

TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK UDARA DALAM RUANGAN
SEKOLAH DI JALAN ARTERI KOTA MAKASSAR**



ANDI DANIA TRISKA FIYANDA

D131181015

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK UDARA DALAM RUANGAN
SEKOLAH DI JALAN ARTERI KOTA MAKASSAR**



**ANDI DANIA TRISKA FIYANDA
D131181015**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2022



LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Judul : **Identifikasi Mikroplastik Udara dalam Ruang Sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar**

Disusun Oleh :

Nama : **Andi Dania Triska Fiyanda** D131181015

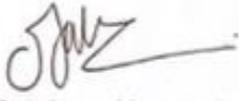
Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 13 September 2022

Pembimbing I

Pembimbing II

 **Rasdiana Zakaria, S.T., M.T.**
NIP. 198510222019032011


Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T.
NIP. 199710272022044001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan




Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Dania Triska Fiyanda

Nim : D131181015

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang Studi : Strata I (S1)

Menyatakan bahwa karya tulis dengan judul:

*“Identifikasi Mikroplastik Udara dalam Ruangan Sekolah di Jalan Arteri Kota
Makassar”*

Adalah karya tulis saya sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun. Adapun semua informasi yang tertulis dalam karya tulis ini yang bersumber dari penulis lainnya telah dicantumkan sumber dan tahun penerbitannya. Jika terdapat pihak yang merasa terdapat kesamaan judul atau hasil yang diperoleh dengan karya tulis ini maka saya siap untuk dimintai pertanggungjawaban mengenai hal tersebut.

Makassar, 14 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Andi Dania Triska Fiyanda

D131181015

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur tiada hentinya penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT dengan keagungan-Nya telah melimpahkan segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul, "Identifikasi Mikroplastik Udara dalam Ruang Sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar" sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam penyusunan tugas akhir ini, tidak lupa penulis menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dan dedikasi yang tiada tara, diantaranya:

1. Kepada orang tua tercinta dan tersayang Andi Haedar Pabottingi, S.H. dan Andi Kasfiyanti Padjung S.K.M. atas semua pelajaran hidup yang telah diberikan dan limpahan cinta kasih sayang yang telah diberikan selama kehadirannya di dunia, semoga kita dapat bertemu kembali di surga Allah, aamiin.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Rasdiana Zakaria, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I atas segala ilmu yang bermanfaat, serta arahan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir.
6. Ibu Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II atas segala waktu yang telah diluangkan, ilmu yang telah diberikan, motivasi serta kebaikan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan atas didikan, ilmu yang bermanfaat dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan selama kurang lebih empat tahun.

8. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terkhusus kepada Ibu Sumiati dan Kak Olan sebagai staf S1 Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.
9. Kepada saudari-saudari yang sangat saya sayangi, Andi Utami Chika Daryanti, Andi Muthia Dwika Hedyanti, dan Andi Afiqah Marcha Arbaranty sebagai penyemangat utama dalam kehidupan penulis.
10. Kepada nenek saya tercinta, Andi Asia Petta Raya dan ibu kedua penulis, Andi Heryani Padjung, S.E., serta seluruh keluarga besar yang sangat baik hati memberi cinta kasih, dukungan moral maupun finansial kepada penulis hingga saat ini.
11. Annisa Fitri Mustafa sebagai rekan penelitian terbaik, yang berjuang bersama dari awal hingga akhir penelitian, dengan sangat sabarnya memahami dan mengerti keadaan penulis, memberi bantuan dalam segala hal pada penyusunan tugas akhir.
12. Teman terdekat saya, Khaerun Nisa SH, S.Stat dan sekeluarga, yang akan meninggalkan penulis untuk meraih mimpinya dalam waktu dekat ini.
13. Rekan seperjuangan Kerja Praktek, MRT Jakarta Team atas nama Annisa Fitri Mustafa, Nur Khafifah Rusni, dan Wulandari Ramadhani yang telah memberi kenangan indah dan menyenangkan selama menjalani hari-hari bersama hingga penghujung perkuliahan.
14. Warga kos rafa di jalan jeruk yang menemani kehidupan perkuliahan penulis dari terbitnya matahari sampai esok hari terulang Kembali.
15. Tim Himalaya yakni sepupu spesial atas nama Richard Majestic dan Fadiq Umar Rasyid yang telah memberi warna dalam kehidupan perkuliahan penulis.
16. Geng Need Holiday yang selalu ada kapanpun dan dimanapun, kanda Zulfiqar Ramadhan dan kanda Muhammad Renaldy Pratama Sultan.
17. Sobat Sebelas Patriot atas nama Saskia, Azizah, Rani, Medina, Fira, Rezmul, Nisa, Bella, Nurun, dan Indah, i love you gais.
18. Teman-teman terbaik saya semasa perkuliahan terkhusus kepada Era Fazirah, Suarni, Eva Wansi Delita, Indah Fitriani, Nur Rahmawati Amir, Safirah Putri

H. Malik, Zalsa Saphira AN, Muhammad Rifan Fadlillah, Andi Amrullah Thalib, Andi Muhammad Yusril, Muhammad Ahsan, Muhammad Rafi Athallah, Aiman Muin, dan Rifyan Sabaruddin.

19. Ces baru kita, ciwi ciwi KKN 107 bernama Tari, Jeje, Alda, Risma, dan Rami yang telah mewarnai penghujung kehidupan perkuliahan penulis.
20. Keluarga besar Akselerasi MTsN Model Makassar yang sampai saat ini masih menjalin hubungan yang baik selayaknya keluarga.
21. Segenap asisten Laboratorium Fisika Dasar utamanya teman-teman angkatan 2018 atas segala waktu dan kisah kita di ruang asisten.
22. Segenap keluarga Mentor FT-UH 2019 dari departemen berbeda yang membuat penulis mengetahui keadaan terkini di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
23. Segenap Laboratorium Kualitas Udara dan Bising dan komponen pendukungnya, sesama asisten laboratorium bernama Aiman, Neesa, Kiki, Savira, Yusril, dan Aurel, tak lupa peralatan yang ada di dalamnya.
24. Kepengurusan Kabinet Progresif periode 2020/2021 Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan yang telah memberi pengalaman dan pelajaran berharga.
25. Teman-teman Transisi 2019 yang telah kebersamai Till The End.
26. Kepada kakak-kakak baik yang dipertemukan dalam dunia relawan, khususnya untuk keluarga IKASA Makassar dan Sahabat Netra yang mewarnai masa perkuliahan penulis di luar kampus.
27. Kepada segenap keluarga tercinta, teman-teman dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga tugas akhir ini memiliki banyak manfaat bagi pembaca. Akhir kata, penulis kembali mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam proses pembuatan skripsi ini. Semoga Allah subhanahu wa ta'ala senantiasa bersama kita dan meridhoi jalan kita.

Makassar, Agustus 2022

Andi Dania Triska Fiyanda

ABSTRAK

ANDI DANIA TRISKA FIYANDA. *Identifikasi Mikroplastik Udara dalam Ruang Sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar* (dibimbing oleh Rasdiana Zakaria dan Zarah Arwieny Hanami)

Mikroplastik merupakan pengertian dari plastik yang memiliki dimensi atau diameter utama yang kurang dari 5 mm yang keberadaannya telah diverifikasi ada di mana-mana di lingkungan kita, terutama di lingkungan dalam ruangan. Penelitian bertujuan mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik dan karakteristiknya serta menganalisis hubungan karakteristik ruangan dengan kelimpahan mikroplastik dalam ruangan sekolah di jalan arteri Kota Makassar.

Pengambilan sampel dilakukan selama 4 hari yang terdiri atas 2 hari kerja dan 2 hari libur dengan durasi pengambilan sampel selama 24 jam pada dua ruang kelas dengan karakteristik yang sama di tiga sekolah yang terletak pada jalan arteri di Kota Makassar. Mikroplastik udara berasal dari sampel debu jatuh yang diamati secara visual menggunakan mikroskop portable yang karakteristik mikroplastiknya dianalisis menggunakan aplikasi image-J.

Hasil penelitian menunjukkan kelimpahan mikroplastik dalam ruangan kelas lebih banyak ditemukan pada hari kerja dibanding hari libur dengan rincian konsentrasi mikroplastik tertinggi di SMP Negeri 6 Makassar sebesar 8223 MPS/m²/hari pada hari kerja dan terendah di SMA Negeri 1 Makassar pada hari libur sebesar 261 MPS/m²/hari Jenis mikroplastik yang paling dominan adalah fiber dan warna mikroplastik yang paling dominan adalah warna hijau. Hasil analisis statistik dan deskriptif yang diperoleh menunjukkan bahwa selain waktu pengukuran, hubungan karakteristik ruangan terhadap kelimpahan mikroplastik memiliki nilai yang tidak signifikan.

Kata Kunci : Mikroplastik, Ruang Kelas, Karakteristik Ruang

ABSTRACT

ANDI DANIA TRISKA FIYANDA. *Identification of Air Microplastics in School Rooms on Arterial Street Makassar City* (supervised by Rasdiana Zakaria and Zarah Arwieny Hanami)

Microplastics are defined as plastics that have a main dimension or diameter of less than 5 mm whose existence has been verified to be everywhere in our environment, especially in the indoor environment. The purpose of this study is to identify microplastics and analyze the tendency of the correlation between room characteristics and the abundance of microplastics in school rooms on arterial roads in Makassar City.

Sampling was carried out for 4 days consisting of 2 days of weekday and 2 days of weekend with a sampling duration of 24 hours in two classrooms with the same characteristics in three schools located on arterial roads in Makassar City. Air microplastics came from falling dust samples which were observed visually using a portable microscope whose microplastic characteristics were analyzed using the Image-J application.

The results showed that the abundance of indoor microplastics was more found on weekdays than weekend with details of the highest concentration of microplastics at SMP Negeri 6 Makassar at 8223 MPS/ m²/day on weekdays and the lowest at SMA Negeri 1 Makassar on holidays at 261 MPS/m²/day. The most dominant type of microplastic is fiber and the most dominant color of microplastic is green. The results of statistical and descriptive analysis showed except measurement time, the tendency of the relationship between the characteristics of the classroom to the abundance of microplastics had an insignificant value.

Keywords: Microplastic Indoor, Classroom, Room Characteristics

DAFTAR ISI

	halaman
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup	5
3) Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Pencemaran Udara	7
	x

B. Mikroplastik	8
1. Pengertian Mikroplastik	8
2. Klasifikasi Mikroplastik	9
3. Mikroplastik di Udara	11
4. Mikroplastik dalam Ruangan	12
5. Dampak Mikroplastik di Udara bagi Manusia	14
C. Debu Jatuh (<i>Dust Fall</i>)	15
D. Uji Hipotesis	16
E. Uji Normalitas	17
F. Uji Homogenitas	18
G. Uji ANOVA	18
H. Uji Kruskal – Wallis	19
I. <i>Box Plot</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Rancangan Penelitian	21
B. Waktu Penelitian	23
C. Lokasi Penelitian	23
D. Alat dan Bahan	27
E. Metode Pengumpulan Data	29
F. Metode Analisa Data	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Karakteristik Ruang Kelas	36
B. Konsentrasi Mikroplastik Udara dalam Ruangan	37
C. Jenis Mikroplastik	42
D. Warna Mikroplastik	47
E. Ukuran Mikroplastik	52
F. Rekapitulasi Karakteristik Mikroplastik dalam Ruangan pada Lokasi Pengukuran	56
G. Analisis Hubungan Waktu Pengukuran terhadap Kelimpahan Mikroplastik	57
H. Analisis Hubungan Jumlah Penghuni terhadap Kelimpahan Mikroplastik	60
I. Analisis Hubungan Jumlah Ventilasi terhadap Kelimpahan Mikroplastik	63
J. Analisis Hubungan Karakteristik Ruang terhadap Kelimpahan Mikroplastik	66
BAB V PENUTUP	73
A. Simpulan	73
B. Saran	74
LAMPIRAN	78

DAFTAR TABEL

	halaman
1. Daftar Sekolah Lokasi Penelitian	24
2. Karakteristik Ruang Kelas Pengambilan Sampel	26
3. Karakteristik Setiap Ruang Kelas Penelitian	36
4. Kelimpahan Mikroplastik dalam Ruang Kelas	37
5. Rekapitulasi Konsentrasi Mikroplastik Udara	40
6. Rekapitulasi Jenis Mikroplastik Udara	46
7. Rekapitulasi Jenis Mikroplastik Udara	50
8. Ukuran mikroplastik SMA Negeri 1 Makassar	52
9. Ukuran mikroplastik SMP Negeri 6 Makassar	52
10. Ukuran mikroplastik UPT SPF SMP Negeri 47 Makassar	53
11. Rekapitulasi Ukuran Mikroplastik Udara	54
12. Rekapitulasi Karakteristik Mikroplastik di Seluruh Lokasi Pengukuran	56

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Bentuk Mikroplastik dan Warna	10
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian	22
Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian	24
Gambar 4. Kondisi Lokasi Penelitian	25
Gambar 5. Alat dan Bahan Pengumpulan Data	27
Gambar 6. Alat dan Bahan Analisa Data	29
Gambar 7. Metode Pengumpulan Data	31
Gambar 8. Metode Analisa Data	33
Gambar 9. Konsentrasi Mikroplastik SMA Negeri 1 Makassar	38
Gambar 10. Konsentrasi Mikroplastik SMP Negeri 6 Makassar	39
Gambar 11. Konsentrasi Mikroplastik UPT SPF SMP Negeri 47 Makassar	40
Gambar 12. Jenis Mikroplastik SMA Negeri 1 Makassar	42
Gambar 13. Contoh Jenis Mikroplastik SMA Negeri 1 Makassar	43
Gambar 14. Jenis Mikroplastik SMP Negeri 6 Makassar	44
Gambar 15. Contoh Jenis Mikroplastik SMP Negeri 6 Makassar	44
Gambar 16. Jenis Mikroplastik UPT SPF SMP Negeri 47 Makassar	45
Gambar 17. Contoh Jenis Mikroplastik UPT SPF SMP Negeri 47 Makassar	45
Gambar 18. Warna Mikroplastik SMA Negeri 1 Makassar	48
Gambar 19. Warna Mikroplastik SMP Negeri 6 Makassar	49
Gambar 20. Warna Mikroplastik UPT SPF SMP Negeri 47 Makassar	50

Gambar 21. Grafik P-Plot Analisis Hubungan antara Waktu Pengukuran dan Kelimpahan Mikroplastik (MPs)	57
Gambar 22. <i>Box Plot</i> Hubungan Waktu Pengukuran terhadap Kelimpahan Mikroplastik	59
Gambar 23. Grafik P-Plot Analisis Hubungan antara Jumlah Penghuni (orang) terhadap Kelimpahan Mikroplastik (MPS/hari)	60
Gambar 24. <i>Box Plot</i> Hubungan Jumlah Penghuni Ruangan terhadap Kelimpahan Mikroplastik	62
Gambar 25. Grafik P-Plot Analisis Hubungan antara Jumlah Ventilasi (buah) terhadap Kelimpahan Mikroplastik (MPS/hari)	63
Gambar 26. <i>Box Plot</i> Hubungan Jumlah Ventilasi Ruangan terhadap Kelimpahan Mikroplastik	65
Gambar 27. Grafik P-Plot Analisis Hubungan antara Jumlah Kipas Angin terhadap Kelimpahan Mikroplastik (MPS/hari)	67
Gambar 28. <i>Box Plot</i> Hubungan Jumlah Kipas Angin terhadap Kelimpahan Mikroplastik	68
Gambar 29. Grafik P-Plot Analisis Hubungan antara Interval Pembersihan terhadap Kelimpahan Mikroplastik (MPS/hari)	69
Gambar 30. <i>Box Plot</i> Hubungan Interval Pembersihan terhadap Kelimpahan Mikroplastik	70
Gambar 31. Grafik P-Plot Analisis Hubungan antara Jumlah Taplak Meja terhadap Kelimpahan Mikroplastik (MPS/hari)	71

Gambar 32. *Box Plot* Hubungan Jumlah Taplak Meja terhadap Kelimpahan Mikroplastik

72

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
1. Ruang Kelas Lokasi Penelitian	78
2. Dokumentasi Penelitian	80
3. <i>Hot Needle Test</i>	81
4. Data Kelimpahan Mikroplastik	82
5. Data Jenis Mikroplastik	83
6. Data Warna Mikroplastik	84
7. Data Ukuran Mikroplastik	86
8. Uji Waktu Pengukuran terhadap Kelimpahan Mikroplastik	83
9. Uji Jumlah Penghuni terhadap Kelimpahan Mikroplastik	84
10. Uji Jumlah Ventilasi terhadap Kelimpahan Mikroplastik	86
11. Uji Jumlah Kipas Angin terhadap Kelimpahan Mikroplastik	83
12. Uji Interval Pembersihan terhadap Kelimpahan Mikropastik	84
13. Uji Jumlah Taplak Meja terhadap Kelimpahan Mikroplastik	97

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Plastik merupakan polimer organik sintetik yang ringan, kuat, dan mudah dibentuk (Firdaus dkk, 2020). Sifat ini membuat plastik banyak digunakan untuk berbagai kebutuhan baik domestik maupun industri yang secara ekstensif dalam berbagai aplikasi (Aliabad dkk, 2019). Dalam lima dekade, produksi plastik telah berkembang menjadi industri global senilai 600 miliar USD (Uheida dkk, 2021). Tingginya intensitas penggunaan plastik tidak dibarengi dengan kebijakan yang kuat tentang daur ulang plastik, menyebabkan akumulasi plastik sampah di lingkungan. Fakta menunjukkan bahwa pada negara maju hanya 9% sampah plastik didaur ulang, dan sisanya 91% tetap berada di lingkungan selama berabad-abad (Brooks dkk,2018). Imbasnya, sampah yang semakin meningkat kelimpahannya ini mencemari lingkungan. Sampah plastik menyumbang sekitar 80–85% dari sampah laut (Barnes, 2019; Ostle dkk, 2019). Dengan produksi plastik global 400 juta ton per tahun, pada tahun 2025, 11 miliar metrik ton plastik kemungkinan akan terkumpul di lingkungan (Brahney dkk, 2020).

Plastik mengalami fragmentasi fisik, mekanik, dan biologis menjadi partikel yang lebih kecil dari waktu ke waktu sehingga potensi bahaya yang dimiliki sangat besar (Weinstein dkk, 2016). Ukuran plastik diklasifikasikan menjadi mikroplastik, mesoplastik, dan makroplastik dengan ukuran masing-masing <5,00 mm; 2,50–5,00 mm; dan > 2,50 mm (Firdaus dkk, 2019). Dewasa ini banyak penelitian berfokus pada keberadaan mikroplastik karena berdasarkan ukurannya sangat berpotensi mengancam kesehatan manusia dan lingkungan (Horton dan Clark, 2018).

Mikroplastik telah ditemukan di lingkungan perairan beberapa negara, termasuk Iran (Aliabad dkk, 2019), Bangladesh (Hossain dkk, 2019), India (Sarkar

dkk, 2019), Cina (Zhu dkk, 2019), Meksiko (Ramírez-Álvarez dkk, 2020), Kanada (Anderson dkk, 2016), dan Indonesia (Lestari dkk, 2020). Tidak menutup kemungkinan jika perairan lain di Indonesia juga sangat terkontaminasi oleh mikroplastik, menyadari bahwa Indonesia sebagai salah satu penyumbang sampah plastik terbesar ke lautan di dunia, mencapai 1,29 ton/tahun (Jambeck dkk, 2015). Penelitian ini menunjukkan bahwasanya mikroplastik telah tertelan oleh banyak mamalia laut, burung laut, ikan, dan komponen rantai makanan yang lebih kecil (Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2019).

Penelitian terbaru mengenai mikroplastik mengidentifikasi keberadaannya tidak hanya di perairan, namun juga pada udara. Keberadaan mikroplastik di udara pertama kali terdeteksi pada penelitian terhadap udara atmosfer di Paris, Prancis (Dris dkk, 2016). Selain Prancis (Dris dkk, 2017), mikroplastik juga telah terdeteksi di Denmark (Vianello dkk, 2019) dan Cina (Liu dkk, 2019). Sumber utama mikroplastik di udara diperkirakan berasal dari pakaian sintetis, furnitur, bahan bangunan, abrasi ban karet, dan debu kota (Dris dkk, 2016; Boucher dan Friot, 2017). Selain itu, mikroplastik juga bisa berasal dari emisi dari lalu lintas jalan (Evangelidou dkk, 2020; Jarlskog dkk, 2020; Kole dkk, 2017; Sommer dkk, 2018), utamanya berasal dari partikel non-knalpot seperti karet ban, marka jalan (misalnya cat), dan dari polimer yang termasuk dalam aspal (Andersson Sköld dkk, 2020).

Dampak keberadaan mikroplastik terhadap kualitas udara perkotaan dan pergerakan mikroplastik yang terkandung pada atmosfer ke habitat manusia seharusnya sangat memprihatinkan (Sridharan, 2021). Mengingat di mana plastik diproduksi, digunakan, dan dibuang, dikombinasikan dengan jalur degradasinya, dapat diantisipasi bahwa mikroplastik sudah ada di lingkungan terdekat kita di darat (Wright, 2019). Ukurannya yang kecil membantu mikroplastik dengan mudahnya memasuki segala aspek kehidupan makhluk hidup. Bahaya mikroplastik tergantung pada kelimpahan dan berbagai sifat, seperti ukuran, bentuk, dan komposisi kimianya (Li dkk, 2020).

Keberadaan mikroplastik di udara lebih lanjut mempertimbangkan keberadaannya di dalam ruangan. Hal ini ditinjau dari fakta bahwa dewasa ini aktivitas manusia sering dilakukan di bawah lingkungan dalam ruangan, dengan

proporsi tempat tinggal relatif sebesar 89% (Zhang, 2020). Sumber mikroplastik dalam ruangan berasal dari sintetis pakaian, karpet, dan perabot (misalnya yang berbahan poliester, nilon, akrilik, dan poliamida) (Lassen dkk, 2015).

Pengamatan dan analisis jangka panjang mengenai mikroplastik dalam ruangan belum terlalu diperhatikan, apalagi sampai identifikasi terkait faktor-faktor yang berpengaruh seperti karakteristik, dispersi, transformasi mikroplastik itu sendiri (Prata, 2020). Padahal, mikroplastik dalam ruangan sangat berbahaya karena kemungkinan besar mikroplastik dapat terhirup dan berpotensi mencapai alveolus paru-paru manusia. Kemampuan mikroplastik untuk dihirup sangat besar karena ukuran dan bentuk partikelnya (Gasperi dkk, 2018). Mikroplastik dalam ruangan dinilai memiliki risiko besar untuk kesehatan manusia dibandingkan dengan mikroplastik yang ditemukan di luar ruangan, apalagi pada lingkungan perairan (Rist dkk, 2018). Ini disebabkan karena mikroplastik memiliki potensi risiko kesehatan yang sangat besar, ditambah lagi jika dalam ruangan maka siklus udara hanya berputar di dalamnya dengandurasi yang lebih lama (Rochman dkk, 2019).

Untuk pemahaman yang lebih baik tentang permasalahan mikroplastik dalam ruangan, tentu sangat penting dilakukan penelitian terkait mikroplastik di dalam ruangan. Salah satu contoh yang diambil untuk mewakili keberadaan mikroplastik di dalam ruangan ialah ruangan sekolah dengan aktivitas utama berada dalam ruangan. Ditambah lagi, telah ditemukan fakta bahwa mikroplastik bisa berasal dari padatan debu yang diendapkan dari pergerakan manusia atau kendaraan (Dris dkk, 2017). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan mikroplastik di udara dalam ruangan sekolah dengan kategori sekolah yang berada di Jalan Arteri. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian sebagai Tugas Akhir dengan judul, **“Identifikasi Mikroplastik Udara dalam Ruang Sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

- 1) Apakah terdapat mikroplastik dalam ruangan sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar?
- 2) Bagaimana karakteristik mikroplastik dalam ruangan sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar?
- 3) Bagaimana hubungan antara karakteristik ruangan dengan kelimpahan mikroplastik dalam ruangan sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik dalam ruangan sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar.
- 2) Mengetahui karakteristik mikroplastik dalam ruangan sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar.
- 3) Menganalisis hubungan antara karakteristik ruangan dengan kelimpahan mikroplastik dalam ruangan sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagi Penulis
Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

2) Bagi Universitas

Memberi kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat dijadikan sebagai referensi bagi generasi selanjutnya, khususnya tentang Kualitas Udara atau sejenisnya dalam pengerjaan tugas, penelitian lebih lanjut, pembuatan laporan, atau dalam penyusunan tugas akhir.

3) Bagi Masyarakat

Memberi pengetahuan masyarakat tentang mikroplastik terkhusus tentang keberadaannya dalam ruangan di Kota Makassar.

E. Ruang Lingkup

Pembatasan penelitian yang akan dilakukan yakni:

- 1) Identifikasi keberadaan mikroplastik udara baik dari segi kelimpahan, jenis, warna dan ukuran menggunakan mikroskop digital.
- 2) Menganalisis hubungan antara karakteristik ruang dengan kelimpahan mikroplastik.

3) Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri atas beberapa bab dengan masing-masing pembahasan tersendiri. Sistematika penulisan yang digunakan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I berisi tentang pendahuluan dan apa yang melatarbelakangi penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II berisi tentang teori terkait penelitian, referensi-referensi yang digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian, peraturan atau ketentuan yang berlaku untuk menyusun kerangka/konsep yang digunakan dalam penelitian,

metode dan prosedur yang digunakan dalam penelitian, pengolahan data, dan perhitungan yang akan digunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab III berisi tentang metodologi penelitian yang berisi waktu penelitian, lokasi penelitian, alat dan bahan penelitian, langkah-langkah dalam pengumpulan data dan prosedur analisis data yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV berisi tentang hasil pengukuran, pengolahan data, dan pembahasan mengenai analisis data dari hasil pengukuran yang dilakukan sesuai dengan metode penelitian yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya.

BAB V KESIMPULAN

Bab V berisi tentang penutup dari laporan tugas akhir yang memuat penyajian singkat dari hasil dan analisis data yang didapatkan serta saran terkait penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara

Udara adalah salah satu komponen yang sangat penting untuk kehidupan makhluk hidup. Dalam udara terdapat campuran berbagai macam gas dan debu seperti oksigen (O₂), karbondioksida (CO₂), ozon (O₃), nitrogen (N₂), *particulate matter* (PM₁₀, PM_{2.5}) dan sebagainya. Perbedaan udara dibagi menjadi udara emisi dan udara ambien. Udara emisi adalah udara yang berasal dari sumber emisi, sedangkan udara ambien adalah udara bebas yang berada di atmosfer (Damayanti, 2022). Penjelasan mengenai udara ambien diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang menjelaskan bahwa udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

Penambahan kontaminan lain pada udara yang menimbulkan gangguan serta perubahan komposisi menandakan bahwa udara telah tercemar (Rizal, 2019). Selanjutnya, pada Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 menjelaskan bahwa pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan.

Pencemaran udara berarti hadirnya satu atau beberapa kontaminan di dalam udara atmosfer di luar, seperti antara lain oleh debu, busa, gas, kabut, bau-bauan, asap atau uap dalam kuantitas yang banyak dengan berbagai sifat maupun lama berlangsungnya di udara tersebut, hingga dapat menimbulkan gangguan terhadap kehidupan manusia, tumbuh-tumbuhan atau hewan maupun benda, atau tanpa alasan jelas sudah dapat mempengaruhi kelestarian kehidupan organisme maupun benda (Indrayani, 2018).

B. Mikroplastik

1. Pengertian Mikroplastik

Mikroplastik merupakan pengertian dari plastik yang memiliki dimensi atau diameter utama yang kurang dari 5 mm. Mikroplastik terbentuk dari plastik yang tertinggal dan mengalami degradasi, perlahan menjadi rapuh dan mudah retak oleh proses fisik, hingga berubah menjadi potongan mikroskopis kecil yang tak terhitung jumlahnya. Mikroplastik terbagi menjadi dua jenis yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder (Arthur dkk., 2009). Mikroplastik primer berupa partikulat primer, seperti fiber sintesis yang berasal dari pakaian dan *soft furnishing*, dapat pula berupa *microbeads* yang terdapat dalam kosmetik dan produk perawatan pribadi, dan juga berupa plastik shot yang digunakan dalam industri, serta pellet yang digunakan dalam industri manufaktur plastik. Sedangkan mikroplastik sekunder berupa berbentuk fragmen sekunder yang terbentuk melalui proses pelapukan atau degradasi plastik primer melalui proses fisik, kimia dan biologi (Thompson, 2006; Ryan dkk., 2009), misalnya plastik yang terkena radiasi sinar UV atau arus air yang deras yang menyebabkan plastik terdegradasi menjadi mikroplastik (Avio dkk., 2016). Adapun plastik yang paling sering dihasilkan adalah adalah Polypropylen (PP), Polyetylen (PE), Polyetylen Tereftalat (PET), Polystiren (PS), Poliuretan (PUR), Polivinil Klorida (PVC) dan Polikarbonat (PC) (Li, dkk, 2016).

Keberadaan mikroplastik telah dilaporkan dalam semua kompartemen lingkungan termasuk di pantai (Claessens dkk, 2013), air laut permukaan (Cózar dkk, 2014), kolom air (Dai dkk, 2018), sedimen laut (Cole dkk, 2011; Van Cauwenberghe dkk, 2013), es laut (Obbard dkk, 2014), danau air tawar (Eerkes Medrano dkk, n.d.; Eriksen dkk, 2013; Gasperi dkk, 2014), sedimen air tawar (Horton dkk, 2016; Klein dkk, 2015) dan tanah (Hurley dan Nizzetto, 2018; Nizzetto dkk, 2016), udara atmosfer dan pengendapan (Cai dkk, 2017; Dris dkk, 2015; Dris dkk, 2016a, 2016b), di perkotaan (Dehghani dkk, 2017; Dris dkk, 2015; Dris dkk, 2016a, 2016b) dan daerah terpencil (Allen dkk, 2019; Free dkk, 2014) ,

termasuk Kutub Utara (Lusher dkk, 2015) dan Antartika (Cincinelli dkk, 2017) dan di ketinggian (Ambrosini dkk, 2019) menunjukkan kapasitas untuk transportasi atmosfer jarak jauh (Allen dkk, 2019).

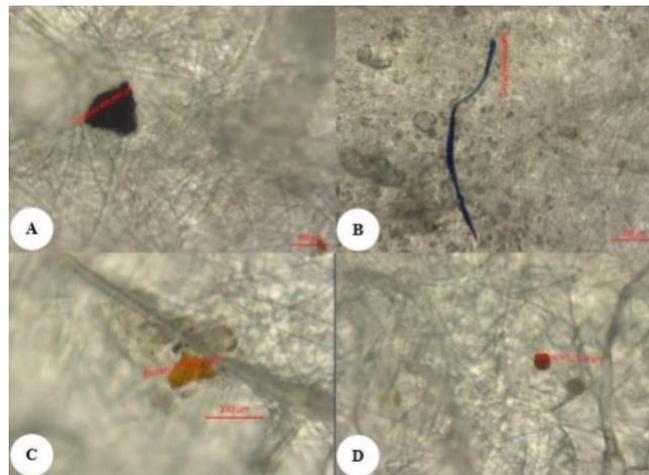
2. Klasifikasi Mikroplastik

Mikroplastik terdapat bermacam-macam jenis dan bentuk, bervariasi termasuk dalam hal ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat-sifat lainnya (Browne, 2015). Variasi ukuran mikroplastik sangat beragam, misalnya ukuran mikroplastik yang ditemukan di atmosfer jauh lebih kecil daripada mikroplastik yang ditemukan di sedimen atau pada lingkungan perairan. Jumlah partikel mikroplastik akan semakin sedikit jika ukuran partikel semakin besar (Zhang, dkk, 2020). Adapun variasi warna digunakan untuk mengetahui jenis mikroplastik yang ditemukan, namun perubahan warna pada mikroplastik dapat terjadi dengan mudah akibat terjadinya pelapukan di lingkungan sehingga dibutuhkan analisis lebih lanjut untuk mengetahui jenis Mikroplastik. diidentifikasi memiliki warna biru, merah, kuning, merah muda, biru tua, transparan, oranye, hijau, ungu, dan menurut berbagai penelitian (Dris dkk, 2016; Zhou dkk, 2017; Dris dkk., 2017; Cai dkk., 2017; Kaya dkk., 2018; Liu dkk., 2019a; Allen dkk., 2019).

Sebagian besar mikroplastik yang kita temui dalam berbagai pengaturan dalam tiga tahun terakhir dapat dengan mudah diklasifikasikan berdasarkan kategori morfologi kasar: fiber, fragmen, film, dan granula (pellet) (Zhang dkk, 2017). Mikroplastik jenis fiber memiliki ciri yaitu berbentuk menyerupai serabut ataupun seperti jaring nelayan, secara umum mikroplastik jenis fiber mudah ditemukan. Hal itu dikarenakan penggunaannya sebagai bahan dasar dalam pembuatan pakaian, serat pakaian, jaring nelayan, maupun dalam pembuatan peralatan rumah tangga. Mikroplastik jenis film berbentuk menyerupai lembaran ataupun pecahan plastik, secara umum digunakan untuk bahan pembuatan kantong kresek ataupun plastik kemasan. Mikroplastik jenis fragmen berupa pecahan yang dihasilkan dari sampah seperti botol, toples, map mika, serta potongan kecil yang berasal dari pipa pralon

(Septian dkk, 2018). Mikroplastik jenis pellet memiliki ciri yaitu bentuk yang silindris (A Rocha International, 2018).

Berikut adalah beberapa bentuk mikroplastik yang telah ditemukan pada Gambar 1 :



Gambar 1. Bentuk Mikroplastik dan Warna

A. Fragmen (Hitam), B. Fiber (Biru), C. Film (Kuning), D. Pellets (Merah)

Sumber: Hiwari, 2019

Jenis mikroplastik yang dilaporkan paling sering ditemukan adalah serat atau fiber, baik dalam saluran pencernaan biota di semua tingkat trofik; hadir dalam makanan (Barboza dkk, 2018) dan disimpan ke makanan yang ditujukan untuk konsumsi manusia (Catarino dkk, 2018). Tipe fiber adalah salah satu mikroplastik dari sumber primer dan sekunder yang sering dikaitkan dengan daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan aktivitas seperti transportasi, pariwisata dan perikanan (Mu dkk 2019).

Metode paling sederhana untuk mengidentifikasi mikroplastik yang bervariasi didasarkan pada penyortiran manual dan identifikasi visual dengan menggunakan mikroskop optik, biasanya dengan menggunakan mikroskop. Partikel mikroplastik dipilih, diamati, dan diklasifikasikan secara manual mengikuti daftar kriteria seleksi yang ditetapkan oleh para ahli berdasarkan klasifikasinya, seperti tidak adanya struktur seluler, diameter serat yang konsisten, dll. (Crawford dan Quinn, 2017b). Pendekatan ini telah digunakan secara luas (Hidalgo-Ruz dkk, 2012) dan masih menjadi bagian yang sangat penting dari analisis mikroplastik saat ini.

3. Mikroplastik di Udara

Kelimpahan mikroplastik di atmosfer sangat bervariasi jumlahnya, hal ini dapat dilihat dari penelitian-penelitian sebelumnya. Kelimpahan mikroplastik di kota-kota di Benua Eropa rata-rata ditemukan 118 partikel/m³ di kota Paris dan 275 partikel/m³ di kota Hamburg (Dris dkk, 2015). Sedangkan di kota Dongguan China ditemukan 175-313 partikel/m³ (Cai dkk, 2017) dan di daerah terpencil pegunungan Pyreness ditemukan rata-rata mikroplastik 365 partikel/m³ (Allen dkk, 2019).

Mikroplastik menyebar dengan sangat cepat di udara karena rantai molekul polimer dapat dengan mudah diputus oleh penyinaran sinar ultraviolet matahari (Biber dkk, 2019). Penting juga untuk dicatat bahwa plastik yang bertahan di lingkungan untuk waktu yang lama (masa pakai yang lama) lebih jarang terurai tetapi masih menghasilkan mikroplastik (Biber dkk, 2019).

Beberapa sumber penghasil mikroplastik di udara berasal dari penyebaran kompos (NSW Environmental Protection Agency, 2016), lumpur air limbah (Revel dkk, 2018), ban (Abbasi dkk, 2019), maupun cat (Horton dan Dixon, 2018). Rezaei dkk, (2019) mengamati bahwa faktor utama penyebaran mikroplastik di udara disebabkan karena angin yang kemudian menjadi *dust fall* atau debu jatuh. Beberapa di antaranya yakni debu jatuh pada atmosfer serta debu yang tersuspensi atau debu jalan/jalan (Mbachu dkk, 2020).

Pada dasarnya, mikroplastik di udara sejauh ini teridentifikasi atas keberadaannya di luar ruangan dan dalam ruangan. Keberadaan mikroplastik di udara atmosfer (luar ruangan) merupakan akibat dari fragmentasi partikel yang lebih besar seperti pakaian, ban mobil, dan sampah plastik perkotaan yang belum dikelola dengan baik (Browne dkk, 2011; Kole dkk, 2017; Li dkk al., 2015) sedangkan mikroplastik dalam ruangan terjadi sebagai akibat dari keausan pakaian, karpet, dan furnitur (misalnya, poliester, nilon, akrilik, dan poliamida) (Lassen dkk, 2015). Penelitian mengenai mikroplastik di udara masih terus berlanjut dan terus diamati mulai dari daerah perkotaan hingga daerah-daerah terpencil (Bank dan Hasson, 2019).

Mikroplastik di udara sejauh ini yang terdiri serat, fragmen, dan filamen berkisar dari 2 m hingga 1 mm, dengan rayon, PA, PE, PP, polistirena (PS), polietilen tereftalat (PET), polivinil klorida (PVC), poliuretan (PUR), poliakrilonitril (PAN) menjadi polimer yang dominan (Enyoh dkk, 2019). Selain itu, penelitian mengkonfirmasi bahwa plastik yang terlibat dalam aplikasi pengemasan seperti PS, PE, PET, biothene (merek komersial yang dapat terurai secara hayati) memburuk dan menghasilkan mikroplastik jauh lebih cepat di udara daripada di air (Biber dkk., 2019).

4. Mikroplastik dalam Ruangan

Mikroplastik telah diverifikasi ada di mana-mana di lingkungan kita, terutama di lingkungan dalam ruangan (Dris dkk, 2017). Mikroplastik dalam ruangan berada pada situasi di mana orang menghabiskan sebagian besar hidup mereka yang menjadi dasar bahwa mikroplastik dalam ruangan mewakili risiko paparan manusia yang lebih besar dibandingkan dengan yang ditemukan dalam makanan dan air (Rist dkk, 2018).

Dalam ruangan, aliran udara sangat memengaruhi kadar mikroplastik di udara (Zhang dkk, 2020b). Studi menyimpulkan bahwa serat sintetis dan mikroplastik di udara dalam ruangan biasanya berukuran 50 hingga 250 m (Catarino dkk, 2018; Dris dkk, 2017). Partikel mikroplastik kecil ini dapat menembus lebih mudah dalam sistem pernapasan manusia (Hwang dkk, 2019). Sebuah studi yang dilakukan di Paris menunjukkan keberadaan mikroplastik (33% dari total serat) di udara dalam dan luar ruangan mempunyai risiko untuk memapar manusia: konsumsi debu dapat dihirup dan menetap (Dris dkk, 2017). Konsentrasi mikroplastik ditemukan lebih tinggi di dalam ruangan/udara ambien daripada di udara luar (di Prancis), menunjukkan bahwa sebagian kecil dari serat dipindahkan ke luar ruangan melalui pertukaran udara. Lebih lanjut, peristiwa ini bisa saja berkontribusi pada peristiwa debu jatuh yang menempel di permukaan dalam ruangan kemungkinan besar dilepaskan dalam air limbah, misalnya saat membersihkan lantai. (Dris, 2017). Para

peneliti berasumsi bahwa mikroplastik di lingkungan perkotaan dapat dipahami dengan memperkirakan tingkat pengendapan dan konsentrasinya.

Sumber mikroplastik ruangan berasal dari plastik yang berasal dari berbagai macam material melingkupi mainan, perlengkapan dapur, kapur, tekstil seperti karpet, perlengkapan, pakaian, matras, cat dinding, dan lain sebagainya. Oleh karenanya dapat disimpulkan bahwa kegiatann manusia dan berbagai jenis produk berkontribusi terhadap keadaan mikroplastik dalam ruangan (Webster, 2021). Dalam studi debu jatuh dilakukan selama 13 minggu di 3 lokasi dalam ruangan (asrama mahasiswa, kantor, dan koridor) pada East Normal China University di Shanghai, partikulat plastik yang diidentifikasi (rayon, akrilik, poliester, PET) bersumber terutama dari pakaian, tempat tidur, dan tirai. 60% dari partikulat berserat yang dikumpulkan sebagai mikroplastik diidentifikasi sebagai serat alami (kapas, wol) (Zhang dkk, 2020b). Zhang dkk. (2020a) juga menemukan bahwa mikroplastik udara pada penelitian yang dilakukan di 12 negara teridentifikasi paling banyak dari asam tereftalat dan BPA pada plastik jenis PET dan polikarbonat (PC).

Studi yang dilakukan di Perancis menunjukkan bahwa mikroplastik jenis fiber yang dikumpulkan merupakan bahan polimer sebesar 29% dengan berbagai jenis yang berasal dari kemasan makanan, bahan sintetis dari pakaian, maupun degradasi dari jenis plastik yang berada dalam ruangan. Dari 29% itu, jenis yang paling banyak ditemukan ialah *cellophane polymers* sebesar 66% dan menyusul PET sebesar 21%. Penelitian ini menunjukkan konsistensi penemuan jenis polimer dalam ruangan yang bersal dari bahan selulosa atau berasal dari pencampuran bahan kimia (Dris, 2017). Pernyataan ini didukung oleh penemuan mikroplastik polimer dari bahan selulosa di Dongguan, China (Cai dkk, 2017). Selain itu, penelitian terkini menunjukkan produk listrik dan elektronik dapat melepaskan jenis plastik berupa plastikizer (alternatif ftalat, monoester) dan senyawa organik sintetis lainnya ke dalam debu dalam ruangan (Deng dkk 2021).

5. Dampak Mikroplastik di Udara bagi Manusia

Keberadaan mikroplastik di udara belum banyak mendapat perhatian tentang potensi risikonya terhadap kesehatan manusia. Mikroplastik di udara terbukti ada, terutama di kota-kota besar. Mikroplastik di udara memiliki mobilitas yang lebih besar daripada yang ada di sedimen atau air. Penelitian oleh Evangeliou dkk. (2020) menyajikan simulasi transportasi mikroplastik di atmosfer, menunjukkan distribusi mikroplastik yang luas di lingkungan (Horton dkk, 2017; Prata, 2018).

Angin menjadi salah satu sarana utama yang mengangkut sebagian besar partikel mikroplastik di lingkungan (Zhang dkk, 2021; Evangeliou dkk, 2020). Partikel plastik persisten ini berada di udara yang dihirup oleh manusia dan diangkut ke paru-paru (Waring dkk, 2018).

Meskipun indra pernafasan manusia memiliki semacam penyaring untuk mencegah beberapa partikel yang lebih besar masuk, namun bentuk dan ukuran dari mikroplastik sangat kecil (Gasperi dkk, 2018). Setelah terhirup dan masuk ke dalam paru-paru, mikroplastik akan sulit pergi karena daya tahannya dalam cairan fisiologis. Oleh karena itu, mereka bertahan dan terus menumpuk dengan setiap napas (Levermore dkk, 2020). Hal ini diperparah dengan kemampuannya dalam menampung mikroba (Pickett dkk, 2019). Teori ini terbukti dengan penemuan serat sintetis yang ditemukan di jaringan paru-paru pekerja di industri tekstil yang kemudian menyebabkan iritasi (Pimentel dkk, 1975; Eschenbacher dkk, 1999; Warheit dkk, 2001).

Studi menunjukkan kekhawatiran tentang potensi gangguan indra pernafasan ketika mikroplastik terhirup melintasi membran paru-paru (*pleura*) atau dinding usus dan memasuki aliran darah. Paru-paru yang mengandung mikroplastik lebih lanjut dapat menyebabkan kerusakan DNA, kerusakan sel, stres oksidatif, peradangan, sekresi sitokin, dan lain-lain (Vethaak dan Legler, 2021). Beberapa studi telah memberikan bukti untuk toksisitas paru, permeabilitas seluler, dan teratogenis mikroplastik di udara (Lim dkk, 2021; Isinibilir dkk, 2020; Hwang dkk, 2019). Selain itu, jika terpapar mikroplastik dalam konsentrasi tinggi dapat

menyebabkan gangguan kekebalan, peradangan, dan degenerasi saraf (Prata dkk, 2020).

Fakta lain menunjukkan bahwa beberapa bakteri yang berasal dari mikroplastik bersifat strain invasif, virulen, dan resisten antibiotik (Liu dkk, 2021; Bank dkk, 2020), baik mikroplastik sintetis maupun yang *biodegradable* (Sun dkk, 2021). Sebuah studi praklinis baru-baru ini telah mengidentifikasi keberadaan mikroplastik dalam membran amniokorial, ibu dan janin dari plasenta manusia yang dikumpulkan selama persalinan dari sukarelawan wanita sehat (Ragusa dkk, 2021). Tidak menutup kemungkinan mikroplastik mengganggu bagian tubuh manusia yang lain (Rai dkk, 2021). Mengingat bahwa partikel berukuran kecil dapat dengan mudah berinteraksi dengan protein, enzim, atau komponen biokimia sel, menyebabkan cedera, peradangan, dll. (Nho, 2020).

C. Debu Jatuh (*Dust Fall*)

Debu didefinisikan sebagai partikulat padat yang berukuran antara 1 mikron sampai dengan 100 mikron. Debu merupakan suatu sistem dispersi (aerosol) dari partikulat padat yang dapat dihasilkan dari proses mekanis seperti *crushing* (penghancuran), *handling* (penghalusan) atau *grinding* (penggerindaan). Debu melayang di udara dan secara umum dibedakan menjadi dua yakni *deposit particulate matter* yaitu partikel debu yang berada sementara di udara, partikel ini segera mengendap akibat daya tarik bumi, dan *suspended particulate matter* yaitu debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap. *Deposit particulate metter* dan *suspended particulate matter* ini biasa disebut juga debu total (Widiastuti, 2018).

Adapun debu jatuh adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan partikel udara yang mengendap di area dan waktu tertentu di bawah pengaruh gravitasi. Pengertian debu jatuh lebih mengarah ke jenis debu berdasarkan *deposit particulate matter*. Pengukuran terhadap debu jatuh biasanya dilakukan untuk menentukan apakah sumber partikel yang menyebabkan adanya debu ataupun

kandungan zat dalam debu yang berpotensi membahayakan lingkungan sekitarnya dibantu dengan analisis kimia. Debu jatuh diukur dengan pengukur endapan jatuhnya debu, biasanya dengan menggunakan wadah penampung debu jatuh yang tidak serta merta diletakkan di atas permukaan demi menghindari gangguan debu permukaan. Satuan pengukuran adalah miligram per meter persegi per hari. Penting diketahui bahwa sebenarnya potensi bahaya debu jatuh tidak dipengaruhi oleh warna debu, tetapi debu yang lebih gelap biasanya dianggap oleh masyarakat memiliki dampak yang lebih besar daripada debu berwarna terang (Thongsanit, 2015).

D. Uji Hipotesis

Hipotesis didefinisikan sebagai dugaan mengenai suatu hal, atau hipotesis merupakan jawaban sementara suatu masalah, atau juga “*a formal statement regarding the relationship between variables and tested directly*” yang artinya suatu pernyataan formal mengenai hubungan antara variabel, dan diuji secara langsung. Fungsi hipotesis adalah menguji kebenaran suatu teori, memberi gagasan baru untuk mengembangkan teori, serta memperluas pengetahuan mengenai gejala yang sedang dipelajari (Nuryadi dkk, 2017).

Melakukan uji hipotesis berarti melakukan uji signifikansi menentukan untuk menerima atau menolak hipotesis nol. Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa tidak terdapat perubahan atau perbedaan pada populasi atau tidak terdapat hubungan. Dalam konteks eksperimen, H_0 memperkirakan bahwa variabel independen (stimulus atau *treatment* yang diberikan) tidak memberikan efek terhadap variabel dependen. Suatu hipotesis penelitian atau hipotesis alternatif (H_1) menyatakan, bahwa terdapat perubahan, perbedaan, atau hubungan pada populasi. Dalam konteks eksperimen, H_1 memperkirakan bahwa variabel independen (stimulus atau *treatment*) memberikan efek pada variabel dependen. Jika H_0 diterima, maka H_1 harus ditolak; dan jika H_0 ditolak, maka H_1 harus diterima (Rafly, 2022).

E. Uji Normalitas

Uji normalitas adalah prosedur yang digunakan untuk untuk mengetahui apakah distribusi data mengikuti atau mendekati distribusi normal, biasanya berbentuk seperti lonceng (*bell shaped*) jika dibentuk menjadi sebuah histogram. Data yang baik biasanya membentuk pola seperti distribusi normal yang tidak menceng kiri ataupun kanan (Singgih, 2018).

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan dalam analisis normalitas data yaitu Liliefors, kolmogorof-smirnov, chi square, dan sebagainya. Distribusi normal untuk menganalisis normalitas data merupakan salah satu distribusi yang paling penting kita akan hadapi. Ada beberapa alasan untuk ini (Nuryadi dkk, 2017):

1. Banyak variabel dependen, umumnya diasumsikan terdistribusi secara normal dalam populasi. Artinya, kita sering berasumsi bahwa jika kita mendapatkan seluruh populasi pengamatan, distribusi yang dihasilkan akan sangat mirip dengan distribusi normal.
2. Jika kita dapat mengasumsikan bahwa variabel setidaknya mendekati terdistribusi normal, maka teknik ini memungkinkan kita untuk membuat sejumlah kesimpulan (baik yang tepat atau perkiraan) tentang nilai-nilai variabel itu.
3. Menguji normalitas data kerap kali disertakan dalam suatu analisis statistika inferensial untuk satu atau lebih kelompok sampel. Normalitas sebaran data menjadi sebuah asumsi yang menjadi syarat untuk menentukan jenis statistik apa yang dipakai dalam penganalisaan selanjutnya

Dasar pengambilan keputusan adalah jika nilai $L_{hitung} > L_{tabel}$ maka H_0 ditolak, dan jika nilai $L_{hitung} < L_{tabel}$ maka H_0 diterima (Murwani, 2001:20).

Hipotesis statistik yang digunakan:

H_0 : sampel berdistribusi normal

H_1 : sampel data berdistribusi tidak normal

F. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk melihat apakah dua kelompok data atau lebih memiliki varians yang sama (homogen) atau tidak (Marhawati, 2021). Tujuannya untuk memastikan bahwa data yang diolah awalnya berada dalam kondisi yang sama (Ahmad, 2019). Dasar pengambiln keputusan dilakukan berdasarkan nilai Probabilitas (P value). Jika P value $< 0,05$ maka H_0 diterima yang artinya data homogen dan jika lebih dari $< 0,05$ maka H_0 ditolak yang artinya data tidak homogen. Uji homogenitas digunakan untuk melihat apakah dua kelompok data atau lebih memiliki varians yang sama (homogen) atau tidak (Marhawati, 2021). Tujuannya untuk memastikan bahwa data yang diolah awalnya berada dalam kondisi yang sama (Ahmad, 2019). Dasar pengambiln keputusan dilakukan berdasarkan nilai Probabilitas (P value). Jika P value $< 0,05$ maka H_0 diterima yang artinya data homogen dan jika lebih dari $< 0,05$ maka H_0 ditolak yang artinya data tidak homogen.

G. Uji ANOVA

ANOVA (*Analysis of variances*) merupakan uji statistik. Adapun asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam analisis varian sebagai berikut (Ghozali, 2019) :

- 1) Kenormalan Distribusi data harus normal, agar data berdistribusi normal dapat ditempuh dengan cara memperbanyak jumlah sampel dalam kelompok.
- 2) Kesamaan variansi setiap kelompok hendaknya berasal dari populasi yang sama dengan variansi yang sama pula. Bila banyaknya sampel sama pada setiap kelompok maka kesamaan variansinya dapat diabaikan. Tapi bila banyak sampel pada masing-masing kelompok tidak sama maka kesamaan variansi populasi sangat diperlukan, dengan kata lain data harus homogen.
- 3) Pengamatan bebas sampel hendaknya diambil secara acak (*random*), sehingga setiap pengamatan merupakan informasi yang bebas.

Dasar pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan nilai Probabilitas (*P value*). Jika *P value* kurang dari 0.05 maka H_0 diterima yang artinya data memiliki hubungan dan jika lebih dari 0.05 maka H_0 ditolak yang artinya data tidak berhubungan signifikan.

H. Uji Kruskal – Wallis

Asumsi-asumsi analisis ANOVA mungkin saja tidak terpenuhi. Apabila asumsi tidak dapat terpenuhi, hal yang dapat dilakukan ialah mentransformasi data atau melakukan uji statistika non parametrik, seperti Uji Kruskal-Wallis (Novalia, 2019). Uji ini merupakan pengganti uji ANOVA jika data tidak terdistribusi normal dan atau data tidak homogen (Mubarak, 2022). Menurut Priyatno (2013), uji Kruskal Wallis adalah uji nonparametrik berbasis peringkat yang tujuannya untuk menentukan adakah perbedaan signifikan secara statistik antara dua atau lebih kelompok variabel independen pada variabel dependen yang berskala data numerik (interval atau rasio) dan skala ordinal. Hipotesisnya yaitu: H_0 : tidak ada pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat Dasar pengambilsn keputusan dilakukan berdasarkan nilai Probabilitas (*P value*). Jika *P value* < 0.05 maka H_0 diterima yang artinya data memiliki hubungan signifikan dan jika lebih dari > 0.05 maka H_0 ditolak yang artinya data tidak memiliki hubungan.

I. Box Plot

Box plot atau *boxplot* (juga dikenal sebagai diagram *box-and-whisker*) merupakan suatu *box* (kotak berbentuk bujur sangkar). *Boxplot* adalah salah satu cara dalam statistik deskriptif untuk menggambarkan secara grafik dari data numeris (Junaidi, 2015). *Box plot* adalah cara standar untuk menampilkan distribusi data berdasarkan lima rangkuman (minimum, kuartil pertama, median, kuartil ketiga, dan maksimum). Dalam *box plot* yang paling sederhana, persegi panjang tengah membentang kuartil pertama ke kuartil ketiga (Ghozali, 2019). Tujuan dari

box plot untuk mengetahui pemusatan dan sebaran data dari nilai tengah dan nilai minimum serta nilai maksimum (Puspa dkk, 2020).