

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI KANDUNGAN MIKROPLASTIK
PADA PM_{2,5} STUDI KASUS BASEMENT DAN
LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

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



MEYDINA PURNAMASARI LELONO
20513161

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

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI KANDUNGAN MIKROPLASTIK
PADA PM_{2,5} STUDI KASUS BASEMENT DAN
LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

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



MEYDINA PURNAMASARI LELONO
20513161

Pembimbing 1

Noviani Ima Widyaputri, S.T., M.T.
NIK. 005130101

Tanggal : 25/10/24

Disetujui :

Pembimbing 2

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
NIK. 095130403

Tanggal : 25/10/24

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

Tanggal : 25/10/24

HALAMAN PENGESAHAN
IDENTIFIKASI KANDUNGAN MIKROLASTIK PADA PM_{2,5} STUDI
KASUS BASEMENT DAN LABORATORIUM UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tanggal : 25 Oktober 2024

Disusun Oleh :

MEYDINA PURNAMASARI LELONO
20513161

Tim Penguji :

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T

( 25/10 24)

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

( 25/10 24)

Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T

( 25/10 24)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 22 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Meydina Purnamasari Lelono

NIM: 20513151

PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Mei 2024 ini ialah Identifikasi Kandungan Mikroplastik Pada PM_{2,5} Studi Kasus Basement dan Laboratorium Universitas Islam Indonesia.

Peneliti ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang membantu kelancaran dalam penyusunan laporan ini baik dukungan moril maupun materiil. Sehingga pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga mendapatkan kemudahan dan kelancaran dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Kepada kedua orang tua peneliti, yang senantiasa selalu memberikan dukungan, motivasi, dan doa demi kelancaran tugas akhir ini.
3. Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T dan Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T yang telah berkenan membimbing dan memberikan masukan selama proses penyusunan laporan tugas akhir dan Ibu Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan waktu untuk memberi masukan selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Rekan tugas akhir peneliti, Kamilla Qurrota Ayunnissa yang telah berjuang bersama dan saling memberikan semangat selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Kepada Shannisa, Zsavinka, dan Yulia yang telah menemani dan kebersamai peneliti selama masa perkuliahan dari awal hingga saat ini dan bersama – sama saling memberi semangat dan motivasi untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

6. Kepada Wina Hermawan, Feyza Nabila, Nadya Febrianti, Kartika Irmawati, Adelia Maharani, Yollanda Zenia, dan Lydia Mimih sudah menjadi tempat bercerita dan berkeluh kesah selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Seluruh keluarga, teman, dan pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
8. *Last but not least*, kepada peneliti sendiri yang telah berjuang dan tidak menyerah dalam mengerjakan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai.
9. Peneliti menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 22 Oktober 2024



Meydina Purnamasari Lelono

ABSTRACT

In Indonesia, microplastics are often found in sea waters, river sediments, coral reef sediments, and even in fish stomachs. However, several studies have found microplastics in the air that we often breathe. Microplastics in the room are considered to have a greater risk to human health compared to microplastics in outdoor, so that high human activity indoors allows exposure to microplastics in the room. Air sampling refers to SNI 16-7058-2004 concerning Measurement of Total Dust Content in Workplace Air. Low Volume Air Sampler (LVAS) is a tool used to collect particle content in the air through filtration with the Gravimetric Method and a collection time of 8 hours. Measurement of PM_{2.5} concentration at the three points obtained results that exceeded the established quality standards. Of the three samples, the largest number of microplastics was obtained in C1, namely the Basement FIAI UII near the canteen, as many as 1781 particles or 0,37 particles/L. Then followed by sample C2, namely the Basement FIAI UII near the security office, obtained 623 microplastic particles or 0,13 particles/L, and sample C3 at the Soil Mechanics Laboratory FTSP UII obtained 521 microplastic particles or 0,11 particles/L. Based on three sampling points, several colors were found that were quite varied, such as black, brown, blue, yellow, red, orange, pink, purple, transparent, and green. Several types of microplastics identified through a microscope were fragments, fibers, films, and pellets. Then, the range of microplastic sizes in the air was C1 (6.67 μm - 486.42 μm), C2 (1.18 μm - 611.30), and C3 (13.82 μm - 523.33).

Kata Kunci : Indoor air, Islamic University of Indonesia, LVAS, Mikroplastics, PM_{2,5}

ABSTRAK

Di Indonesia mikroplastik sering ditemukan pada perairan laut, sedimen sungai, sedimen terumbu karang, dan bahkan dalam perut ikan. Namun, pada beberapa penelitian banyak ditemukan mikroplastik di udara yang sering kita hirup. Mikroplastik yang ada di dalam ruang dinilai mempunyai resiko lebih besar untuk kesehatan manusia dibandingkan dengan mikroplastik di udara luar, sehingga tingginya aktivitas manusia di dalam ruangan memungkinkan akan terpapar mikroplastik yang ada pada dalam ruangan. Pengambilan sampel udara mengacu pada SNI 16-7058-2004 tentang Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja. *Low Volume Air Sampler* (LVAS) merupakan alat yang digunakan untuk pengumpulan kandungan partikel di udara melalui filtrasi dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan selama 8 jam. Pengukuran konsentrasi $PM_{2,5}$ pada ketiga titik didapatkan hasil yang melebihi baku mutu yang ditetapkan. Dari ketiga sampel jumlah mikropastik terbanyak didapatkan pada C1 yaitu Basement FIAI UII dekat kantin sebanyak 1781 partikel atau 0,37 partikel/L. Kemudian diikuti oleh sampel C2 yaitu Basement FIAI UII dekat kantor satpam didapatkan mikroplastik sebanyak 623 partikel atau 0,13 partikel/L, dan sampel C3 pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII didapatkan hasil mikroplastik sebanyak 521 partikel atau 0,11 partikel/L. Berdasarkan tiga titik pengambilan sampel ditemukan beberapa warna yang cukup bervariasi seperti warna hitam, coklat, biru, kuning, merah, orange, pink, ungu, transparan, dan hijau. Beberapa jenis mikroplastik yang teridentifikasi melalui mikroskop yaitu *fragment*, *fiber*, *film*, dan *pellet*. Kemudian, rentang ukuran mikroplastik di udara yakni C1 ($6,67\ \mu m - 486,42\ \mu m$), C2 ($1,18\ \mu m - 611,30$), dan C3 ($13,82\ \mu m - 523,33$).

Kata kunci : LVAS, Mikroplastik, $PM_{2,5}$, Udara Dalam Ruang, Universitas Islam Indonesia

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	iv
PENGANTAR	v
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
1.6 Kerangka Berpikir.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pencemaran Udara <i>Indoor</i>	5
2.2 Particulate Matter (PM _{2,5})	6
2.3 Mikroplastik	7
2.4 Hubungan Mikroplastik dan <i>Particulate Matter</i> (PM _{2,5})	10
2.5 Proses Transport Mikroplastik	10
2.6 <i>Low Volume Air Sampler</i> (LVAS)	12

2.7 Penelitian Terdahulu	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Lokasi	17
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Prosedur Analisis Data.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Detail Lokasi Penelitian	25
4.2 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi	27
4.2.1 Analisis Hasil Pengukuran PM _{2,5}	29
4.3 Analisis Hasil Uji Mikroplastik	31
4.3.1 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jumlah.....	31
4.3.2 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Warna.....	34
4.3.3 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jenis	37
4.3.4 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Ukuran	42
4.3.5 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Menggunakan FTIR.....	44
4.4 Strategi Pengelolaan Mikroplastik Berdasarkan Karakteristik Jenis	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN.....	xviii

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Mikroplastik	8
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 3. 1 Alat Sampling	19
Tabel 3. 2 Bahan Sampling	19
Tabel 3. 3 Alat Pengujian.....	19
Tabel 3. 4 Alat Pengujian.....	20
Tabel 4. 2 Analisis Hasil Klimatologi	28
Tabel 4. 3 Analisis Hasil Pengukuran PM _{2,5}	29
Tabel 4. 4 Kelimpahan Mikroplastik	32
Tabel 4. 5 Rasio Mikroplastik.....	32
Tabel 4. 6 Hasil Uji Jenis Polimer Mikroplastik Menggunakan FTIR	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Transport Mikroplastik	11
Gambar 3. 1 Peta ke 3 Titik Lokasi Sampel	17
Gambar 3. 2 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Pada Basement FIAI	18
Gambar 3. 3 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP	18
Gambar 3. 4 Metode Penelitian	21
Gambar 3. 5 Pengambilan Sampel	22
Gambar 3. 6 Analisis Sampel	23
Gambar 4. 1 (A). Titik Lokasi 1, (B). Titik Lokasi 2, (C) Titik Lokasi 3	27
Gambar 4. 2 Arah Mata Angin	28
Gambar 4. 3 Analisis Hasil Pengukuran PM _{2,5}	30
Gambar 4. 4 Kelimpahan Mikroplastik	31
Gambar 4. 5 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Warna	34
Gambar 4. 6 Presentase Total Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Warna	35
Gambar 4. 7 Persentase Persampel Mikroplastik Berdasarkan Warna	35
Gambar 4. 8 (A) Fragmen; (B) Fiber; (C) Film; (D) Pellet	37
Gambar 4. 9 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jenis	38
Gambar 4. 10 Persentase Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jenis	39
Gambar 4. 11 Persentase Persampel Mikroplastik Berdasarkan Jenis	39
Gambar 4. 12 Hasil Pengukuran Mikroplastik	43
Gambar 4. 13 Presentase Hasil Uji Mikroplastik Menggunakan FTIR	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan Sampel	xviii
-------------------------------------	-------

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroplastik telah mencemari hampir seluruh sudut bumi. Biasanya di Indonesia mikroplastik sering ditemukan pada perairan laut, sedimen sungai, sedimen terumbu karang, dan bahkan dalam perut ikan. Tetapi beberapa penelitian mulai banyak menemukan mikroplastik di udara yang sering kita hirup, seperti yang diketahui salah satu penelitian dari Pepera dkk., (2023) mengenai mikroplastik di udara dalam ruang Australia. Secara umum mikroplastik merupakan partikel plastik yang mempunyai ukuran diameter kurang dari 5 mm (Fathulloh dkk., 2021). Mikroplastik tersebut dapat ditemukan dalam bentuk serat (fiber), lapisan tipis, fragmen, atau granula (Alam & Rachmawati, 2020). Mikroplastik dalam ruangan sangat berbahaya karena mikroplastik mempunyai ukuran dan bentuk partikel yang sangat kecil sehingga kemungkinan besar mikroplastik dapat terhirup dan berpotensi mencapai alveolus paru-paru pada manusia dan organisme lainnya yang menyebabkan peradangan dan penyumbatan pada organ pernafasan. Mikroplastik yang ada di dalam ruang dinilai mempunyai resiko lebih besar untuk kesehatan manusia dibandingkan dengan mikroplastik yang ada pada luar ruangan. Sebagian manusia lebih banyak beraktivitas dan menghabiskan waktunya di dalam ruangan misalnya seperti rumah, kantor, transportasi, dan lainnya. Dengan begitu, tingginya aktivitas manusia di dalam ruangan kemungkinan akan terpapar konsentrasi mikroplastik yang ada pada dalam ruangan (Fiyanda, 2022).

Mikroplastik memiliki bentuk dan ukuran yang sangat kecil sehingga tidak mudah untuk dilihat secara langsung begitu saja. Beberapa penelitian diluar sana mengatakan bahwa mikroplastik dapat ditemukan di dalam debu perkotaan. *Particulate Matter* ($PM_{2,5}$) merupakan salah satu debu halus yang sering ditemukan di udara dengan ukuran 2,5 μm atau lebih kecil. Partikulat tersebut dapat menyebabkan meningkatnya polusi diluar ruangan maupun di dalam ruangan.

Secara umum $PM_{2,5}$ biasanya timbul dari pengaruh udara luar seperti kegiatan mobilitas kendaraan, pembakaran sampah, aktivitas industri, dan lainnya. Sedangkan debu di dalam rumah dapat timbul dari perilaku merokok, penggunaan obat nyamuk, dan lainnya, sehingga di dalam $PM_{2,5}$ kemungkinan dapat ditemukannya kandungan mikroplastik. Mikroplastik tersebut dapat terbentuk dari plastik berukuran besar yang kemudian terdegradasi menjadi ukuran yang sangat kecil seperti partikulat. Sehingga beberapa penelitian dapat menemukan mikroplastik di udara pada $PM_{2,5}$ (Fathulloh et al., 2021).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahman, dkk (2021) di Harvard, pengambilan sampel mikroplastik dilakukan selama 7 hari di dalam ruangan dan di luar ruangan. Pada sampel $PM_{2,5}$ ditemukan mikroplastik yang diidentifikasi menggunakan *Raman Analysis* didapatkan hasil dari udara indoor dan outdoor dengan besar mikroplastik $<2,5 \mu m$ yang terdiri dari *nylon fibers*, *particles of PP*, *PE*, *CPE*, *styrene copolymer*, *polyvinyl chloride (PVC)*, dan *polyurethane (PUR)*. Nilon hampir hadir di semua sampel di karenakan kehadiran dari bahan berkarbon rendah dalam sampel ini, yang memfasilitasi identifikasi polimer plastik dengan mudah.

Penelitian mikroplastik di udara khususnya dalam ruang masih sangat terbatas, oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan analisis kandungan mikroplastik dalam $PM_{2,5}$ dalam lingkup kampus, yaitu di *Basement* dan Laboratorium Universitas Islam Indoneia. Penelitian di lokasi *basement* dilakukan karena adanya aktivitas manusia dan banyaknya kendaraan. Begitupun dengan lokasi laboratorium penelitian dilakukan karena adanya aktivitas para pekerja dan aktivitas pembelajaran oleh para mahasiswa. Dengan banyaknya aktivitas di kedua lokasi tersebut dapat memicu adanya mikroplastik sehingga menimbulkan kekhawatiran akan adanya mikroplastik di udara dalam ruang. Berdasarkan latar belakang tersebut penulis memandang penting untuk dilakukannya penelitian mengenai keberadaan mikroplastik di lokasi tersebut untuk mengetahui jumlah dan karakteristik serta dampak terhadap kondisi kesehatan manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{2,5}$) di *Basement* dan laboratorium Universitas Islam Indonesia?
2. Berapa kelimpahan mikroplastik pada *Particulate Matter* ($PM_{2,5}$) di *Basement* dan Laboratorium Universitas Islam Indonesia?
3. Bagaimana karakteristik mikroplastik pada *Particulate Matter* ($PM_{2,5}$) di *Basement* dan Laboratorium Universitas Islam Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengukur konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{2,5}$) di *Basement* dan Laboratorium Universitas Islam Indonesia.
2. Mengukur kelimpahan mikroplastik pada *Particulate Matter* ($PM_{2,5}$) di *Basement* dan Laboratorium Universitas Islam Indonesia.
3. Mengidentifikasi karakteristik mikroplastik pada *Particulate Matter* ($PM_{2,5}$) di *Basement* dan Laboratorium Universitas Islam Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai informasi baru serta menambah ilmu pengetahuan mengenai mikroplastik di udara di dalam ruangan bagi pembaca dan masyarakat lainnya, serta dapat dijadikan sebagai referensi bagi mahasiswa untuk pengembangan analisis mikroplastik di udara dalam ruangan selanjutnya.

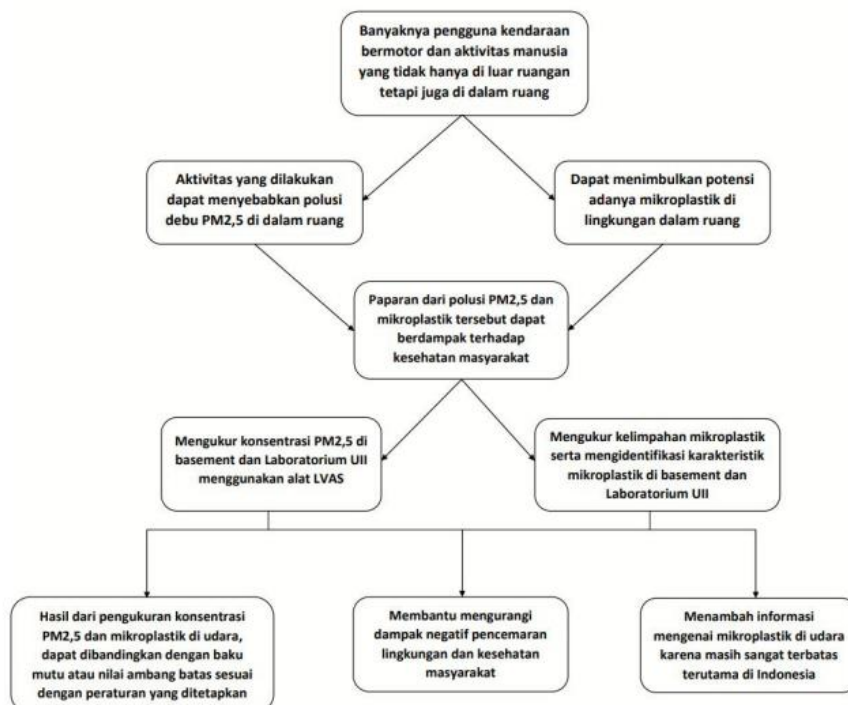
1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel menggunakan *Low Volume Air Sampler* (LVAS) yang mengacu pada SNI 16-7058-2004 Tentang Cara Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja dengan Metode Gravimetri dan waktu 8 jam kerja yang dianggap mewakili pengukuran selama 24 jam.
2. Pada penelitian ini akan dilakukan pengambilan sampel di sekitar wilayah *basement* dan Laboratorium Universitas Islam Indonesia.
3. Melakukan kajian terhadap jenis, bentuk, warna, dan ukuran mikroplastik yang terdapat pada polutan $PM_{2,5}$.

1.6 Kerangka Berpikir

Secara umum, kerangka berpikir dapat berbentuk model konseptual yang menggambarkan aspek-aspek tertentu dari penelitian yang akan dianalisis. Berikut merupakan kerangka berpikir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara *Indoor*

Udara adalah salah satu komponen yang sangat penting untuk kehidupan makhluk hidup. Pencemaran udara umumnya diartikan sebagai udara yang mengandung suatu bahan kimia yang dapat menyebabkan gangguan atau bahaya terhadap manusia, binatang, tumbuh-tumbuhan, dan harta benda (Zakaria, 2013). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara oleh kegiatan manusia yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara, sehingga mutu udara dalam ruang menurun yang menyebabkan udara di dalam ruang tidak dapat memenuhi sebagaimana fungsinya. Penyebab terjadinya pencemaran udara secara umum terdapat 2 macam yaitu biogenik (secara ilmiah) dan antropogenik (karena ulah manusia). Biogenik contohnya debu yang berterbangan akibat tiupan angin, abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi seperti gas-gas vulkanik, proses pembusukan sampah organik, dan lainnya. Antropogenik contohnya hasil pembakaran bahan bakar fosil, serbuk atau debu dari kegiatan industri, pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara (Zakaria, 2013).

Mahalastri, (2014) mengatakan bahwa pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) lebih berbahaya dibandingkan di luar ruangan dikarenakan sumbernya berada dekat dengan manusia. Masalah pencemaran udara dalam ruang umumnya dapat terjadi karena adanya aktivitas manusia di dalam ruangan yang tidak terdapat ventilasi atau lubang angin yang memadai. Kualitas udara yang baik dalam ruangan diartikan sebagai udara yang bebas dari pencemaran, bahan yang menyebabkan iritasi, dan terganggunya kesehatan penghuni. Menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, sumber pencemar udara dalam

ruang dapat berasal dari penggunaan bahan bakar fosil, bahan berbahaya dan beracun (B3) serta perilaku merokok. Selain itu, sumber pencemaran dalam ruang juga dapat berasal dari luar rumah seperti pembakaran sampah dan asap kendaraan bermotor.

2.2 Particulate Matter (PM_{2,5})

Particulate Matter (PM) merupakan jenis polutan berbahaya yang mempunyai berbagai macam ukuran yang mengakibatkan tingginya angka kematian akibat pajanan polusi udara. Polutan tersebut dapat berasal dari dalam ruangan maupun luar ruangan. Secara umum polutan di dalam ruang diemisikan dari berbagai sumber yang ada dalam ruang seperti kompor, pemanas, rokok, material gedung, obat pembasmi serangga atau pestisida, serta produk-produk rumah tangga lainnya. Tetapi sumber polutan yang ada di dalam ruang juga dapat berasal dari luar ruangan seperti gas dan pencemaran udara luar yang masuk melalui ventilasi yang tidak terdesain dengan baik (Huboyo et al., 2009). *Environmental Protection Agency* (EPA) mengelompokkan partikel debu di udara berdasarkan besar ukurannya menjadi 2 kategori yaitu partikel debu ≤ 10 mikrometer dan partikel debu $\leq 2,5$ mikrometer.

PM_{2,5} merupakan jenis partikulat yang memiliki ukuran 2,5 μm atau disebut dengan partikel udara halus sehingga dapat terhirup dengan mudah oleh manusia (Maksum & Tarigan, 2022). Partikel udara halus ini umumnya berasal dari sumber antropogenik seperti kendaraan bermotor, pembakaran biomassa, dan pembakaran bahan bakar (Nirmala & Prasasti, 2016). Parameter PM_{2,5} yang berada diluar ruangan dan di dalam ruangan memiliki nilai baku mutu yang berbeda. Menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, konsentrasi PM_{2,5} dalam ruang memiliki nilai baku mutu sebesar 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalam peraturan tersebut PM_{2,5} timbul dari pengaruh kegiatan manusia seperti penggunaan bahan bakar fosil, bahan berbahaya dan beracun (B3) serta perilaku merokok. Selain itu, sumber pencemaran dalam ruang juga dapat berasal dari luar rumah seperti pembakaran sampah dan asap kendaraan bermotor. Apabila PM_{2,5} melebihi dari

batas ambang atau baku mutu yang sudah ditetapkan maka dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia berupa iritasi pada saluran pernapasan hingga kesulitan untuk bernapas. Gangguan pernapasan yang dialami oleh manusia ditandai dengan adanya keluhan batuk, batuk berdahak, dan sesak nafas (Nirmala & Prasasti, 2016).

Penelitian PM_{2,5} di udara dalam ruang oleh (Chae & Choi, 2024) telah dilakukan di wilayah parkir kampus Sejong University, Seoul, Republic Korea bahwa aktivitas dalam berparkir di *basement* dapat meningkatkan konsentrasi PM_{2,5} di dalam ruang yang diakibatkan dari laju abrasi tapak ban. Selain itu ventilasi juga dapat mempengaruhi peningkatan konsentrasi partikulat. Penelitian lain juga mengatakan bahwa konsentrasi partikulat di dalam ruangan masjid dapat berupa partikel yang tersuspensi dari karpet dan masuknya partikel luar ke dalam ruangan masjid saat beribadah di dalam masjid (Sandra & Radityaningrum, 2021).

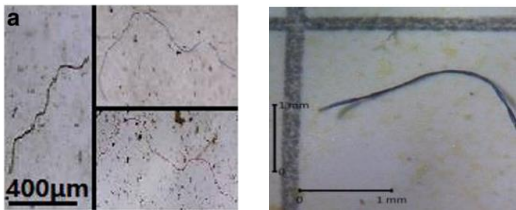
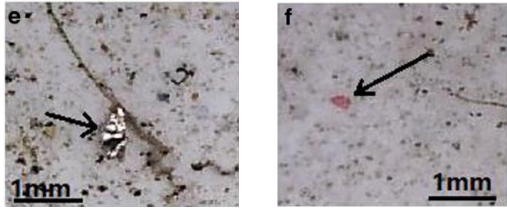
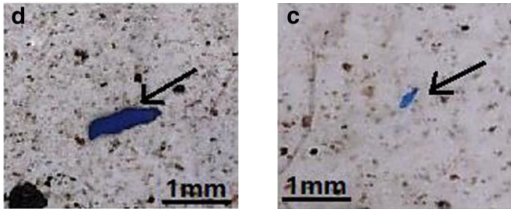
2.3 Mikroplastik

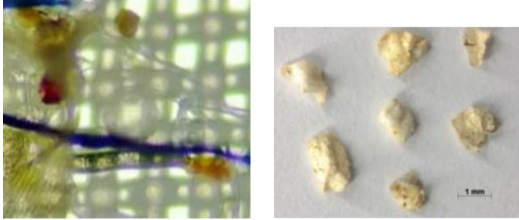
Mikroplastik adalah istilah yang merujuk pada plastik yang biasanya memiliki ukuran kurang dari 5 mm. Plastik dapat dibagi berdasarkan ukuran yakni mega (>100 cm), makro (>2,5-100 cm), meso (>5-25 mm), mikro (1-5000 μ m), dan nano (<1 μ m) (Sandra & Radityaningrum, 2021). Terdapat dua jenis mikroplastik yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer dapat terdiri dari partikel primer seperti serat sintesis dari pakaian dan perabot rumah tangga, serta microbeads yang ditemukan dalam produk kosmetik dan perawatan pribadi. Sementara itu, mikroplastik sekunder berasal dari plastik yang memiliki ukuran besar yang terdegradasi oleh alam dan menjadi ukuran partikel yang lebih kecil (Fathulloh dkk., 2021). Terjadinya degradasi polimer plastik dikarenakan adanya beberapa faktor dari suhu, kontaminasi bahan kimia, dan faktor lainnya yang dapat memutuskan ikatan polimer plastik sehingga ukuran plastik menjadi kecil yang dapat menyebar di lingkungan baik udara, tanah, air tawar, dan laut (Fiyanda, 2022).

Mikroplastik memiliki berbagai jenis dan bentuk yang bervariasi, termasuk dalam hal ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat-sifat lainnya.

Ukuran mikroplastik bervariasi secara signifikan dan jenis warnanya dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis mikroplastik yang ada. Menurut Fiyanda (2022), perubahan warna pada mikroplastik dapat terjadi karena pelapukan di lingkungan, sehingga analisis lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi jenis mikroplastik. Studi-studi menunjukkan bahwa mikroplastik memiliki warna seperti biru, merah, kuning, merah muda, biru tua, transparan, oranye, hijau, dan ungu. Sebagian besar mikroplastik yang ditemui dalam tiga tahun terakhir dapat dikelompokkan ke dalam kategori morfologi kasar, seperti *fiber* (serat), *fragmen*, *film*, *foam*, dan *granula* (Pradiptaadi & Fallahian, 2022).

Tabel 2. 1 Jenis Mikroplastik

JENIS	GAMBAR	KETERANGAN
<i>Fiber</i>		Fiber/serat merupakan bentuk mikroplastik berupa serat plastic memanjang mirip dengan serabut dan berasal dari fragmentasi monofilament seperti tali, bahan sintesis, dan jaring ikan
<i>Film</i>		Film mikroplastik berbentuk lembaran yang berasal dari fragmentasi kantong plastic atau plastic kemasan.
<i>Fragmen</i>		Fragmen merupakan bentuk mikroplastik yang berasal dari hasil potongan plastic biasanya dapat berasal dari sampah botol, toples, map mika, pipa.
<i>Granula</i>		Granula merupakan bentuk mikroplastik yang berbentuk bulat seperti butiran dan partikel, halus dan transparan. Bentuknya

		<i>microbeads</i> yang biasanya terdapat pada produk hygiene dan komestik
Foam		Foam mikroplastik yang paling sering berasal dari styrofoam yang memiliki karakter lembut, bentuk tidak beraturan, dan memiliki warna putih hingga kekuningan.

Sumber: (Cai et al., 2017)

Fiyanda (2022), mengatakan bahwa penelitian sebelumnya mengamati faktor utama mikroplastik menyebar di udara adalah disebabkan oleh angin yang kemudian mengakibatkan terjadinya deposit debu atau *dust fall*. Pada dasarnya, mikroplastik dalam udara telah terdeteksi baik di lingkungan luar maupun dalam ruangan. Manusia banyak menghabiskan sebagian besar waktu mereka di dalam ruangan, sehingga menyiratkan bahwa paparan manusia terhadap mikroplastik dalam ruangan dapat menimbulkan risiko yang lebih besar daripada paparan melalui makanan dan air. Beberapa penelitian mengatakan bahwa serat sintesis dan mikroplastik di udara dalam ruangan umumnya memiliki ukuran berkisar 50 μm hingga 250 μm , maka akan mudah menembus ke dalam sistem pernapasan manusia. Terdapat juga penelitian yang menemukan bahwa teori serat sintesis ditemukan di paru-paru pekerja di industri tekstil yang kemudian menyebabkan iritasi.

Sebagian mikroplastik telah ditemukan di dalam parameter $\text{PM}_{2.5}$. Seperti pada penelitian Fathulloh et al., (2021) pengambilan sampel dilakukan di atap Kampus Muralla del Mar, Universitas Politeknik Catanega ditemukan mikroplastik *Polystyrene* (PS) di dalam polutan $\text{PM}_{2.5}$. Ditemukannya mikroplastik tersebut cukup mengkhawatirkan terpaparnya mikroplastik ke dalam tubuh manusia. Mikroplastik di udara dapat menyebar secara cepat di lingkungan oleh kecepatan angin, sehingga mikroplastik dapat terhirup masuk ke dalam tubuh manusia

melewati sistem saluran pernafasan. Ketika mikroplastik dihirup dapat memberikan potensi penyakit pada sistem pernapasan dan kardiovaskular, atau bahkan kanker. Namun paparan mikroplastik juga dapat tertelan selama melakukan kegiatan sehari-hari seperti berbicara, makan, dan lainnya. Paparan intensitas tinggi pada mikroplastik dalam jangka panjang dapat memicu perubahan hormon yang berdampak pada kematian sel, kerusakan dinding sel, bahkan kerusakan organ dalam tubuh.

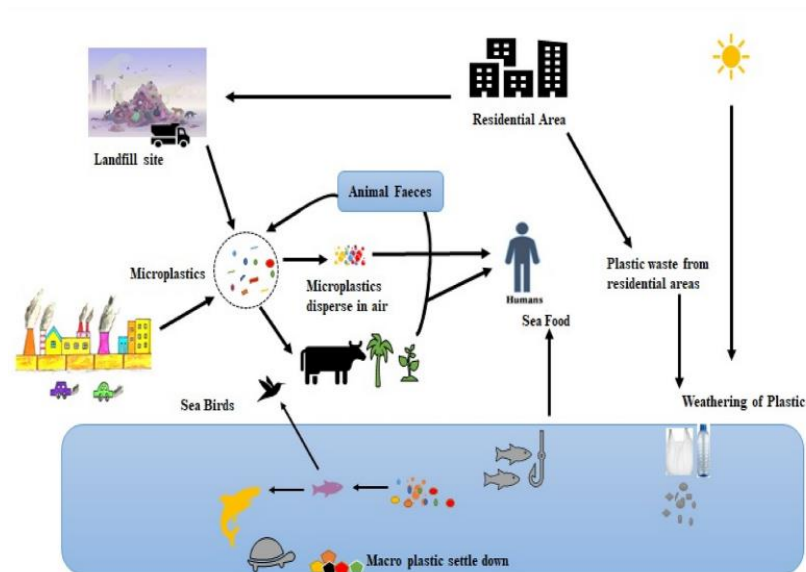
2.4 Hubungan Mikroplastik dan *Particulate Matter* (PM_{2,5})

Mikroplastik mudah terurai menjadi partikel-partikel ukuran kecil yang dapat terakumulasi dalam debu dan tanah dengan kepadatan rendah, sehingga besar kemungkinannya untuk masuk ke atmosfer dan terhirup. Sebagian besar mikroplastik memiliki ukuran kecil dibawah polutan PM_{2,5}. Polutan tersebut dianggap sebagai sumber sekunder mikroplastik di atmosfer karena dapat tersuspensi kembali oleh angin. Seperti halnya pada keausan ban kendaraan dapat menyumbang 37% PM_{2,5} ke atmosfer, sehingga meningkatkan beban global polusi udara terhadap kesehatan manusia (Ahmad et al., 2023). Pada penelitian yang dilakukan oleh Suryati et al., (2024) wilayah industri di Medan, Sumatera Utara terdapat 6 titik pengambilan sampel pada polutan PM_{2,5}. Sampel polutan PM_{2,5} di titik 1 dan 6 memiliki angka mikroplastik yang tinggi dibanding sampel lainnya. Hal ini, dapat dikarenakan terkait dari sumber polusi di sekitar lokasi pengambilan sampel yang dapat berupa penggunaan plastik di industri, seperti produksi, pengolahan, dan pembuangan sampah. Selain itu, Suryati et al., (2024) juga mengatakan bahwa bisa juga berasal dari debu ban kendaraan yang mengalami abrasi saat berkendara sehingga mampu menghasilkan partikel mikroplastik yang kemudian menyebar di udara.

2.5 Proses Transport Mikroplastik

Menurut Ahmad et al., (2023) beberapa faktor seperti mekanisme transportasi, dispersi, dan pengendapan dapat mempengaruhi pergerakan polutan

yang ada di atmosfer. Mikroplastik di udara dapat mengendap yang dipengaruhi oleh curah hujan, pemulungan, dan sedimentasi. Tetapi penyebab utama terjadinya penyebaran polutan dan mikroplastik di udara yaitu kecepatan angin dan gangguan lokal. Mikroplastik dapat terangkut di udara karena memiliki bentuk dan ukuran partikel yang sangat kecil. Selain bentuk dan ukuran, kondisi meteorologi seperti hujan, salju, suhu, kelembapan, tekanan udara, dan kecepatan angin juga berdampak pada transportasi dan pengendapan mikroplastik. Seperti halnya dalam penelitian Allen et al., (2019) di daerah pegunungan Pyrenees diperkirakan transportasi dan pengendapan mikroplastik secara signifikan dipengaruhi oleh salju, curah hujan dan kecepatan angin.



Gambar 2. 1 Proses Transport Mikroplastik

Berbagai sumber mikroplastik telah teridentifikasi di berbagai bidang lingkungan. Sumber mikroplastik di udara juga dapat ditentukan dengan menggunakan karakteristik dan jenis polimernya. Menurut Ahmad et al., (2023) serat sintetis adalah sumber utama mikroplastik di udara. Tekstil sintetis di dalam ruangan lebih banyak dibandingkan di luar ruangan. Di dalam ruangan dapat

tercemar dari serat karpet, tirai, dan perabotan lembut lainnya yang terbuat dari serat. Ketika produk tekstil terkena erosi dan radiasi ultraviolet dapat dengan mudah terurai menjadi partikel yang lebih kecil dan kemudian terlepas ke atmosfer. Pada saat mengenakan atau mengeringkan pakaian, serat-serat kecil yang digunakan dalam kain kemungkinan dapat terlepas ke atmosfer. Ahmad et al., (2023) juga mengatakan abrasi, pergeseran angin, dan degradasi adalah tiga proses yang dapat memecahkan mikroplastik berserat menjadi fragmen kecil.

Emisi dari daur ulang plastik juga dapat menjadi sumber lain dari polusi udara. Kerusakan, keausan, dan pelapukan produk yang dikemas dan dapat digunakan kembali dapat menghasilkan mikroplastik. Mikroplastik yang dilepaskan oleh aktivitas manusia, termasuk dalam penggunaan peralatan dapur plastik, bahan bangunan seperti cat, kertas dinding, dan aktivitas penghasil lainnya. Pembuangan kertas plastik ke tempat pembuangan sampah juga merupakan penyebab adanya mikroplastik di udara dengan adanya proses fisik, kimia, dan biologis yang memungkinkan terjadinya penguraian partikel mikroplastik seiring waktu sehingga mempengaruhi lingkungan dan melepaskan mikroplastik ke atmosfer (Ahmad et al., 2023)

2.6 Low Volume Air Sampler (LVAS)

Pengambilan sampel udara mengacu pada SNI 16-7058-2004 tentang Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja. Standar Nasional Indonesia ini menjelaskan mengenai prosedur pengukuran kadar debu total di udara tempat kerja secara gravimetri, meliputi persiapan peralatan, pengambilan sampel, penimbangan, dan perhitungan kadar debu. Kadar debu dihitung berdasarkan perbedaan berat filter sebelum dan sesudah pengambilan sampel, dibagi dengan volume udara yang dihisap.

Low Volume Air Sampler (LVAS) merupakan alat yang digunakan untuk pengumpulan kandungan partikel di udara melalui filtrasi. LVAS dilengkapi dengan pompa penghisap udara dengan kapasitas 5 – 15 l/m. Prinsip kerja alat tersebut yakni alat diletakkan pada titik pengukuran setinggi zona pernafasan, pengambilan contoh dilakukan pada menit atau selama sejam (sesuai dengan

kebutuhan dan tujuan pengukuran) dan kadar debu total yang diukur ditentukan secara gravimetri.

Persiapan bahan untuk pengambilan sampel udara yang akurat yaitu kertas filter dan *silica gel*. Sebelum dilakukan pengambilan sampel, kertas filter yang akan digunakan untuk mengambil sampel debu dimasukkan ke dalam desikator yang sudah diisi oleh *silica gel* yang berfungsi untuk menyerap kelembapan pada kertas filter atau pada ruangan yang mempunyai suhu normal dan kelembapan 0-50% selama 24 jam. Kemudian kertas ditimbang menggunakan timbangan analitik, jika kertas filter sudah mempunyai angka penimbangan yang stabil maka kertas filter siap digunakan untuk pengambilan contoh uji debu. Lalu pengambilan sampel menggunakan alat *Low Volume Air Sampler (LVAS)* yang diletakkan diatas tripod setinggi $\pm 1-1,5$ meter atau setara dengan zona pernafasan manusia dan didukung dengan alat pengukur suhu dan kelembapan. Kemudian hidupkan alat dan atur kecepatan alir pengambilan contoh uji lalu catat sesuai dengan waktu yang ditentukan. Setelah semua selesai matikan alat, lalu filter contoh uji debu siap untuk diuji sesuai dengan metode pengujian debu. Selanjutnya, sampel kertas *filterglass* yang sudah digunakan untuk mengambil sampel debu dimasukkan kedalam desikator yang sudah diisi *silica gel* atau pada ruangan yang mempunyai suhu normal dan kelembapan 0-50% selama 24 jam. Lalu timbang kertas sampel setelah dari desikator menggunakan timbangan analitik. Hasil analisis yang diperoleh dapat dibandingkan dengan baku mutu atau standar yang sudah ditetapkan untuk dijadikan sebagai tolak ukur tingkat pencemaran udara dalam lingkungan tersebut.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan mengacu pada hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut adalah hasil penelitiannya :

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	Andi Dania Triska Fiyanda	Identifikasi Mikroplastik Udara Dalam Ruang Sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar	Keberadaan mikroplastik di dalam ruangan lebih banyak ditemukan pada hari kerja dibandingkan dengan hari libur. Jenis mikroplastik yang banyak ditemukan yaitu jenis <i>fiber</i> dan jenis <i>fragmen</i> . Mikroplastik jenis <i>fiber</i> banyak ditemukan di dalam ruang karena faktor utama yang mempengaruhi yaitu pakaian. Sedangkan, mikroplastik jenis fragmen banyak ditemukan di dalam ruang karena faktor utamanya dihasilkan dari plastik yang terdegradasi menjadi ukuran kecil disebabkan oleh sinar matahari UV.
2	Intan Bahrina, Arie Diparazea Syafei., et al	<i>An Occupant-Based Overview of Microplastics in Indoor Environments in the City of Surabaya, Indonesia</i>	Dalam studi ini dilakukan pengambilan sampel di dalam ruangan di dua kantor, dua sekolah, dan dua apartement yang menunjukkan bahwa mikroplastik di dalam ruangan sebagian besar berbentuk serat dengan partikel mikroplastik yang teridentifikasi sebagian besar mengandung polimer plastik. Salah satu penyebab peningkatan mikroplastik dalam ruang yaitu banyaknya penghuni/orang di dalam ruangan. Produk berbahan plastik seperti furnitur, peralatan dapur, karpet, mainan, dan lainnya berkontribusi terhadap jumlah mikroplastik yang ditemukan di dalam ruangan.
3	Akhbharizadeh, R., et al	<i>Suspended Fine Particulate Matter (PM_{2,5}), Microplastic (MPs), and Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: Their Possible Relationships and Health Implications</i>	Tingkat PM _{2,5} dan keterkaitannya dengan MP dan PAH pada udara ambien di Pelabuhan Bushehr, di bagian utara Teluk Persia. Hasil ditunjukkan bahwa debu dari daerah distal (Irak dan Arab Saudi) sebagian besar berasal dari petrogenik (kegiatan seperti minyak/gas). Selama pengambilan sampel kegiatan tersebut mempengaruhi PM _{2,5} dan konsentrasi MP dan PAH

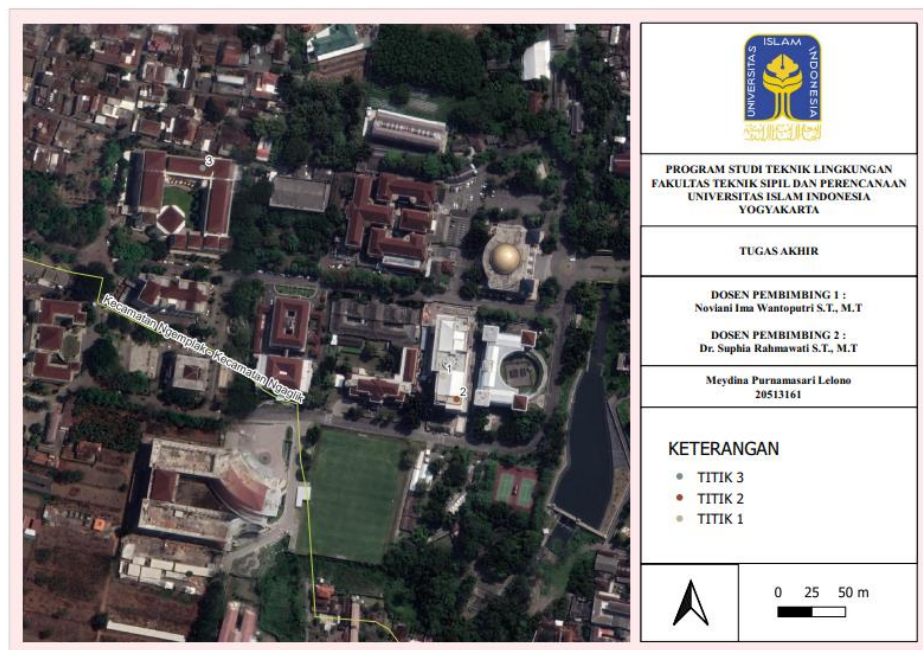
No	Peneliti	Judul	Hasil
4	Costa-Gómez., et al	<i>A novel application of thermogravimetry-mass spectrometry for polystyrene quantification in the PM 10 and PM 2,5 fractions of airborne microplastics</i>	Penelitian ini dilakukan di Cartanega sebuah kota yang terletak di pantai Mediterania tenggara Spanyol (Wilayah Murcia) tepatnya di Universitas Politeknik Cartanegara. Wilayah tersebut mempunyai profil iklim kering dan hangat/sub kering, serta musim dingin yang sejuk. Dalam penelitian ini mengukur mikroplastik poliestiren yang ditemukan pada fraksi PM10 dan PM2,5 adalah masing-masing 2,09 dan 1,81 ng m ⁻³ . Oleh karena itu sebagian besar mikroplastik polistiren di udara ditemukan di PM2,5 yang berhubungan dengan penyakit jantung paru sumber polutan yang muncul ini dapat kemungkinan dari praktik pertanian lokal.
5	Torres-Agullo., et al	<i>Airborne microplastic particle concentrations and characterization in indoor urban microenvironments</i>	Pada penelitian ini sampel diambil di dalam ruang seperti rumah, angkutan umum, dan tempat kerja yang mewakili kehidupan perkotaan. Ditemukan mikroplastik tertinggi di dalam bus diikuti oleh kereta bawah tanah, rumah dan terakhir tempat kerja. Poliamida, PA, Poliester PES, dan PP merupakan polimer yang diidentifikasi paling umum pada produk perawatan pribadi dan tekstil sintetis dengan dosis inhalasi rata-rata 37 mikroplastik per hari dalam kisaran yang diamati dalam penelitian udara dalam ruangan sebelumnya. Sebagian besar polimer berukuran di bawah 100 mikrometer. Polimer yang teridentifikasi sebagian besar berasal dari tekstil sintesis, maka dapat di rekomendasikan dalam penggunaan pakaian yang terbuat dari serat alami untuk mengurangi paparan terhadap anggota parlemen di udara.

BAB III

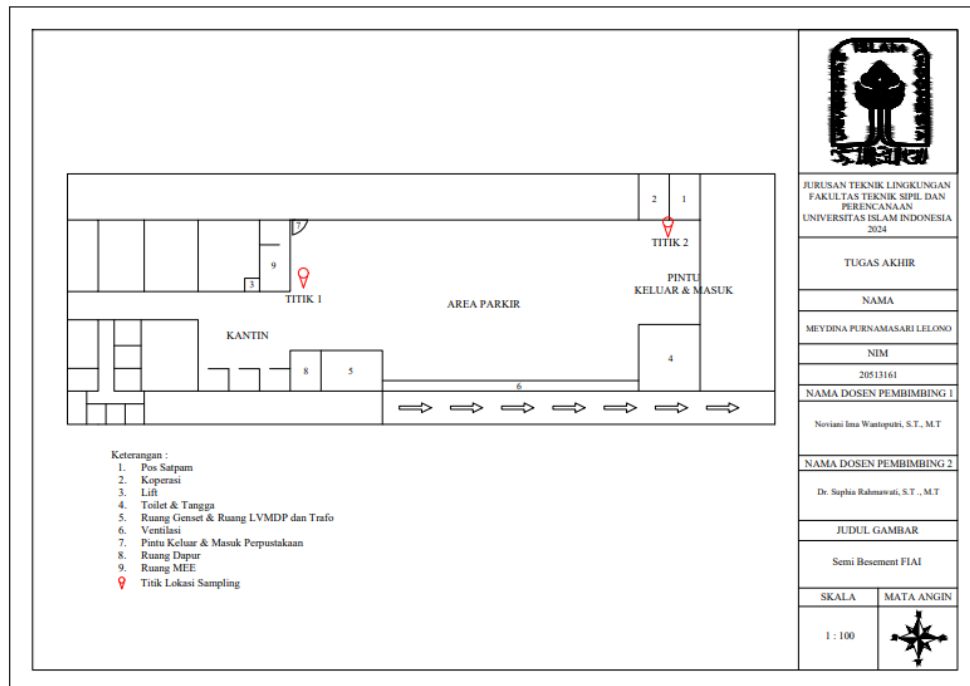
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

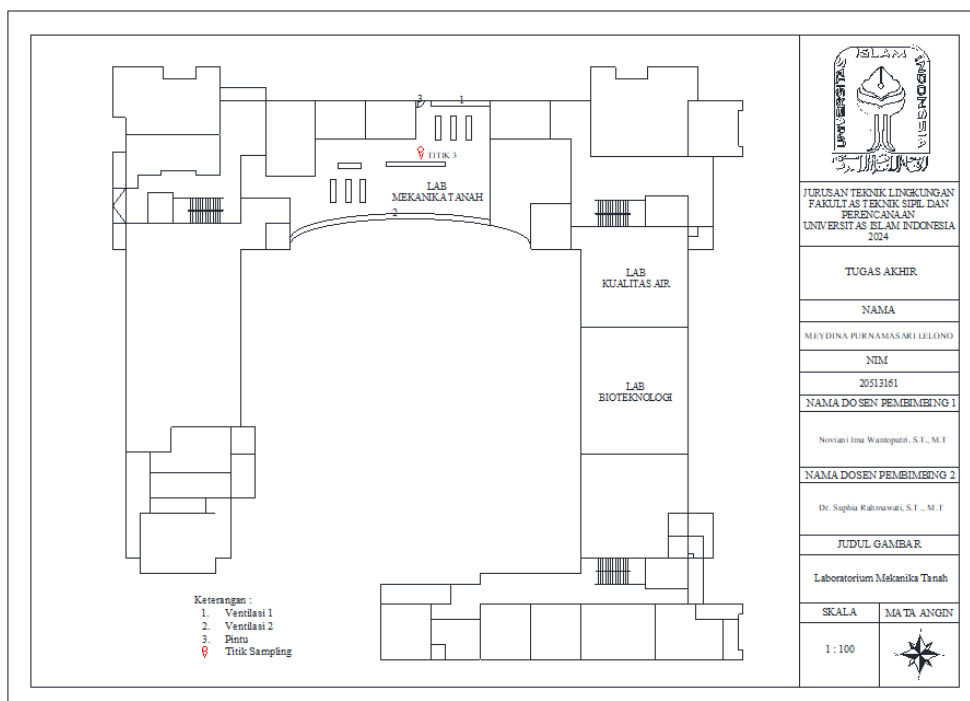
Lokasi penelitian dilakukan di *Basement* Fakultas Ilmu Agama Islam dan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Pemilihan titik lokasi sampling ditentukan berdasarkan SNI 7230-2009 mengenai Teknik Penentuan Titik Pengambilan Sampel Udara di Tempat Kerja. Proses pengambilan sampel dilakukan dalam 8 jam kerja. Lokasi tersebut dipilih karena wilayah yang padat penduduk dan ramai dari aktivitas manusia sehingga dapat dijadikan tempat penelitian untuk mengidentifikasi mikroplastik yang ada di dalam ruangan.



Gambar 3. 1 Peta ke 3 Titik Lokasi Sampel



Gambar 3. 2 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Pada *Basement FIAI*



Gambar 3. 3 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel secara langsung. Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian :

1. Alat Sampling

Tabel 3. 1 Alat Sampling

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	<i>Low Volume Air Sampler</i> (LVAS) merk lokal	Untuk pengambilan sampel debu PM _{2,5} di dalam ruangan
2.	<i>Flowmeter</i>	Mengukur dan menentukan besar aliran dari udara yang masuk
3.	Tripod	Perlengkapan alat agar LVAS dapat berdiri dengan tegak
4.	Termometer	Alat pengukur suhu udara
5.	Higrometer	Alat pengukur kelembapan udara

2. Bahan Sampling

Tabel 3. 2 Bahan Sampling

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	Glass Fiber Filter merk Adventec ukuran 110 mm	Kertas filter untuk pengambilan sampel debu PM _{2,5} di dalam ruang

3. Alat Pengujian Mikroplastik

Tabel 3. 3 Alat Pengujian

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Timbangan Analitik	Alat untuk menimbang kertas filter sebelum dan sesudah pengambilan sampel
2.	Pinset	Untuk membantu pengambilan kertas filter agar tidak rusak
3.	Desikator	Tempat penyimpanan kertas filter agar kertas filter tetap terjaga kelembapannya
4.	Gelas Beaker 200 ml	Wadah untuk menganalisis kertas filter
5.	<i>Ultrasonic Bath</i>	Alat untuk menghilangkan kemungkinan adanya kotoran di kertas filter
6.	Oven	Alat untuk mengeringkan kertas sampel
7.	Hotplate Stirrer	Alat untuk proses pengadukan kertas filter dan larutan

8.	Pompa Vakum	Alat untuk menyaring mikroplastik dari larutan
9.	Mikroskop BX53 dan Mikroskop Olympus U-TV0.5XC-3	Alat untuk mengidentifikasi warna, jenis, dan ukuran mikroplastik
10.	Gelas Ukur 100 ml	Alat untuk mengukur larutan yang akan digunakan
11.	Corong Kaca	Alat untuk membantu dalam menuangkan larutan
12.	Centrifuge	Alat untuk memisahkan partikel dengan larutan dengan cara memutar
13.	FTIR	Alat untuk mengetahui jenis polimer yang ada pada mikroplastik

4. Bahan Pengujian Mikropastik

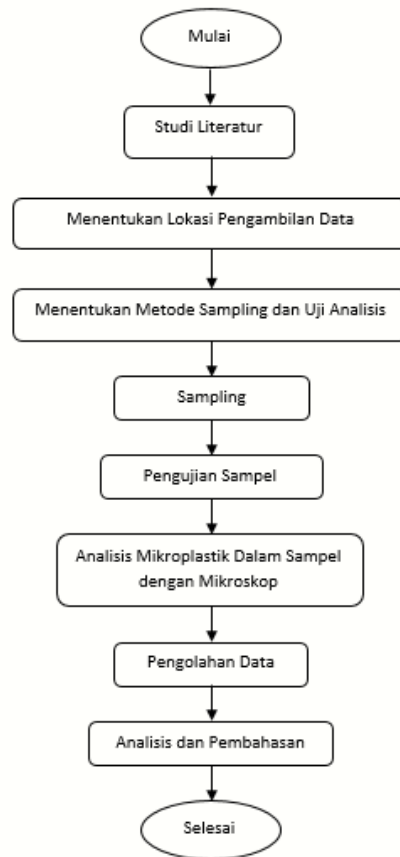
Tabel 3. 4 Alat Pengujian

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	Filter Whatman 47 mm	Kertas filter yang digunakan untuk melakukan identifikasi mikroplastik
2.	Aquades	Bahan pencucian alat laboratorium
3.	H ₂ O ₂ (30%)	Larutan yang dapat memisahkan bahan organik dari kertas sampel
4.	ZnCl ₂ (5%) 1,6 gr/cm ³	Larutan yang mengikat mikroplastik dari kertas sampel agar dapat diidentifikasi keberadaannya

3.3 Prosedur Analisis Data

1. Metode Penelitian

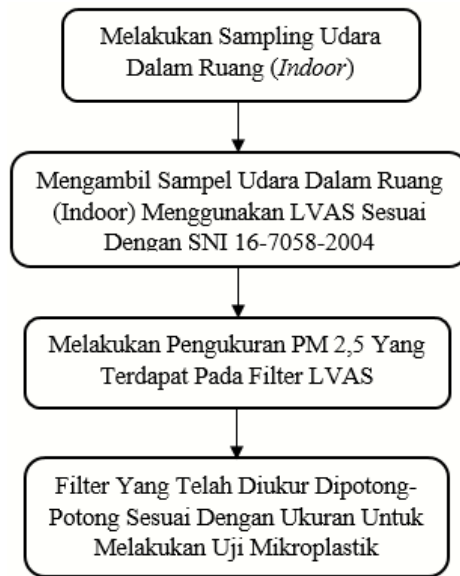
Berikut ini merupakan langkah-langkah proses penelitian tugas akhir yang disajikan dalam bentuk diagram alir pada gambar berikut :



Gambar 3. 4 Metode Penelitian

2. Pengambilan Sampel

Sampel yang akan diambil adalah *Particulate Matter* ($PM_{2,5}$) yang ada di udara dalam ruang. Pemilihan sampel tersebut sesuai dengan Permenkes No 2 Tahun 2023 bahwa polutan yang ada di dalam ruangan (*indoor*) yaitu $PM_{2,5}$. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 titik, terdapat 2 titik lokasi pada *Basement* FIAI UII dan 1 titik lokasi pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII dengan waktu selama 1 x 8 jam pada jam kerja pada waktu *weekdays*. Sampel diambil menggunakan *Low Volume Air Sampler* (LVAS) yang mengacu dengan SNI 16-7058-2004 Tentang Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja. Berikut adalah langkah-langkah pengambilan sampel udara dalam bentuk diagram alir seperti pada gambar dibawah ini.

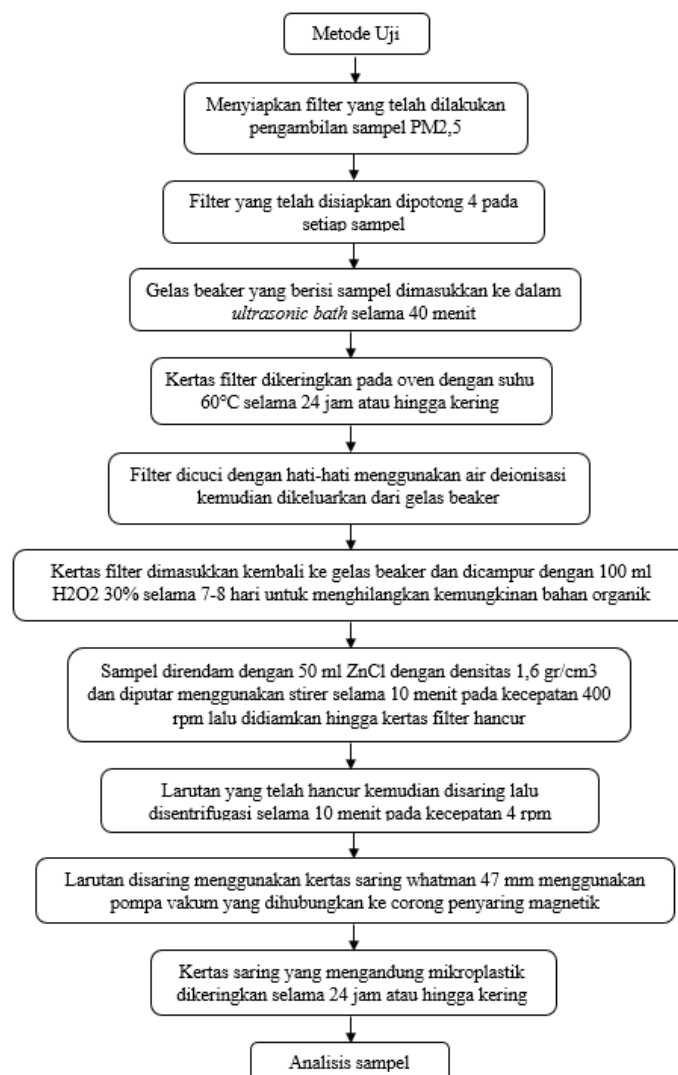


Gambar 3. 5 Pengambilan Sampel

3. Analisis Sampel

Sampel yang sudah diambil menggunakan kertas filter dilapangan kemudian dilakukan analisis di Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII. Metode yang digunakan mengacu pada penelitian oleh Akhbarizadeh., et al (2020) dengan sedikit modifikasi. Dari penelitian tersebut kertas filter dari sampel parameter $PM_{2,5}$ setiap filter ditimbang menggunakan timbangan mikro empat digit, kemudian direndam ke dalam 50 ml air deionisasi dan dimasukkan ke dalam penangas *ultrasonik bath* selama 40 menit. Lalu, filter dicuci dengan air deionisasi dan dikeluarkan dari gelas kimia. Kemudian kertas filter yang telah dicuci lalu dikeringkan dalam oven pada suhu $60^{\circ}C$ selama 24 jam. Selanjutnya, kertas filter yang sudah kering direndam dengan H_2O_2 30% sebanyak 100 ml selama 7-8 hari untuk menghilangkan kemungkinan adanya bahan organik dari sampel. Kemudian sampel direndam dalam 50 ml larutan $ZnCl_2$ dengan massa jenis $1,6/cm^3$ dan diputar selama 10 menit menggunakan stirrer dengan kecepatan 400 rpm sebelum didiamkan selama 1 jam. Larutan yang bening diatas partikel yang mengendap

disentrifugasi selama 10 menit pada kecepatan 4 rpm dan kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman 47 mm menggunakan pompa vakum yang dihubungkan ke corong filter magnetik. Lalu sampel dianalisis menggunakan mikroskop digital untuk dilakukan pengamatan mikroplastik.



Gambar 3. 6 Analisis Sampel

4. Pengolahan Data

a. Perhitungan Konsentrasi Sampel

Pengolahan data dengan melakukan perhitungan konsentrasi sampel $PM_{2,5}$ yang diambil sesuai dengan SNI Tentang Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja menggunakan *Low Volume Air Sampler* (LVAS) dengan Metode Gravimetri. Kadar debu total konsentrasi $PM_{2,5}$ dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \text{ (mg/l)}$$

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

Keterangan :

C = kadar debu total (mg/l) atau (mg/m³)

W_2 = berat filter contoh setelah pengambilan contoh (mg)

W_1 = berat filter contoh sebelum pengambilan contoh (mg)

B_2 = berat filter blanko setelah pengambilan contoh (mg)

B_1 = berat filter blanko sebelum pengambilan contoh (mg)

V = volume udara pada waktu pengambilan contoh (l)

b. Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik akan dihitung menggunakan data yang dikumpulkan dari pengamatan yang dilakukan dibawah mikroskop. Perhitungan kelimpahan mikroplastik pada di udara dilakukan dengan rumus berikut :

$$\text{Kelimpahan Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Volume Udara}}$$

5. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengidentifikasi konsentrasi dari parameter udara dalam ruang yaitu $PM_{2,5}$ menggunakan perhitungan yang ada pada SNI dan membandingkan dengan baku mutu yang ada dalam Permenkes No 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan. Kemudian mengidentifikasi mikroplastik yang ditemukan pada sampel udara dalam ruang pada kawasan *Basement* dan Laboratorium Universitas Islam Indonesia melalui uji laboratorium dan dilihat melalui mikroskop. Identifikasi mikroplastik yang dilakukan berdasarkan jumlah, jenis, dan warna. Lalu hasil data akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

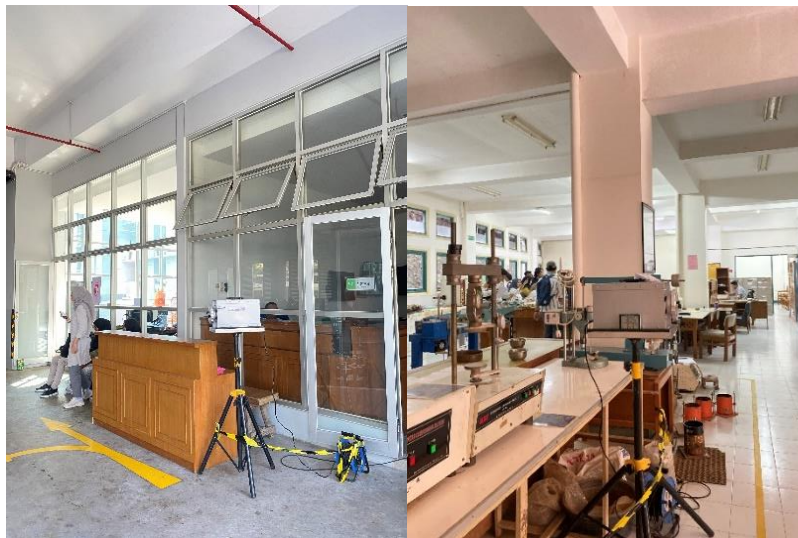
4.1 Detail Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemilihan titik pada lokasi pengambilan sampel PM_{2,5} telah sesuai dengan kriteria yang tertera SNI 7230:2009 tentang Teknik Penentuan Titik Pengambilan Sampel Udara serta untuk metode pengambilan sampel mengacu pada SNI 16-7058-2004 Tentang Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja menggunakan *Low Volume Air Sampler* (LVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan selama 8 jam kerja. Berdasarkan kriteria tersebut maka titik pengambilan sampel udara pada penelitian ini berada di *Basement* Fakultas Ilmu Agama Islam dan Laboratorium Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

Pada lokasi pertama yaitu pada *Basement* Fakultas Ilmu Agama Islam UII. Pengambilan dilakukan di area dekat kantin tepatnya dibagian Utara. Adapun koordinat pada titik ini yaitu 7,68879°S, 110,41484°T. Lokasi yang dipilih merupakan area aktivitas mahasiswa dan pekerja seperti adanya kantin, penggunaan lift, parkiran motor, ruang dapur, dan lainnya. Lokasi kedua yaitu *Basement* Fakultas Ilmu Agama Islam UII di pintu masuk dan keluar tepatnya dibagian Timur. Koordinat pada titik ini yaitu 7,68875°S, 110,41486°T. Lokasi ini dipilih karena adanya aktivitas di sekitar lokasi tersebut seperti adanya ruang satpam, koperasi mahasiswa, dan parkiran motor. Lokasi ketiga yaitu pada Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII tepatnya dibagian Timur. Adapun koordinat pada titik ini yaitu -7,686711°S, 110,412803°T. Lokasi ini dipilih karena adanya aktivitas pembelajaran mahasiswa dan pekerja dengan penggunaan alat dalam melakukan aktivitas praktikum dan penggunaan bahan berupa tanah. Berikut merupakan kondisi eksisting pada titik pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel dibawah :



(A)



(B)



(C)

Gambar 4. 1 (A). Titik Lokasi 1, (B). Titik Lokasi 2, (C) Titik Lokasi 3

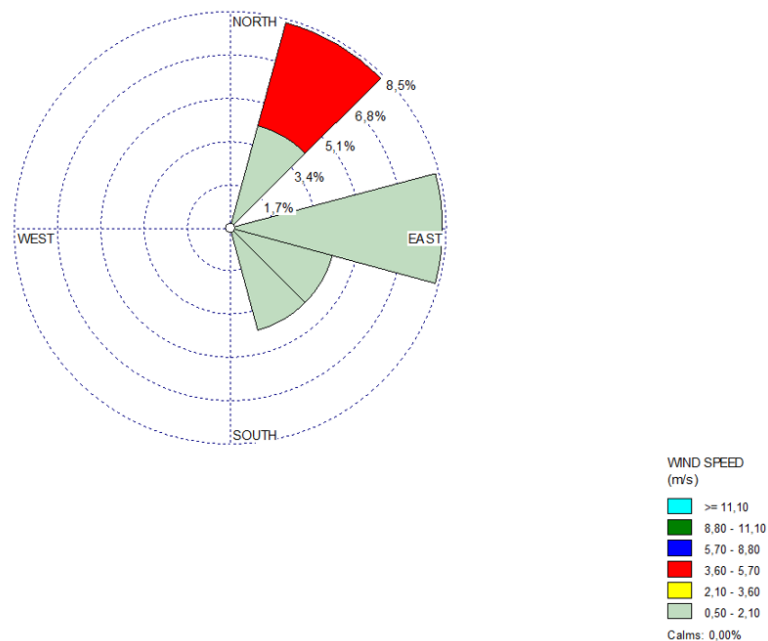
4.2 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi

Pelaksanaan pengambilan sampel $PM_{2,5}$ dilakukan selama 3 hari dengan membandingkan antara dua tempat. Dipilihnya perbandingan tersebut guna melihat peningkatan konsentrasi debu yang terjadi pada ruangan yang mempunyai aktivitas yang berbeda. Pengambilan sampel pertama dilakukan di *Basement* Fakultas Ilmu Agama Islam UII yang bertepatan dibagian area dekat kantin pada hari Jumat 17 Mei 2024 pukul 08.00-16.00 WIB. Pengambilan sampel kedua dilakukan di *Basement* Fakultas Ilmu Agama Islam bertepatan dibagian pintu masuk dan keluar pada hari Selasa 21 Mei 2024 pukul 08.00-16.00 WIB. Pengambilan sampel ketiga dilakukan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang bertepatan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil pada hari Selasa 28 Mei 2024 pukul 08.00-16.00 WIB.

Proses pengambilan sampel ini disesuaikan dengan SNI 7230:2009 Tentang Teknik Penentuan Titik Pengambilan Sampel Udara di Tempat Kerja menggunakan *Low Volume Air Sampler* (LVAS) dengan Metode Gravimetri dan waktu pengambilan selama 8 jam kerja. Hasil pengukuran partikulat $PM_{2,5}$ dinyatakan dalam satuan $\mu g/m^3$.

Tabel 4. 1 Analisis Hasil Klimatologi

Lokasi	Waktu Pengambilan	Suhu Rata-Rata (°C)	Hum (RH) %
Basement FIAI (C1)	08.00 - 16.00	31,1	56
Basement FIAI (C2)	08.00 - 16.00	28,6	64
Laboratorium Mekanika Tanah FTSP (C3)	08.00 - 16.00	30,5	61



Gambar 4. 2 Arah Mata Angin

Tabel dan gambar diatas merupakan data klimatologi di sekitar lokasi dan waktu pada saat pengambilan sampel. Parameter kondisi lingkungan yang diukur yaitu suhu rata-rata, kelembapan, kecepatan angin, dan arah mata angin. Setiap titik lokasi memiliki suhu, kelembapan, kecepatan angin, dan arah mata angin yang berbeda-beda dikarenakan faktor cuaca yang berbeda-beda pada setiap pengambilan sampel.

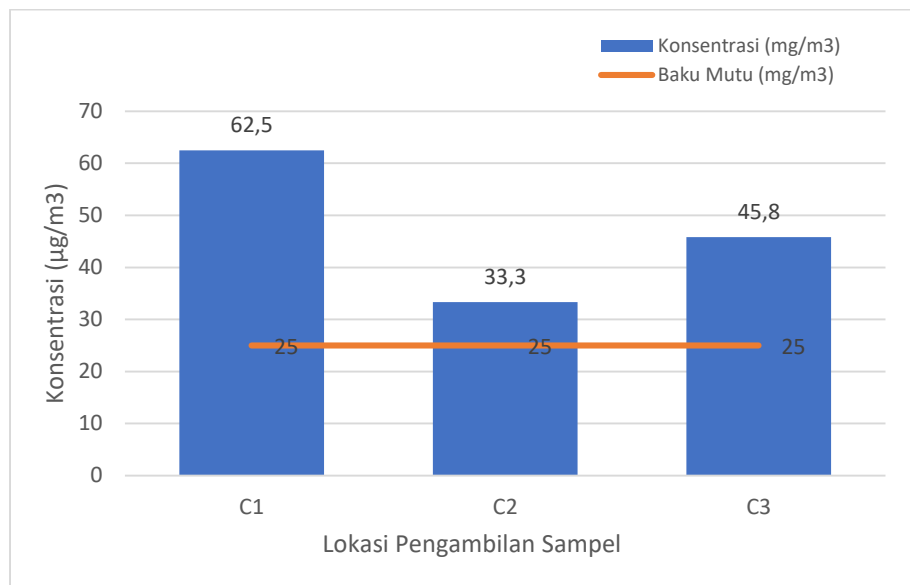
Arah mata angin diukur pada waktu yang berbeda dari pengambilan sampel mikroplastik. Pada ketiga titik lokasi pengambilan sampel dilakukan pada pukul 08.00-16.00 WIB. Arah mata angin memiliki dominan mengarah ke Timur Laut dengan kecepatan angin sebesar 0.50-5,70 m/s, sehingga dapat diasumsikan bahwa kemungkinan besar sumber debu $PM_{2,5}$ dan mikroplastik juga dapat berasal dari udara ambien yang ada di sekitar terbawa oleh angin kemudian masuk ke dalam ruang. Suhu dan kelembapan pada titik lokasi termasuk ke dalam batas normal dalam ruang. Menurut Akhbarizadeh et al., (2020) suhu dan kelembapan tidak memiliki hubungan yang signifikan kepada mikroplastik yang terdeteksi. Namun, mikroplastik dalam udara memiliki hubungan yang positif antara kecepatan angin dan arah angin. Transportasi mikroplastik dalam udara dapat dikendalikan oleh dinamika dan siklus di atmosfer.

4.2.1 Analisis Hasil Pengukuran $PM_{2,5}$

Pengukuran $PM_{2,5}$ menggunakan alat LVAS (*Low Volume Air Sampler*) dengan laju alir 10 L/menit. Selain itu dibutuhkan juga pengukuran suhu dan kelembapan yang masing-masing diukur setiap 1 jam begitu juga dengan pengecekan konsistensi laju alir. Hasil pengukuran partikulat $PM_{2,5}$ yang dilakukan selama 8 jam kerja dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4. 2 Analisis Hasil Pengukuran $PM_{2,5}$

Kode Sam pel	Lokasi	Waktu Pengambilan	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C1	Basement FIAI	08.00 - 16.00	62,5	25
C2	Basement FIAI	08.00 - 16.00	33,3	25
C3	Laboratorium Mektan (FTSP)	08.00 - 16.00	45,8	25



Gambar 4. 3 Analisis Hasil Pengukuran PM_{2,5}

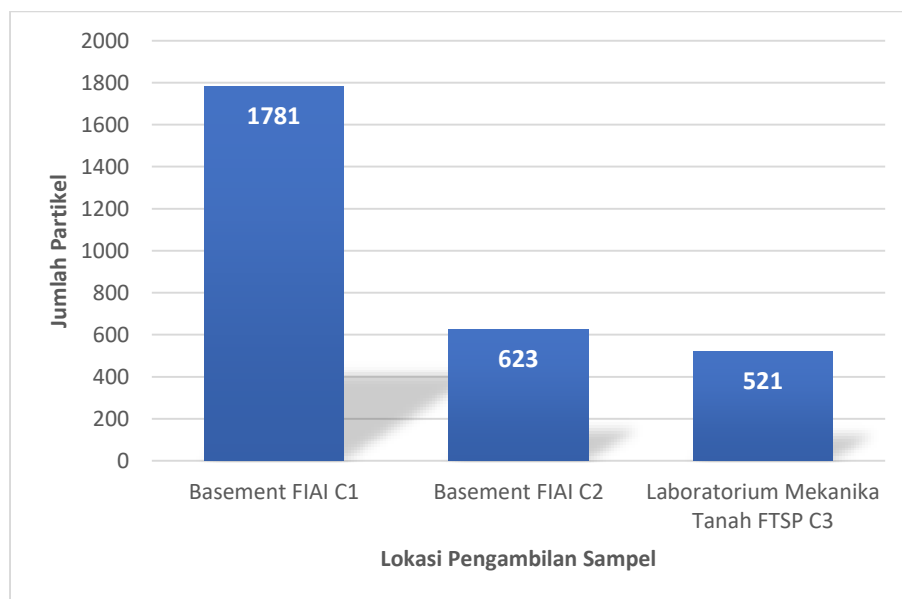
Berdasarkan hasil penelitian ini, pengukuran konsentrasi PM_{2,5} pada ketiga titik sampel didapatkan hasil konsentrasi melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan pada Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan. Terjadinya hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi PM_{2,5}. Faktor penyebab yang dapat terjadi yaitu adanya pengaruh aktivitas pada sekitar titik pengambilan sampel dan faktor lain dapat mempengaruhi yaitu cuaca di sekitar. Menurut Wellid et al., (2024) dampak negatif terkena debu PM_{2,5} secara terus menerus akan menyebabkan Iritasi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) dan terkena iritasi pada mata terhadap masyarakat yang ada di wilayah terdampak. Dengan tingginya konsentrasi PM_{2,5} akan masuk melewati inhalasi pernafasan dan mengendap ke dalam paru-paru manusia yang akan diedarkan ke aliran darah kemudian keseluruh organ tubuh. Persentase pengendapan yang terjadi pada partikulat PM_{2,5} lebih tinggi dibandingkan dengan partikulat PM₁₀, karena partikulat PM_{2,5} memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan partikulat PM₁₀ sehingga partikulat PM_{2,5} akan lebih mudah masuk ke dalam tubuh manusia.

4.3 Analisis Hasil Uji Mikroplastik

Proses identifikasi mikroplastik pada kawasan *Basement* FIAI UII dan Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII berupa jumlah, jenis, bentuk, dan warna yang dapat dilihat melalui mikroskop menggunakan kertas saring Whatman 47 mm. Jenis mikropastik yang teridentifikasi pada penelitian ini yaitu, *fragment*, *fiber*, *film*, dan *pellet* serta warna yang teridentifikasi yaitu hitam, coklat, biru, kuning, merah, orange, pink, ungu, transparan, dan hijau.

4.3.1 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jumlah

Hasil dari analisis jumlah mikroplastik di udara dalam ruang pada lokasi penelitian *Basement* Fakultas Ilmu Agama Islam dan Laboratorium Mekanika FTSP UII dalam 8 hari kerja dapat dilihat pada tabel berikut:



Gambar 4. 4 Kelimpahan Mikroplastik

Tabel 4. 3 Kelimpahan Mikroplastik

Lokasi	Waktu Pengambilan	Mikroplastik (partikel)	Volume Udara (L)	Kelimpahan (Partikel/L)
Basement FIAI (C1)	08.00-16.00	1781	4,8	0,37
Basement FIAI (C2)	08.00-16.00	623	4,8	0,13
Laboratorium Mekanika Tanah FTSP (C3)	08.00-16.00	531	4,8	0,11

Pada hasil pengamatan mikroplastik dengan menggunakan mikroskop di ketiga titik lokasi teridentifikasi dengan adanya mikroplastik. Dari ketiga sampel dengan pengukuran selama 8 jam kerja jumlah mikropastik terbanyak didapatkan pada C1 yaitu *Basement* FIAI sebanyak 1781 partikel atau 0,37 partikel/L. Kemudian diikuti oleh sampel C2 yaitu *Basement* FIAI pintu masuk dan keluar *basement* didapatkan mikroplastik sebanyak 623 partikel atau 0,13 partikel/L, dan sampel C3 pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII didapatkan hasil mikroplastik sebanyak 531 partikel atau 0,11 partikel/L. Perbedaan jumlah dari mikroplastik yang ditemukan bisa disebabkan dari beberapa faktor lapangan seperti dari sumber mikroplastiknya itu sendiri dan jarak lokasi sampling dari sumber, kepadatan penduduk sekitar, aktivitas sekitar, serta cuaca pada saat pengambilan sampel.

Tabel 4. 4 Rasio Mikroplastik

Lokasi	Waktu Pengambilan	Konsentrasi PM _{2,5} (µg/m ³)	Jumlah Mikroplastik (partikel)	Rasio Mikroplastik (partikel/µg/m ³)
Basement FIAI C1	08.00-16.00	62,5	1781	28,50
Basement FIAI C2	08.00-16.00	33,3	623	18,69
Laboratorium Mekanika Tanah FTSP C3	08.00-16.00	45,83	531	11,37

Tabel diatas menunjukkan jumlah rasio mikroplastik pada 3 lokasi penelitian. Dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah konsentrasi pada udara dalam ruang belum tentu semakin besar kelimpahan mikroplastik. Hal ini dikarenakan dalam kertas filter pada LVAS tidak hanya menampung mikroplastik saja tetapi menampung juga partikel-partikel lainnya yang ada di udara dalam ruang seperti partikel debu dan bahan organik lainnya sehingga menjadikan kertas filter penuh dan memiliki konsentrasi yang tinggi.

Jumlah mikroplastik yang didapatkan pada sampel mikroplastik C1 *Basement* FIAI UII memiliki angka yang tinggi. Hal ini, dapat dipengaruhi dari faktor cuaca, kegiatan di sekitar lokasi pada saat pengambilan sampel, dan lokasi peletakan alat. Peletakan alat diletakkan pada ruangan yang cukup tertutup dan cukup ramai dikelilingi oleh banyak aktivitas manusia seperti mobilitas parkir motor, kantin, penggunaan lift, menyapu, membuang sampah, dan ruangan lainnya. Ventilasi yang ada di sekitar pengambilan sampel tidak cukup banyak sehingga mempengaruhi sirkulasi udara pada titik lokasi tersebut.

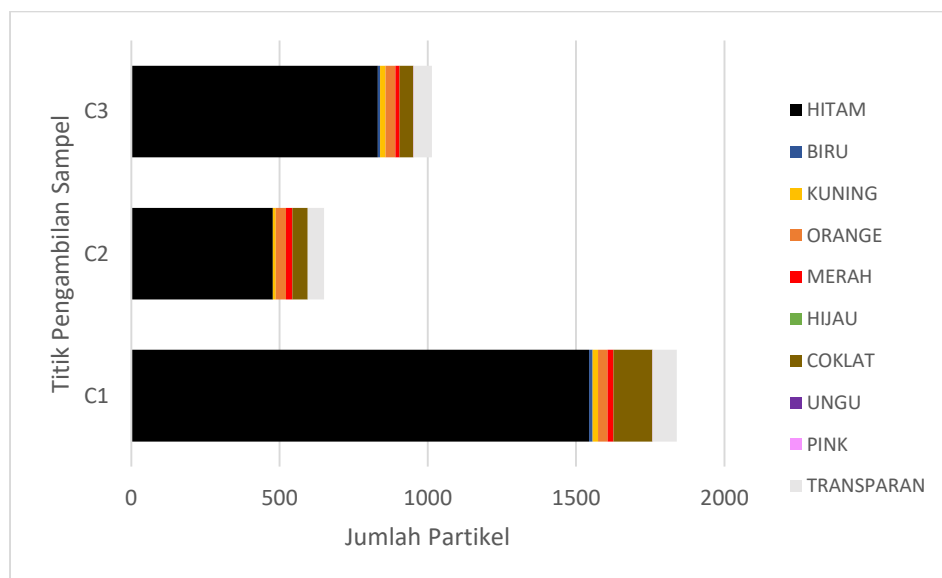
Jumlah mikroplastik yang didapatkan pada sampel mikroplastik C2 *Basement* FIAI UII tepatnya di pintu keluar dan masuk parkir motor memiliki angka kedua tertinggi. Hal ini, dapat dipengaruhi dari faktor cuaca, kegiatan di sekitar lokasi pada saat pengambilan sampel, dan lokasi peletakan alat. Peletakan alat diletakkan pada titik lokasi keluar dan masuknya kendaraan bermotor sehingga lokasi cukup terbuka dan terdapat koperasi di lokasi tersebut. Sumber mikroplastik pada lokasi ini dapat berasal dari kendaraan bermotor, koperasi, ruang satpam, dan dapat dimungkinkan dari udara ambien luar yang berasal dari jalanan.

Jumlah mikroplastik yang didapatkan pada sampel mikroplastik C3 Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII memiliki angka ketiga tertinggi. Hal ini, dapat dipengaruhi dari faktor cuaca, kegiatan di sekitar lokasi pada saat pengambilan sampel, dan lokasi peletakan alat. Sumber mikroplastik pada titik lokasi ini dapat berasal dari bahan penggunaan pada saat aktivitas praktikum yaitu tanah dan dapat berasal dari penggunaan alat berat seperti oven, pengayakan, penumbukan, dan lainnya. Selain itu, laboratorium mekanika tanah ini terletak

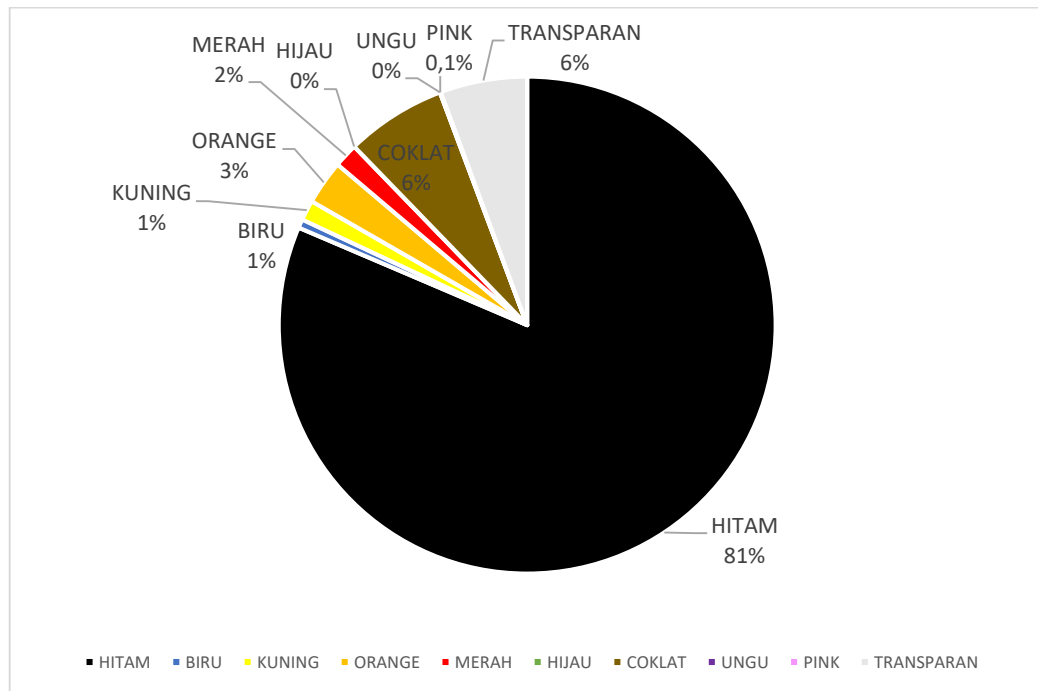
disamping jalan pemukiman warga yang dapat memberikan dampak seperti aktivitas menjemur, pembakaran sampah, dan penggunaan kendaraan bermotor.

4.3.2 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Warna

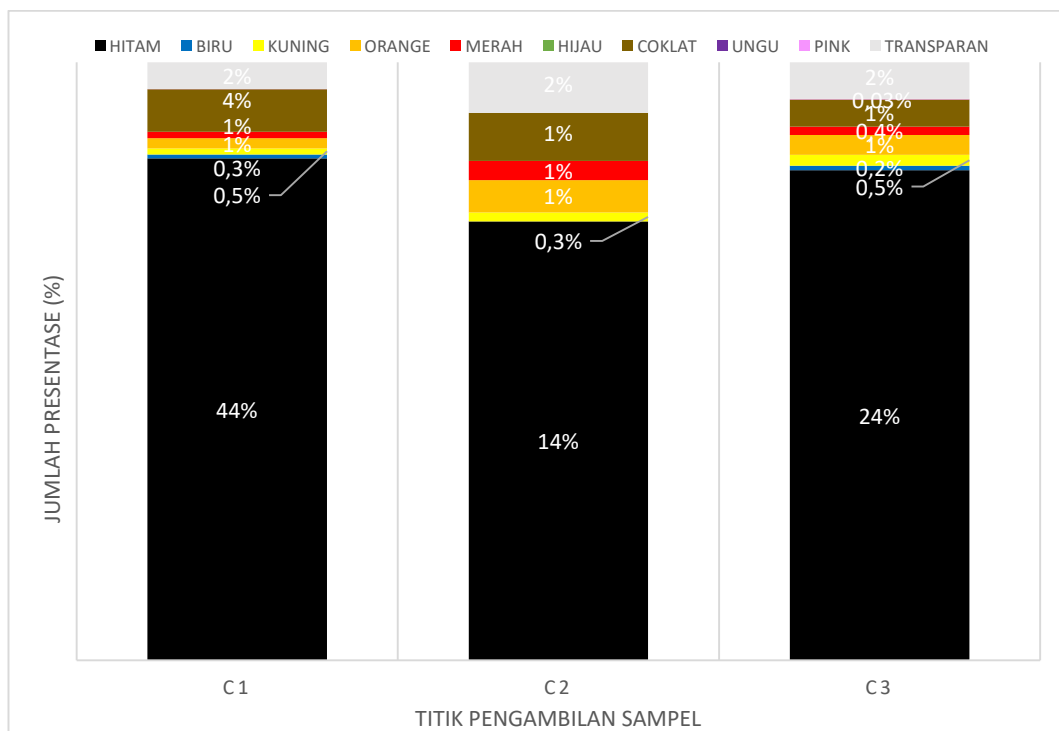
Pada perhitungan jumlah mikroplastik di setiap sampel udara dalam ruang ditemukan beberapa warna yang cukup bervariasi seperti warna hitam, coklat, biru, kuning, merah, orange, pink, ungu, transparan, dan hijau.



Gambar 4. 5 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Warna



Gambar 4. 6 Presentase Total Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Warna



Gambar 4. 7 Persentase Persampel Mikroplastik Berdasarkan Warna

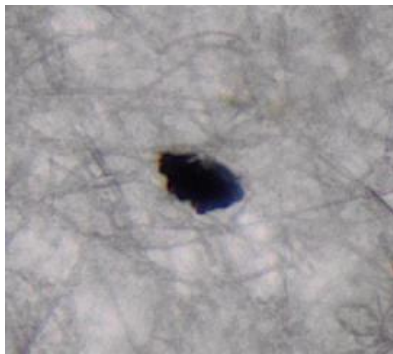
Pada grafik diatas dapat dilihat warna hitam merupakan warna yang paling mendominasi pada setiap sampelnya dengan jumlah sebanyak 2852 partikel, warna kedua di dominasi dengan warna coklat dengan jumlah sebanyak 229 partikel, dan selanjutnya di dominasi dengan warna transparan dengan jumlah sebanyak 62 partikel. Warna yang paling tidak dominan yaitu warna hijau, warna pink, dan juga warna ungu. Variasi warna dapat digunakan untuk mengetahui jenis dari mikroplastik yang ditemukan, tetapi perubahan warna dapat terjadi dengan mudah akibat pelapukan di lingkungan dan penggunaan H₂O₂ dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia mikroplastik (Ahmad et al., 2023) sehingga butuh analisis lebih lanjut untuk mengetahui jenis mikroplastik tersebut.

Pada penelitian ini karakteristik berdasarkan warna pada ketiga lokasi penelitian mikroplastik lebih di dominasi oleh warna hitam sebanyak (81%). Hal ini dapat dipengaruhi oleh ban dari kendaraan bermotor, cat warna sekitar jalan, bahan bangunan dan konstruksi, serta penggunaan plastic. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kang et al., (2022) mikroplastik warna hitam ditemukan sebanyak (72%) dari polutan dalam debu jalan. Komponen dari mikroplastik warna hitam yang ditemukan kemudian dianalisis terdeteksi adanya karbon hitam yang digunakan dalam aspal dan ban sehingga mikroplastik berwarna hitam dapat diasumsikan berasal dari ban dan aspal. Warna kedua yang paling dominan ditemukan dalam setiap sampel udara yang diambil yaitu warna coklat sebanyak (6%). Warna coklat dapat disebabkan dari beberapa faktor seperti pengotoran organik yang melekat pada partikel tersebut atau pigmen alami. Pengotor organik tersebut bisa berasal dari tanah atau organik lainnya yang terendap di dalam mikroplastik sehingga dapat memberikan warna coklat pada mikroplastik yang ditemukan. Warna ketiga yang paling dominan ditemukan dalam setiap sampel udara yang diambil yaitu warna transparan sebanyak (6%). Mikroplastik warna transparan dapat disebabkan dari sampah plastik yang memiliki warna transparan atau dapat terjadi dari plastic yang terdegradasi dengan sinar matahari sehingga memberikan warna transparan pada mikroplastik. Sampel lain yang ditemukan yaitu, orange, kuning, merah, hijau, biru, ungu, dan pink. Perbedaan warna bisa

disebabkan akibat warna asli dari sintesisnya, pengaruh aktivitas manusia, dan proses degradasi akibat paparan sinar matahari (Kurniawan et al., 2021).

4.3.3 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Pada penelitian kali ini terdapat beberapa jenis mikroplastik yang teridentifikasi melalui mikroskop yaitu *fragment*, *fiber*, *film*, dan *pellet*. Berikut merupakan gambar beberapa jenis mikroplastik yang dilihat melalui mikroskop pada saat penelitian :



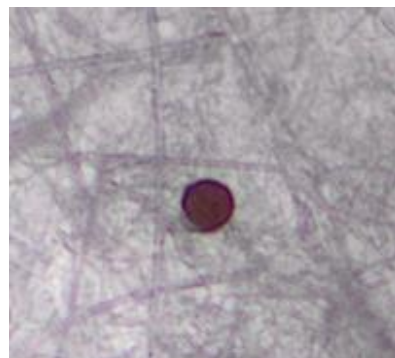
(A)



(B)



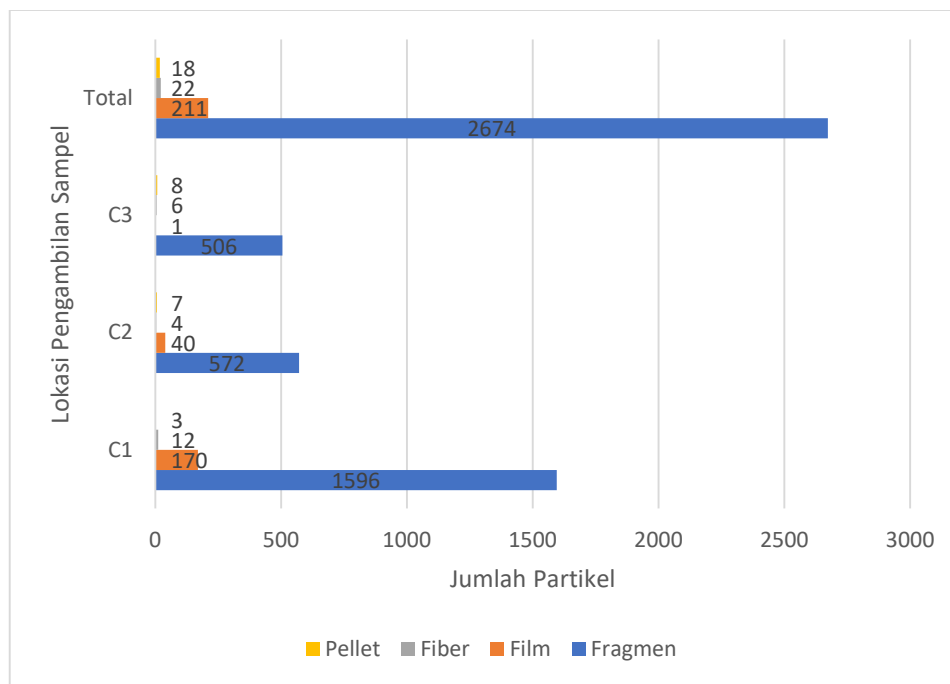
(C)



(D)

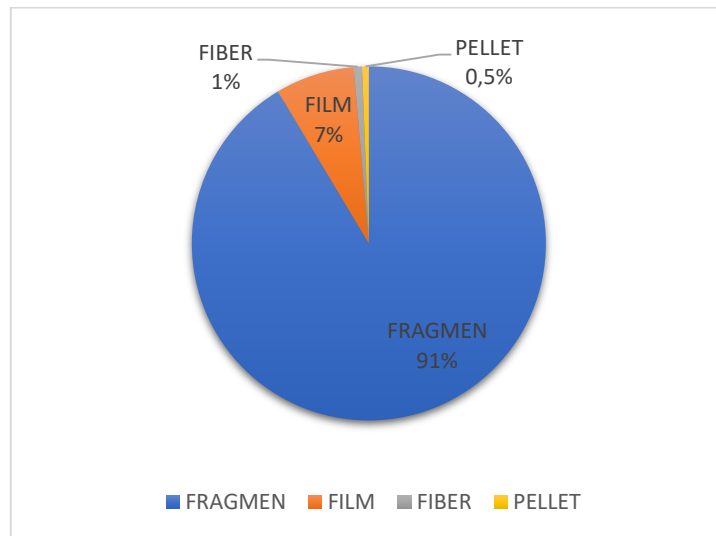
Gambar 4. 8 (A) Fragmen; (B) Fiber; (C) Film; (D) Pellet

Setelah teridentifikasi jenis mikroplastik pada semua titik lokasi pengambilan sampel, kemudian dilakukan penjumlahan jenis mikroplastik pada polutan $PM_{2,5}$ pada setiap lokasi sampel. Berikut merupakan grafik dari hasil klasifikasi mikroplastik berdasarkan setiap lokasi sampling:

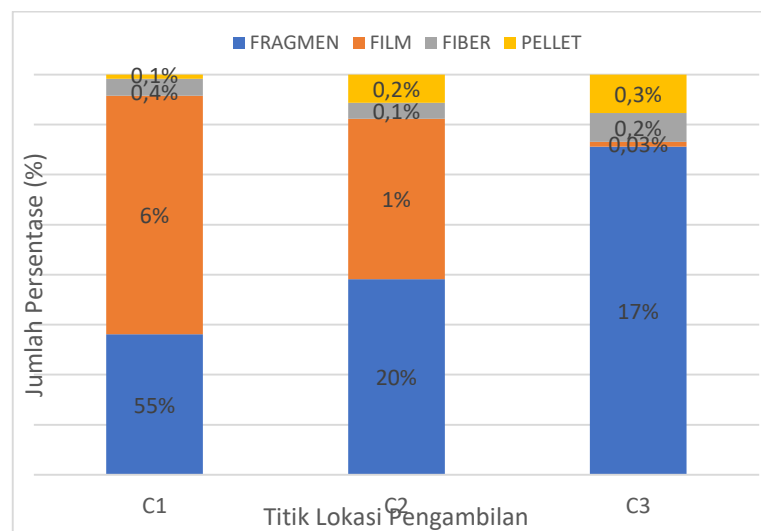


Gambar 4. 9 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Dari grafik diatas jenis mikoplastik yang ditemukan pada setiap titik lokasi di dominasi oleh jenis *fragmen* dengan total jumlah 2674 partikel. Jenis mikroplastik dominan kedua yaitu *film* dengan jumlah 211 partikel. Jenis mikroplastik ketiga di dominasi dengan jenis *fiber* dengan jumlah 22 partikel. Jenis partikel keempat di dominasi oleh *pellet* dengan jumlah 18 partikel.



Gambar 4. 10 Persentase Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Jenis



Gambar 4. 11 Persentase Persampel Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Pada titik C1 Basement FIAI UII jenis mikroplastik didominasi oleh jenis fragmen (55%) kemudian diikuti oleh jenis film (6%), fiber (0,4%), dan pellet (0,1%). Jenis fragmen pada titik lokasi ini memiliki persentase tertinggi hal ini dapat disebabkan jenis *fragmen* berasal dari aktivitas menyapu, aktivitas pembuangan sampah, dan aktivitas kendaraan bermotor. Jenis *film* pada titik ini

dapat berasal dari penggunaan plastik yang memiliki densitas rendah dan dinding cat pada bangunan. Jenis *fiber* pada titik ini dapat berasal dari penggunaan pakaian dari setiap manusia. Jenis *pellet* dapat berasal dari penggunaan kosmetik dan sabun. Tetapi dapat juga dimungkinkan mikroplastik datang dari udara ambien yang terbawa masuk oleh ke dalam ruang Basement FIAI. Arah angin yang diukur menunjukkan ke arah Timur Laut dengan kecepatan angin 0,50 – 5,70 m/s sehingga dapat dipastikan bahwa mikroplastik juga dapat berasal dari udara ambien. Kemungkinan kegiatan dari udara ambien yang menghasilkan mikroplastik yakni aktivitas jalan kampus, parkir luar kampus, dan pemukiman warga.

Pada titik C2 pintu keluar dan masuk Basement FIAI UII jenis mikroplastik didominasi oleh jenis *fragmen* (20%) kemudian diikuti oleh jenis *film* (1%), *fiber* (0,1%), dan *pellet* (0,2%). Jenis *fragmen* pada titik lokasi ini memiliki persentase tertinggi hal ini dapat disebabkan jenis *fragmen* berasal dari aktivitas kendaraan bermotor dan penggunaan plastik dalam koperasi. Jenis *film* pada titik ini dapat berasal dari penggunaan plastik yang memiliki densitas rendah dan dinding cat pada bangunan. Jenis *fiber* pada titik ini dapat berasal dari penggunaan pakaian dari setiap manusia. Jenis *pellet* dapat berasal dari penggunaan kosmetik. Arah angin yang diukur menunjukkan ke arah Timur Laut dengan kecepatan angin 0,50 – 5,70 m/s sehingga dapat dipastikan bahwa mikroplastik juga dapat berasal dari udara ambien. Kemungkinan kegiatan dari udara ambien yang menghasilkan mikroplastik yakni aktivitas jalan kampus, parkir luar kampus, dan pemukiman warga.

Pada titik C3 Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII mikroplastik didominasi oleh jenis *fragmen* (17%) kemudian diikuti oleh jenis *film* (0,03%), *fiber* (0,2%), dan *pellet* (0,1%). Jenis *fragmen* pada titik lokasi ini memiliki persentase tertinggi hal ini dapat disebabkan jenis *fragmen* berasal dari aktivitas penggunaan plastik, penggunaan karung, pengovenan tanah, pengayakan tanah, dan penggunaan alat berat untuk mengolah tanah. Jenis *film* pada titik ini dapat berasal dari penggunaan plastik yang memiliki densitas rendah dan dinding cat pada bangunan. Jenis *fiber* pada titik ini dapat berasal dari penggunaan pakaian dari setiap manusia. Jenis *pellet* dapat berasal dari penggunaan sabun. Arah angin yang

diukur menunjukan ke arah Timur Laut dengan kecepatan angin 0,50 – 5,70 m/s sehingga dapat dipastikan bahwa mikroplastik juga dapat berasal dari udara ambien. Arah angin tersebut tidak terlalu mempengaruhi udara yang ada dalam ruang laboratorium tersebut. Tetapi dapat memberikan kemungkinan adanya mikroplastik dari udara ambien yang menghasilkan mikroplastik karena lokasi pada laboratorium mekanika tanah bersebrangan dengan jalan dan pemukiman warga, sehingga bisa jadi mikroplastik berasal dari udara ambien seperti dari aktivitas kendaraan bermotor, aktivitas menjemur, dan aktivitas pembakaran sampah yang terbawa oleh angin kemudian masuk ke dalam ruang laboratorium mekanika tanah.

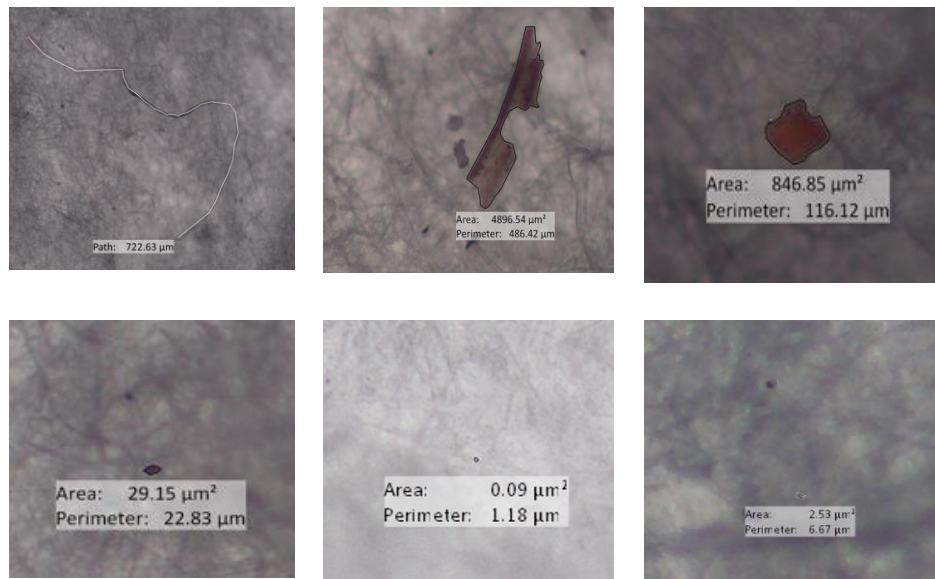
Jenis *fragmen* lebih dominan ditemukan pada setiap titiknya, biasanya jenis tersebut mempunyai ciri-ciri bentuk yang tidak beraturan, potongan, dan serpihan. Selain itu, *fragmen* tersebut keras, kaku, berwarna, dan memiliki kepadatan yang tinggi. Dalam penelitian ini mikroplastik jenis fragmen ini dapat berasal dari abrasi ban dan plastik yang memiliki densitas tinggi. Sebuah studi mengatakan bahwa di India menemukan mikroplastik yang mendominasi jenis *fragmen* sebanyak (92,46%) (Patchaiyappan et al., 2021). *Fragmen* hitam dapat dianggap sebagai partikel dari ban kendaraan yang paling mendominasi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Akhbarizadeh et al., 2020) di daerah perkotaan pelabuhan Bushehr, Iran terletak di Utara Teluk Persia menunjukan bahwa mikroplastik jenis *fragmen* merupakan jenis mikroplastik paling banyak yang teridentifikasi dan PET (Polietilen Tereftalat) adalah jenis plastic terbanyak dalam debu perkotaan di pelabuhan Bushehr. Mikroplastik jenis *film* merupakan jenis mikroplastik kedua yang paling banyak ditemukan pada setiap lokasi sampel. Densitas yang dimiliki dari mikroplastik jenis *film* lebih rendah dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya sehingga mudah transportasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Cat pada dinding bangunan memiliki bahan pengikat dan bahan adiktif yang dapat memberi kekuatan, ketahanan, dan elastisan cat setelah mengering. Apabila cat pada dinding mengalami pelapukan, cat tersebut dapat mengelupas atau terurai dari permukaan rumah dan bangunan sehingga dapat memberikan dampak mikroplastik terlepas ke udara. Pelapukan pada dinding bangunan dapat terjadi dikarenakan pengaruh oleh suhu dan cahaya matahari (Priadi, 2005). Menurut Sridharan et al., (2021) cat pada

dinding merupakan sumber polusi utama mikroplastik yang dipancarkan di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Mikroplastik jenis *fiber* adalah jenis mikroplastik ketiga yang ditemukan di setiap sampelnya. Dalam penelitian ini mikroplastik jenis fiber ini dapat berasal dari pakaian yang digunakan oleh manusia. Menurut Hafitri et al., (2022) mikroplastik jenis *fiber* ini biasanya dapat berasal dari sisa benang pakaian atau tekstil, tali plastik, dan tali sintesis yang terfragmentasi. Salah satu sumber utama mikroplastik *fiber* di udara adalah dalam pengeringan pakaian yang terbuat dari bahan tekstil sintetis seperti poliester, nilon, dan akrilik. Pakaian yang sering dilakukan pencucian juga dapat mempercepat proses terjadinya pelepasan serat kain ke udara. Mikroplastik jenis *pellet* adalah jenis mikroplastik keempat yang ditemukan di beberapa titik lokasi pengambilan sampel. Pada penelitian ini mikroplastik jenis *pellet* dapat berasal dari sabun dan produk pembersih. Menurut Laksono et al., (2021) mikroplastik jenis *pellet* ini biasanya berasal dari sisa bahan baku kegiatan industri plastik, produk pembersih dan kecantikan, sabun, dan lainnya.

Perbedaan jenis pada mikroplastik yang ditemukan karena tergantung pada sumber atau lingkungan sekitar titik pengambilan sampel itu sendiri. Setiap titik lokasi memiliki aktivitas yang berbeda-beda sehingga menghasilkan jenis mikroplastik yang berbeda tiap titiknya. Adanya perbedaan jenis mikropastik tersebut juga bisa dihasilkan dari udara ambien yang terbawa masuk oleh angin dari luar ke dalam ruangan.

4.3.4 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Berdasarkan Ukuran

Hasil uji mikroskop telah mengungkapkan variasi ukuran yang signifikan. Dalam hasil penelitian yang dilakukan pada ketiga titik lokasi sampel mikroplastik ditemukan dalam ukuran rentang yang berbeda-beda. Berikut merupakan rentang ukuran mikroplastik yang ditemukan pada setiap sampel :



Gambar 4. 12 Hasil Pengukuran Mikroplastik

Jenis ukuran mikroplastik yang didapatkan pada sampel C1 *Basement* FIAI ditemukan jenis ukuran mikroplastik dengan rentang 6,67 μm – 486,42 μm . Pada sampel C2 *Basement* FIAI ditemukan jenis ukuran mikroplastik dengan rentang 1,18 μm – 611,30 μm . Pada sampel C3 Laboratorium Mekanika Tanah FTSP ditemukan jenis ukuran mikroplastik dengan rentang 13,82 μm – 523,33 μm . Hasil dari jenis ukuran tersebut menunjukkan adanya keragaman ukuran mikroplastik dalam polutan udara. Hal ini dapat terjadi karena proses ini dapat disebabkan dari paparan sinar matahari (radiasi ultraviolet) dan suhu juga dapat mempengaruhi sifat fisik dari plastik (Chae & Choi, 2024).

Pada penelitian Bhat, (2024) mikroplastik teridentifikasi di dalam ruang dengan memiliki ukuran yang bermacam-macam yaitu laboratorium pencemaran udara 1 ($\geq 2,5$ –538,18 μm), koridor jurusan ($\geq 2,5$ –115,9 μm), kantor peneliti 1 ($\geq 2,5$ –678,59 μm), kantor sekretaris ($\geq 2,5$ –89,53 μm), kantor pekerja ($\geq 2,5$ –321,98 μm), laboratorium mahasiswa ($\geq 2,5$ –282,41 μm), koridor kantin ($\geq 2,5$ –285,96 μm), laboratorium pencemaran udara 2 ($\geq 2,5$ –93,21 μm), dan kantor peneliti 2 ($\geq 2,5$ –626,22 μm). Kisaran ukuran rata-rata mikroplastik yang teridentifikasi di

lingkungan dalam ruangan ini adalah $\geq 2,5-336,89 \mu\text{m}$. Perubahan suatu bentuk pada mikroplastik dapat terlihat jelas setelah pemeriksaan menggunakan mikroskop optik. Hal tersebut melibatkan keberadaan retakan, batas fraktur, tonjolan, alur, dan permukaan kasar dan tidak teratur yang menandakan terjadinya kerusakan pada mikroplastik yang mengakibatkan terbentuknya partikel plastik yang lebih kecil termasuk nanoplastik. Dengan itu, seiring berjalannya waktu dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi nanoplastik di lingkungan dalam ruangan.

4.3.5 Analisis Hasil Uji Mikroplastik Menggunakan FTIR

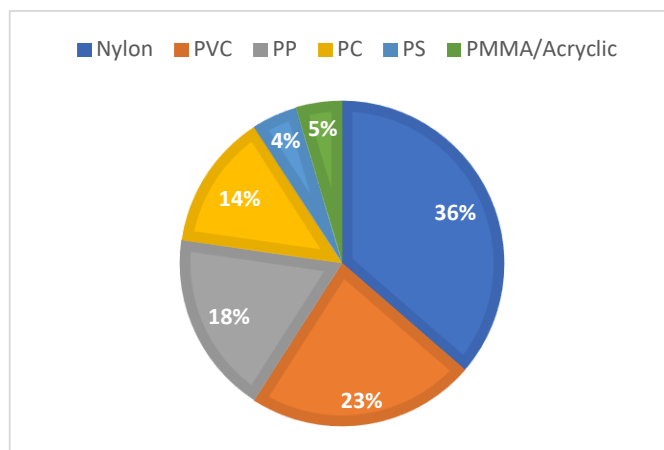
Hasil uji dari mikroplastik yang ditemukan dapat di analisis lebih lanjut lagi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) yang dapat menentukan jenis polimer mikroplastik. Pada sampel udara memiliki jenis polimer yang berbeda-beda. Hasil uji FTIR pada sampel udara yang menunjukkan panjang gelombang dari masing-masing jenis polimer, yakni :

Tabel 4. 5 Hasil Uji Jenis Polimer Mikroplastik Menggunakan FTIR

Titik Lokasi	Peak (cm ⁻¹)	Peak Acuan (cm ⁻¹)	Jenis Polimer
C1	671,23	687	Nylone
	779,24	750	PMMA/Acrylic
	995,27	997	Polypropylene (PP)
	1424,47	1427	Polyvinyl Chloride (PVC)
	1620,21	1634	Nylone
C2	648,08	616	Polyvinyl Chloride (PVC)
	671,23	687	Nylone
	694,37	694	Polystyrene (PS)
	995,27	997	Polypropylene (PP)
	1423,47	1409	Polycarbonate (PC)
	1620,21	1634	Nylone
C3	655,8	687	Nylone
	995,27	997	Polypropylene (PP)
	1423,47	1409	Polyvinyl Chloride (PVC)
	1620,21	1634	Nylone

Titik Lokasi	Peak (cm ⁻¹)	Peak Acuan (cm ⁻¹)	Jenis Polimer
Blanko	632,65	616	Polyvinyl Chloride (PVC)
	648,08	616	Polyvinyl Chloride (PVC)
	875,68	840	Polypropylene (PP)
	1002,98	1013	Polycarbonate (PC)
	1033,85	1013	Polycarbonate (PC)
	2931,8	2932	Nylone
	2931,95	2932	Nylone

Sumber: (Veerasingam et al., 2021)



Gambar 4. 13 Presentase Hasil Uji Mikroplastik Menggunakan FTIR

a. Nylon

Nylon merupakan jenis polimer plastic yang terkandung di dalam mikroplastik yang mencemari udara. Polimer tersebut termasuk ke dalam kelas poliamida yang memiliki nama generic *nylon*. Panjang gelombang spektrum *nylon* yang ditemukan pada setiap titik yakni titik C1 (671,23 cm⁻¹ dan 1620,21 cm⁻¹), titik C2 (671,23 cm⁻¹ dan 1620,21), dan titik C3 (655,8 cm⁻¹ dan 1620,21 cm⁻¹). Polimer nilon memiliki sifat yang kuat, tidak mudah patah, ringan, fleksibel, dan elastis. Polimer *Nylon* dapat digunakan sebagai bahan untuk produk pakaian, tali, serta bulu sikat gigi (Khalil et al., 2021). Dengan begitu polimer *Nylon* yang ditemukan pada setiap titik lokasi dapat berasal dari pakaian.

b. Polypropylene (PP)

Polypropylene (PP) merupakan jenis polimer plastik yang terkandung di dalam mikroplastik yang mencemari udara. Panjang gelombang spektrum *polypropylen* yang ditemukan pada setiap titik yakni titik C1 ($995,27\text{ cm}^{-1}$), titik C2 ($995,27\text{ cm}^{-1}$), dan titik C3 ($995,27\text{ cm}^{-1}$). *Polypropylene* mempunyai sifat yang sedikit lebih keras dan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan HDPE, dan tahan retak. Karena sifatnya dari propilena inilah sehingga pengaplikasian polimer jenis ini banyak pada botol minum kemasan bekas (Amalia et al., 2014). Dengan begitu polimer *Polypropylene* (PP) yang ditemukan pada setiap titik lokasi dapat berasal dari botol bekas minum kemasan.

c. Polycarbonate (PC)

Polycarbonate (PC) merupakan jenis polimer plastic yang terkandung di dalam mikroplastik yang mencemari udara. Panjang gelombang spectrum *polycarbonat* yang ditemukan yakni pada titik C2 ($1423,47\text{ cm}^{-1}$). Polikarbonat adalah salah satu jenis polimer termoplastik yang memiliki sifat mudah dicetak, diolah, dan dibentuk dengan bantuan panas, sehingga sering digunakan dalam industri kimia. Selain itu, polikarbonat memiliki sifat kuat, transparan, dan tahan panas (Wicaksano et al., 2019). Karena sifat-sifatnya yang istimewa, polikarbonat sering digunakan untuk jendela pesawat terbang, galon air minum, botol susu, serta produk plastik multilayer seperti kemasan sachet. Dengan begitu polimer *Polycarbonate* (PC) yang ditemukan pada setiap titik lokasi dapat berasal dari galon air minum, plastic sachet, botol susu, dan lainnya.

d. Polystyrene (PS)

Polystyrene (PS) merupakan jenis polimer plastic yang terkandung di dalam mikroplastik yang mencemari udara. Panjang gelombang spektrum *polystyrene* yang ditemukan yakni pada titik C2 ($694,37\text{ cm}^{-1}$). Jenis polimer termoplastik ini dapat didaur ulang, tetapi sulit untuk terurai

secara biologis. Polistirena (PS) berbentuk padat pada suhu ruang, tetapi dapat mencair ketika dipanaskan dan kembali mengeras saat didinginkan. PS juga memiliki sifat keras, tidak tembus cahaya, tahan panas, dan fleksibel. Polimer PS sering digunakan dalam sebagai alat makan sekali pakai, cangkir, model plastic, dan bahan pengepakan isolasi (Ghosh et al., 2013). Dengan begitu polimer *Polystyrene* (PS) yang ditemukan pada setiap titik lokasi dapat berasal dari alat makan, bahan pengepakan isolasi, dan lainnya.

e. *Polyvinyl Chloride* (PVC)

Polyvinyl Chloride (PVC) merupakan jenis polimer plastic yang terkandung di dalam mikroplastik yang mencemari udara. Panjang gelombang spektrum PVC yang ditemukan pada setiap titik yakni titik C1 ($1424,47\text{ cm}^{-1}$), titik C2 ($648,08\text{ cm}^{-1}$), dan titik C3 ($1423,47\text{ cm}^{-1}$). PVC memiliki sifat keras, tahan terhadap bahan kimia, larut, kuat, tahan cuaca, dan memiliki titik leleh pada suhu tinggi. PVC banyak digunakan dalam berbagai produk, bahan bangunan, perpipaan, kabel listrik, komponen elektrik, dan barang lainnya (Ghosh et al., 2013). Dengan begitu polimer *Polyvinyl Chloride* (PVC) yang ditemukan pada setiap titik lokasi dapat berasal dari kabel listrik dan pipa.

f. *PMMA/Acrylic*

PMMA/Acrylic merupakan jenis polimer plastic yang terkandung di dalam mikroplastik yang mencemari udara. Panjang gelombang spektrum PMMA/Acrylic yang ditemukan yakni pada titik C1 ($779,24\text{ cm}^{-1}$). Poli Metil Metakrilat (PMMA) adalah bahan yang sering digunakan di dalam ruangan maupun di luar ruangan yang memiliki sifat kaku dan kuat namun rapuh pada suhu ruang, dan keras. Biasanya bahan ini digunakan dalam industri otomotif, monitor, filing listrik, lensa, bahan pelapis untuk material pada pesawat terbang, mesin, dan lainnya (Wahyuni & Rukmini Dewi, 2010). Dengan begitu polimer PMMA yang ditemukan pada sampel mikroplastik dapat berasal dari kendaraan dan

mesin.

4.4 Strategi Pengelolaan Mikroplastik Berdasarkan Karakteristik Jenis

Berdasarkan hasil partikel mikroplastik yang didapat pada udara dalam ruang pada setiap sampelnya ditemukan bahwa mikroplastik jenis *fragmen* paling mendominasi pada ketiga lokasi tersebut dengan presentase (91%). Keberadaan mikroplastik berjenis *fragmen* tersebut dapat dihubungkan dengan penggunaan kendaraan bermotor dan penggunaan plastik. Karena mikroplastik memiliki ukuran yang sangat kecil dan ringan sehingga partikel dapat mudah terbawa angin dan sangat mudah untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain.

Dampak mikroplastik terhadap lingkungan dapat memberikan penyakit kepada manusia. Pada penelitian Dewi, (2022) mikroplastik pertama kali teridentifikasi adanya polimer dalam darah manusia pada 17 dari 22 sukarelawan sehat. Selain itu, di dalam tubuh hewan mikroplastik juga dapat masuk melewati konsumsi atau respirasi, seperti ikan yang sering tidak sengaja memakan plastik sehingga dapat menghalangi pencernaan mereka.

Upaya yang dapat dilakukan masyarakat dalam mengurangi adanya mikroplastik di udara dalam ruang adalah dengan mengurangi penggunaan produk plastik sekali pakai, mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, mengurangi pembuangan sampah disembarang tempat, mengurangi pembakaran sampah, dan meningkatkan produksi *biodegradeble*. Pemerintah perlu mengembangkan sistem untuk pengukuran mikroplastik dalam di dalam udara, memberi edukasi kepada masyarakat mengenai pengelolaan limbah plastik secara efektif sehingga dapat mengurangi adanya mikroplastik di udara.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Konsentrasi debu di udara dalam ruang yang didapatkan jika dibandingkan dengan baku mutu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, ketiga titik lokasi tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan. Hasil konsentrasi $PM_{2,5}$ di dalam ruang yakni sebesar $62,5 \mu g/m^3$ pada lokasi C1 *Basement* FIAI UII, sebesar $33,3 \mu g/m^3$ pada lokasi C2 *Basement* FIAI UII, dan sebesar $45,8 \mu g/m^3$ pada lokasi C3 laboratorium mekanika tanah FTSP UII. Hal ini dapat terjadi disebabkan dari aktivitas sekitar pengambilan sampel.
2. Ditemukan kelimpahan mikroplastik di udara dalam ruang yakni 1781 partikel atau 0,37 partikel/L di C1 *Basement* FIAI UII, 623 partikel atau 0,13 partikel/L di C2 *Basement* FIAI UII, dan 521 partikel atau 0,11 partikel/L C3 Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII.
3. Jenis yang ditemukan dalam mikroplastik di setiap titik lokasi yaitu jenis *fragmen*, *fiber*, *film*, dan *pellet*. Mikroplastik jenis *fragmen* mendominasi pada setiap lokasi. Warna yang ditemukan dalam mikroplastik di setiap titik lokasi yaitu warna hitam, cokelat, transparan, merah, pink, kuning, ungu, biru, oren, dan hijau. Mikroplastik warna hitam mendominasi pada setiap lokasi. Rentang ukuran yang didapat pada sampel C1 *Basement* FIAI UII yakni ukuran mikroplastik dengan rentang $6,67 \mu m - 486,42 \mu m$, sampel C2 *Basement* FIAI ukuran mikroplastik dengan rentang $1,18 \mu m - 611,30 \mu m$ dan pada sampel C3 Laboratorium Mekanika Tanah FTSP ditemukan jenis ukuran mikroplastik dengan rentang $13,82 \mu m -$

523,33 μm

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, maka saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan tindakan pencegahan dalam melakukan preparasi sampel mikroplastik dan analisa sampel mikroplastik untuk mencegah terjadinya kontaminasi terhadap sampel mikroplastik.
2. Melakukan pengukuran arah mata angin dan kecepatan angin secara langsung di lokasi pengambilan sampel.
3. Melakukan identifikasi polimer pada mikroplastik menggunakan alat yang lebih akurat seperti *Raman Analysis*.
4. Mengidentifikasi lebih lanjut mengenai faktor dari luar ruangan untuk mengetahui keberadaan mikroplastik

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2009). SNI 7230-2009 Tentang Teknik Penentuan Titik Pengambilan Sampel Udara di Tempat Kerja
- Anonim. (2004). SNI 16-7058-2004 Tentang Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja
- Ahmad, M., Chen, J., Khan, M. T., Yu, Q., Phairuang, W., Furuuchi, M., Ali, S. W., Nawab, A., & Panyametheekul, S. (2023). Sources, analysis, and health implications of atmospheric microplastics. *Emerging Contaminants*, 9(3), 100233. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100233>
- Akhbarizadeh, R., Dobaradaran, S., & Torkmahalleh, M. A. (2020). *aromatic hydrocarbons (PAHs) in air : Their possible relationships and health implications*.
- Alam, F. C., & Rachmawati, M. (2020). Development of Microplastic Research in Indonesia. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 17(3), 344–352. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v17i3.344-352>
- Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., Binet, S., & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12(5), 339–344. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
- Amalia, S. R., Fajarwati, K., Fitriawan, M., Aji, M. P., & Yulianto, A. (2014). Kuat Tarik Komposit Polipropilena dengan Penguji Silika (SiO₂). *Seminar Nasional Mahasiswa Fisika, December*, 107–110. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3253.2002>
- Bhat, M. A. (2024). Airborne microplastic contamination across diverse university indoor environments: A comprehensive ambient analysis. *Air Quality, Atmosphere and Health*. <https://doi.org/10.1007/s11869-024-01548-9>

- Cai, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X., & Chen, Q. (2017). Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(32), 24928–24935. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0116-x>
- Chae, E., & Choi, S. S. (2024). Concentrations of particulate matter (PM_{2.5}) and contributions of tire wear particle to PM_{2.5} in an indoor parking garage: Comparison with the outside and the differences according to the sampling sites. *Heliyon*, 10(1), e23513. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23513>
- Dewi, N. M. N. B. S. (2022). Studi Literatur Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan. *Jurnal Sosial Sains Dan Teknologi*, 2(2), 239–250.
- Fathulloh, M. Z., Minanurrohman, M. R., & Mahmudah, R. (2021). False Solution Plastic Managemen. *Environmentall Pollution Journal*, 1(3), 208–216.
- Fiyanda, A. D. T. (2022). Identifikasi Mikroplastik Udara Dalam Ruangan Sekolah. *Mahasiswa S1 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa , Sulawesi Selatan Dosen Pembimbing I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa ,.* 1–19.
- Ghosh, S. K., Pal, S., & Ray, S. (2013). Study of microbes having potentiality for biodegradation of plastics. *Environmental Science and Pollution Research International*, 20(7), 4339–4355. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1706-x>
- Hafitri, M., Untung Kurnia A, M., Permata, L., & MS, Y. (2022). Analisis Jenis Mikroplastik pada Sedimen Dasar Perairan Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 3(3), 443–454. <https://doi.org/10.36418/jiss.v3i3.551>
- Huboyo, H. S., Arief Budihardjo, dan M., Soedarto, J., & Tembalang Semarang, K. (2009). Pengukuran Konsentrasi Pm 10 Pada Udara Dalam Ruang (Studi Kasus: Dapur Rumah Tangga Berbahan Bakar Kayu Dan Minyak Tanah) Pm 10 Concentration Measurements Within Indoor Air (Case Study: Household

- Kitchens Using Solid Fuel and Kerosene). *Lingkungan Tropis*, 3(2), 105–114. <https://core.ac.uk/download/pdf/225555903.pdf>
- Kang, H., Park, S., Lee, B., Kim, I., & Kim, S. (2022). Concentration of Microplastics in Road Dust as a Function of the Drying Period—A Case Study in G City, Korea. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14053006>
- Khalil, M., Zulfikar, & Saifullah. (2021). Acta Aquatica. *Acta Aquatica*, 8(8), 98–102. <https://doi.org/10.29103/aa.v11i2.15369>
- Laksono, O. B., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2021). Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Bandengan Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(2), 158–164. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.29032>
- Maksum, T. S., & Tarigan, S. F. N. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Partikel Debu (Pm2.5) Dari Aktivitas Transportasi. *Jambura Health and Sport Journal*, 4(1), 19–28. <https://doi.org/10.37311/jhsj.v4i1.13447>
- Nirmala, D. S., & Prasasti, C. I. (2016). Concentration of PM2,5 and Characteristic Analysis of Workers with Health Complaints Smoked Fish Workers in Tambak Wedi Village Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.20473/jkl.v8i1.2015.57-68>
- Patchaiyappan, A., Dowarah, K., Zaki Ahmed, S., Prabakaran, M., Jayakumar, S., Thirunavukkarasu, C., & Devipriya, S. P. (2021). Prevalence and characteristics of microplastics present in the street dust collected from Chennai metropolitan city, India. *Chemosphere*, 269, 128757. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128757>
- Pengendaliannya, D. A. N. S. (2005). *Pelapukan kayu oleh jamur dan strategi pengendaliannya*. 1–22.
- Pradiptaadi, B. P. A., & Fallahian, F. (2022). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air dan Sedimen di Kawasan Hilir DAS Brantas. *Environmental Pollution Journal*, 2(1), 344–352. <https://doi.org/10.58954/epj.v2i1.39>

- Sandra, S. W., & Radityaningrum, A. D. (2021). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Biota Perairan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 638–648. <https://doi.org/10.14710/jil.19.3.638-648>
- Sridharan, S., Kumar, M., Singh, L., Bolan, N. S., & Saha, M. (2021). Microplastics as an emerging source of particulate air pollution: A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, 418(March), 126245. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126245>
- Suryati, I., Hasibuan, N. H., Silalahi, R. A., Malau, R., & Tambun, Y. (2024). Microplastic Distribution Model in Ambient Air PM2.5 Around the Medan Industrial Area, North Sumatra. *E3S Web of Conferences*, 519, 1–6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451903014>
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Mugilarasan, M., Gurumoorthi, K., Gunganathan, L., Aboobacker, V. M., & Vethamony, P. (2021). Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(22), 2681–2743. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450>
- Wahyuni, D., & Rukmini Dewi, S. (2010). Penelitian Pembuatan Poli Metil Metakrilat. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 1(2). <https://doi.org/10.30536/j.jtd.2003.v1.a781>
- Wicaksano, T. T., Budiyanoro, C., & Sosiati, H. (2019). Karakterisasi Sifat Mekanis dan Sifat Thermal Campuran Daur Ulang Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Dan Polycarbonate (PC). *Jurnal Material Dan Proses Manufaktur*, 1(1), 1–11.
- Zakaria, N. (2013). Analisis Pencemaran Udara (SO₂), Keluhan Iritasi Tenggorokan dan Keluhan Kesehatan Mata pada Pedagang Makanan di Sekitar Terminal Joyoboyo Surabaya. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 2(23), 75–81.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan Sampel

