lokasi dengan konsentrasi berkisar antara 0,01 hingga 1,32 partikel; didominasi oleh bentuk fiber dan polimer jenis Rayon serta Polyethylene,

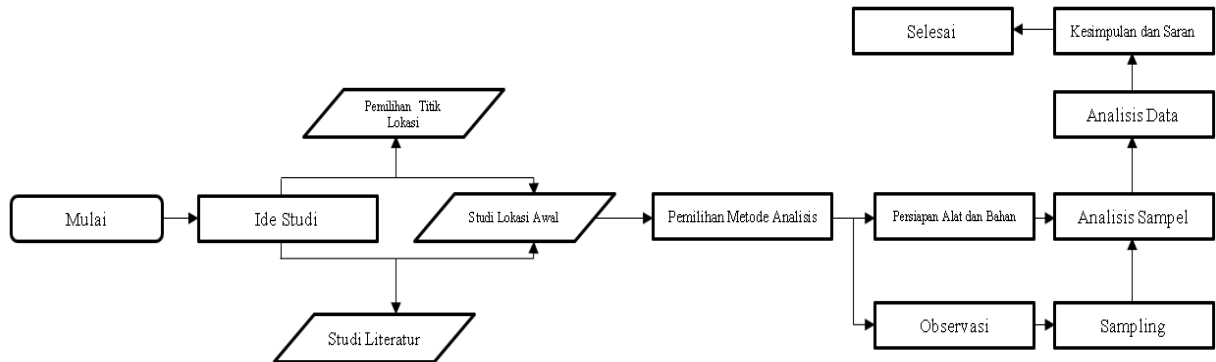
No	Peneliti Terdahulu	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
			Tianjin, Shijiazhuang, Shenyang, dan Dalian).		yang mengindikasikan sumber dari tekstil dan aktivitas perkotaan yang padat.
5	Chalvatzaki & Lazaridis (2020)	<i>Measurement of PM₁₀ concentrations in a landfill area (Crete, Greece)</i>	Studi mendalam konsentrasi PM ₁₀ di TPA spesifik.	<i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS)	Emisi PM ₁₀ tertinggi terjadi saat musim kering dan aktivitas operasional intensif; TPA adalah sumber emisi partikulat lokal yang signifikan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

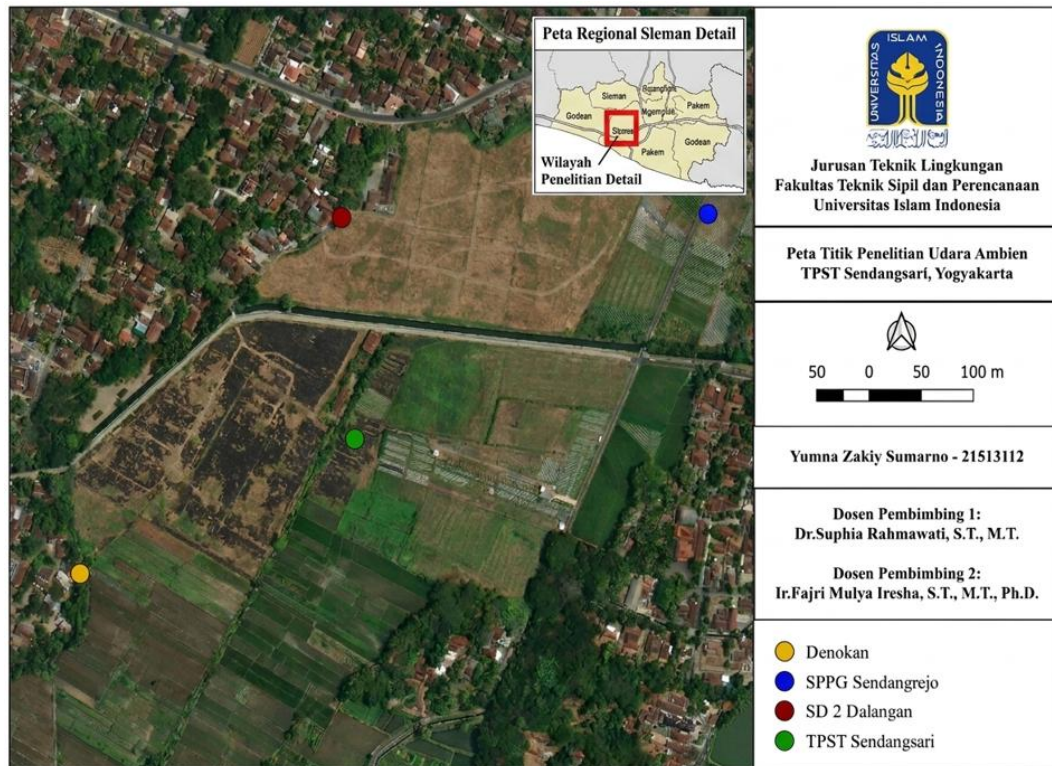
Berikut ini merupakan gambar dari proses penelitian dalam bentuk diagram alir:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Peta Situasi

Berikut merupakan peta lokasi titik *sampling* pada penelitian ini :



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan, yaitu pada bulan November 2025 hingga April 2026, yang mencakup tahap persiapan, pengambilan sampel, analisis laboratorium, serta pengolahan dan interpretasi data. Tahap persiapan meliputi peninjauan lokasi penelitian, kalibrasi alat, serta penentuan titik *sampling* di sekitar area TPST Sendangsari, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan sampel udara dilakukan secara langsung di lapangan pada beberapa titik. Pembagian titik ini bertujuan untuk membedakan kondisi udara berdasarkan intensitas aktivitas operasional di sekitar TPST dan faktor meteorologi.

Setiap periode pengambilan dilakukan menggunakan *High Volume Air Sampler*, yang ditempatkan pada 4 titik *sampling* yang dimana 3 titik di sekitar area pemukiman dan 1 di area TPST. Data yang diperoleh dari alat ini akan digunakan untuk menganalisis kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada $PM_{2.5}$ dan PM_{10} di udara ambien sekitar lokasi penelitian.

Penelitian ini berfokus pada pengamatan secara komprehensif mengenai kualitas udara di kawasan TPST. Pendekatan ini selaras dengan tujuan penelitian untuk

menggambarkan kondisi udara ambien yang bersinggungan langsung dengan masyarakat di wilayah tersebut, yang secara teoretis merupakan hasil akumulasi dari berbagai aktivitas antropogenik lokal dan regional.

Penentuan lokasi *sampling* dalam penelitian ini dilakukan secara *purposive* dengan tujuan utama untuk memetakan dinamika distribusi *fate*, serta transportasi partikulat mikroplastik di udara ambien sekitar kawasan TPST Sendangsari. Fokus penelitian ini bukanlah pemetaan kualitas udara regional secara luas, melainkan studi spesifik kawasan untuk memahami bagaimana massa udara membawa dan mendispersikan partikel dari TPST atau aktivitas masyarakat lainnya menuju lingkungan sekitar. Berdasarkan dinamika meteorologi, gradien jarak, serta kriteria fisik lokasi, ditetapkan empat titik pengamatan, yaitu:

- Titik 1 dan Titik 2 yang terletak di sektor Barat dan Utara ditetapkan sebagai area latar (*upwind*) yang berfungsi untuk mengidentifikasi konsentrasi dasar (*baseline*) mikroplastik sebelum massa udara melintasi pusat aktivitas kawasan.
- Titik 3 sebagai sumber area pengamatan terletak di dalam area operasional TPST Sendangsari untuk mengkarakterisasi partikulat pada area dengan intensitas aktivitas mekanis plastik yang tinggi (sistem RDF).
- Titik 4 yaitu SPPG, lokasi ini menjadi titik paling kritis karena berada pada jalur lintasan angin dominan (*downwind*), sehingga secara teoretis merepresentasikan paparan nyata yang dihirup oleh masyarakat di sekitar lokasi penelitian.

Penetapan lokasi *sampling* dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Berdasarkan dinamika meteorologi, gradien jarak, serta kriteria fisik lokasi, ditetapkan empat titik pengamatan yang mampu merepresentasikan area latar (*upwind*), area sumber pencemar, dan area permukiman yang berpotensi terpapar (*downwind*). Penentuan empat titik pengamatan dalam penelitian ini bertujuan untuk menjamin bahwa sampel yang diambil dapat menggambarkan sebaran mikroplastik secara akurat melalui keterwakilan massa udara di lokasi studi. Fokus pada jumlah titik yang representatif ini bertujuan untuk memastikan setiap tahapan, mulai dari pengambilan sampel

hingga analisis laboratorium, memenuhi standar ketelitian operasional dan meminimalisir risiko kontaminasi pada parameter polutan mikro.

Implementasi kriteria tersebut dilakukan dengan memilih titik SPPG sebagai area penerima (*downwind*). Lokasi ini dinilai strategis karena mewakili sektor timur yang bersinggungan langsung dengan permukiman penduduk serta akses jalan raya utama. Meskipun terdapat area permukiman lain yang posisinya lebih sejajar dengan arah angin dominan, perluasan titik *sampling* tidak dilakukan dikarenakan adanya batasan durasi penelitian, keterbatasan biaya, serta kendala terkait perbedaan wilayah administrasi di lapangan. Lokasi SPPG dipilih berdasarkan pertimbangan kriteria fisik lokasi, terutama terkait aspek keamanan dan aksesibilitas guna menjamin kelancaran operasional alat HVAS selama periode *sampling* 24 jam. Dengan demikian, penempatan empat titik *sampling* ini telah memadai dan sesuai dengan kaidah teknis untuk mengkarakterisasi transportasi mikroplastik dari TPST Sendangsari menuju lingkungan sekitarnya.

3.3 Pengambilan Sampel

3.3.1 Sampel Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini mencakup informasi pendukung yang diperoleh dari sumber eksternal untuk memperkuat analisis data utama. Data sekunder yang digunakan meliputi:

1. Informasi Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) Sendangsari
Merupakan fasilitas pengolahan sampah terintegrasi yang menerapkan teknologi *Refuse Derived Fuel* (RDF) untuk mengolah sampah menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pemilahan dan pencacahan mekanis. Dalam konteks penelitian ini, TPST Sendangsari berfungsi sebagai lokus pengamatan pusat karena intensitas aktivitas pengelolaan material plastiknya berpotensi menjadi sumber pelepasan partikulat mikroplastik ke udara ambien di wilayah sekitarnya.
2. Pemukiman
Merupakan area reseptor yang terletak di sekitar fasilitas pengelolaan sampah, khususnya pada sektor Timur yang berada di jalur lintasan angin dominan. Penentuan area pemukiman sebagai titik pengamatan bertujuan

untuk menilai dampak sebaran mikroplastik terhadap lingkungan hunian dan potensi paparannya terhadap masyarakat lokal. Pemilihan lokasi ini mewakili kondisi nyata di lapangan di mana aktivitas domestik dan mobilitas warga bersinggungan dengan polutan yang tertransportasi dari pusat aktivitas kawasan (Bela Agustina et al., 2025).

3. Data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisik (BMKG)

Data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) digunakan sebagai data pembanding dan pendukung untuk memvalidasi pola arah angin dominan serta kondisi cuaca regional di wilayah Yogyakarta. Informasi ini sangat krusial untuk memperkuat analisis model dispersi dan transportasi mikroplastik dari titik sumber (*upwind*) menuju area penerima (*downwind*) secara makro, guna memastikan bahwa data lapangan yang terukur selaras dengan kondisi meteorologi wilayah pada periode *sampling* tersebut (Abdus Salam Jawwad et al., 2023).

4. Data Meteorologi

Data meteorologi pada saat pengambilan sampel diukur secara langsung di setiap titik lokasi penelitian menggunakan *anemometer* dan *termohigrometer*. Pengukuran dilakukan secara berkala dengan pencatatan setiap 1 jam sekali selama durasi *sampling* (24 jam).

Parameter yang diukur meliputi:

- Kecepatan dan Arah Angin

Diukur menggunakan *anemometer* untuk menentukan pergerakan udara yang membawa partikel mikroplastik dari sumber menuju area sekitarnya (Abdus Salam et al., 2023).

- Suhu dan Kelembapan Udara

Diukur menggunakan *termohigrometer* untuk mengetahui kondisi stabilitas atmosfer yang memengaruhi konsentrasi partikel mikroplastik di udara ambien (Kurniawan et al., 2023).

3.3.2 Sampel Primer

Pengumpulan sampel primer dilakukan melalui rangkaian prosedur teknis mulai dari persiapan hingga analisis laboratorium. Tahapan tersebut meliputi:

1. Persiapan *Sampling*

- Kalibrasi Alat

High Volume Air Sampler (HVAS) dipastikan berfungsi dengan baik melalui pengecekan laju alir udara (*flow rate*). Anemometer dan termohigrometer dipastikan dalam kondisi terkalibrasi untuk akurasi data lapangan (Budianto et al., 2025).

- Persiapan Filter

Penelitian ini menggunakan kertas filter merk Staplex Type TFAGF 810 berdimensi 8” x 10”. Sebelum digunakan, filter dikondisikan di dalam desikator untuk menjaga stabilitas kelembapan. Penimbangan dilakukan menggunakan neraca analitik dengan ketelitian tinggi. Prosedur penimbangan dilakukan sebanyak 3 kali dalam rentang waktu 3 hari untuk mencapai berat rata-rata yang stabil (konstan). Nilai rata-rata ini dicatat sebagai berat awal (W1) (Akhbarizadeh et al., 2025).

- Alat dan Bahan

Pengambilan sampel udara ambien dalam penelitian ini didukung oleh penggunaan instrumen dan material yang sesuai dengan pedoman SNI 7119.14 & 15:2016. Penggunaan alat yang terstandarisasi untuk menjaga kualitas data primer yang diperoleh di lapangan (Woo et al., 2021). Daftar lengkap alat dan bahan *sampling* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 1 Alat *Sampling*

No	Nama Alat
1	<i>High Volume Air Sampler Telinco Seri THVAS-2000</i>
2	Genset
3	Roll Kabel 25 Meter
4	Termohigrometer Lutron Model MHB-382SD
5	Anemometer Lutron Model LM-8000A
6	Box Penyimpanan

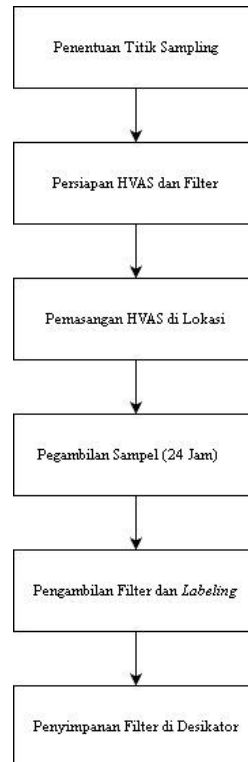
Tabel 3. 2 Bahan *Sampling*

No	Nama Bahan
1	Filter HVAS Staplex Type TFAGF 810
2	Pertalite (Bensin)

2. *Sampling*

Sampling dilakukan selama 24 jam di empat titik lokasi (TPST Sendangsari, Dukuh Denokan, SPPG Sendangrejo, dan SD 2 Dalangan).

Berikut merupakan diagram alir dari tahapan *Sampling*:



Gambar 3. 3 Diagram Alir *Sampling*

- **Pemasangan *Filter***
Filter Staplex dipasang pada *filter holder* masing-masing alat menggunakan sarung tangan steril untuk menjaga sterilisasi media *filter* (M. Zaid Fathulloh et al., 2021).
- **Pencatatan Operasional**
Waktu aktivasi (*start*) dan penghentian (*stop*) alat dicatat secara akurat untuk memastikan durasi *sampling* tepat 24 jam. Laju alir udara (*flow rate*) juga dipantau pada awal dan akhir periode *sampling* (Chalvatzaki et al., 2020).
- **Parameter Meteorologi**
Selama operasional alat berlangsung, dilakukan pengukuran parameter lingkungan meliputi suhu, kelembapan, serta arah dan

kecepatan angin menggunakan *anemometer* dan *termohigrometer* dengan durasi pencatatan setiap 1 jam sekali (Ardiyanta et al., 2024).

3. Penjaminan Mutu (Blanko)

Untuk memastikan validitas data, dilakukan prosedur blanko sebagai berikut:

- Blanko Lapangan (*Field Blank*)
Diletakkan satu buah filter kontrol (blanko) dengan jenis yang sama (Staplex Type TFAGF 810). Filter blanko ini diletakkan di lokasi selama 24 jam penuh tanpa dialiri udara oleh HVAS (Bela Agustina et al., 2025).
- Blanko Lab (*Lab Blank*)
Filter yang tetap berada di laboratorium dan diperlakukan sama dalam proses analisis untuk mendeteksi kontaminasi dari udara lingkungan laboratorium (Luján-Vega et al., 2024).

4. Analisis Sampel

Proses analisis sampel dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan FTSP UII. Prosedur analisis dalam penelitian ini mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Akhbarizadeh et al. (2021) dengan beberapa modifikasi teknis untuk menyesuaikan kondisi serta jumlah sampel yang ada. Perbedaan utama terletak pada cakupan parameter, di mana penelitian rujukan berfokus pada $PM_{2.5}$, sedangkan penelitian ini menganalisis dua parameter sekaligus, yaitu $PM_{2.5}$ dan PM_{10} , untuk mengidentifikasi keberadaan mikroplastik pada setiap partikulat udara.

Tabel 3. 3 Alat Analisis Sampel

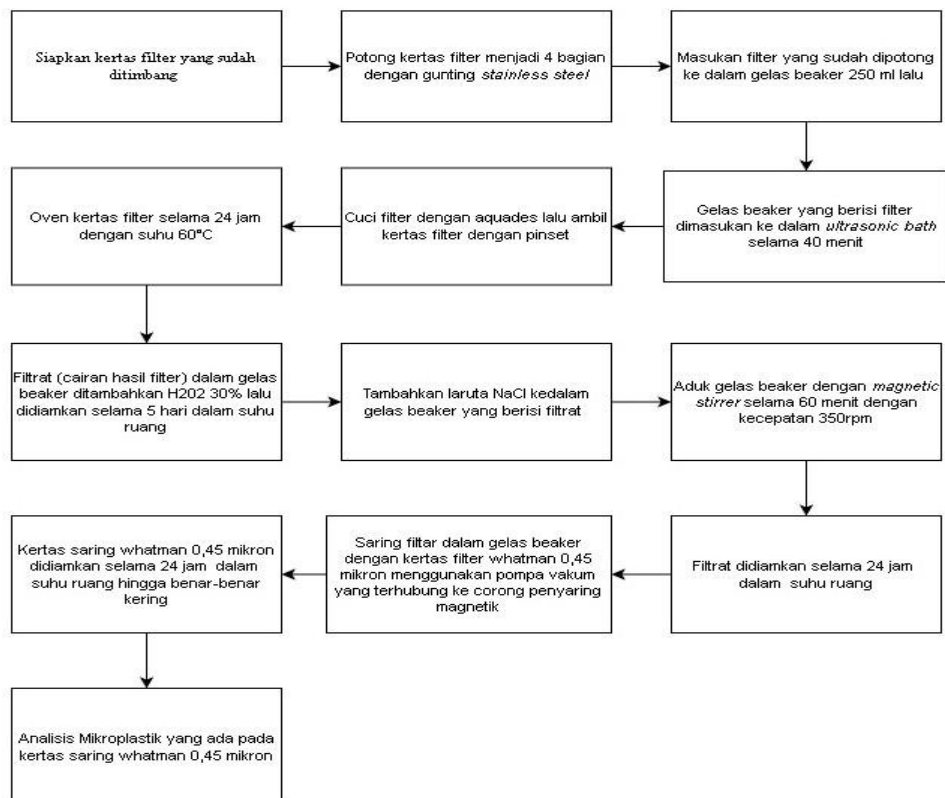
No	Nama Alat
1	Gelas Beaker 500ml
2	Gunting
3	<i>Ultrasonic Bath</i>
4	<i>Hotplate Stirrer</i>
5	Pompa Vakum
6	Mikroskop Olympus U-TR30-2
7	FTIR Shimadzu IRTracer-100 AH
8	Gelas Ukur 100ml
9	Erlenmeyer

No	Nama Alat
10	Corong Kaca

Tabel 3. 4 Bahan Analisis Sampel

No	Nama Bahan
1	Filter Whatman 0,45 um
2	<i>Aquadest</i>
3	H2O2 30%
4	NaCl

Berikut urutan analisis sampel udara dan data pengukuran mikroplastik:



Gambar 3. 4 Diagram Analisis Sampel

Analisis sampel dilakukan berdasarkan prosedur Akhbarizadeh et al. (2021), di mana kertas filter yang telah ditimbang dipotong menjadi empat bagian. Potongan-potongan tersebut kemudian ditempatkan dalam sebuah gelas beaker dan direndam dengan 80 ml *aquadest*. Penjelasan mengenai tahapan pengujian mikroplastik dari awal pemisahan mikroplastik hingga analisis mikroplastik adalah sebagai berikut:

- *Aquadest*

Penggunaan *aquadest* bertujuan untuk membersihkan sekaligus memisahkan mikroplastik dari partikulat lain yang menempel pada permukaan filter dan digetarkan dengan *ultrasonic bath* untuk menghilangkan kotoran yang terdapat di kertas filter (Akhbarizadeh et al., 2025).



Gambar 3. 5 *Ultrasonic Bath*

- Larutan H₂O₂ 30%

Sampel direndam dalam 80 ml larutan H₂O₂ 30% selama lima hari untuk mendestruksi material organik seperti debu dan serat yang dapat menghalangi proses identifikasi. Selain berfungsi sebagai pemisah, penambahan H₂O₂ ini bertujuan untuk memutihkan mikroplastik sehingga kontras visualnya meningkat, yang secara signifikan mempermudah pengamatan dan analisis di bawah mikroskop (Luján-Vega et al., 2024).



Gambar 3. 6 Larutan H2O2 30%

- Larutan NaCl

Penggunaan larutan NaCl jenuh 120 ml yang berfungsi sebagai medium pemisahan densitas (*density separation*) dalam analisis mikroplastik. Penambahan NaCl bertujuan untuk meningkatkan massa jenis cairan sehingga partikel mikroplastik yang memiliki densitas lebih rendah dapat mengapung, sementara partikulat anorganik atau sedimen yang lebih berat akan mengendap di dasar wadah (Salsabila et al., 2022).



Gambar 3. 7 Larutan NaCl

- Pompa Vakum (*Vacuum Pump Compressor*)

Tahap penyaringan bertujuan untuk menyaring mikroplastik yang ada pada sampel uji. Penyaringan dilakukan menggunakan kertas saring Whatman. Penyaringan dibantu dengan alat vakum dimana kertas saring diletakan di atas *vacuum pump compressor*. Setelah dilakukan penyaringan, kertas saring dikeringkan dengan didiamkan di cawan

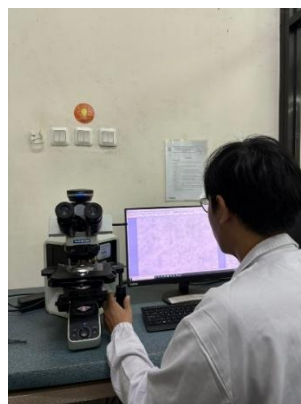
petri hingga kering. Kertas saring hasil penyaringan selanjutnya digunakan untuk analisis sampel menggunakan mikroskop dan FTIR (Woo et al., 2021).



Gambar 3. 8 Pompa Vakum

- Observasi Mikroskop

Tahap berikutnya, analisis dilakukan melalui observasi mikroskopis menggunakan mikroskop Olympus U-TR30-2 untuk mengidentifikasi karakteristik mikroplastik yang tidak kasat mata. Sampel disiapkan dalam bentuk preparat, lalu diamati dengan perbesaran 4x dan 10x untuk mendapatkan fokus yang tajam. Guna meningkatkan akurasi perhitungan, luas permukaan sampel dibagi menjadi empat kuadran. Fokus pengamatan ini adalah untuk mengklasifikasikan mikroplastik berdasarkan jenis (seperti *fragment*, *film*, dan *fiber*), variasi warna (hitam, transparan, biru, merah, coklat, dan hijau), serta jumlah total partikel yang ditemukan (Ardiyanta et al., 2024).



Gambar 3. 9 Mikroskop

- *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Analisis menggunakan instrumen Shimadzu FTIR IRTracer-100 AH dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi serta jenis polimer penyusun mikroplastik. Pengujian ini memanfaatkan teknik *Attenuated Total Reflection (ATR)* dengan kristal *diamond* yang dikontakkan langsung pada titik spesifik sampel. Data yang dihasilkan berupa spektrum inframerah (grafik) yang terekam secara digital melalui perangkat lunak komputer. Hasil identifikasi polimer tersebut kemudian digunakan sebagai basis data untuk menelusuri sumber pencemaran mikroplastik di lokasi penelitian (Baharuddin et al., 2023).



Gambar 3. 10 FTIR

3.4 Analisis Data

3.4.1 Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif dilakukan untuk menghitung konsentrasi massa partikulat dan kelimpahan mikroplastik dengan mempertimbangkan koreksi volume udara pada kondisi standar. Tahapan perhitungan dilakukan sebagai berikut, dengan rincian contoh perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2 bagian Perhitungan:

a) Koreksi Laju Alir

Koreksi laju alir pada parameter ini dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan

Q_s = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ($m^3/menit$)

Q_o = Laju alir volume uji ($m^3/menit$)

T_s = Temperatur standar

T_o = Temperatur rata-rata aktual

P_s = Tekanan aktual standar

P_o = Tekanan aktual rata-rata aktual

b) Volume Uji Udara

Volume contoh uji udara 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 (m^3)

Q_s = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ($m^3/menit$)

N = Jumlah pencatatan laju alir

T = Durasi pengambilan contoh uji (menit)

c) Konsentrasi Partikulat

Konsentrasi massa partikulat dihitung berdasarkan selisih berat filter dibagi volume standar:

$$C_{pm} = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V_{std}}$$

Keterangan:

C_{pm} = Konsentrasi partikulat

W_1 = Berat filter awal (gram)

W_2 = filter akhir (gram)

10^6 = Faktor konversi gram ke mikrogram

d) Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik dihitung berdasarkan hasil identifikasi visual mikroskop:

$$K_{mp} = \frac{n}{V_{std}}$$

Keterangan:

K_{mp} = Kelimpahan mikroplastik (partikel/ m^3)

N = Jumlah total partikel mikroplastik teridentifikasi

V_{std} = Volume udara standar (m^3)

3.4.2 Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan untuk mendeskripsikan karakteristik fisik, dimensi, komposisi kimia dari mikroplastik yang ditemukan pada filter sampel dan hubungannya dengan faktor meteorologi. Data kualitatif ini meliputi:

1. Morfologi

Identifikasi bentuk mikroplastik menggunakan mikroskop stereo. Partikel diklasifikasikan ke dalam kategori *fiber* (serat), *fragment* (pecahan keras), *film* (lembaran tipis).

2. Ukuran

Pengukuran panjang atau diameter partikel mikroplastik dilakukan menggunakan perangkat lunak mikroskop dan aplikasi tambahan yaitu *Image Raster*.

3. Warna

Pengamatan dan pencatatan variasi warna partikel (seperti transparan, hitam, biru, merah, dll) yang dapat memberikan indikasi awal mengenai sumber asal plastik tersebut.

4. Identifikasi Polimer

Analisis spektrum gugus fungsi melalui pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk menentukan jenis polimer spesifik (seperti *Polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), atau *Polyethylene Terephthalate* (PET)) dengan membandingkan pola serapan spektrum terhadap database standar.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Detail Lokasi Penelitian

Berikut adalah detail lokasi *sampling* yang dipilih berdasarkan pertimbangan arah angin dan keterwakilan area penelitian:

Lokasi	Deskripsi
TPST Sendangsari 	Titik ini berlokasi di area operasional TPST Sendangsari yang merupakan pusat aktivitas pengelolaan sampah berbasis teknologi <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF). Alat <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS) ditempatkan pada area terbuka guna memotret profil udara ambien di lingkungan kerja yang memiliki intensitas aktivitas mekanis tinggi, seperti mobilitas kendaraan logistik dan unit pemilahan. Pemilihan titik ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik awal partikulat mikroplastik di area dengan kepadatan material plastik yang tinggi sebelum terdispersi menuju lingkungan sekitarnya.

(a)

Lokasi	Deskripsi
Denokan	Berlokasi di sebelah kiri TPST Sendangsari, tepatnya pada area terbuka. Penempatan alat <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS) dilakukan pada jalur yang tidak terhalang oleh bangunan tinggi untuk memastikan sirkulasi udara

Lokasi	Deskripsi
 	optimal. Selama proses sampling, kondisi lingkungan didominasi dengan kelembapan udara rata-rata mencapai 83%. Posisi ini berfungsi sebagai titik kontrol (<i>upwind</i>) karena arah angin dominan bertiup dari Barat.

(b)

Lokasi	Deskripsi
SD 2 Dalangan  	Berlokasi di area terbuka bagian belakang sekolah, depan TPST (sisi Utara) yang berbatasan dengan persawahan. Alat HVAS ditempatkan pada sudut jalan tanpa hambatan fisik bangunan guna menjamin sirkulasi udara optimal. Saat <i>sampling</i>, tercatat hujan sedang selama beberapa jam dengan kelembapan tinggi (84%). Dengan arah angin dari Utara, lokasi ini menjadi titik kontrol (<i>upwind</i>).

(c)

Lokasi	Deskripsi
SPPG Sendangrejo  	Berlokasi didepan SPPG Sendangrejo, sisi sebelah kanan TPST. Alat HVAH ditempatkan pada area terbuka tanpa penghalang di atas landasan beton untuk menjamin stabilitas dan sirkulasi udara. Berdasarkan observasi visual saat sampling, terdapat aktivitas pembakaran terbuka di lahan kosong sekitar titik pengamatan yang asapnya terbawa angin menuju alat. Kondisi cuaca cerah dengan kelembapan 78%. Sebagai titik <i>downwind</i> (Utara), lokasi ini menangkap akumulasi partikulat dari aktivitas warga lokal dan emisi yang terbawa dari arah TPST.

(d)

Tabel 4. 1 Lokasi Titik Penelitian (a) TPST Sendangsari, (b) Denokan, (c) SD 2 Dalangan, (d) SPPG Sendangrejo

4.2 Hasil Pengukuran Konsentrasi $PM_{2.5}$ dan PM_{10}

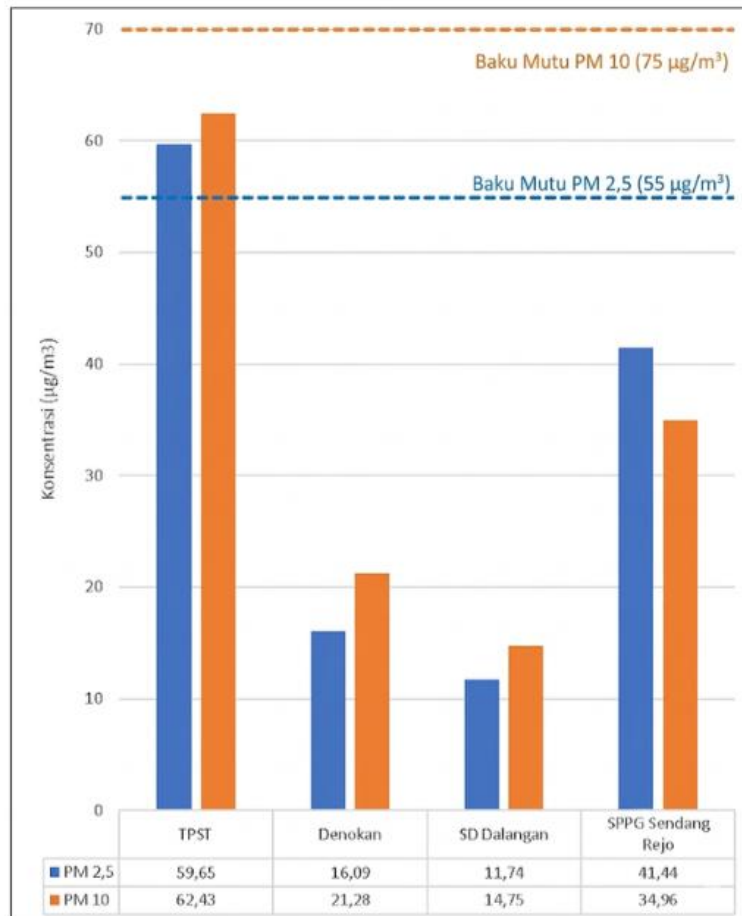
Berikut ini data hasil Pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ dan PM_{10} dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Konsentrasi $PM_{2.5}$ dan PM_{10}

Lokasi	Parameter			Baku Mutu Konsentrasi (ug/m³)
	Total Berat (g)	Volume Udara (m³)	Konsentrasi (ug/m³)	
PM _{2.5}				
TPST	0,0967	1.621,01	59,65	55
Denokan	0,0267	1.658,88	16,09	
SD Dalangan	0,0195	1.661,33	11,74	
SPPG Sendangrejo	0,0685	1.653,12	41,44	
PM ₁₀				
TPST	0,1012	1.621,01	62,43	75
Denokan	0,0353	1.658,88	21,28	

Lokasi	Parameter			Baku Mutu Konsentrasi (ug/m ³)
	Total Berat (g)	Volume Udara (m ³)	Konsentrasi (ug/m ³)	
SD Dalangan	0,0245	1.661,33	14,75	
SPPG Sendangrejo	0,0578	1.653,12	34,96	

* : Melebihi Baku Mutu (PP No 22 Tahun 2021)



Gambar 4. 1 Konsentrasi *Particulate Matter*

Untuk memastikan akurasi nilai massa partikulat yang terjaring, berat akhir filter pada tiap sampel telah dikurangi dengan berat filter blanko lapangan guna mengeliminasi pengaruh kelembapan atau kontaminasi non-sampel selama penanganan di lapangan. Berdasarkan hasil analisis, konsentrasi partikulat PM_{2.5} tertinggi tercatat di TPST yang mencapai 59,65 ug/m³, sedangkan lokasi dengan konsentrasi terendah berada di SD 2 Dalangan dengan nilai sebesar 11,74 ug/m³. Temuan ini menunjukkan bahwa nilai konsentrasi PM_{2.5} pada hampir semua lokasi tidak melebihi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 sebesar 55 ug/m³, kecuali pada titik TPST yang sedikit melampaui ambang batas tersebut. Jika dibandingkan

dengan penelitian Ardiyanta et al. (2024) di Gedung Serba Guna kawasan TPA Piyungan yang mencatatkan nilai 27,25 ug/m³, konsentrasi PM_{2.5} di TPST Sendangsari cenderung lebih tinggi.

Untuk parameter PM₁₀, konsentrasi tertinggi juga ditemukan di TPST mencapai 62,43 ug/m³, sementara konsentrasi terendah tercatat di SD 2 Dalangan dengan nilai 14,75 ug/m³. Seluruh lokasi pengambilan sampel untuk parameter ini masih berada di bawah standar baku mutu PP No. 22 Tahun 2021, yaitu sebesar 75 ug/m³. Sebagai pembandingan, penelitian Ardiyanta et al. (2024) di titik utama TPA Piyungan menunjukkan angka 47,9 ug/m³.

Perbedaan tingkat konsentrasi ini dipengaruhi secara signifikan oleh karakteristik spesifik lokasi dan aktivitas manusia di sekitar titik *sampling*. Tingginya angka konsentrasi di area TPST merupakan dampak langsung dari posisi alat *sampling* yang berada tepat di depan unit insinerator pembakaran *Refuse Derived Fuel* (RDF) serta berdekatan dengan area penimbangan truk sampah. Operasional insinerator yang membakar RDF secara kontinu menjadi sumber partikulat primer, di mana material plastik dalam RDF yang mengalami *thermal degradation* dapat menghasilkan mikroplastik di udara. Selain itu, aktivitas kendaraan berat di area penimbangan truk sampah memicu turbulensi udara yang menyebabkan terjadinya *re-suspension* (pengangkatan kembali) debu serta mikroplastik yang sebelumnya telah mengendap di permukaan tanah (Basriah et al., 2024).

Di sisi lain, rendahnya konsentrasi di SD 2 Dalangan dan Denokan sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca Jogja yang fluktuatif, di mana pada saat pengambilan sampel terjadi hujan yang mengakibatkan proses pencucian udara (*wet deposition*). Faktor kelembapan udara yang tinggi di seluruh lokasi, berkisar antara 78% hingga 84%, juga mendukung interaksi partikel debu dengan uap air. Kondisi ini menyebabkan partikel menjadi lebih berat dan mudah mengendap sebelum terhisap oleh alat HVAS (Bunga Surya et al., 2021). Secara umum, meskipun terdapat kontribusi dari aktivitas pengolahan sampah, kualitas udara ambien di lokasi penelitian masih terjaga dalam batas aman bagi masyarakat sekitar.

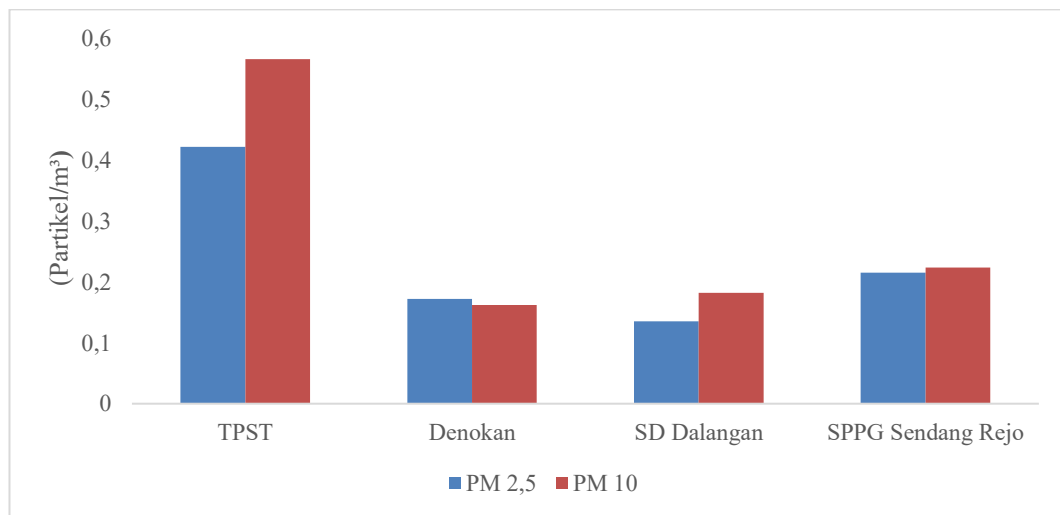
4.3 Hasil Analisis Mikroplastik

4.3.1 Hasil Kelimpahan dan Rasio Mikroplastik

Berikut nilai kelimpahan mikroplastik di setiap titik pengamatan secara detail disajikan dalam tabel kelimpahan di bawah ini.

Tabel 4. 3 Kelimpahan Mikroplastik

Lokasi	Kelimpahan Mikroplastik (Partikel/m ³)	
	PM _{2.5}	PM ₁₀
TPST	0,4220	0,5663
Denokan	0,1724	0,1622
SD Dalangan	0,1354	0,1824
SPPG Sendangrejo	0,2153	0,2238



Gambar 4. 2 Kelimpahan Mikroplastik

Berdasarkan hasil analisis, terdapat perbedaan kelimpahan mikroplastik yang signifikan di antara lokasi operasional pengolahan sampah dan kawasan pemukiman, yang juga dipengaruhi secara kuat oleh kondisi meteorologi setempat. Kelimpahan tertinggi ditemukan di TPST Sendangsari dengan nilai 0,5663 partikel/m³ pada parameter PM₁₀ dan 0,422 partikel/m³ pada PM_{2.5}. Jika dibandingkan dengan penelitian Aziz (2023) di Terminal Jombor pada kondisi *weekdays* yang mencatatkan kelimpahan 1,44 partikel/m³, angka di TPST cenderung lebih rendah secara total, namun tetap menunjukkan kelimpahan yang tinggi untuk area operasional pengolahan sampah. Secara meteorologi, TPST memiliki kecepatan angin rata-rata 3 m/s dari arah barat yang mendukung

penyebaran partikel fragmentasi hasil operasional insinerator dan penimbangan sampah ke area sekitar.

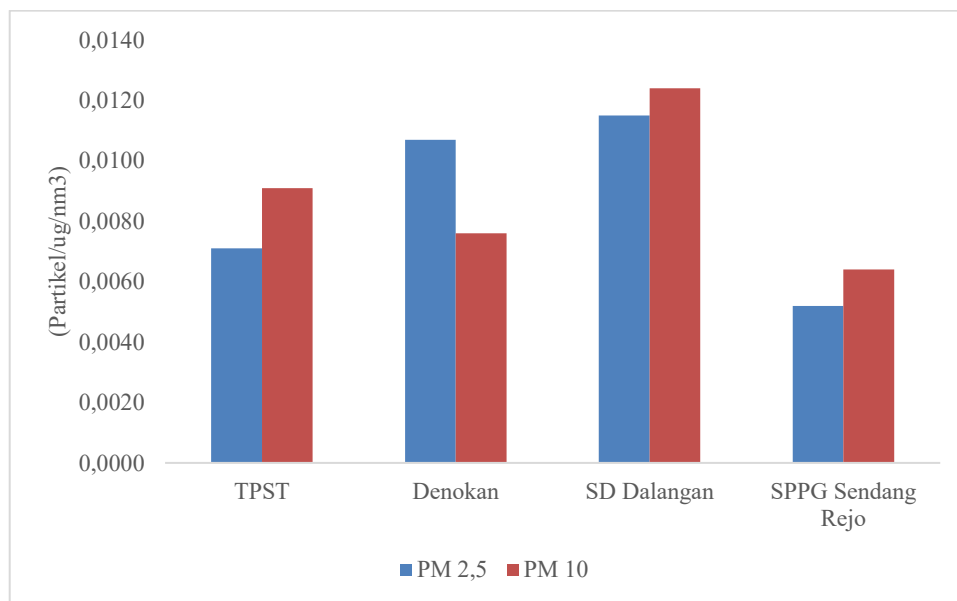
Pada kawasan pemukiman, kelimpahan menunjukkan angka yang lebih moderat, dengan SPPG Sendangrejo mencatatkan nilai tertinggi di kategori pemukiman sebesar 0,2238 partikel/m³ PM₁₀. Kelimpahan di titik ini dipengaruhi oleh arah angin dari Utara dengan kecepatan 3 m/s yang membawa partikel dari aktivitas domestik dan operasional wilayah sekitarnya. Nilai ini jauh lebih rendah dibandingkan kelimpahan di Terminal Giwangan (*weekdays*) yang mencapai 1,42 partikel/m³. Hal ini menunjukkan bahwa kawasan transportasi publik memiliki sumber emisi mikroplastik yang lebih intensif dibandingkan kawasan pemukiman penduduk.

Mekanisme pengurangan partikel secara alami terlihat signifikan pada titik SD 2 Dalangan dan Denokan. Di SD 2 Dalangan, tercatat kelimpahan terendah sebesar 0,1354 partikel/m³ pada parameter PM_{2.5}. Secara meteorologi, lokasi ini memiliki tingkat kelembapan rata-rata tertinggi sebesar 84% RH, yang menurut Aziz (2023), kondisi cuaca dan kelembapan yang tinggi dapat memicu proses *wet deposition*, di mana partikel mikroplastik meluruh dari atmosfer bersama air hujan. Sementara itu, di Denokan, fenomena unik terjadi dengan kelimpahan PM_{2.5} (0,1724 partikel/m³) yang lebih tinggi daripada PM₁₀ (0,1622 partikel/m³). Faktor kecepatan angin rata-rata yang mencapai 4 m/s (tertinggi di antara semua titik) dikombinasikan dengan vegetasi rapat di lokasi tersebut menciptakan hambatan fisik yang menyaring partikel kasar, namun membiarkan partikel halus tersuspensi lebih lama di bawah kanopi pohon.

Secara keseluruhan, perbandingan dengan data Aziz (2023) menunjukkan bahwa meskipun lokasi penelitian ini memiliki angka kelimpahan yang lebih kecil dibandingkan terminal bus, faktor meteorologi seperti kecepatan angin (rata-rata 3-4 m/s) dan kelembapan (78-84% RH) tetap menjadi media utama mobilitas dan deposisi partikel di udara ambien Yogyakarta.

Tabel 4. 4 Rasio Mikroplastik

Lokasi	Rasio Mikroplastik (Partikel/ug/m ³)	
	PM _{2.5}	PM ₁₀
TPST	0,0071	0,0091
Denokan	0,0107	0,0076
SD Dalangan	0,0115	0,0124
SPPG Sendang Rejo	0,0052	0,0064



Gambar 4. 3 Kelimpahan Mikroplastik

Berdasarkan hasil analisis data, rasio kelimpahan mikroplastik terhadap kelimpahan *particulate matter* menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh karakteristik emisi pada masing-masing lokasi. Rasio tertinggi ditemukan di titik pemukiman SD 2 Dalangan, yaitu sebesar 0,0115 partikel/ug/m³ pada parameter PM_{2.5} dan 0,0124 partikel/ug/m³ pada parameter PM₁₀. Tingginya rasio di lokasi ini bukan disebabkan oleh jumlah partikel plastik yang banyak secara absolut, melainkan karena proporsi mikroplastik yang mendominasi di tengah rendahnya konsentrasi debu total (non-plastik) di lingkungan sekolah yang jauh dari jalan raya utama. Kelembapan udara yang tinggi (84% RH) di lokasi ini juga mempercepat pengendapan partikel debu yang lebih berat, sementara mikroplastik yang lebih ringan tetap tersuspensi, sehingga menaikkan nilai rasionya. Hal ini sesuai dengan analisis Sari et al. (2022) bahwa rasio mikroplastik cenderung meningkat di area

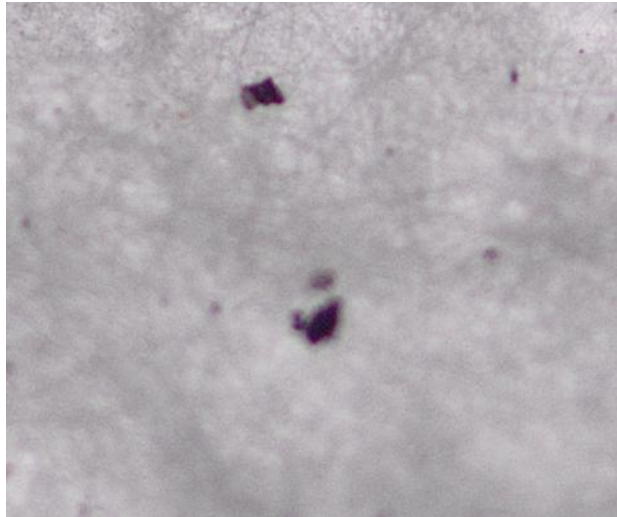
dengan aktivitas antropogenik spesifik meskipun konsentrasi partikulat totalnya rendah.

Sebaliknya, rasio di TPST Sendangsari tercatat lebih rendah, yaitu 0,0071 partikel/ug/m³ (PM_{2.5}) dan 0,0091 partikel/ug/m³ (PM₁₀), meskipun jumlah partikel mikroplastiknya paling banyak. Penyebab utama rendahnya rasio ini adalah tingginya konsentrasi massa PM₁₀ secara keseluruhan (62,43 ug/m³) akibat debu operasional, tanah, dan sisa pembakaran yang masif di area TPST, sehingga keberadaan mikroplastik terencerkan oleh polutan non-plastik lainnya. Fenomena serupa ditemukan di SPPG Sendangrejo yang memiliki rasio terendah (0,0052 partikel/ug/m³ pada PM_{2.5}). Hal ini dikarenakan lokasi tersebut memiliki konsentrasi partikulat non-plastik yang tinggi dari emisi kendaraan bermotor dan pembakaran domestik, yang membuat porsi mikroplastik dalam setiap mikrogram debu menjadi lebih kecil. Sementara itu, titik Denokan tetap menunjukkan rasio tinggi pada PM_{2.5} (0,0107 partikel/ug/m³) karena kerapatan vegetasi di sana bertindak sebagai penyaring debu kasar, namun memerangkap partikel plastik halus, sehingga secara proporsional partikel plastik menjadi lebih dominan di udara.

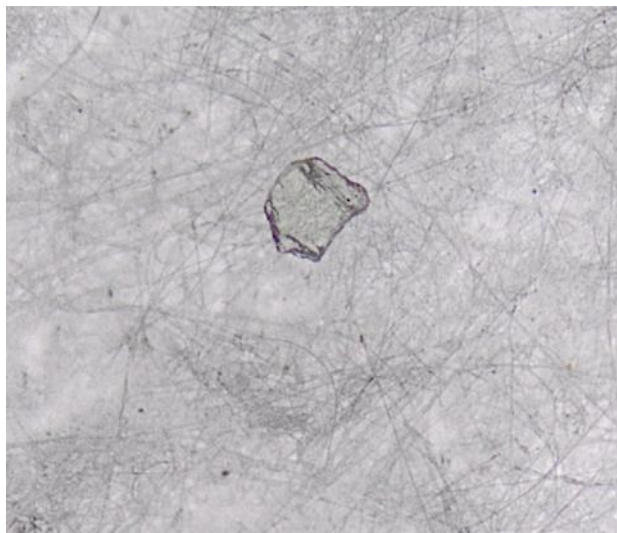
Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Aziz (2023), angka rasio di seluruh titik penelitian jauh lebih kecil karena perbedaan karakteristik sumber. Pada Terminal Giwangan dan Terminal Jombor, rasio tertinggi bisa mencapai 55,7 partikel/ug/m³ dan 45,62 partikel/ug/m³. Sangat tingginya rasio pada area terminal tersebut disebabkan oleh sumber emisi mikroplastik primer yang konstan dari abrasi ban kendaraan serta degradasi sampah plastik dari aktivitas penumpang yang sangat padat, yang tidak ditemukan di area pemukiman maupun TPST Sendangsari.

4.3.2 Hasil Berdasarkan Jenis

Pada perhitungan jumlah mikroplastik terdapat beberapa jenis mikroplastik yang ditemukan yang dapat dilihat melalui pengamatan mikroskop yaitu *fragment*, *fiber*, dan *film*. Adapun berikut beberapa gambar jenis mikroplastik yang diamati melalui mikroskop :



(a)



(b)



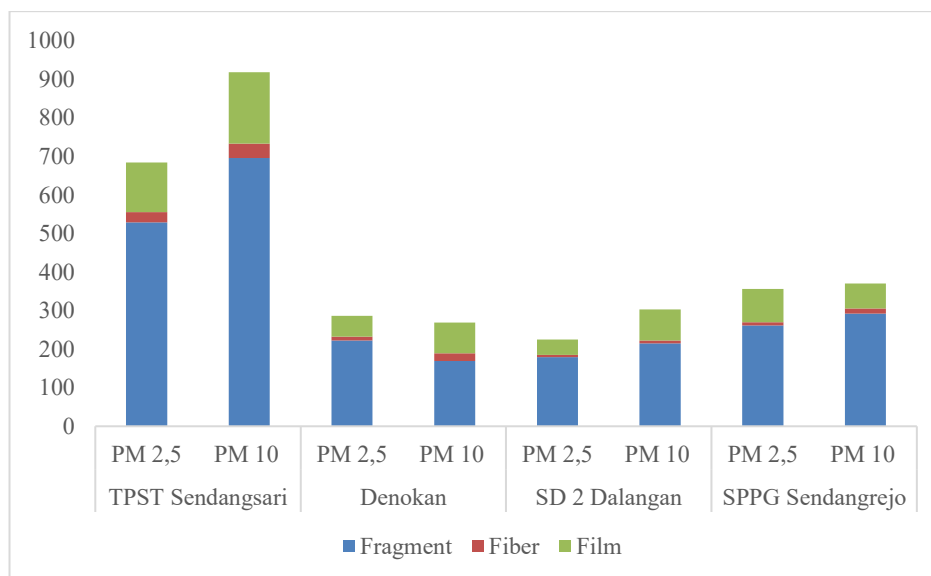
(c)

Gambar 4. 4 Jenis Mikroplastik (a)*Fragment*, (b)*Film*, (c)*Fiber*

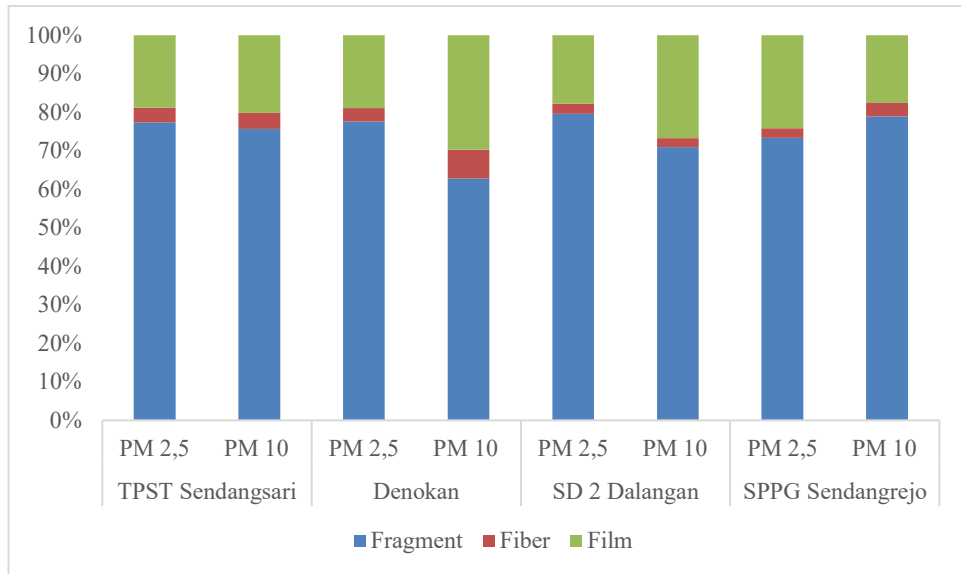
Jenis *Fragment* yang merupakan potongan plastik berbentuk pecahan seperti serpihan tidak beraturan dengan tepian kasar yang dapat ditemukan dalam wadah makanan, botol minuman, ataupun ember plastik. *Fiber* berupa serat plastik yang memanjang yang sering ditemukan dari rontokan tali rafia, jaring, kain ataupun tekstil sintetis. *Film* berupa lembaran plastik yang menyerupai plastik namun cenderung memiliki lebar atau ketebalan yang relatif tinggi, film sering terdapat pada plastik sekali pakai, kantong plastik belanja, pembungkus makanan (*cling wrap*) (Dan et al., 2025). Detail mengenai perbandingan jumlah jenis mikroplastik berdasarkan parameter tersebut disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4. 5 Jenis Mikroplastik

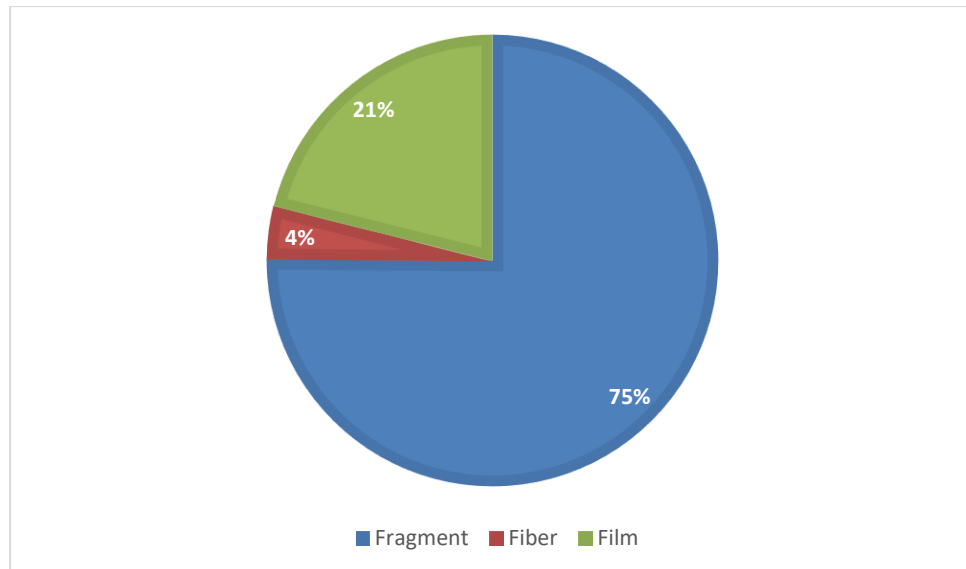
LOKASI		<i>Fragment</i>	<i>Fiber</i>	<i>Film</i>
TPST Sendangsari	PM _{2.5}	529	26	129
	PM ₁₀	695	38	185
Denokan	PM _{2.5}	222	10	54
	PM ₁₀	169	20	80
SD 2 Dalangan	PM _{2.5}	179	6	40
	PM ₁₀	215	7	81
SPPG Sendangrejo	PM _{2.5}	261	9	86
	PM ₁₀	292	13	65



Gambar 4. 5 Jenis Mikroplastik



Gambar 4. 6 Persentase (%) Jenis Mikoplastik



Gambar 4. 7 Total Persentase Jenis Mikroplastik

Berdasarkan hasil identifikasi jenis, ditemukan variasi jumlah mikroplastik yang spesifik pada setiap titik *sampling*. Pada area operasional TPST Sendangsari, jumlah mikroplastik menunjukkan angka tertinggi dibandingkan lokasi lainnya. Pada parameter $PM_{2.5}$, ditemukan 529 partikel *fragment*, 129 partikel *film*, dan 26 partikel *fiber*. Angka ini meningkat secara signifikan pada parameter PM_{10} dengan jumlah 695 partikel *fragment*, 185 partikel *film*, dan 38 partikel *fiber*. Dominasi jenis *fragment* di lokasi operasional ini mengindikasikan adanya proses degradasi plastik yang intensif akibat aktivitas fisik pengelolaan sampah dan paparan cuaca. Hal ini sejalan dengan pernyataan Sari et al. (2022) bahwa identifikasi mikroskopis

pada udara ambien di wilayah Yogyakarta didominasi oleh mikroplastik sekunder hasil pelapukan sampah plastik harian yang terdeteksi sebagai bentuk *fragment*, *film*, dan *fiber*.

Karakteristik pada titik pemukiman juga menunjukkan distribusi angka yang bervariasi. Di SPPG Sendangrejo, ditemukan 261 *fragment*, 86 *film*, dan 9 *fiber* pada PM_{2.5}, serta 292 *fragment*, 65 *film*, dan 13 *fiber* pada PM₁₀. Sementara itu, di SD 2 Dalangan, jumlah partikel tercatat sebesar 179 *fragment*, 40 *film*, dan 6 *fiber* pada PM_{2.5}, serta 215 *fragment*, 81 *film*, dan 7 *fiber* pada PM₁₀. Jika ditinjau dari persentase jenisnya, *fragment* secara konsisten mendominasi di seluruh titik dengan rentang 63% hingga 79%. Pada parameter PM_{2.5} di SD 2 Dalangan, persentase *fragment* mencapai angka tertinggi sebesar 79%, sedangkan di titik Denokan PM₁₀ berada pada angka 63%. Menurut Amelia et al. (2023), mobilitas partikel mikroplastik di kawasan domestik sangat dipengaruhi oleh kepadatan aktivitas manusia dan jenis sampah yang dihasilkan, di mana polimer sekunder hasil fragmentasi menjadi pencemar yang paling umum ditemukan di udara ambien.

Fenomena unik ditemukan pada titik Denokan, di mana jumlah total mikroplastik pada parameter PM_{2.5} (286 partikel) justru lebih tinggi dibandingkan pada PM₁₀ (269 partikel). Secara rinci, pada PM_{2.5} ditemukan 222 *fragment*, 54 *film*, dan 10 *fiber*, sedangkan pada PM₁₀ ditemukan 169 *fragment*, 80 *film*, dan 20 *fiber*. Tingginya jumlah pada partikel halus PM_{2.5} di lokasi ini diduga disebabkan oleh faktor kerapatan vegetasi yang berperan sebagai *canopy trap*. Vegetasi yang rapat mampu memerangkap partikel halus di bawah kanopi dan menghalangi dispersi polutan oleh angin. Hal ini didukung oleh pendapat Pradana (2023) bahwa karakteristik lanskap dan rintangan fisik seperti pohon sangat menentukan pola distribusi dan deposisi mikroplastik di atmosfer lokal.

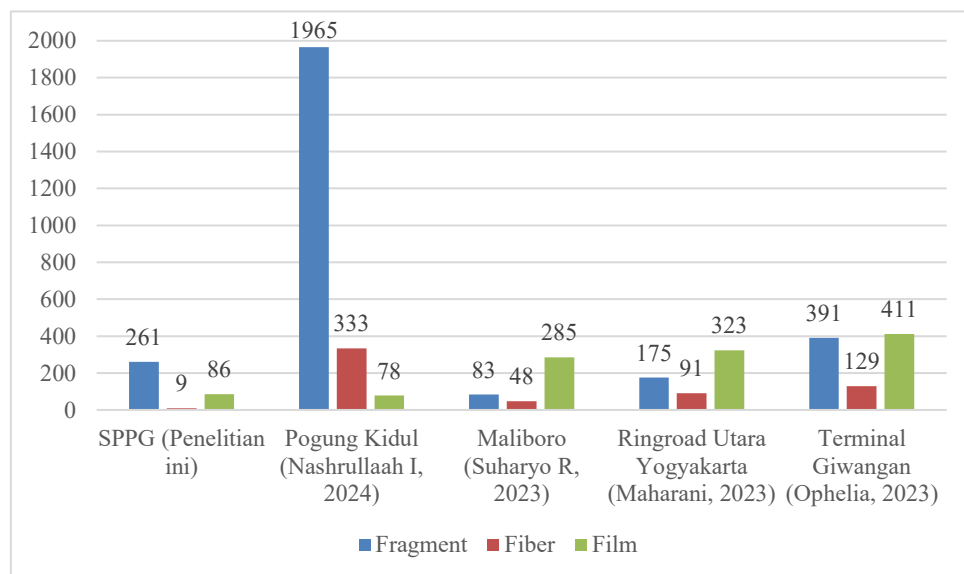
Secara akumulatif, total persentase jenis mikroplastik dari seluruh lokasi penelitian menunjukkan bahwa *fragment* mendominasi sebesar 75%, diikuti oleh *film* sebesar 21%, dan *fiber* dengan proporsi terkecil yaitu 4%. Rendahnya persentase *fiber*, yang hanya berkisar antara 6 hingga 38 partikel di seluruh titik *sampling*, menunjukkan bahwa sumber polutan dari serat tekstil sintetis di lokasi penelitian tidak sebesar sumber dari kantong plastik atau kemasan produk. Di sisi lain, ketiadaan jenis *pellet* mengonfirmasi bahwa wilayah *sampling* bukan

merupakan kawasan industri primer. Hal ini sesuai dengan analisis Fajri et al. (2020) yang menyatakan bahwa *pellet* plastik memiliki massa jenis yang lebih berat, sehingga jarang terdistribusi melalui jalur atmosfer dalam jarak jauh jika dibandingkan dengan mikroplastik sekunder hasil pelapukan sampah harian.

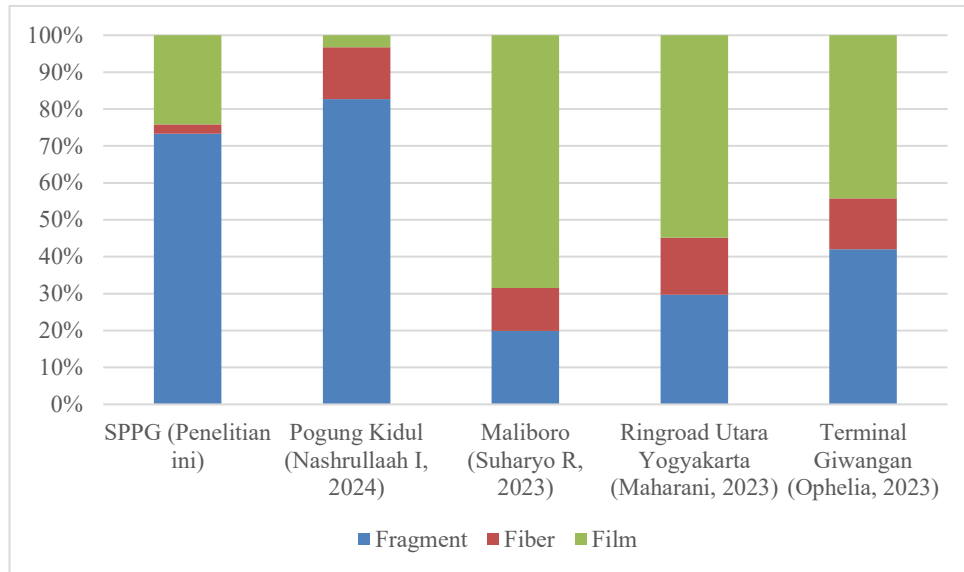
Untuk memberikan gambaran yang lebih luas mengenai tingkat pencemaran di lokasi penelitian, bagian selanjutnya akan memaparkan analisis perbandingan antara data mikroplastik di area pemukiman hasil penelitian ini dengan karakteristik mikroplastik di area pemukiman dari berbagai penelitian terdahulu.

Tabel 4. 6 Perbandingan Kelimpahan MPs Tiap Area

PM 2,5	
Lokasi	Kelimpahan (Partikel/m ³)
SPPG (Penelitian ini)	0,2153
Pogung Kidul (Nashrullaah I, 2024)	1,2834
Maliboro (Suharyo R, 2023)	0,2470
Ringroad Utara Yogyakarta (Maharani, 2023)	0,3514
Terminal Giwangan (Ophelia, 2023)	0,5793



Gambar 4. 8 Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman



Gambar 4. 9 Persentase Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman

Berdasarkan data perbandingan diatas, terdapat perbedaan kuantitas mikroplastik yang kontras di lima lokasi pengamatan di Yogyakarta. Pada jenis *Fragment*, jumlah tertinggi ditemukan di Pogung Kidul (1.965 partikel), diikuti oleh Terminal Giwangan (391 partikel), SPPG (261 partikel), Ringroad Utara (175 partikel), dan Malioboro (83 partikel). Untuk jenis *Film*, Terminal Giwangan mencatatkan jumlah terbanyak (411 partikel), disusul Ringroad Utara (323 partikel), Malioboro (285 partikel), SPPG (86 partikel), dan Pogung Kidul (78 partikel). Sementara itu, pada jenis *Fiber*, kelimpahan tertinggi berada di Pogung Kidul (333 partikel), diikuti Terminal Giwangan (129 partikel), Ringroad Utara (91 partikel), Malioboro (48 partikel), dan jumlah terendah berada di SPPG (9 partikel). Perbedaan jumlah absolut ini menunjukkan bahwa area pemukiman padat dan pusat transportasi memiliki konsentrasi polutan yang jauh lebih masif dibandingkan area terbuka di sekitar TPST (Nashrullaah I, 2024; Ophelia, 2023).

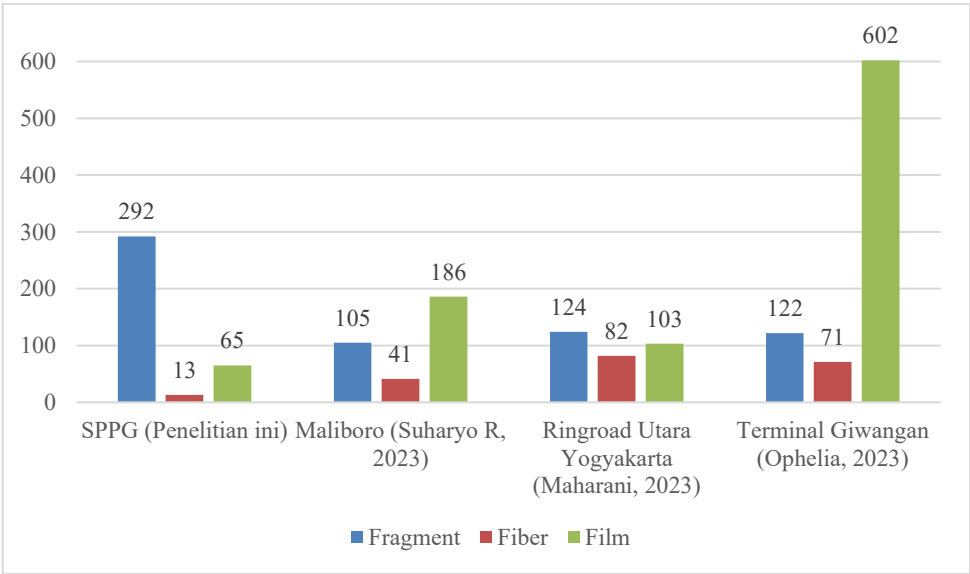
Secara komposisi, persentase tiap jenis mikroplastik menunjukkan karakteristik sumber pencemar yang spesifik. Pada titik SPPG, komposisi didominasi oleh *Fragment* (73,3%), diikuti *Film* (24,2%) dan *Fiber* (2,5%). Dominasi *fragment* di SPPG dan Pogung Kidul (82,7%) mengindikasikan polusi dari pelapukan plastik kaku (seperti peralatan rumah tangga atau wadah plastik) yang mengalami fragmentasi mekanis akibat paparan sinar UV dan suhu tinggi di lingkungan terbuka (Pradana, 2023). Sebaliknya, pada lokasi Malioboro dan Ringroad Utara, jenis *Film* justru mendominasi (68,5% dan 54,8%). Tingginya jenis *film* ini dipicu oleh

penggunaan plastik pengemas ringan atau kantong kresek yang masif di pusat ekonomi serta degradasi ban kendaraan di jalan raya (Suharyo R, 2023).

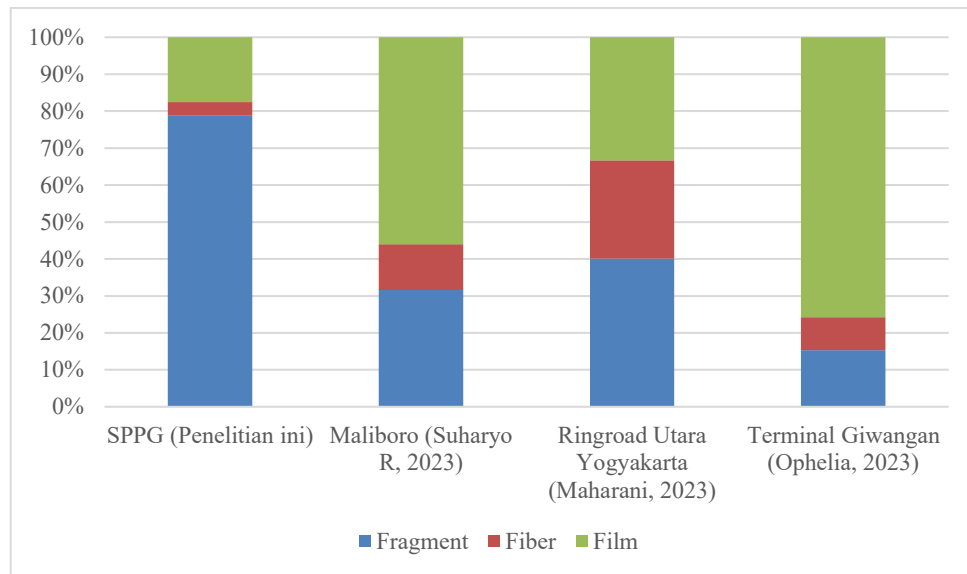
Khusus untuk jenis *Fiber*, terlihat perbedaan proporsi yang signifikan di mana SPPG hanya mencatatkan 2,5%, sementara lokasi lain jauh lebih tinggi seperti Pogung Kidul (14%), Terminal Giwangan (13,9%), Ringroad Utara (15,5%), dan Malioboro (11,5%). Tingginya angka *fiber* di lokasi pembanding (terutama di Pogung Kidul dengan 333 partikel) disebabkan oleh kepadatan aktivitas domestik, *fiber* umumnya berasal dari pelepasan serat pakaian sintetis yang terbawa ke udara saat aktivitas pencucian pakaian atau gesekan tekstil masyarakat (Ophelia, 2023). Rendahnya *fiber* di SPPG menunjukkan kontribusi limbah tekstil tidak sedominan faktor lingkungan terbuka, mengingat karakteristik fiber yang ringan sehingga lebih mudah terdispersi oleh angin dibandingkan terperangkap pada area *sampling* yang jauh dari pemukiman padat murni (Nashrullaah I, 2024).

Tabel 4. 7 Perbandingan Kelimpahan MPs Tiap Area

PM 10	
Lokasi	Kelimpahan (Partikel/m ³)
SPPG (Penelitian ini)	0,2238
Maliboro (Suharyo R, 2023)	0,1972
Ringroad Utara Yogyakarta (Maharani, 2023)	0,1844
Terminal Giwangan (Ophelia, 2023)	0,4861



Gambar 4. 10 Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman



Gambar 4. 11 Persentase Perbandingan Jenis Pada Area Pemukiman

Analisis data diatas menunjukkan distribusi jumlah partikel yang sangat variatif di setiap lokasi. Pada jenis *Fragment*, titik SPPG (261 partikel) mencatatkan jumlah tertinggi, diikuti oleh Ringroad Utara (124 partikel), Terminal Giwangan (122 partikel), dan Malioboro (105 partikel). Sebaliknya, pada jenis *Film*, kelimpahan ekstrem ditemukan di Terminal Giwangan (602 partikel), yang jauh melampaui Malioboro (186 partikel), Ringroad Utara (103 partikel), dan SPPG (65 partikel). Untuk jenis *Fiber*, Ringroad Utara memiliki jumlah terbanyak (82 partikel), disusul Terminal Giwangan (71 partikel), Malioboro (41 partikel), dan jumlah terendah tetap berada di titik SPPG (13 partikel). Perbedaan kuantitas ini mengindikasikan bahwa partikulat yang lebih besar di area SPPG didominasi oleh *fragment*, sementara area transportasi masif seperti Terminal sangat terkonsentrasii oleh polutan jenis film (Ophelia, 2023; Maharani, 2023).

Komposisi persentase mikroplastik memperlihatkan karakteristik sumber pencemar yang kontras antar wilayah. Pada titik SPPG, bentuk Fragmen mendominasi secara mutlak sebesar 79%, disusul Film 17% dan Fiber 4%. Dominasi fragmen yang sangat tinggi ini mengonfirmasi bahwa sumber polutan di lokasi tersebut berasal dari fragmentasi sampah plastik keras (HDPE/PP) akibat pelapukan fisik di lingkungan terbuka yang berdekatan dengan area operasional sampah (Pradana, 2023). Sebaliknya, pada Terminal Giwangan, jenis *Film* mendominasi sebesar 76%, yang mana angka ini menunjukkan tingkat pencemaran

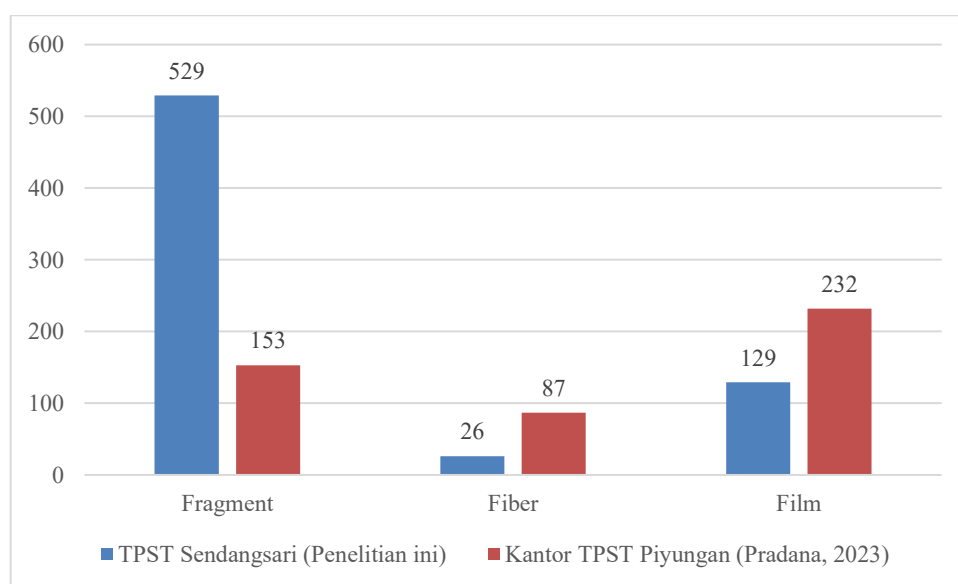
plastik pengemas ringan (seperti kantong kresek atau plastik pembungkus) yang sangat masif di area pergerakan transportasi umum (Ophelia, 2023).

Khusus untuk jenis *Fiber*, terlihat bahwa meskipun jumlahnya meningkat, proporsinya tetap rendah di SPPG (4%) jika dibandingkan dengan Ringroad Utara yang mencapai 27% dan Malioboro sebesar 12%. Tingginya persentase fiber di Ringroad Utara (82 partikel) dan Malioboro berkaitan erat dengan aktivitas antropogenik dan mobilitas penduduk yang tinggi di jalan raya dan kawasan wisata; di mana fiber tersebut umumnya terlepas dari material tekstil atau pakaian sintetis yang digunakan oleh masyarakat (Suharyo R, 2023). Rendahnya *fiber* di SPPG menunjukkan bahwa udara ambien di titik tersebut lebih banyak terpapar debu lingkungan hasil pelapukan plastik makro daripada serat sintetis dari aktivitas domestik padat (Maharani, 2023).

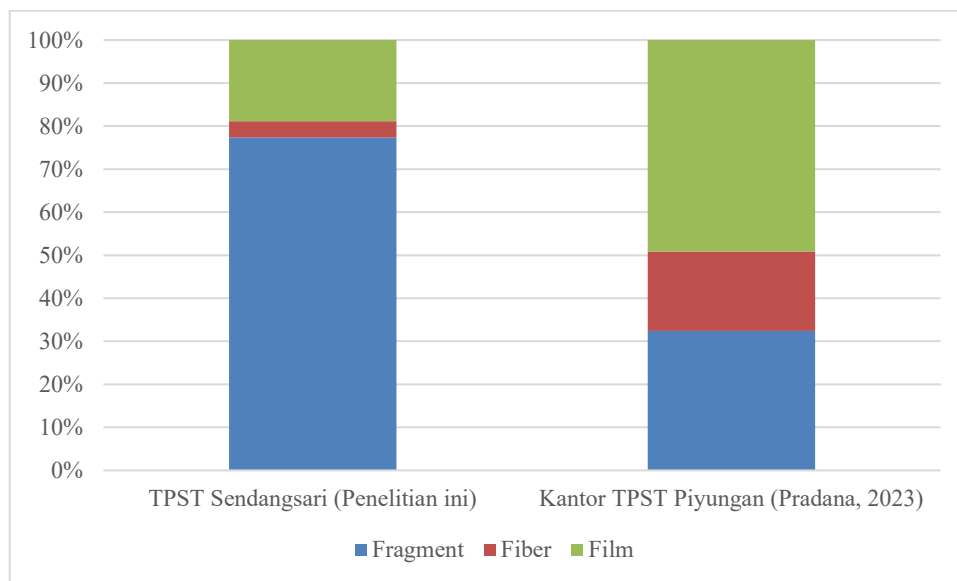
Untuk memberikan gambaran yang lebih luas mengenai tingkat pencemaran di lokasi penelitian, bagian selanjutnya akan memaparkan analisis perbandingan antara data mikroplastik di pengelolaan sampah hasil penelitian ini dengan karakteristik mikroplastik di pengelolaan sampah dari berbagai penelitian terdahulu.

Tabel 4. 8 Perbandingan Kelimpahan MPs Pada Area Pengelolaan Sampah

PM 2,5	
Lokasi	Kelimpahan (Partikel/m ³)
TPST Sendangsari (Penelitian ini)	0,4220
Kantor TPST Piyungan (Pradana, 2023)	0,2886



Gambar 4. 12 Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah



Gambar 4. 13 Persentase Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah

Analisis data di atas menunjukkan distribusi jumlah partikel yang sangat variatif pada kedua lokasi pengelolaan sampah. Pada jenis *fragment*, titik TPST Sendangsari (529 partikel) mencatatkan jumlah yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Kantor TPST Piyungan (153 partikel). Sebaliknya, pada jenis *Film*, kelimpahan yang lebih tinggi ditemukan di Kantor TPST Piyungan (232 partikel), yang melampaui jumlah di TPST Sendangsari (129 partikel). Untuk jenis *Fiber*, Kantor TPST Piyungan juga memiliki jumlah yang lebih banyak yaitu 81 partikel, sementara jumlah terendah berada di titik TPST Sendangsari (26 partikel). Perbedaan kuantitas ini mengindikasikan bahwa area operasional di Sendangsari memiliki jumlah fragmen yang lebih masif, sedangkan area Piyungan menunjukkan kontribusi jenis *film* yang lebih dominan dalam partikulat udaranya (Pradana, 2023; Maharani, 2023).

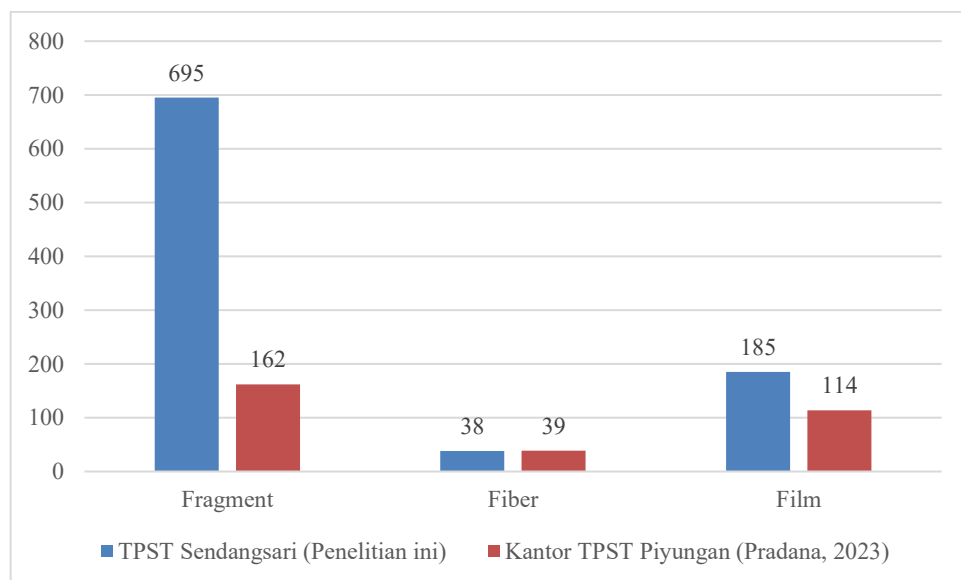
Komposisi persentase mikroplastik memperlihatkan karakteristik sumber pencemar yang berbeda meskipun keduanya merupakan area pengelolaan sampah. Pada titik TPST Sendangsari, bentuk *fragment* mendominasi secara mutlak sebesar 77%, disusul Film 19% dan Fiber 4%. Dominasi *fragment* yang sangat tinggi ini mengonfirmasi bahwa sumber polutan di lokasi tersebut berasal dari fragmentasi sampah plastik keras (HDPE/PP) akibat pelapukan fisik di lingkungan terbuka yang terpapar sinar UV dan suhu tinggi secara kontinu (Pradana, 2023). Sebaliknya, pada Kantor TPST Piyungan, jenis *film* mendominasi sebesar 49%, yang mana angka ini

menunjukkan tingkat pencemaran plastik pengemas ringan atau kantong plastik sekali pakai yang lebih tinggi pada titik *sampling* tersebut (Maharani, 2023).

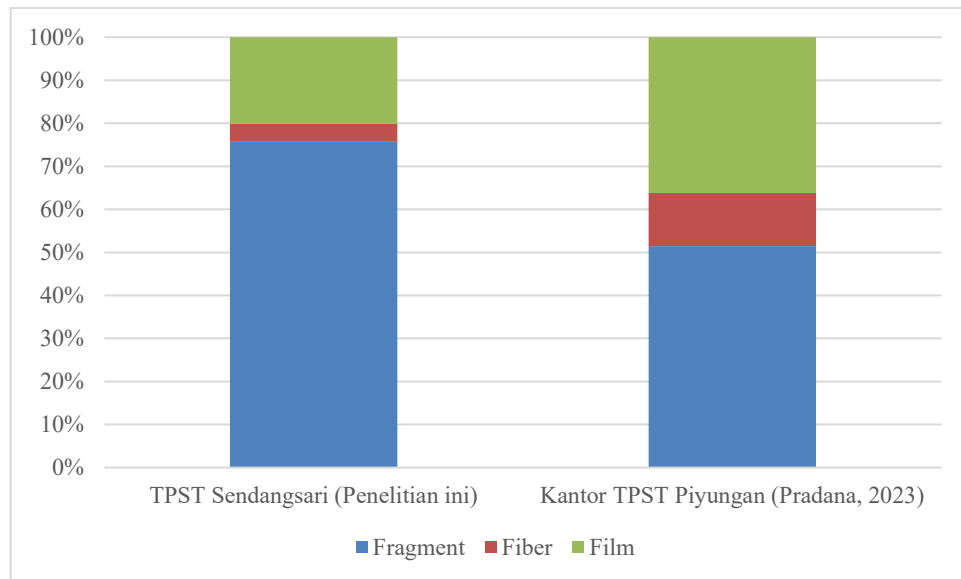
Khusus untuk jenis *fiber*, terlihat bahwa proporsinya tetap paling rendah di TPST Sendangsari (4%) jika dibandingkan dengan Kantor TPST Piyungan yang mencapai 19%. Tingginya persentase *fiber* di Piyungan (81 partikel) berkaitan erat dengan aktivitas operasional dan mobilitas pekerja yang lebih intens di sekitar kantor; di mana *fiber* tersebut umumnya terlepas dari material tekstil atau pakaian sintetis yang digunakan oleh manusia dalam beraktivitas (Suharyo R, 2023). Rendahnya *fiber* di Sendangsari menunjukkan bahwa udara ambien di titik tersebut lebih banyak terpapar debu lingkungan hasil pelapukan plastik makro (sampah keras) daripada serat sintetis dari aktivitas domestik atau operasional manusia yang padat (Ophelia, 2023).

Tabel 4. 9 Perbandingan Kelimpahan MPs Pada Area Pengelolaan Sampah

PM 10	
Lokasi	Kelimpahan (Partikel/m ³)
TPST Sendangsari (Penelitian ini)	0,5663
Kantor TPST Piyungan (Pradana, 2023)	0,1879



Gambar 4. 14 Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah



Gambar 4. 15 Persentase Perbandingan Jenis Pada Area Pengelolaan Sampah

Analisis data di atas menunjukkan distribusi jumlah partikel mikroplastik yang sangat variatif di kedua lokasi pengelolaan sampah. Pada jenis *fragment*, titik TPST Sendangsari (695 partikel) mencatatkan jumlah yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Kantor TPST Piyungan (162 partikel). Sebaliknya, pada jenis *film*, kelimpahan yang lebih tinggi ditemukan di Kantor TPST Piyungan (232 partikel) dibandingkan TPST Sendangsari (186 partikel). Untuk jenis *fiber*, Kantor TPST Piyungan juga memiliki jumlah yang lebih banyak yaitu 81 partikel, sementara jumlah terendah tetap berada di titik TPST Sendangsari (35 partikel). Perbedaan kuantitas ini mengindikasikan bahwa partikulat berukuran besar di area Sendangsari didominasi secara masif oleh *fragment*, sementara area Piyungan memiliki jumlah mikroplastik jenis *film* yang lebih tinggi (Pradana, 2023; Maharani, 2023).

Komposisi persentase mikroplastik memperlihatkan karakteristik sumber pencemar yang kontras antar wilayah operasional. Pada titik TPST Sendangsari, bentuk *fragment* mendominasi secara mutlak sebesar 76%, disusul *film* 20% dan *fiber* 4%. Dominasi *fragment* yang sangat tinggi pada ukuran partikulat ini mengonfirmasi bahwa sumber polutan di lokasi tersebut berasal dari fragmentasi sampah plastik keras (HDPE/PP) akibat pelapukan fisik di lingkungan terbuka yang berdekatan dengan tumpukan sampah (Pradana, 2023). Sebaliknya, pada Kantor TPST Piyungan, jenis *film* justru mendominasi sebesar 49%, yang mana angka ini

menunjukkan tingkat pencemaran plastik pengemas ringan atau kantong plastik sekali pakai yang lebih signifikan di titik tersebut (Maharani, 2023).

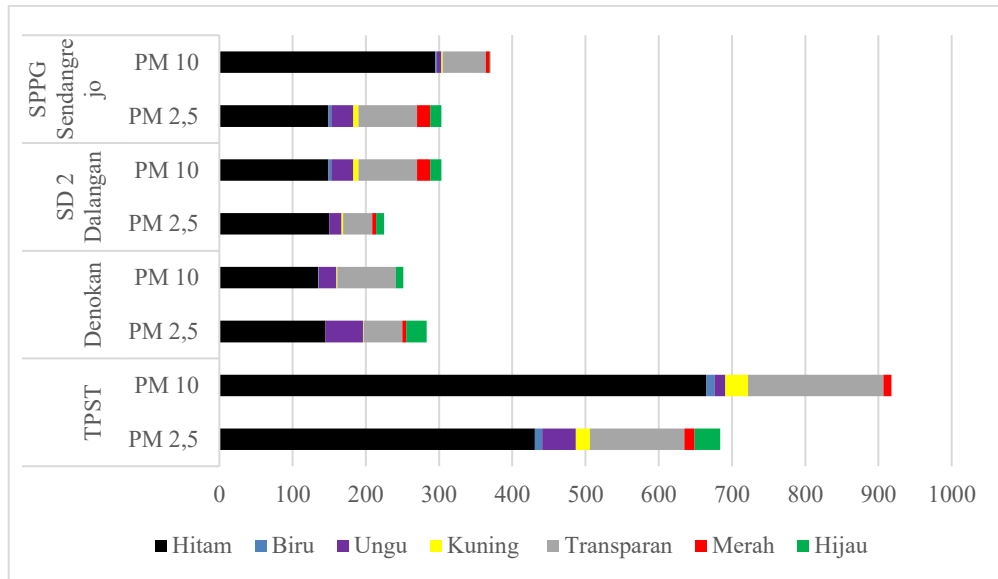
Khusus untuk jenis *fiber*, terlihat bahwa pada parameter ini, proporsinya tetap rendah di TPST Sendangsari (4%) jika dibandingkan dengan Kantor TPST Piyungan yang mencapai 17%. Tingginya jumlah *fiber* di Piyungan (81 partikel) berkaitan erat dengan aktivitas operasional dan mobilitas manusia yang lebih intens di sekitar kantor, di mana *fiber* tersebut umumnya terlepas dari material tekstil atau pakaian sintetis yang digunakan oleh masyarakat atau pekerja (Suharyo R, 2023). Rendahnya *fiber* di Sendangsari menunjukkan bahwa udara ambien di titik tersebut lebih banyak terpapar debu lingkungan hasil pelapukan plastik makro (sampah keras) daripada serat sintetis dari aktivitas domestik atau operasional manusia yang padat (Ophelia, 2023).

4.3.3 Hasil Berdasarkan Warna

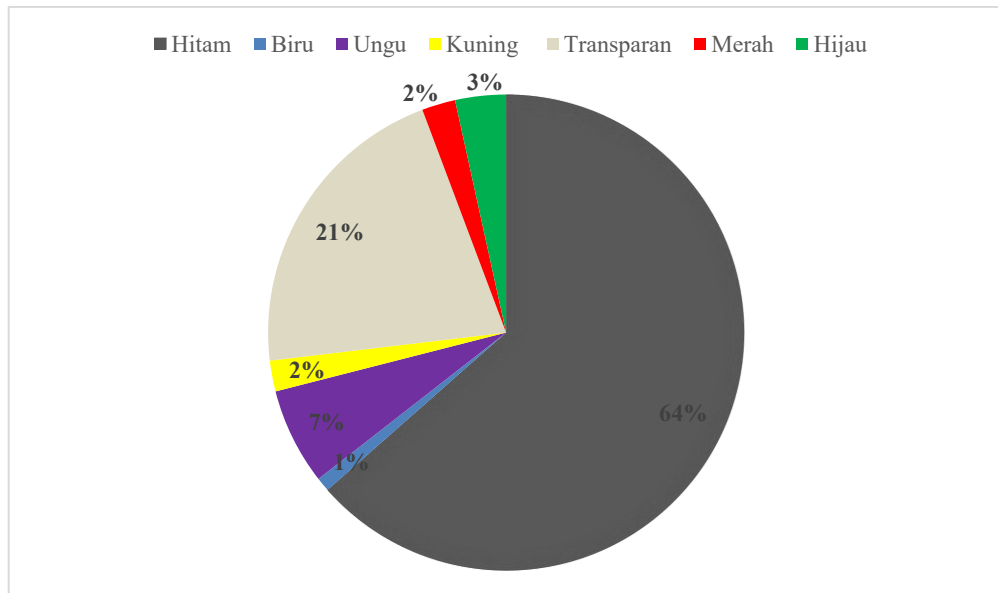
Hasil observasi mikroskopis terhadap partikel mikroplastik pada seluruh sampel mengungkapkan adanya variasi karakteristik fisik berupa warna yang beragam. Berikut ini adalah daftar warna mikroplastik yang telah diidentifikasi:

Tabel 4. 10 Warna Mikroplastik

LOKASI		Hitam	Biru	Ungu	Kuning	Transparan	Merah	Hijau
TPST	PM _{2.5}	431	10	46	19	129	14	35
	PM ₁₀	665	11	15	31	185	11	0
Denokan	PM _{2.5}	145	0	51	1	53	5	28
	PM ₁₀	135	1	24	1	80	0	10
SD 2 Dalangan	PM _{2.5}	150	0	17	2	40	5	11
	PM ₁₀	149	4	30	7	80	18	15
SPPG Sendangrejo	PM _{2.5}	149	4	30	7	80	18	15
	PM ₁₀	295	2	6	2	59	5	1



Gambar 4. 16 Warna Mikroplastik



Gambar 4. 17 Persentase (%) Total Warna Mikroplastik

Berdasarkan hasil identifikasi warna, distribusi warna mikroplastik di seluruh lokasi penelitian menunjukkan dominasi warna gelap yang signifikan, yang memberikan indikasi kuat mengenai asal-usul sumber polutannya. Warna hitam ditemukan sebagai warna paling dominan di setiap titik *sampling*, dengan jumlah tertinggi berada di TPST Sendangsari mencapai 665 partikel pada PM_{10} dan 431 partikel. Tingginya keberadaan warna hitam ini berkaitan erat dengan emisi dari aktivitas transportasi operasional, seperti abrasi ban kendaraan pengangkut sampah serta partikel hasil pembakaran sisa sampah yang melekat pada polimer plastik. Hal

ini didukung oleh pernyataan Sari et al. (2022) bahwa warna gelap pada mikroplastik udara sering kali merupakan indikator kontaminasi dari residu karbon atau material sintetis yang telah mengalami degradasi termal intensif.

Di kawasan pemukiman, muncul variasi warna lain yang mencerminkan aktivitas domestik yang lebih beragam. Di SPPG Sendangrejo dan Denokan, warna transparan ditemukan cukup banyak, masing-masing mencapai 80 partikel pada parameter PM_{10} . Warna transparan ini umumnya bersumber dari pelapukan kantong plastik sekali pakai (kresek), pembungkus makanan, dan botol minuman plastik yang bening. Sementara itu, keberadaan warna-warna cerah seperti ungu, kuning, merah, dan biru yang ditemukan di SD 2 Dalangan berasal dari fragmentasi barang-barang rumah tangga, mainan anak, hingga serat tekstil sintetis dari pakaian warga. Menurut Fajri et al. (2020), variasi warna mikroplastik di area pemukiman merupakan representasi dari keberagaman produk plastik pascakonsumsi yang terdegradasi akibat paparan sinar UV matahari di lingkungan terbuka.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Indah (2024) di lokasi pemukiman Yogyakarta, ditemukan pola dominasi yang sangat identik. Dalam penelitian Indah (2024), warna hitam juga menjadi yang paling dominan dengan angka mencapai 518 partikel pada parameter PM_{10} di lokasi pemukiman. Selain itu, penelitian Indah (2024) mencatat warna transparan sebagai warna kedua terbanyak (138 partikel pada PM_{10} , yang nilainya lebih tinggi secara absolut dibandingkan temuan transparan di titik pemukiman (SPPG/Denokan). Hal ini mengonfirmasi bahwa baik di lokasi penelitian maupun lokasi pemukiman yang diteliti oleh Indah (2024), kontaminasi mikroplastik udara didominasi oleh partikel hasil emisi transportasi (hitam) dan limbah plastik kemasan (transparan).

4.3.4 Hasil Berdasarkan Ukuran

Karena keterbatasan teknis untuk mengukur seluruh partikel secara individual, analisis pada bagian ini hanya menyajikan contoh representatif dari ukuran terkecil dan terbesar yang diambil dari setiap titik lokasi *sampling*.

Tabel 4. 11 Ukuran Mikroplastik

Lokasi	Jenis	Ukuran (mm)	
		Terkecil	Terbesar
SPPG $PM_{2.5}$	<i>Fiber</i>	0,10	1,27
	<i>Fragment</i>	0,01	0,33

Lokasi	Jenis	Ukuran (mm)	
		Terkecil	Terbesar
	<i>Film</i>	0,03	0,21
SPPG PM ₁₀	<i>Fiber</i>	0,30	0,77
	<i>Fragment</i>	0,02	0,78
	<i>Film</i>	0,09	0,56
SD Dalangan PM _{2.5}	<i>Fiber</i>	0,16	0,29
	<i>Fragment</i>	0,02	0,15
	<i>Film</i>	0,02	0,44
SD Dalangan PM ₁₀	<i>Fiber</i>	0,47	0,73
	<i>Fragment</i>	0,02	0,71
	<i>Film</i>	0,09	0,24
Denokan PM _{2.5}	<i>Fiber</i>	0,03	0,14
	<i>Fragment</i>	0,02	0,07
	<i>Film</i>	0,01	0,16
Denokan PM ₁₀	<i>Fiber</i>	0,20	2,01
	<i>Fragment</i>	0,03	0,47
	<i>Film</i>	0,02	0,67
TPST PM _{2.5}	<i>Fiber</i>	0,05	0,43
	<i>Fragment</i>	0,01	0,18
	<i>Film</i>	0,02	0,13
TPST PM ₁₀	<i>Fiber</i>	0,14	0,66
	<i>Fragment</i>	0,02	0,19
	<i>Film</i>	0,09	1,47

Pengukuran jenis mikroplastik pada sampel PM₁₀ dan PM_{2.5} menunjukkan variasi rentang yang sangat lebar, mulai dari partikel mikroskopis halus hingga partikel yang mendekati ukuran makro. Secara keseluruhan, ukuran mikroplastik yang teridentifikasi berada pada rentang 0,01 mm hingga 2,01 mm. Variasi dimensi ini sangat dipengaruhi oleh mekanisme pembentukan, tingkat pelapukan polimer, serta karakteristik transportasi partikel di atmosfer.

Untuk jenis *fiber* diukur berdasarkan panjang total serat (*line/length*), sedangkan jenis *fragment* dan *film* diukur menggunakan diameter feret atau sumbu terpanjang (*multi-line*) untuk menentukan dimensi maksimumnya.

Jenis *fragment* mencatatkan ukuran terkecil yang konsisten yakni 0,01 mm yang ditemukan di lokasi SPPG dan TPST pada parameter PM_{2.5}, sementara ukuran terbesarnya mencapai 0,78 mm di lokasi SPPG pada parameter PM₁₀. *Fragment* umumnya mendominasi ukuran terkecil karena merupakan hasil akhir dari

pemecahan mekanis plastik keras secara berulang. Menurut Zhang et al. (2021), *fragment* berukuran sangat kecil ($<0,1$ mm) memiliki risiko kesehatan lebih tinggi karena kemampuannya untuk bertahan lebih lama di udara dan masuk ke sistem pernapasan manusia lebih dalam. Tingginya temuan *fragment* ukuran 0,01 mm di area penelitian mengindikasikan bahwa proses fotodegradasi dan pelapukan mekanis berjalan sangat masif, terutama didukung oleh suhu lingkungan yang mencapai 31°C yang mempercepat pemutusan rantai polimer plastik.

Sementara itu, jenis *fiber* menunjukkan rentang ukuran yang paling panjang dibandingkan jenis lainnya, dengan ukuran terkecil 0,03 mm dan ukuran terbesar mencapai 2,01 mm yang ditemukan di lokasi Denokan pada parameter PM_{10} . Meskipun memiliki dimensi panjang yang mencapai satuan milimeter, *fiber* tetap dapat tersuspensi di udara dalam waktu lama karena massa jenisnya yang rendah dan bentuknya yang aerodinamis. Prata et al. (2021) menjelaskan bahwa *fiber* tekstil memiliki rasio aspek yang besar, yang memungkinkannya memiliki gaya hambat (*drag force*) tinggi sehingga mudah melayang di atmosfer dibandingkan partikel berbentuk bola dengan massa yang sama. Hal ini menjelaskan mengapa fiber panjang dapat ditemukan pada sampel udara di pemukiman yang jauh dari sumber industri.

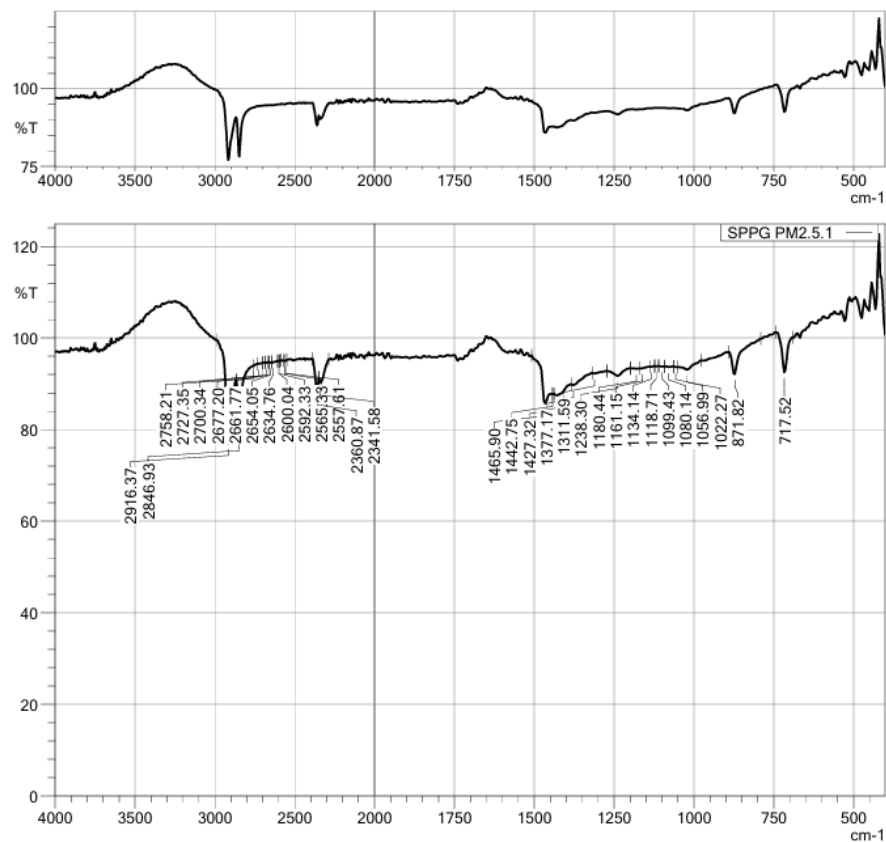
Untuk jenis *film*, ukuran terkecil terdeteksi sebesar 0,01 mm di Denokan, sedangkan ukuran terbesarnya mencapai 1,47 mm di area TPST pada parameter PM_{10} . Dimensi *film* yang besar di area TPST berkaitan erat dengan sumber emisi langsung berupa koyakan kantong plastik tipis atau *polybag* sampah yang terbawa angin dari tumpukan sampah sebelum sempat terfragmentasi menjadi bagian yang lebih halus. Secara teknis, data menunjukkan pola bahwa ukuran mikroplastik pada PM_{10} cenderung lebih besar dibandingkan pada $\text{PM}_{2.5}$. Fenomena ini selaras dengan pernyataan Li et al. (2022) bahwa partikulat udara yang lebih kasar seringkali bertindak sebagai media pembawa (*carrier*) utama bagi mikroplastik berukuran besar di lingkungan perkotaan melalui proses adsorpsi pada luas permukaan partikel yang lebih memadai.

Temuan partikel dengan dimensi fisik yang melebihi batas parameter PM_{10} atau $\text{PM}_{2.5}$ ini masuk akal ditinjau dari prinsip diameter aerodinamis. Mikroplastik dengan morfologi film (bening/transparan) dan fiber memiliki rasio luas permukaan

terhadap massa yang besar serta densitas polimer yang rendah. Karakteristik ini memungkinkan partikel tersebut berperilaku layaknya partikel halus di udara (mudah melayang), sehingga dapat melewati *inlet* instrumen HVAS meskipun panjang fisik partikelnya mencapai skala milimeter.

4.3.5 Hasil FTIR

Analisis menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan sebagai tahap konfirmasi kimiawi untuk mengidentifikasi jenis polimer dari partikel yang telah ditemukan melalui pengamatan mikroskopis. Tahapan identifikasi ini sebenarnya telah diupayakan pada seluruh sampel penelitian, namun karakteristik spektrum mikroplastik hanya berhasil terbaca secara optimal pada satu sampel. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan metode yang mengharuskan pengambilan partikel mikroplastik secara manual menggunakan pinset dari permukaan filter untuk diletakkan tepat di atas sensor alat FTIR guna menangkap spektrum gugus fungsi yang khas. Berikut merupakan data representatif dari hasil uji FTIR yang berhasil teridentifikasi pada sampel SPPG Sendangrejo PM_{2.5}:



Gambar 4. 18 Analisis FTIR

Tabel 4. 12 Analisis FTIR

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Jenis Vibrasi	Gugus Fungsi	Interpretasi Polimer
2916,37	<i>Asymmetric Stretching</i>	CH ₂ (Alkana)	Karakteristik Utama <i>Polyethylene</i> (PE)
2846,93	<i>Symmetric Stretching</i>	CH ₂ (Alkana)	Karakteristik Utama <i>Polyethylene</i> (PE)
1465,9	<i>Bending / Scissoring</i>	CH ₂	Rantai karbon panjang
1377,17	<i>Bending / Wagging</i>	CH ₃	Gugus metil (PE/PP)
717,52	<i>Rocking Vibration</i>	(CH ₂) _n	Linear <i>Low-Density Polyethylene</i> (LLDPE)

Berdasarkan grafik dan tabel hasil uji FTIR pada sampel SPPG, ditemukan adanya puncak-puncak tajam yang menjadi "sidik jari" kimia dari plastik jenis *Polyethylene* (PE). Puncak paling mencolok terlihat pada bilangan gelombang 2916,37 cm⁻¹ dan 2846,93 cm⁻¹ yang merepresentasikan vibrasi *stretching* asimetris dan simetris dari gugus fungsi CH₂. Temuan ini merupakan ciri khas utama dari material polimer termoplastik yang memiliki struktur rantai hidrokarbon panjang. Hasil ini sangat sinkron dengan data pengamatan mikroskop sebelumnya di lokasi SPPG Sendangrejo, di mana ditemukan partikel berwarna transparan sebanyak 80 partikel. Secara fungsional, polimer PE transparan ini umumnya bersumber dari limbah kantong belanja (*plastic bags*) atau pembungkus makanan tipis yang banyak digunakan dalam aktivitas domestik masyarakat sekitar. Hal ini sejalan dengan penelitian Sari et al. (2022) yang menyatakan bahwa polimer jenis PE adalah salah satu polutan mikroplastik paling dominan di udara ambien wilayah pemukiman Yogyakarta karena sifatnya yang ringan dan luas permukaannya yang besar, sehingga mudah terfragmentasi dan terbang terbawa angin.

Munculnya grafik yang tajam dan jelas pada sampel ini membuktikan bahwa partikel plastik berhasil terisolasi dengan cukup baik, sehingga alat FTIR dapat mengidentifikasi jenis polimernya secara akurat. Meskipun terdapat sedikit fluktuasi atau gelombang landai di area bilangan gelombang 3300-3500 cm⁻¹ yang menandakan adanya gugus hidroksil (-OH) dari kelembapan air mengingat kondisi cuaca saat sampling memiliki kelembapan tinggi mencapai 84% RH hal tersebut tidak menutupi absorbansi spesifik dari plastik PE. Keberadaan PE pada kategori menunjukkan bahwa polimer ini telah mengalami degradasi lanjut (mikroplastik

sekunder) akibat paparan sinar UV dan suhu rata-rata 31°C, yang membuatnya cukup kecil untuk tetap tersuspensi di udara dalam waktu lama sebelum akhirnya mengendap melalui mekanisme *dry deposition* atau terbawa oleh air hujan (*wet deposition*). Menurut Fajri et al. (2020) dan Amelia et al. (2023), identifikasi jenis PE melalui FTIR memperkuat bukti fisik bahwa polusi mikroplastik di udara bukan sekadar debu biasa, melainkan hasil dari pelapukan sampah plastik pascakonsumsi yang bermigrasi dari sumbernya menuju area sensitif seperti pemukiman.

4.4 Hubungan Faktor Meteorologi dengan Mikroplastik

4.4.1 Hasil Analisis Berdasarkan Rata – Rata Faktor Meteorologi

Tabel 4. 13 Faktor Meteorologi

Faktor Meteorologi		TPST	Denokan	SD 2 Dalangan	SPPG Sendangrejo
Tekanan Udara (mmHg)	Max	747,5	760,3	761,2	758,5
	Min	740,9	757,1	758,1	750,1
	Rata-rata	744,1	758,8	759,9	756,2
Suhu (C°)	Max	31	29	31	29
	Min	21	21	20	21
	Rata-rata	25	24	24	24
Kelembapan (%RH)	Max	90	80	90	82
	Min	62	75	68	68
	Rata-rata	83	78	84	78
Kecepatan Angin (m/s)	Max	5	6	6	6
	Min	1	2	1	1
	Rata-rata	3	4	3	3

Kondisi iklim tropis Yogyakarta yang berada dalam periode intensitas hujan tinggi memberikan pengaruh signifikan terhadap dinamika mikroplastik melalui mekanisme *fate and transport*. Cuaca Yogyakarta yang dinamis bertindak sebagai faktor mekanis yang mengatur siklus produksi, perpindahan, hingga pembersihan polutan di atmosfer. Suhu udara rata-rata harian yang mencapai 24°C–25°C, dengan suhu maksimum hingga 31°C, tetap menjadi katalisator utama meskipun hujan sering terjadi. Paparan panas matahari di cuaca mendung memberikan energi termal yang cukup untuk memicu proses foto-oksidasi pada sampah plastik makro di permukaan tanah. Kondisi ini membuat polimer plastik kehilangan elastisitasnya, menjadi rapuh, dan terfragmentasi menjadi mikroplastik sekunder berbentuk *fragment* dan *film*. Hal ini sejalan dengan pernyataan Sari et al. (2022) yang

menyebutkan bahwa radiasi ultraviolet dan fluktuasi suhu di lingkungan tropis mempercepat degradasi abiotik plastik menjadi partikel mikroskopis yang siap terdispersi ke kolom atmosfer saat permukaan tanah mulai mengering.

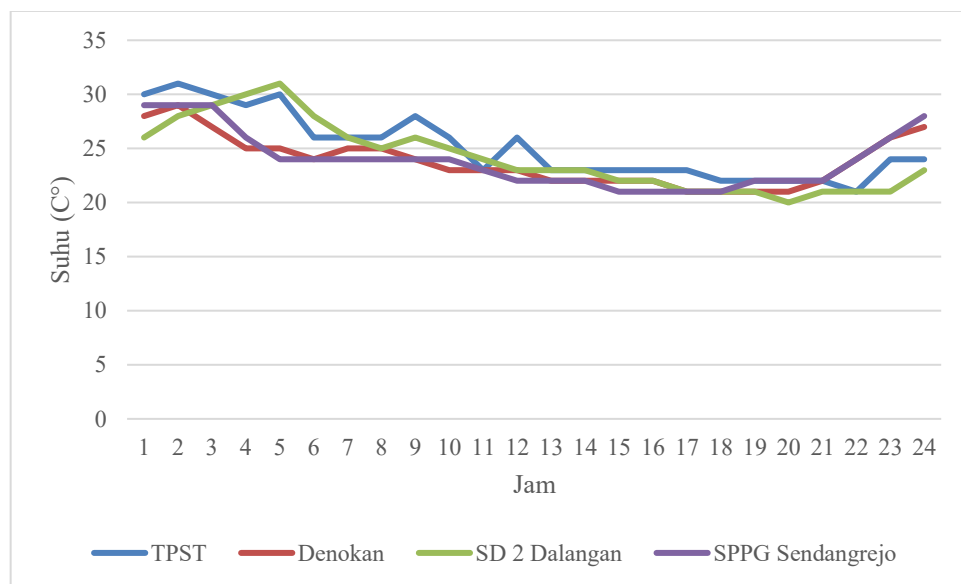
Stabilitas partikel mikroplastik di udara juga sangat dipengaruhi oleh tekanan udara rata-rata yang stabil pada kisaran 756 mmHg hingga 757,5 mmHg. Tekanan udara ini mengatur kerapatan kolom atmosfer yang memungkinkan mikroplastik dengan densitas rendah untuk tetap melayang (*suspended*) dalam waktu yang cukup lama sebelum jatuh akibat gravitasi. Saat suhu meningkat, tekanan udara lokal cenderung menurun sehingga menciptakan aliran konveksi yang mengangkat partikel ringan dari permukaan tanah. Partikel yang telah terangkat ini kemudian didistribusikan secara spasial oleh kecepatan angin rata-rata 3 m/s hingga 4 m/s. Di lokasi seperti Denokan, kecepatan angin tertinggi (4 m/s) berinteraksi dengan kerapatan vegetasi pohon yang rimbun, dimana angin membawa polutan dari sumber luar, namun pohon bertindak sebagai filter fisik yang menyaring partikel kasar PM₁₀, sementara partikel halus menembus celah dedaunan dan terjebak di bawah kanopi. Analisis ini diperkuat oleh Aziz (2023) yang menyatakan bahwa kecepatan angin dan rintangan fisik seperti vegetasi perkotaan adalah faktor penentu utama dalam pola sebaran mikroplastik dari sumber emisi menuju kawasan padat penduduk.

Nasib akhir (*Fate*) dari perjalanan mikroplastik di atmosfer Yogyakarta sangat didominasi oleh mekanisme deposisi basah (*wet deposition*) akibat tingginya kelembapan udara (78% hingga 84% RH) dan frekuensi hujan. Mikroplastik yang bersifat higroskopis akan menyerap uap air di udara yang lembap, sehingga massa jenisnya meningkat dan memicu pengendapan ke permukaan bumi. Fenomena ini terlihat jelas di lokasi seperti SD 2 Dalangan, di mana kelembapan tinggi dan kejadian hujan bertindak sebagai pembersih alami (*natural scavenger*) yang meluruhkan partikel dari kolom udara ke tanah melalui efek *washout*. Sebagaimana dijelaskan oleh Indah (2024), intensitas hujan di wilayah tropis efektif mengurangi konsentrasi polutan di udara ambien melalui mekanisme penangkapan partikel oleh tetesan air hujan. Namun, pada titik SPPG Sendangrejo, aktivitas pembakaran sampah terbuka oleh warga sesaat setelah hujan reda memberikan suplai partikel baru secara instan.

Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara faktor meteorologi dan mikroplastik di Yogyakarta bersifat saling memengaruhi namun bekerja secara berlawanan. Di satu sisi, faktor suhu, angin, dan tekanan udara berperan sebagai pemicu produksi dan penyebaran polutan yang memperluas jangkauan paparan di atmosfer. Sebaliknya, karakteristik cuaca Yogyakarta yang cenderung hujan dan lembap berfungsi sebagai pengendali kualitas udara alami melalui mekanisme deposisi basah. Interaksi ini menunjukkan bahwa meskipun hujan dapat mengurangi jumlah partikel di udara untuk sementara waktu, tingginya suhu lingkungan dan aktivitas manusia akan terus memproduksi mikroplastik baru selama sumber limbah plastik di permukaan tanah masih tersedia (Sari et al., 2022; Aziz, 2023).

4.4.2 Hasil Analisis 24 Jam Faktor Meteorologi

Selain dipengaruhi oleh kondisi rata-rata harian, keberadaan mikroplastik di atmosfer Yogyakarta menunjukkan sifat yang dinamis dan berfluktuasi secara signifikan dalam siklus 24 jam.

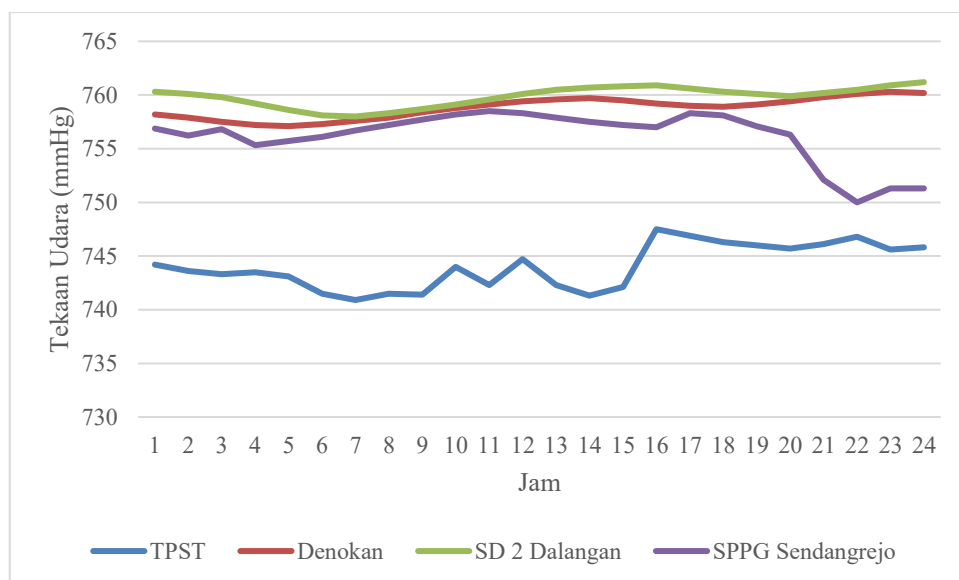


Gambar 4. 19Faktor Suhu

Data pengamatan selama 24 jam yang dimulai pukul 08.00 WIB menunjukkan bahwa suhu udara di Yogyakarta merupakan penggerak utama dalam mekanisme *fate and transport* mikroplastik. Pada periode pagi hingga siang hari (pukul 08.00–12.00 WIB), suhu mencapai puncaknya hingga 31°C di lokasi TPST Sendangsari dan SD 2 Dalangan. Tingginya suhu pada rentang waktu ini bertindak sebagai energi termal yang memicu fragmentasi sampah plastik makro di permukaan tanah

melalui proses foto-oksidasi. Sejalan dengan argumen Sari et al. (2022), paparan panas dan radiasi ultraviolet di lingkungan tropis secara signifikan mempercepat kerusakan struktur polimer, yang mengakibatkan tingginya pelepasan mikroplastik sekunder ke kolom atmosfer saat matahari terik. Hal ini menjelaskan mengapa potensi paparan mikroplastik cenderung meningkat di siang hari seiring dengan proses pelapukan plastik yang lebih intensif di area terbuka.

Sebaliknya, memasuki sore hingga dini hari, terjadi penurunan suhu yang stabil di kisaran 20°C hingga 23°C di seluruh lokasi, yang menandai fase deposisi atau pengendapan. Suhu yang lebih rendah ini biasanya diikuti dengan peningkatan kelembapan udara, yang secara mekanis meningkatkan massa jenis partikel mikroplastik karena berikatan dengan uap air. Kondisi cuaca Yogyakarta yang cenderung hujan selama masa *sampling* semakin memperkuat mekanisme pembersihan alami ini melalui efek *washout*. Sebagaimana dinyatakan oleh Indah (2024), penurunan suhu dan tingginya intensitas hujan di wilayah tropis efektif meluruhkan polutan dari udara ke permukaan bumi melalui mekanisme deposisi basah. Oleh karena itu, fluktuasi suhu harian ini menciptakan siklus di mana siang hari menjadi periode kritis produksi polutan, sementara malam hari menjadi masa pembersihan atmosfer, yang secara langsung menentukan tinggi rendahnya jumlah mikroplastik yang tertangkap oleh HVAS di setiap jamnya (Aziz, 2023).

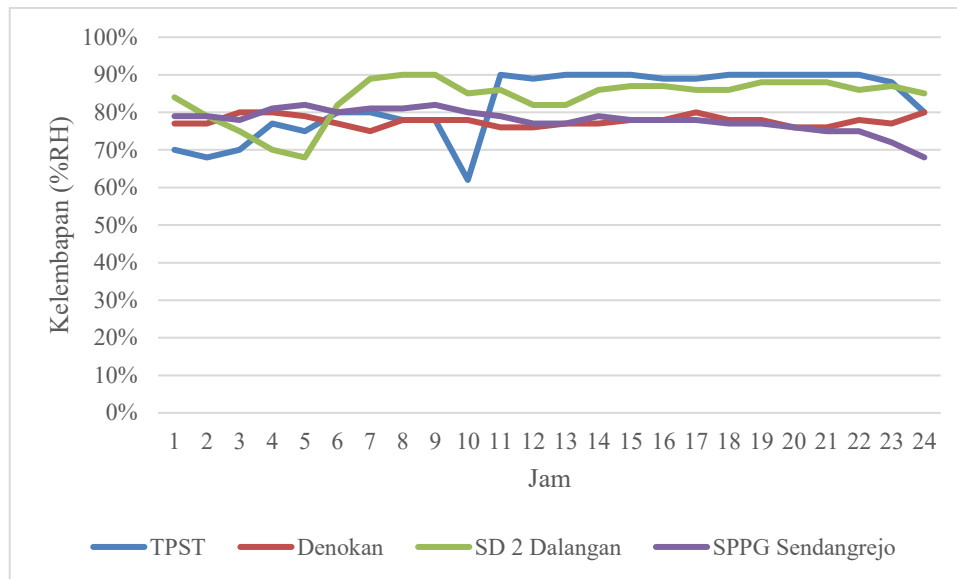


Gambar 4. 20 Faktor Tekanan Udara

Berdasarkan data pengamatan 24 jam. Di titik TPST Sendangsari, tekanan udara tercatat paling rendah dibandingkan lokasi lain, berada pada kisaran 743 mmHg.

Kondisi tekanan yang rendah ini menciptakan kerapatan udara yang lebih renggang, sehingga memudahkan partikel mikroplastik yang ringan untuk terangkat ke atas (*lifting*) dan melayang lebih lama di udara ambien. Hal ini menjelaskan mengapa jumlah mikroplastik di TPST tetap tinggi, tekanan rendah mendukung mekanisme *transport* partikel dari tumpukan sampah menuju kolom atmosfer. Sebaliknya, di titik SD 2 Dalangan, tekanan udara cenderung lebih tinggi dan stabil, bahkan mencapai puncaknya di angka 761,2 mmHg pada dini hari. Tekanan yang tinggi ini meningkatkan densitas udara, yang secara fisik menekan partikel untuk tetap berada di lapisan bawah atau segera mengendap, sehingga membantu proses deposisi partikel ke permukaan bumi.

Perbandingan antar titik menunjukkan bahwa perbedaan tekanan udara ini sangat memengaruhi jangkauan paparan polutan di tiap lokasi. Di titik Denokan dan SPPG Sendangrejo, fluktuasi tekanan udara yang moderat (berkisar antara 756–758 mmHg) menjaga partikel tetap melayang pada ketinggian rendah, sehingga lebih mudah tertangkap oleh alat sampling dibandingkan lokasi dengan tekanan udara yang sangat tinggi. Sebagaimana dijelaskan oleh Aziz (2023), penurunan tekanan udara lokal di siang hari sering kali menciptakan aliran konveksi yang mampu memobilisasi mikroplastik dari permukaan tanah ke udara. Namun, seiring dengan meningkatnya tekanan udara di malam hari, stabilitas atmosfer menjadi lebih kuat dan membatasi pergerakan partikel. Dengan demikian, tekanan udara di Yogyakarta berfungsi sebagai pengatur kepadatan polutan di udara yang di mana tekanan yang lebih rendah di area seperti TPST memfasilitasi akumulasi mikroplastik di atmosfer, sementara tekanan tinggi di area pemukiman cenderung mempercepat pengendapan polutan tersebut ke tanah.

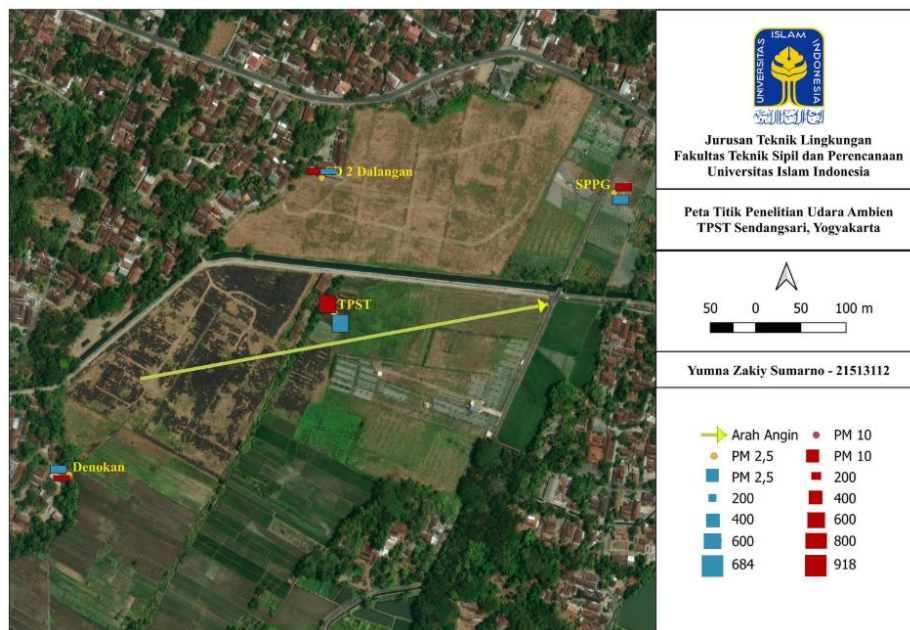


Gambar 4. 21 Faktor Kelembapan

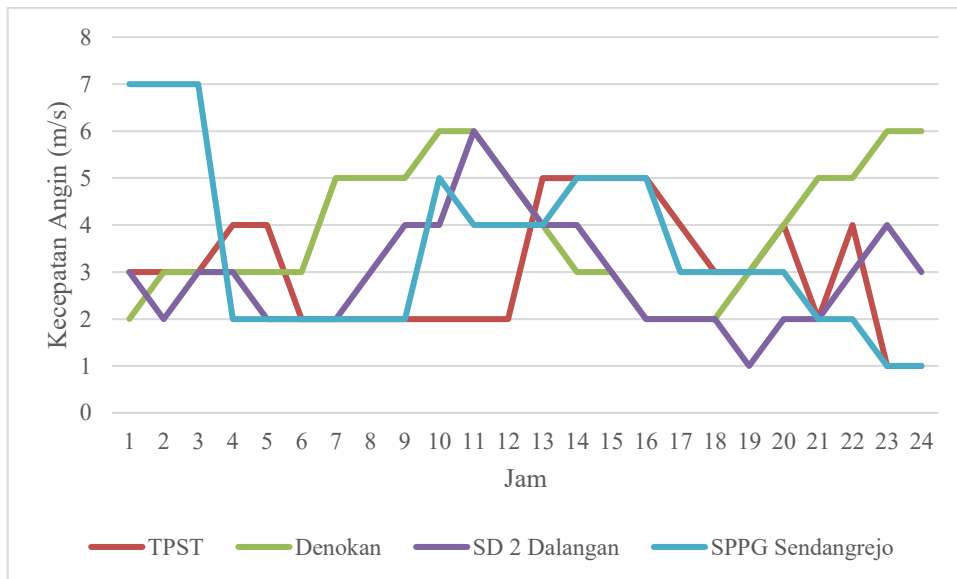
Berdasarkan data pengamatan 24 jam, kelembapan udara di wilayah Yogyakarta memiliki peran sebagai faktor pengendali jumlah mikroplastik melalui mekanisme deposisi. Secara umum, kelembapan di seluruh lokasi berada pada rentang yang tinggi (62% – 90%), yang secara mekanis meningkatkan massa jenis partikel mikroplastik di atmosfer. Di lokasi SD 2 Dalangan, kelembapan tercatat paling tinggi dan stabil, mencapai puncaknya pada angka 90% (pukul 16.00–17.00 WIB). Tingginya kadar uap air ini menyebabkan partikel mikroplastik yang bersifat higroskopis berikatan dengan molekul air, sehingga partikel menjadi lebih berat dan mengalami deposisi basah (*wet deposition*) ke permukaan bumi. Fenomena ini menjelaskan mengapa kelimpahan mikroplastik di SD 2 Dalangan cenderung lebih rendah dibandingkan titik lain, karena atmosfer mengalami pembersihan alami secara konsisten oleh kelembapan yang tinggi. Sebagaimana dinyatakan oleh Indah (2024), peningkatan kelembapan di wilayah tropis efektif meluruhkan polutan dari udara ke permukaan bumi, yang bertindak sebagai penyaring kualitas udara alami.

Perbandingan antar titik menunjukkan dinamika yang berbeda pada lokasi dengan kelembapan yang lebih fluktuatif. Di TPST Sendangsari, meskipun sempat menyentuh angka 90% pada malam hari, kelembapan sempat berada di titik terendah yaitu 62% pada pagi hari (pukul 17.00 WIB/Jam ke-10). Rendahnya kelembapan pada siang hari di TPST memberikan kesempatan bagi mikroplastik yang ringan untuk tetap melayang (*suspended*) dan terdispersi lebih jauh oleh angin

sebelum sempat mengendap. Sementara itu, di SPPG Sendangrejo dan Denokan, kelembapan cenderung stabil di kisaran 75% – 82%, yang menjaga partikel dalam kondisi lembap namun tetap mampu terbawa arus udara pada ketinggian rendah. Analisis ini diperkuat oleh penelitian Sari et al. (2022) yang menyebutkan bahwa kelembapan udara di atas 70% secara signifikan mempercepat laju pengendapan partikel plastik ke tanah. Dengan demikian, data kelembapan ini membuktikan bahwa semakin tinggi kadar uap air di suatu titik, semakin besar peluang terjadinya pembersihan atmosfer secara alami, yang secara langsung menurunkan jumlah mikroplastik yang tertangkap oleh alat *sampling* di lokasi tersebut (Aziz, 2023).



Gambar 4. 22 Arah Angin dan Hasil Penelitian



Gambar 4. 23 Faktor Kecepatan Angin

Berdasarkan data pengamatan 24 jam, kecepatan angin di wilayah Yogyakarta berperan sebagai faktor utama dalam mekanisme transpor atau perpindahan mikroplastik di atmosfer. Kecepatan angin yang tercatat sangat fluktuatif di setiap lokasi, berkisar antara 1 m/s hingga 7 m/s, yang secara langsung menentukan sejauh mana partikel mikroplastik dapat terbawa dari sumber emisi. Di lokasi SPPG Sendangrejo, kecepatan angin tercatat paling tinggi mencapai 7 m/s pada pagi hari (Jam ke-1 hingga Jam ke-3). Angin kencang pada skala ini memiliki energi kinetik yang besar untuk mengangkat partikel mikroplastik dari permukaan tanah dan mendistribusikannya ke area yang lebih luas. Hal ini menjelaskan mengapa kelimpahan mikroplastik di lokasi yang berdekatan dengan sumber aktivitas manusia tetap signifikan, karena angin yang kuat memfasilitasi akumulasi partikel di kolom udara. Sebagaimana dijelaskan oleh Aziz (2023), kecepatan angin adalah faktor penentu utama dalam pola sebaran spasial mikroplastik, di mana arus udara yang kuat memperluas jangkauan paparan polutan dari sumbernya.

Perbandingan antar titik menunjukkan bahwa rintangan fisik di suatu lokasi dapat memengaruhi efektivitas angin dalam membawa mikroplastik. Di lokasi Denokan, kecepatan angin mencapai puncaknya pada angka 6 m/s (Jam ke-10 hingga Jam ke-11), namun keberadaan vegetasi rimbun di lokasi tersebut bertindak sebagai penghambat sirkulasi udara. Angin kencang membawa polutan, namun struktur pohon menyebabkan terjadinya turbulensi lokal yang memerangkap

partikel halus di bawah kanopi. Sebaliknya, di TPST Sendangsari, kecepatan angin yang relatif moderat (2-5 m/s) sudah cukup untuk memobilisasi mikroplastik sekunder dari tumpukan sampah yang terbuka karena tidak adanya penghalang fisik. Analisis ini diperkuat oleh penelitian Sari et al. (2022) yang menyebutkan bahwa pada area tanpa vegetasi, kecepatan angin rendah sekalipun dapat meningkatkan resuspensi partikel plastik ke atmosfer.

Di lokasi SD 2 Dalangan, kecepatan angin yang cenderung lebih rendah dan fluktuatif (1-4 m/s) mengakibatkan jangkauan transpor partikel menjadi lebih terbatas. Rendahnya kecepatan angin ini, dikombinasikan dengan kelembapan tinggi, menyebabkan partikel mikroplastik lebih cepat jatuh ke bumi sebelum sempat tersebar jauh. Hal ini sejalan dengan temuan Indah (2024) yang menyatakan bahwa penurunan kecepatan angin sering kali diikuti dengan peningkatan laju pengendapan partikel di area pemukiman. Dengan demikian, data kecepatan angin ini membuktikan bahwa kekuatan embusan angin di setiap titik sangat memengaruhi dinamika mikroplastik, di mana kecepatan angin tinggi di area terbuka seperti SPPG dan TPST mempercepat penyebaran polutan, sedangkan kecepatan angin rendah di area dengan rintangan fisik cenderung membatasi distribusi partikel tersebut.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang ditemukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari penelitian ini didapatkan konsentrasi partikulat di udara ambien sekitar TPST Sendangsari menunjukkan konsentrasi yang bervariasi, dengan titik TPST Sendangsari sebagai lokasi paling tercemar. Konsentrasi $PM_{2.5}$ di TPST mencapai $59,65 \text{ ug/m}^3$, yang telah melampaui baku mutu (55 ug/m^3), diikuti oleh SPPG Sendangrejo $41,44 \text{ ug/m}^3$, Denokan $16,09 \text{ ug/m}^3$, dan SD 2 Dalangan $11,74 \text{ ug/m}^3$. Untuk PM_{10} , seluruh titik masih memenuhi baku mutu (75 ug/m^3) dengan nilai tertinggi di TPST $62,43 \text{ ug/m}^3$ dan terendah di SD 2 Dalangan $14,75 \text{ ug/m}^3$. Selaras dengan konsentrasi, kelimpahan mikroplastik tertinggi ditemukan di TPST Sendangsari pada PM_{10} sebesar $0,4626 \text{ partikel/m}^3$ (918 partikel) dan $PM_{2.5}$ sebesar $0,3450 \text{ partikel/m}^3$ (684 partikel). Lokasi lain seperti SPPG Sendangrejo, Denokan, dan SD 2 Dalangan menunjukkan kelimpahan yang lebih rendah, namun tetap signifikan karena dipengaruhi oleh transportasi polutan oleh angin.
2. Karakteristik mikroplastik di lokasi penelitian memiliki keterkaitan erat dengan sumber penelitian dan faktor meteorologi:
 - Karakteristik jenis didominasi oleh jenis *fragment* di seluruh lokasi *sampling*, dengan jumlah tertinggi di TPST pada PM_{10} sebanyak 695 partikel. Hal ini mengindikasikan bahwa mikroplastik di lokasi tersebut merupakan degradasi sekunder dari sampah plastik makro yang tercecer atau belum sempat terolah sempurna pada proses *Refuse Derived Fuel* (RDF).

- Karakteristik warna didominasi oleh warna hitam dan transparan di seluruh titik pengamatan. Dominasi warna hitam pada PM_{10} di TPST mencapai 665 partikel.
 - Berdasarkan beberapa perwakilan representatif dari tiap titik lokasi, ditemukan mikroplastik dengan rentang ukuran fisik antara 0,01 mm hingga 2,01 mm
 - Berdasarkan hasil analisis FTIR, dapat disimpulkan bahwa sampel $PM_{2.5}$ di lokasi SPPG terdapat mikroplastik jenis *Polyethylene* (PE), dengan identifikasi spesifik berupa LLDPE (*Linear Low-Density Polyethylene*). Temuan ini didasarkan pada kemunculan gugus fungsi alkana (CH_2) pada bilangan gelombang 2916,37 cm^{-1} dan 2846,93 cm^{-1} , serta diperkuat oleh vibrasi spesifik pada 717,52 cm^{-1} yang menjadi ciri khas polimer LLDPE.
3. Berdasarkan faktor meteorologi yang berperan sebagai variabel pendukung utama yang menentukan dinamika sebaran mikroplastik. Tekanan udara yang berada pada kisaran 740,9 hingga 761,2 mmHg menunjukkan bahwa area TPST memiliki tekanan terendah, yang memicu pergerakan udara ke atas sehingga partikel mikroplastik lebih mudah terangkat ke atmosfer. Proses ini didukung oleh suhu udara yang mencapai 31°C, di mana suhu tinggi meningkatkan ketidakstabilan udara yang mempercepat penyebaran partikel. Sementara itu, tingkat kelembapan yang tinggi (hingga 90%) menyebabkan partikel cenderung menjadi berat dan mengendap ke tanah, namun pada kondisi kelembapan rendah (62%), mikroplastik tetap kering sehingga lebih lama melayang di udara. Sebagai faktor penggerak utama, kecepatan angin yang mencapai 6 m/s di area permukiman (Denokan, SD 2 Dalangan, dan SPPG) membuktikan adanya transportasi polutan yang kuat dari titik sumber pengamatan menuju lingkungan sekitar. Sebaliknya, kecepatan angin minimal sebesar 1 m/s pada waktu-waktu tertentu menyebabkan terjadinya

akumulasi atau penumpukan mikroplastik di lokasi-lokasi yang dekat dengan sumber aktivitas.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil temuan dalam penelitian ini, terdapat beberapa poin strategis yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan studi selanjutnya:

1. Diperlukan penelitian berikutnya guna dapat mengetahui tindakan dan cara untuk mengurangi mikroplastik yang sudah tersebar di udara.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengambilan sampel di lokasi-lokasi baru yang belum pernah diteliti dengan jumlah sampel yang lebih banyak. Selain itu, penelitian dapat dilakukan pada variasi musim yang berbeda (musim kemarau dan musim hujan) untuk melihat bagaimana perbedaannya. Penggunaan parameter yang lebih beragam, seperti jenis bahan plastik dan dampak risikonya, juga sangat diperlukan agar gambaran mengenai penyebaran dan bahaya mikroplastik menjadi lebih lengkap dibandingkan penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Abdus Salam Jawwad, M., Hikmah Ayu Murti, R., Citrasari, N., Studi, P. S., Lingkungan, T., & Timur, J. (2023). Analisis dan Model Dispersi Emisi Udara di TPA Klotok, Kediri Dispersion Analysis and Model of Air Emission in Klotok Landfill, Kediri. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(1).

Akhbarizadeh, R., Xu, Y. J., Boerner, F., Helm, P. A., & Diamond, M. L. (2025). Optimized Extraction Methods for Pristine and Aged Microplastics from Complex Water Samples. *ACS ES and T Water*, 5(6), 3111–3117. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.5c00017>

Andi Dania Triska Fiyanda. (2022). *IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK UDARA DALAM RUANGAN SEKOLAH DI JALAN ARTERI KOTA MAKASSAR*.

Ardiyanta, I., Rahmawati, S., Abdull, N. B., Jannah, B. R., & Pradana, N. F. (2024). KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK DI UDARA AMBIEN TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN, YOGYAKARTA. *Jurnal Reka Lingkungan ISSN*, ISSN(2), 145–157. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v12i2.145-157>

Baharuddin, A., Ikhtiar, M., & Kesehatan Masyarakat, F. (2023). Penerbit : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muslim Indonesia Spasial Analisis Mikroplastik dengan Metode FT-IR (Fourier Transform Infrared) Pada Feses Petani Kerang Hijau. *Jurnal Kesehatan*, 6(3).

Budianto, A., Kasnawi Al Hadi, Ramadian Ridho Illahi, Ni Ketut Anggriani, Palaivia Harman Wardi, & Dewa Dwi Pranahita. (2025). Pemantauan Kualitas Udara Berdasarkan Tinjauan Konsentrasi dan Faktor Emisi Partikulat di Pulau Lombok. *Lambda Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA Dan Aplikasinya*, 5(1), 147–153. <https://doi.org/10.58218/lambda.v5i1.1218>

Chalvatzaki, E., Kopanakis, I., Kontaksakis, M., Glytsos, T., Kalogerakis, N., & Lazaridis, M. (2020). Measurements of particulate matter concentrations at a landfill site (Crete, Greece). *Waste Management*, 30(11), 2058–2064. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.05.025>

Febri Juita Anggraini, Annisa Shalsabila, & Zuli Rodhiyah. (2023). Sebaran Particulate Matter (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁, PM_{0.1}) di SMP Negeri 1 Kota Jambi Menggunakan Model CFD (Computational Fluid Dynamics). *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(4), 690–702. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i4.2269>

Kurniawan, T. A., Haider, A., Ahmad, H. M., Mohyuddin, A., Umer Aslam, H. M., Nadeem, S., Javed, M., Othman, M. H. D., Goh, H. H., & Chew, K. W. (2023). Source, occurrence, distribution, fate, and implications of microplastic pollutants in freshwater on environment: A critical review and way forward. *Chemosphere*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138367>

Luján-Vega, C., Avalos, M.-L., Robles-Vilela, A., Ortega-Alfaro, J., Hammock, B. G., & Teh, S. (2024). *Evaluating the effectiveness of H₂O₂ filter cleaning for microplastic analysis*.

M. Zaid Fathulloh, Muhammad Rizqi Minanurrohman, & Rif'atul Mahmudah. (2021). *Identifikasi Mikroplastik di Udara: Upaya Penanggulangan False Solution Plastic Management*. 1 Nomor 3, 208–216. <https://ecotonjournal.id/index.php/epj>

Mohamad Alvin Fauzi. (2023). *Identifikasi Mikroplastik Udara dan PM 2.5 pada Sentra Industri Tahu Desa Tropodo Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo*. 3 Nomor 2, 747–757. <https://ecotonjournal.id/index.php/epj>

Rafika Aprilianti, Prigi Arisandi, Joni Aswira Putra, Noura Arifin, & Khusnatul Khomsah. (2025). *Environmental Pollution Journal*. 5 Nomor 3, 320–336. <https://doi.org/10.58954/epj.v5i3.410>

Sahnaz Reskita. (2020). *ANALISIS TINGKAT KONSENTRASI PARTICULATE MATTER 10 (PM₁₀) PADA KAWASAN BUMI TAMALANREA PERMAI (BTP) MAKASSAR*.

Salsabila, Elis Indrayanti, & Rikha Widiaratih. (2022). *Karakteristik Mikroplastik Di Perairan Pulau Tengah, Karimunjawa*. 04, 99–108.

Tumwesigye, E., Felicitas Nnadozie, C., C Akamagwuna, F., Siwe Noundou, X., William Nyakairu, G., & Odume, O. N. (2023). Microplastics as vectors of chemical contaminants and biological agents in freshwater ecosystems: Current knowledge status and future perspectives. In *Environmental Pollution* (Vol. 330). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121829>

Wong, A. E., & Taylor, G. (2025). Plants and microplastics: Growing impacts in the terrestrial environment. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 16). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1666047>

Woo, H., Seo, K., Choi, Y., Kim, J., Tanaka, M., Lee, K. H., & Choi, J. (2021). Methods of analyzing micro-sized plastics in the environment. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app112210640>

Basriah, B., Afu, L. O. A., & Emiyarti, E. (2024). Abundance and Distribution of Microplastics in the Waters of Koroe Onowa Village, Wakatobi Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2b), 363–371. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2b.8320>

Bela Agustina Eka Putri Kusniati, Trisno Fallo, Muhammad Noviansyah Aridito, Andri Prasetyo Nugroho, & Putri Ratna Setyowati. (2025). Analisis Konsentrasi dan Karakteristik Mikroplastik di Kawasan Wisata Pantai Congot Desa Jangkaran Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 9(1), 131–145. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v9i1.2171>

Bunga Surya Eka Sari, Nidatul Syarifah, & Ahmad Hanapi. (2021). *Identifikasi Mikroplastik Di Udara Pada False Solution Technology*.
<https://ecotonjournal.id/index.php/epj>

Dan, I., Mikroplastik, K., Permukaan, P., Di, S., Malalayang, P., Manado, K., Rumampuk, N. D. C., Rumengan, I. F. M., & Kawung, N. J. (2025). Identification and Density of Microplastics on the Surface of Sediment at Malalayang Beach, Manado City. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 13(2).
<https://doi.org/10.35800/jipv10i2.63678>

Karmila, S., Suryana, N., Faizal, F., & Padjadjaran, U. (2021). PEMODELAN DEGRADASI MIKROPLASTIK POLISTIRENA DENGAN NANOFOTOKATALIS TIO₂. In *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika* (Vol. 05, Issue 01).

Suharyo, A. R. (2023). *Identifikasi mikroplastik pada TSP, PM10, dan PM2,5 di lokasi pariwisata Kota Yogyakarta*. [Skripsi, Universitas Islam Indonesia].

Lestari, I. (2026). *Analisis mikroplastik di udara pada Total Suspended Particulate (TSP) di area kerja Unit Pengolahan Sampah (UPS) Yogyakarta*. [Skripsi, Universitas Islam Indonesia].

Aziz, O. (2023). *Identifikasi kandungan mikroplastik pada udara melalui parameter Total Suspended Particulate (TSP) dan Particulate Matter (PM2,5 dan PM10) di kawasan terminal Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY)*. [Skripsi, Universitas Islam Indonesia].

Pradana, N. F. (2023). *Identifikasi Kandungan Mikroplastik pada Udara di Kawasan Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan Yogyakarta*. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

Maharani, H. A. (2023). *Identifikasi Mikroplastik di Udara pada Polutan Total Suspended Particulate (TSP) dan Particulate Matter PM_{2,5}, PM₁₀ di Ringroad Kota Yogyakarta* [Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia].

Nashrullaah, I. (2024). *Identifikasi Mikroplastik di Udara Ambien dari Polutan PM_{2,5} di Permukiman Yogyakarta* [Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia].

LAMPIRAN

Lampiran 1. Lokasi Penelitian

SD 2 Dalangan:



SPPG Sendangrejo:



Denokan:



TPST Sendangsari:



Lampiran 2. Perhitungan

TPST PM₁₀

a. Koreksi Laju Alir

$$Q = 1,15 \times \frac{298 \times 744}{298 \times 760}$$
$$= 1,1258 \text{ m}^3/\text{Menit}$$

b. Volume Udara Standar

$$V = Q \times t$$
$$= 1,1258 \times 1440$$
$$= 1621,01 \text{ m}^3$$

- c. Kelimpahan Mikroplastik

$$\begin{aligned} C_{mp} &= n/V_{std} \\ &= 918/1621,01 \\ &= 0,5663 \text{ Partikel/m}^3 \end{aligned}$$

- d. Konsentrasi Massa

$$\begin{aligned} C_{pm} &= 101.200/1621,01 \\ &= 62,43 \text{ ug/m}^3 \end{aligned}$$

TPST PM_{2.5}

- a. Koreksi Laju Alir

$$\begin{aligned} Q &= 1,15 \times \frac{298 \times 744}{298 \times 760} \\ &= 1,1258 \text{ m}^3/\text{Menit} \end{aligned}$$

- b. Volume Udara Standar

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 1,1258 \times 1440 \\ &= 1621,01 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- c. Kelimpahan Mikroplastik

$$\begin{aligned} C_{mp} &= n/V_{std} \\ &= 684/1621,01 \\ &= 0,4219 \text{ Partikel/m}^3 \end{aligned}$$

- d. Konsentrasi Massa

$$\begin{aligned} C_{pm} &= 96.700/1621,01 \\ &= 59,65 \text{ ug/m}^3 \end{aligned}$$

SD 2 Dalangan PM_{2.5}

- a. Koreksi Laju Alir

$$\begin{aligned} Q &= 1,15 \times \frac{298 \times 759,9}{297 \times 760} \\ &= 1,1537 \text{ m}^3/\text{Menit} \end{aligned}$$

- b. Volume Udara Standar

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 1,1537 \times 1440 \\ &= 1661,33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Kelimpahan Mikroplastik

$$\begin{aligned} \text{a. } C_{mp} &= n/V_{std} \\ &= 225/1661,33 \\ &= 0,1354 \text{ Partikel/m}^3 \end{aligned}$$

d. Konsentrasi Massa

$$\begin{aligned} \text{a. } C_{pm} &= 19.500/1661,33 \\ &= 11,74 \text{ ug/m}^3 \end{aligned}$$

SD 2 Dalangan PM₁₀

e. Koreksi Laju Alir

$$\begin{aligned} Q &= 1,15 \times \frac{298 \times 759,9}{297 \times 760} \\ &= 1,1537 \text{ m}^3/\text{Menit} \end{aligned}$$

f. Volume Udara Standar

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 1,1537 \times 1440 \\ &= 1661,33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

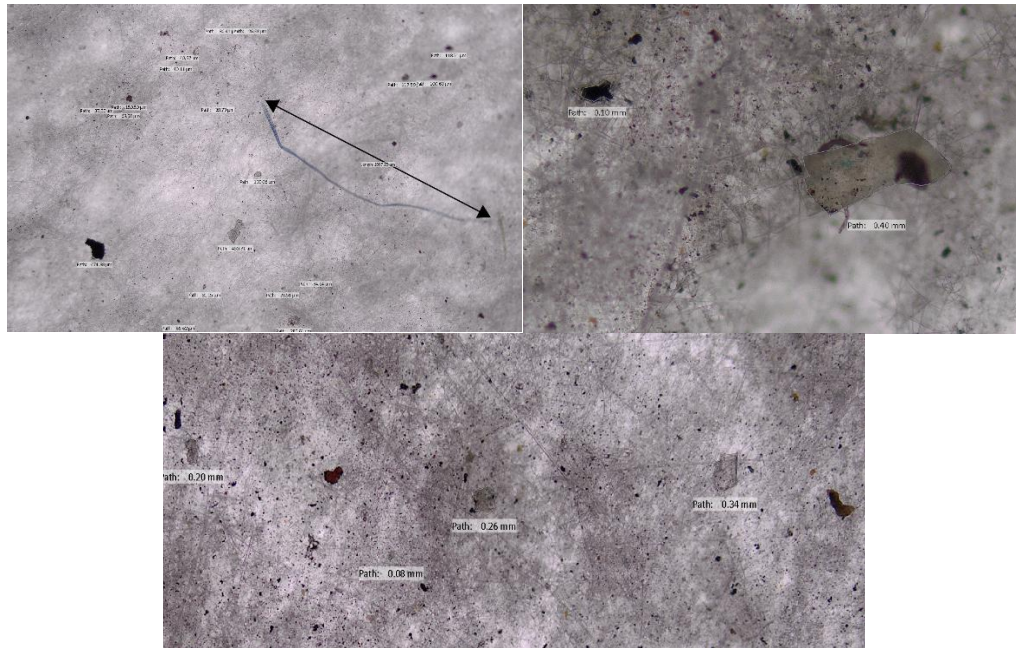
g. Kelimpahan Mikroplastik

$$\begin{aligned} C_{mp} &= n/V_{std} \\ &= 303/1661,33 \\ &= 0,1824 \text{ Partikel/m}^3 \end{aligned}$$

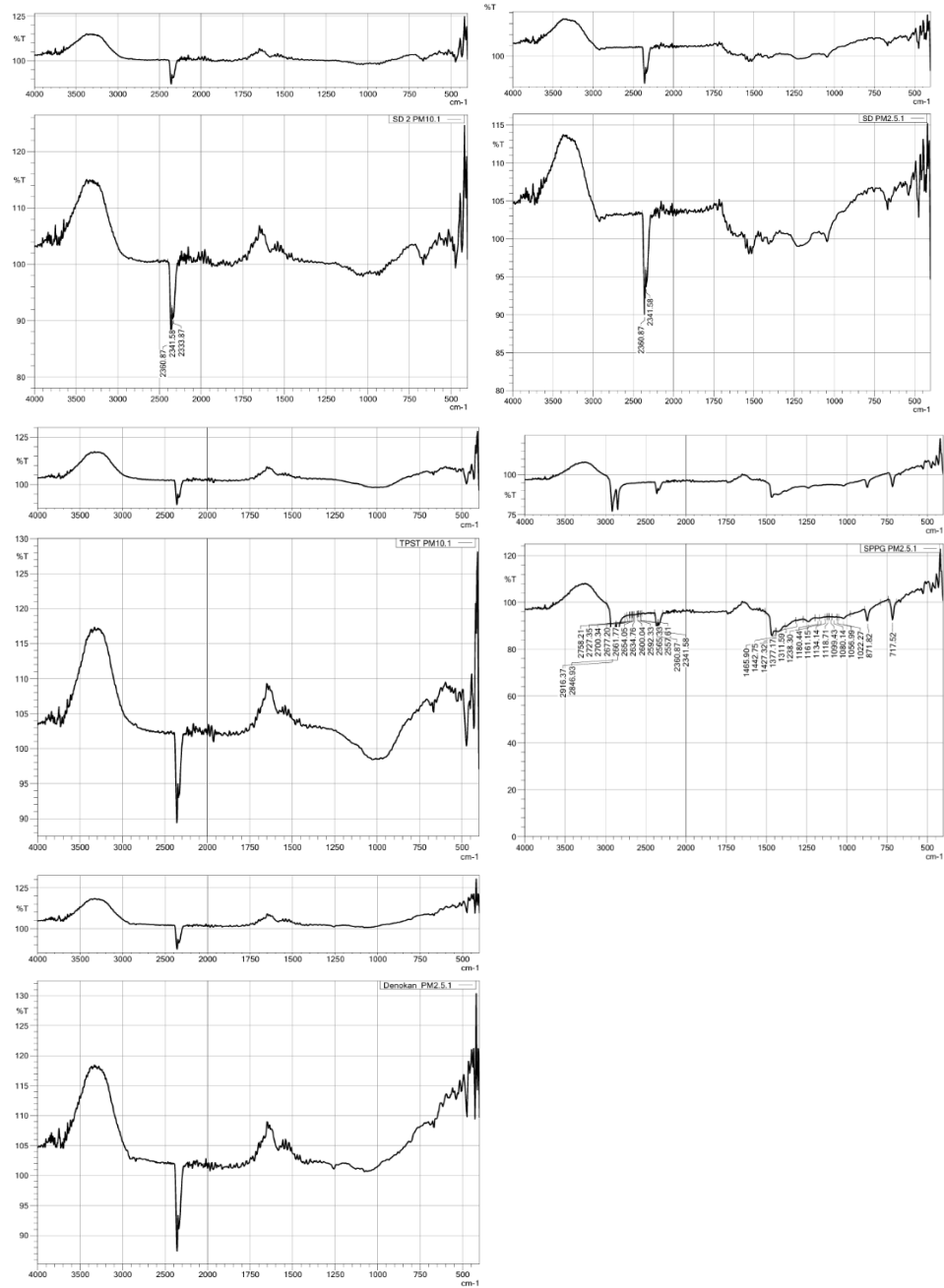
h. Konsentrasi Massa

$$\begin{aligned} C_{pm} &= 24.500/1661,33 \\ &= 14,75 \text{ ug/m}^3 \end{aligned}$$

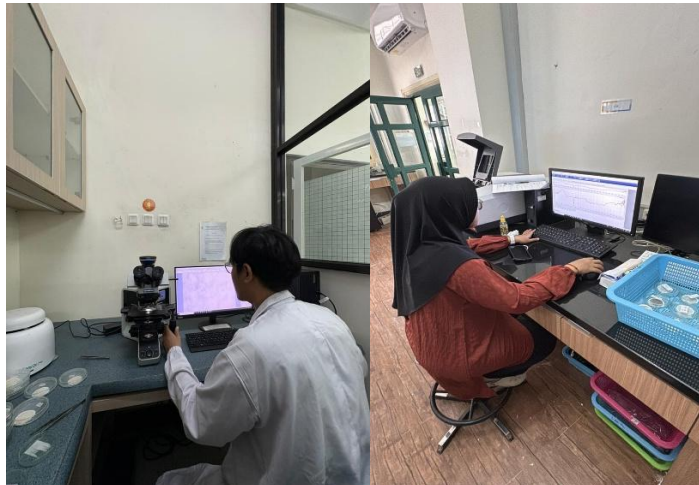
Lampiran 3. Ukuran Mikroplastik (*Image Raster*)



Lampiran 4. FTIR



Lampiran 5. Proses Lab



Lampiran 6. Total Hasil Penelitian

Lokasi	Parameter	Jenis Mikroplastik (Partikel)			Jumlah Total (Partikel)	Volume Udara (m3)	Kelimpahan (ug/m3)	Rasio (Partikel/ug /m3)
		Fragment	Fiber	Film				
TPST	PM 2,5	529	26	129	684	1.621,01	0,422	0,0071
	PM 10	695	38	185	918		0,5663	0,0091
Denokan	PM 2,5	222	10	54	286	1.658,88	0,1724	0,0107
	PM 10	169	20	80	269		0,1622	0,0076
SPPG	PM 2,5	261	9	86	356	1653,12	0,2153	0,0052
	PM 10	292	13	65	370		0,2238	0,0064
SD Dalangan	PM 2,5	179	6	40	225	1661,33	0,1354	0,0115
	PM 10	215	7	81	303		0,1824	0,0124

RIWAYAT HIDUP

Yumna Zakiy Sumarno, akrab disapa Yumna, lahir di Palembang pada tanggal 04 Juli 2003. Penulis merupakan putra ketiga dari pasangan Bapak Sumarno dan Ibu Yuliana Puspa Dewi. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Margadadi 3, kemudian melanjutkan ke SMPN 2 Sindang dan SMAN 1 Sindang. Saat ini, penulis sedang menempuh program studi S1 Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Selama menjadi mahasiswa di Universitas Islam Indonesia peneliti pernah melakukan kegiatan kepanitiaan pada *event* E-Champs dan LILIN (Lintas Lingkungan). Selain itu, peneliti juga memiliki pengalaman Kerja Praktik di Pertamina Patra Niaga RU-VI Balongan pada bagian HSSE (*Health, Safety, Security, and Environment*).