

TUGAS AKHIR

**ANALISIS MIKROPLASTIK DI RUAS JALAN KOLEKTOR TIPE 4/2
DAN 6/2 KOTA MAKASSAR**



NUR KHAFIFAH RUSNI

D131 18 1011

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

TUGAS AKHIR

**ANALISIS MIKROPLASTIK DI RUAS JALAN KOLEKTOR TIPE 4/2
DAN 6/2 KOTA MAKASSAR**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



NUR KHAFIFAH RUSNI

D131 18 1011

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

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 : Analisis Mikroplastik di Ruas Jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 Kota Makassar

Disusun Oleh :

Nama : Nur Khafifah Rusni

D131181011

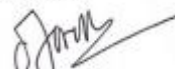
Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 20 September 2022

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T.
NIP. 195812281986012001


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

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Khafifah Rusni

Nim : D131181011

Program Studi : S1/Teknik Lingkungan

Menyatakan dengan ini bawah karya ilmiah saya berjudul:

Analisis Mikroplastik di Ruas Jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 Kota Makassar

Adalah karya ilmiah penulis sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun. Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penertbitannya. Oleh karena itu, semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko

Gowa, 10 Agustus 2022
Yang membuat Pernyataan,



Nur Khafifah Rusni

D131181011

KATA PENGANTAR

Bismillahi Rahmani Rahim, Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa shalawat dan salam penulis curah dan limpahkan kepada nabi besar Muhammad SAW, Sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini, adapun judul tugas akhir ini adalah “ Analisis Mikroplastik di Ruas Jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 Kota Makassar. 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. Kedua orang tua tercinta dan tersayang Papa Drs. Rusni Sengke, M.Si., dan Bundahara Hj. Sumrawati, S.Ag, S.Pd.AUD yang melimpahkan segala cinta, perhatian dan kasih sayang kepada penulis, memenuhi segala kebutuhan yang diinginkan penulis, menjadikan kebahagiaan penulis adalah kebahagiaannya juga, serta doa yang tiada hentinya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
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 Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, 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 ilmu yang telah diajarkan, waktu yang telah diluangkan ditengah kesibukan, kesabaran untuk membimbing penulis, semangat serta motivasi yang tiada henti diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Ibu Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng., yang telah memberikan motivasi, arahan dan masukan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
8. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan atas didikan, ilmu yang bermanfaat dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan selama kurang lebih empat tahun.
9. 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.
10. Kakak Iqbal, Pung Feby kakak tersayang yang tiada henti mendoakan adeknya yang comel ini, Dedek Ikram my one and only enemy, dan A.Aqila sebagai penyemangat penulis menjalani kehidupan yang fana ini.
11. Fadilla Meutia Anugerah sebagai rekan penelitian, yang telah berjuang bersama kurang lebih 1 bulan pengambilan sampel, semangat yang membara walaupun diterjang badai, terik panas matahari ditengah hiruk pikuk jalanan Kota Makassar, persiapan kelengkapan alat dan bahan penelitian yang sangat rumit dan berat namun terasa lebih mudah apabila dikerjakan bersama, dan tetap saling mengasihi serta menyemangati dalam penyelesaian tugas akhir.
12. Para Bestieku Ladde Terluyvv Annisa Fitri Mustafa dan Wulandari Ramadhani yang menjadi tokoh 24/7 penulis yang menjadikan hari-hari berlalu begitu cepat ada banyak pelangi dan tak sedikit mendung untuk dilalui bersama, menemani penulis dalam sedikit suka maupun banyak duka selama perkuliahan, pemahaman serta kesabaran yang tiada batas dalam menghadapi penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
13. Kak Awwalini Maghfirah, S.T., selaku kakak S2 dengan penelitian yang sama, yang telah memberikan dukungan serta motivasi, selalu siap mendengar semua curahan hati penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
14. Saudara Rempongers Nur Rahmawati, Sri Anugrah Salim dan Nurhikmah Kadim, yang telah kebersamai penulis sejak berstatus mahasiswa baru yang membuat hari-hari suram, menjadi lebih indah untuk dikenang.

15. MRT Jakarta Team (A.dania, Annisa dan Wulan) bestie perKPan selama kurang lebih 1 bulan yang telah kebersamai merasakan kerasnya hiruk pikuk Ibu Kota, yang selalu memotivasi satu sama lain untuk tetap berjuang dan jangan menyerah dalam menyelesaikan tugas akhir.
16. Saudara Hipermana Wajo sektor Gowa (Muna, Uni, Fiqar, Sabe, Sudir, Yusran, Fahmi dan Nasrul) yang telah tak henti memberikan lelucon garing sejak menyandang status sebagai mahasiswa perantauan.
17. Teman-teman Teknik Lingkungan'18 yang telah mewarnai masa-masa perkuliahan hingga kebersamai saat proses pengambilan data penelitian.
18. Teman-teman sektor 18 (Yusriah, Eddy, Rudy, Doni) dan Kanda-kanda Lab Ilmu Ukur Tanah yang telah menjadikan penulis sebagai keluarga, dengan motivasi serta doa yang tulus kepada penulis.
19. Teman-teman Kepengurusan Kabinet Progresif periode 2020/2021 Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan yang selalu siap dalam keadaan apapun di saat penulis membutuhkan bantuan, dan telah menciptakan banyak moment istimewa untuk di kenangan selama kepengurusan.
20. Teman-teman Transisi 2019 yang telah kebersamai Till The End.
21. Kepada seluruh keluarga tercinta, teman-teman dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, penulis ucapkan terimakasih sebesar-besarnya, semoga tugas akhir ini memiliki banyak manfaat bagi pembaca. Penulis telah mengusahakan penyusunan tugas akhir ini semaksimal mungkin, namun sebagai manusia biasa tentunya tidak lepas dari kekurangan dan kesalahan. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis untuk mengembangkan penelitian ini di masa yang akan datang.

Gowa, Agustus 2022

Nur Khafifah Rusni

ABSTRAK

NUR KHAFIFAH RUSNI. *Analisis Mikroplastik Di Ruas Jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 Kota Makassar* (dibimbing oleh Hj. Sumarni Hamid Aly dan Zarah Arwieny Hanami).

Maraknya persebaran mikroplastik menjadi salah satu topik perbincangan global yang membutuhkan perhatian serius, mikroplastik merupakan partikel plastik kecil berukuran kurang dari 5 mm, yang diketahui keberadaannya terdapat di udara, tanah, air tawar dan laut. Adapun tujuan dari penelitian ini, yakni untuk menganalisis konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dan mikroplastik pada jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 di Kota Makassar yaitu Jalan akses Kawasan CPI, Jalan Jendral Sudirman, Jalan Dr. Ratulangi, Jalan Jendral Hertasning dan Jalan Aroepala, pengambilan sampel TSP menggunakan alat *High Volume Air Sampling Portable* dengan durasi 1 jam untuk masing-masing periode pagi, siang dan sore. Mengidentifikasi karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam TSP menggunakan metode *Hot Needle Test* dengan Mikroskop tipe Dino Lite AM 211. Menganalisis kecenderungan hubungan jumlah kendaraan dengan konsentrasi *Total Suspended Particulate* TSP, jumlah kendaraan dengan jumlah mikroplastik, dan jumlah konsentrasi TSP dengan jumlah mikroplastik. Hasil penelitian ditemukan konsentrasi TSP tertinggi di Jalan Hertasning yaitu $239.35 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, untuk konsentrasi terendah di Jalan Kawasan CPI yaitu $55.97 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, jenis Fragmen merupakan mikroplastik yang paling banyak ditemukan dengan warna dominan mikroplastik yaitu warna hijau. Adapun *range* konsentrasi mikroplastik yang paling tinggi terdapat di Jalan Ratulangi yaitu 3.06-3.67 partikel/ m^3 dengan jumlah mikroplastik sebanyak 909 partikel, untuk *range* konsentrasi paling rendah di Jalan Kawasan CPI yaitu 1.62-3.37 partikel/ m^3 dengan jumlah mikroplastik sebanyak 712 partikel. Kecenderungan data hubungan volume kendaraan dengan konsentrasi TSP memiliki korelasi yang signifikan, volume kendaraan dapat menjelaskan 60.1% terhadap konsentrasi TSP. Kecenderungan volume kendaraan dengan jumlah mikroplastik, memiliki korelasi yang tidak signifikan dapat menjelaskan 22.2% terhadap jumlah mikroplastik, sedangkan kecenderungan jumlah konsentrasi TSP dengan jumlah mikroplastik memiliki korelasi yang tidak signifikan, dapat menjelaskan 9.8% terhadap jumlah mikroplastik.

Kata Kunci: TSP, Mikroplastik Udara, Jalan Kolektor, Kota Makassar

ABSTRACT

NUR KHAFIFAH RUSNI. *Analysis of Microplastics on Collector Roads Types 4/2 and 6/2 Makassar City.* (supervised by Hj. Sumarni Hamid Aly dan Zarah Arwieny Hanami).

The distribution of microplastics has become one of the global topics that requires attention, microplastics are small plastic particles measuring less than 5 mm, which are known to exist in the air, soil, fresh water and sea. The purpose of this study to analyze the concentration of Total Suspended Particulate (TSP) and Microplastics on Collector roads in Makassar City, namely CPI Area, Jendral Sudirman, Dr. Ratulangi, Jendral Hertasning and Aroepala, sampling TSP using High Volume Air Sampler (HVAS) Portable tool with a duration of 1 hour for each period of morning, afternoon and evening. Identifying the characteristics of microplastics contained in TSP using the Hot Needle Test method with a microscope Dino Lite AM 211. The results of the study found that the highest concentration of TSP was on Jalan Hertasning, 239.35 g/Nm³, for the lowest concentration on Jalan CPI, 55.97 g/Nm³, Fragment type was the most commonly found microplastic with the dominant color of microplastics is green. The highest concentration range for microplastics is on Jalan Ratulangi, 3.06-3.67 particles/m³ with a total of 909 microplastic particles, for the lowest concentration range on Jalan CPI is 1.62-3.37 particles/m³ with a total of 712 microplastic particles. The tendency of data on the relationship between vehicle volume and the concentration of Total Suspended Particulate (TSP) has a significant correlation, vehicle volume can explain 60.1% of the TSP concentration. The tendency of vehicle volume with the number of microplastics, which has an insignificant correlation, can explain 22.2% of the number of microplastics, while the tendency of the amount of TSP concentration with the number of microplastics has an insignificant correlation, explaining 9.8% of the number of microplastics.

Keywords : TSP, Air Microplastics, Collector Roads, Makassar City.

DAFTAR ISI

	halaman
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup	6
F. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Pencemaran Udara	8
B. Udara Ambien	10
C. Pengaruh Unsur Meteorologi Terhadap Pencemaran Udara	11
D. Total Suspended Particulate (TSP)	14
E. Mikroplastik	19
G. Klasifikasi Jalan	29
H. Volume Lalu Lintas	31
I. High Volume Air Sampler (HVAS)	31
J. Analisis Regresi	32
K. Uji Homogenitas	34
L. Uji Normalitas	34

M. Uji T-Test	35
N. Uji Anova	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
A. Rancangan Penelitian	38
B. Waktu Penelitian	40
C. Lokasi Penelitian	40
D. Alat dan Bahan	47
E. Metode Pengumpulan Data	51
F. Metode Analisis Data	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	58
A. Volume Kendaraan	58
B. Data Meteorologi	66
C. Konsentrasi <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP)	69
D. Analisis Mikroplastik	76
E. Analisis Kecenderungan Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi TSP	103
F. Analisis Kecenderungan Volume Kendaraan dengan Jumlah Mikroplastik	106
G. Analisis Kecenderungan Konsentrasi TSP dengan Jumlah Mikroplastik	109
BAB V PENUTUP	112
A. Kesimpulan	112
B. Saran	113
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN	122
Lampiran 1 : Data Meteorologi	123
Lampiran 2: Tabel Hasil Perhitungan Konsentrasi Mikroplastik	134
Lampiran 3: Hasil Hot Needle Test	135
Lampiran 4: Warna Mikroplastik	139
Lampiran 5: Dokumentasi Pengambilan Sampel di Lokasi Penelitian	141
Lampiran 6: Sampel TSP Hasil Pengukuran	142
Lampiran 7: Dokumentasi Pengerjaan di Laboratorium	143

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien	10
Tabel 2. Karakteristik Partikulat yang Bersumber dari Lalu Lintas Jalan	17
Tabel 3. Klasifikasi Mikroplastik	23
Tabel 4. Jenis-jenis Polimer Mikroplastik	25
Tabel 5. Lokasi Penelitian	41
Tabel 6. Volume Kendaraan dan Nilai SMP/jam pada Titik Pengambilan Sampel	58
Tabel 7. Data Meteorologi	66
Tabel 8. Rentang Ukuran Mikroplastik Jalan akses Kawasan CPI	80
Tabel 9. Rentang Ukuran Mikroplastik Jalan Jendral Sudirman	84
Tabel 10. Rentang Ukuran Mikroplastik Jalan Dr. Ratulangi	88
Tabel 11. Rentang Ukuran Mikroplastik Jalan Jendral Hertasning	92
Tabel 12. Rentang Ukuran Mikroplastik Jalan Aroepala	96
Tabel 13. Rekapitulasi Karakteristik Mikroplastik, Polutan TSP dan Volume Kendaraan	99
Tabel 14. Uji Homogenitas Konsentrasi TSP	104
Tabel 15. Rekapitulasi Hasil Tren Data Volume Kendaraan terhadap Konsentrasi TSP	105
Tabel 16. Uji Homogenitas Volume Kendaraan	107
Tabel 17. Rekapitulasi Hasil Tren Data Volume Kendaraan dengan Jumlah Mikroplastik	108
Tabel 18. Uji Homogenitas Jumlah Mikroplastik	110
Tabel 19. Rekapitulasi Hasil Tren Data Konsentrasi TSP dengan Jumlah Mikroplastik	111

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Mekanisme Biodegradasi Mikroplastik	21
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 3. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 1 Jalan akses Kawasan CPI	42
Gambar 4. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 2 Jalan Jendral Sudirman	42
Gambar 5. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 3 Jalan Dr. Ratulangi	43
Gambar 6. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 4 Jalan Jendral Hertasning	43
Gambar 7. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 5 Jalan Aroepala	44
Gambar 8. Sketsa Penempatan Alat di Jalan Akses Kawasan CPI	44
Gambar 9. Sketsa Penempatan Alat di Jalan Jendral Sudirman	45
Gambar 10. Sketsa Penempatan Alat di Jalan Dr. Ratulangi	45
Gambar 11. Sketsa Penempatan Alat di Jalan Jendral Hertasning	46
Gambar 12. Sketsa Penempatan Alat di Jalan Aroepala	46
Gambar 13. Titik Lokasi Penelitian	47
Gambar 14. Alat dan Bahan	49
Gambar 15. Gambar Alat dan Bahan Analisis	50
Gambar 16. Diagram Alir Metode Pengumpulan Data	54
Gambar 17. Diagram Alir Analisa Data Konsentrasi TSP	55
Gambar 18. Diagram Alir Identifikasi Mikroplastik	56
Gambar 19. Diagram Alir Analisis Data Statistik	57
Gambar 20. Volume Kendaraan Jalan akses Kawasan CPI	59
Gambar 21. Volume Kendaraan Jalan Jendral Sudirman	60
Gambar 22. Volume Kendaraan Jalan Dr. Ratulangi	61
Gambar 23. Volume Kendaraan Jalan Jendral Hertasning	63
Gambar 24. Volume Kendaraan Jalan Aroepala	64
Gambar 25. Rekapitulasi Volume Kendaraan Seluruh Lokasi Pengambilan Sampel	65
Gambar 26. Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode di Jalan akses Kawasan CPI	69

Gambar 27. Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode di Jalan Jendral Sudirman	70
Gambar 28. Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode di Jalan Dr. Ratulangi	72
Gambar 29. Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode di Jalan Jendral Hertasning	73
Gambar 30. Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode di Jalan Aroepala	74
Gambar 31. Rekapitulasi TSP 24 Jam pada Setiap Lokasi Penelitian	75
Gambar 32. Konsentrasi Mikroplastik di Jalan akses Kawasan CPI	77
Gambar 33. Jenis Mikroplastik Jalan akses Kawasan CPI	78
Gambar 34. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan akses Kawasan CPI (a)fiber, (b)fragmen, (c)film, (d)granula	79
Gambar 35. Warna Mikroplastik Jalan akses Kawasan CPI	81
Gambar 36. Konsentrasi Mikroplastik di Jalan Jendral Sudirman	81
Gambar 37. Persentase Jenis Mikroplastik Jalan Jendral Sudirman	82
Gambar 38. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Jendral Sudirman (a)granula, (b)fiber, (c)film, (d)fragmen	83
Gambar 39. Warna Mikroplastik Jalan Jendral Sudirman	85
Gambar 40. Konsentrasi Mikroplastik di Jalan Dr. Ratulangi	85
Gambar 41. Persentase Jenis Mikroplastik Jalan Dr. Ratulangi	86
Gambar 42. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Dr. Ratulangi (a)fragmen, (b)fiber, (c)film, (d)granula	87
Gambar 43. Warna Mikroplastik Jalan Dr. Ratulangi	89
Gambar 44. Konsentrasi Mikroplastik di Jalan Jendral Hertasning	89
Gambar 45. Persentase Jenis Mikroplastik Jalan Jendral Hertasning	90
Gambar 46. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Jendral Hertasning (a)fragmen, (b)fiber, (c)film, (d)granula	91
Gambar 47. Warna Mikroplastik Jalan Jendral Hertasning	93
Gambar 48. Konsentrasi Mikroplastik di Jalan Aroepala	94
Gambar 49. Persentase Jenis Mikroplastik Jalan Aroepala	94
Gambar 50. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Jendral Hertasning (a)fragmen, (b)fiber, (c)granula, (d)film	96
Gambar 51. Warna Mikroplastik Jalan Aroepala	97
Gambar 52. Grafik P-plot Konsentrasi TSP	103

Gambar 53. Tren Volume Kendaraan dan Konsentrasi TSP	104
Gambar 54. Grafik P-plot Jumlah Mikroplastik	106
Gambar 55. Tren Volume Kendaraan dan Jumlah Mikroplastik	107
Gambar 56. Grafik P-plot Jumlah Mikroplastik	109
Gambar 57. Tren Konsentrasi TSP dan Jumlah Mikroplastik	110

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara ke-4 dengan penduduk terbanyak di dunia, yang setiap harinya diperhadapkan dengan permasalahan pengelolaan sampah yang mencapai hampir 200.000 ton/hari³ (Kahfi, 2017). Hal ini diperjelas dengan adanya penelitian oleh Jenna R. Jambeck pada tahun 2015, melalui penelitian tersebut memposisikan Indonesia sebagai negara kedua di dunia dengan sampah plastik di laut terbanyak yang tidak dikelola dengan baik yaitu sebesar 3,22 juta ton, dengan total keseluruhan sampah yang ada di laut sebesar 187,2 juta ton. Dari waktu ke waktu jumlah permintaan penggunaan materi berbahan plastik kian meningkat yang didominasi para konsumen sektor rumah tangga, hal ini didasari oleh kegunaan bahan plastik yang memiliki ketahanan, dan sangat ekonomis. Gaya hidup seperti inilah yang akan memicu peningkatan sampah plastik setiap tahunnya, tentu saja akan berdampak pada kerusakan lingkungan.

Menurut Wijaya dan Yulinah (2019), Produksi plastik yang terus meningkat serta tingkat pemulihan yang rendah menyebabkan terjadinya akumulasi serpihan plastik di sepanjang garis pantai, di permukaan perairan, serta sedimen. Di perairan, terutama sungai, polimer plastik kurang dapat diuraikan secara biologis, melainkan terpecah-pecah menjadi bagian yang lebih kecil akibat radiasi UV dan arus sungai. Pada umumnya perubahan ukuran sampah plastik terjadi karena proses degradasi, degradasi dapat mengakibatkan perubahan bentuk, ukuran, maupun warna plastik. Seiring berjalannya waktu partikel makroplastik akan terdegradasi kemudian membentuk retakan, menguning sehingga akan terbagi menjadi partikel mesoplastik dan mikroplastik (Yona, dkk., 2020).

Mikroplastik merupakan bagian terkecil dari plastik yang memiliki ukuran berkisar 0,3 mm - > 5 mm (Ayuningtyas, dkk., 2019). Proses pembentukan

mikroplastik terbagi dua jenis yaitu primer dan sekunder, untuk yang biasa ditemukan dalam pembersih dan produk kecantikan merupakan mikroplastik jenis primer, dan mikroplastik yang sudah ada di lingkungan dan terfragmentasi menjadi plastik yang lebih kecil lagi merupakan jenis sekunder (Harahap, 2021). Adapun 4 jenis mikroplastik diklasifikasikan berdasarkan sumbernya yaitu *fiber*, *film*, *foam* dan *fragmen*. Jenis *fiber* berbentuk serat memanjang biasa ditemukan dari degradasi aktivitas nelayan baik alat tangkap maupun dari tali kapal yang terurai masuk ke perairan, *film* bersifat halus dan transparan berasal dari pecahan kantong plastik, *foam* mikroplastik yang berasal dari kemasan *polystyrene*, dan mikroplastik jenis *fragmen* berbahan kaku dan keras berasal dari pecahan plastik lebih besar seperti botol bekas (Fitri, 2019). Ditambahkan oleh Virsek *et al.* (2016) dalam Sigit (2018) terdapat jenis mikroplastik Granula dan *Pellet*. Semakin kecilnya ukuran mikroplastik akibat degradasi yang terjadi, beriringan dengan aktivitas internal masyarakat dalam penggunaan bahan plastik, tentu akan berpotensi pada persebaran dan distribusi mikroplastik setiap tahunnya.

Maraknya persebaran mikroplastik menjadi salah satu topik perbincangan global yang membutuhkan perhatian serius, oleh karena itu setiap tahunnya dunia penelitian semakin mengeksplorasi lebih banyak tentang kelimpahan dan potensi persebaran mikroplastik. Pada tahun 2015 Dris, dkk., menjadi peneliti pertama terkait keberadaan mikroplastik pada daerah perkotaan yang dilakukan di kota Paris, penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui sumber mikroplastik yang ada di daerah perkotaan dengan mengambil sampel air dan debu. Begitu pula perkembangan penelitian mikroplastik di Indonesia dimulai sejak tahun 2015 di Muara Badak Kutai Kartanegara, yang dilakukan oleh Dewi, dkk., berfokus pada persebaran mikroplastik di wilayah pesisir dan laut. Penelitian mikroplastik di Indonesia mendominasi seputar persebaran, baik di perairan, sedimen dan organisme, namun penelitian tentang persebaran mikroplastik di udara hingga saat ini masih relatif sedikit (Alam dan Mulki, 2020).

Mikroplastik di udara pada sektor transportasi biasanya bersumber dari gesekan karet ban kendaraan dengan aspal jalan yang akan menimbulkan debu plastik (Asrin dan Dipareza 2019). Berdasarkan penelitian sebelumnya di jalan raya

yang dilakukan oleh Asrin dan Dipareza (2019) mikroplastik yang dominan ditemukan di jalan yaitu berjenis serat hal ini dikarenakan aktivitas lalu lintas yang padat, juga ditemukan jenis lainnya yaitu fragmen dan film. Keberadaan debu plastik yang dibiarkan saja di atmosfer, akan menjadi salah satu penyumbang pencemaran kualitas udara dan dalam konsentrasi tinggi juga dapat menyebabkan gangguan kekebalan, peradangan dan degenerasi saraf (Prata et al., 2020 dalam Sridharan et al., 2021).

Kota Makassar setiap tahunnya mengalami peningkatan pertumbuhan penduduk, hal ini beriringan dengan tingginya jumlah kepemilikan kendaraan pribadi masyarakat. Dilansir dari data Badan Pusat Statistik Kota Makassar jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2021 sebanyak 1.740.793 unit. Peningkatan jumlah kendaraan akan mendorong persebaran mikroplastik di udara Kota Makassar semakin banyak, mikroplastik atau debu plastik merupakan salah satu kandungan dari *Total Suspended Particulate* (TSP) yang konsentrasinya berpengaruh terhadap penurunan kualitas udara. TSP merupakan partikulat di udara berdiameter kurang dari 100 μm seperti debu, asap dan fume, yang dihasilkan oleh kegiatan pembakaran, transportasi, dll (Rochimawati, dkk 2014). Dikutip dari Wardhana (2004) dalam Oktaviani (2018), Partikulat sebagai pencemar udara mempunyai waktu hidup yaitu pada saat partikulat masih melayang-layang sebagai pencemar udara sebelum jatuh ke bumi. Waktu hidup partikulat berkisar sampai beberapa detik hingga beberapa bulan, sedangkan kecepatan pengendapannya tergantung pada karakteristik fisik meliputi ukuran partikulat, masa jenis partikulat serta arah dan kecepatan angin yang bertiup. Menurut Zhou (2010), TSP menjadi komponen penting dalam kualitas udara ambien, jika konsentrasi TSP melebihi standar kualitas akan menyebabkan beragam efek negatif yang serius, baik untuk kesehatan, ekonomi, dan aspek lingkungan.

Menurut Oktaviani (2018) Jumlah jenis kendaraan akan mempengaruhi jumlah TSP yang dihasilkan dan kualitas pencemaran udara pada suatu daerah, karena setiap jenis kendaraan menghasilkan TSP yang beratnya berbeda. Oleh karena itu, kapasitas jalan memiliki peranan penting dalam peningkatan jumlah kendaraan, berdasarkan UU RI No. 38 tahun 2004 Pasal 8 tentang klasifikasi jalan

perkotaan menurut fungsinya dijelaskan tipe jalan terdiri dari: Jalan Arteri, Jalan Kolektor, Jalan Lokal dan Jalan Lingkungan, Adapun penelitian Tugas Akhir ini berfokus pada Jalan Kolektor. Jalan Kolektor yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan mikroplastik dari partikulat debu yang berasal dari aktivitas transportasi di jalan raya. Melihat dari kondisi tersebut maka peneliti mengadakan penelitian sebagai Tugas Akhir dengan judul, “Analisis Mikroplastik di Ruas Jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 Kota Makassar”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan diantaranya sebagai berikut:

- 1) Berapa konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Mikroplastik pada Jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 di Kota Makassar?
- 2) Bagaimana Karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) pada jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 di Kota Makassar?
- 3) Bagaimana hubungan jumlah kendaraan dengan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP), jumlah kendaraan dengan jumlah mikroplastik, dan jumlah konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan jumlah mikroplastik pada jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 di Kota Makassar?

C. Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Menganalisis konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Mikroplastik pada jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 di Kota Makassar.
- 2) Mengidentifikasi karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) pada jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 di Kota Makassar.
- 3) Menganalisis hubungan jumlah kendaraan dengan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP), jumlah kendaraan dengan jumlah mikroplastik, dan jumlah konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan jumlah mikroplastik pada jalan Kolektor Tipe 4/2 dan 6/2 di Kota Makassar.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagi Penulis
Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapat gelar Sarjana Teknik (ST) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- 2) Bagi Universitas
Dapat dijadikan sebagai referensi bagi generasi-generasi selanjutnya yang berada di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, khususnya yang mengambil konsentrasi dibidang Kualitas Udara atau sejenisnya dalam pengerjaan tugas, penelitian lebih lanjut, pembuatan laporan praktikum, atau dalam tahap penyusunan tugas akhir.
- 3) Bagi Masyarakat
Memberikan pengetahuan bagi masyarakat yang tinggal di sekitar jalan raya dengan aktivitas transportasi padat mengenai keberadaan mikroplastik dan dampak yang ditimbulkan.

E. Ruang Lingkup

Agar penelitian ini menjadi terarah dan terkendali, maka perlu dilakukan pembatasan terhadap variabel penelitian sebagai berikut:

- 1) Pengukuran *Total Suspended Particulate* (TSP) yang dianalisis berasal dari kegiatan transportasi pada Jalan Kolektor di Kota Makassar.
- 2) Mengidentifikasi keberadaan mikroplastik udara secara visual menggunakan mikroskop digital.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang masing-masing bab membahas masalah tersendiri. Adapun sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang pendahuluan dan memuat latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah, tujuan penelitian, serta batasan masalah dan manfaat penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan dasar-dasar teori, rumus-rumus dari beberapa sumber bacaan, serta berisi langkah-langkah atau metode yang akan dipakai dalam penelitian ini, berupa ketentuan maupun peraturan yang berlaku untuk menyusun kerangka/konsep yang akan digunakan dalam penelitian. Selain itu, berisi referensi-referensi terkait yang berasal dari jurnal, buku dan artikel ilmiah yang dapat menjadi acuan dalam melaksanakan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang prosedur pengumpulan data dan prosedur analisis data yang berupa jenis penelitian, waktu penelitian, lokasi penelitian, bahan dan alat, populasi dan sampel, variable penelitian, teknik pengumpulan data, pengolahan dan analisis data serta bagan alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil pengukuran dan pengolahan data dan pembahasan mengenai analisis data dari hasil pengukuran yang didapatkan sesuai dengan metode yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan berdasarkan analisis data, hasil dan bukti yang disajikan sebelumnya, kemudian dasar untuk Menyusun suatu saran sebagai suatu usulan yang berhubungan dengan analisis yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, terkait pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Sedangkan menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. KEP – 03/ MENKLH/ II / 1991 yang dimaksud dengan pencemaran udara ialah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Sugiarti (2009) dalam Oktaviani (2018) secara umum penyebab pencemaran udara ada dua macam yaitu sebagai berikut:

1. Faktor internal (secara alamiah) seperti: debu yang beterbangan akibat tiupan angin, abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung, berupa gas-gas vulkanik dan proses pembusukan sampah organik dan lain-lain.
2. Faktor eksternal (karena ulah manusia) seperti: hasil pembakaran bahan bakar fosil, debu/serbuk dari kegiatan industri dan pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 selanjutnya mendefinisikan emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. Menurut Oktaviani (2018) sumber emisi udara digolongkan menjadi:

1. Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor
2. Sumber bergerak spesifik adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kereta api, pesawat, kapal laut dan kendaraan berat lainnya
3. Sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat
4. Sumber tidak bergerak spesifik adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat yang berasal dari kebakaran hutan dan kebakaran sampah

Menurut Mukono (2006) dalam Oktaviani (2018) terdapat dua jenis polutan udara yaitu sebagai berikut:

1. Polutan Primer merupakan polutan yang dihasilkan langsung dari sumber tertentu seperti:
 - a) Senyawa karbon seperti hidrokarbon, hidrokarbon teroksigenasi dan karbon oksida
 - b) Senyawa sulfur seperti sulfur oksida
 - c) Senyawa nitrogen seperti nitrogen oksida dan amoniak
 - d) Senyawa halogen seperti flour, klorin, hidrogenklorida, hidrogen terklorinasi dan bromin
 - e) Partikulat dapat berupa zat padat atau suspense aerosol cair. Bahan partikulat tersebut dapat berasal dari kondensasi, proses disperse maupun erosi oleh bahan tertentu
2. Polutan Sekunder merupakan polutan yang terbentuk dari reaksi dua bahan kimia atau lebih di udara, misalnya reaksi fotokimia. Polutan sekunder memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil. Kecepatan dan arah reaksi dipengaruhi oleh:
 - a) Konsentrasi relatif dari bahan reaktan
 - b) Derajat fotoaktivasi
 - c) Kondisi iklim
 - d) Topografi lokal dan adanya embun

B. Udara Ambien

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Udara Ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Penurunan kualitas udara ambien dapat menyebabkan terjadinya pencemaran udara, aktivitas transportasi dapat menyumbang hingga 85% pencemaran udara wilayah perkotaan dari seluruh pencemaran udara yang terjadi. Emisi yang dikeluarkan kendaraan bermotor menghasilkan berbagai polutan seperti Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Oksida Nitrogen (NO_x), Oksida Sulfur (SO_x), partikulat dan Timbal (Pb) (Sengkey, dkk., 2011).

Upaya yang dilakukan oleh Pemerintah Indonesia dalam pengendalian pencemaran udara yaitu dengan menetapkan Baku Mutu Udara Ambien. Penetapan baku mutu udara ambien merupakan batasan terhadap keberadaan zat, energi, dan atau komponen lainnya ke dalam udara, yang apabila melebihi baku mutu tersebut dapat menyebabkan pencemaran udara sehingga berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Berikut baku mutu udara ambien dapat dilihat pada Tabel .1

Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	150 µm/Nm ³ 75 µm/Nm ³ 45 µm/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
2	CO (Karbon Monoksida)	1 jam 24 Jam 1 Tahun	10.000 µm/Nm ³ 4000 µm/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer

Lanjutan Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
3	NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	200 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ 65 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ 50 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$	Saltzman	Spektrofotometer
4	Oksidan Fotokimia (OX) Ozon (O ₃)	1 jam 8 jam 1 tahun	150 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ 100 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ 35 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$	Chemiluminescent	Spektrofotometer
5	HC (Hidrokarbon)	3 jam	160 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$	Flamelonzation	Gas Chromatografi
6	PM 10	24 jam 1 tahun	75 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ 40 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Hi-Vol
7	PM 2,5	24 jam 1 tahun	55 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ 15 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Hi-Vol
8	TSP (Debu)	24 jam	230 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Gravimetric
9	Pb (Timah Hitam)	24 tahun	2 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$	Gravimetric Ekstraktif Pengabuan	AAS

Sumber: Lampiran VII PP RI No. 22 Tahun 2021

C. Pengaruh Unsur Meteorologi Terhadap Pencemaran Udara

Informasi terkait meteorologi merupakan hal penting dalam menentukan langkah-langkah pengendalian pencemaran udara dari berbagai sumber pencemar baik industri maupun sistem transportasi (Istikharotun dkk, 2016), oleh karena itu unsur meteorologi sangat berpengaruh pada proses dispersi polutan dan penyisihan pencemar udara. Dispersi merupakan proses yang terjadi ketika polutan diemisikan ke dalam udara, atmosfer akan berperan dalam perpindahan, difusi, reaksi kimia

dan pengangkutan polutan (Supriyadi, E., 2009). Berikut ini beberapa unsur meteorologi yang mempengaruhi konsentrasi polutan di udara, yaitu:

1. Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah kandungan uap air dalam massa udara pada waktu dan tempat tertentu. Kelembaban udara akan berpengaruh terhadap konsentrasi pencemar di udara ambien, apabila kelembaban udara tinggi dapat menyebabkan dispersi udara menjadi lambat karena banyaknya uap air di udara akan memperlambat aliran udara baik secara horizontal maupun vertikal sehingga konsentrasi polutan menjadi tinggi. Sedangkan, kelembaban udara rendah mengartikan bahwa udara memiliki kandungan uap air yang jumlahnya sedikit. Pada saat itu dispersi udara akan terjadi lebih cepat karena udara dapat bergerak tanpa terhambat oleh uap air sehingga konsentrasi polutan di udara menjadi rendah (Syech dkk, 2012 dalam Riani, 2017).

Pengukuran kelembaban di udara dilakukan dengan pengukuran kelembaban relatif. Kelembaban relatif merupakan perbandingan antara tekanan uap air yang terukur dengan tekanan uap air pada kondisi jenuh dinyatakan dalam persen, diukur menggunakan higrometer atau psikometer. Kelembaban relatif berubah tergantung dari kondisi tempat dan waktu, biasanya kelembaban relatif akan turun menjelang siang hari, kemudian bertambah besar pada sore hari hingga menjelang pagi (Riani, 2017)

2. Suhu Udara

Suhu udara merupakan unsur iklim di atmosfer yang sangat penting karena berubah sesuai tempat dan waktu. Suhu udara akan berfluktuasi dengan nyata setiap periode 24 jam. Fluktuasi suhu akan terganggu apabila turbulensi udara atau pergerakan massa udara menjadi sangat aktif, misalnya pada kondisi kecepatan angin tinggi (Tjasyono, 2004 dalam Riani, 2017)

Suhu dapat menyebabkan polutan dalam atmosfer yang lebih rendah dan tidak menyebar. Peningkatan suhu dapat menjadi katalisator atau membantu mempercepat reaksi kimia perubahan suatu polutan udara. Pada musim kemarau dimana keadaan udara lebih kering dengan suhu cenderung meningkat serta angin yang bertiup lambat dibanding dengan keadaan hujan maka polutan udara pada

keadaan musim kemarau cenderung tinggi karena tidak terjadi pengenceran polutan di udara. Suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat menyebabkan peningkatan kelembaban udara relatif sehingga akan meningkatkan efek korosif bahan pencemar. Sedangkan pada suhu yang meningkat akan meningkatkan pula reaksi suatu bahan kimia. Inversi suhu dapat mengakibatkan polusi yang serius karena inversi dapat menyebabkan polutan terkumpul di dalam atmosfer yang lebih rendah dan tidak menyebar. Selain hal itu suhu udara yang tinggi akan menyebabkan udara makin renggang sehingga konsentrasi pencemar menjadi makin tinggi (Prabowo dkk, 2018)

3. Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah rata-rata laju pergerakan angin yang merupakan gerakan horizontal udara terhadap permukaan bumi suatu waktu yang diperoleh dari hasil pengukuran harian, kecepatan angin dapat diukur dengan suatu alat yang dinamakan anemometer (Neiburger, 1995 dalam Riani, 2017). Kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap konsentrasi polutan. Semakin tinggi kecepatan angin, maka konsentrasi polutan di udara akan semakin kecil karena polutan tersebut terbawa angin menjauhi lokasi pengukuran. Sama halnya dengan keberadaan *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara, apabila kecepatan angin tinggi maka konsentrasi TSP di udara menurun begitupun sebaliknya. Tingginya kecepatan angin, mengakibatkan pencemar di udara akan terdilusi melalui dispersi sehingga peningkatan kecepatan angin juga akan mempercepat terjadinya dispersi dan dilusi pencemar udara sehingga konsentrasi pencemar menjadi rendah (Tasic dkk, 2013 dalam Isirokhatun dkk 2016).

4. Curah Hujan

Air hujan melarutkan asam dan partikel polutan serta gas lainnya yang berada di udara. Terjadinya hujan di atmosfer menyebabkan bahan pencemar yang berada di udara melarut. Adanya pelarutan asam dengan air hujan menyebabkan air hujan akan bersifat lebih asam. Makin tinggi curah hujan semakin besar kemampuannya melarutkan gas dan partikel di udara. Demikian juga semakin tinggi intensitas hujan maka semakin sering terjadi proses pelarutan gas dan partikel di udara. Semakin tinggi curah hujan dan intensitas hujan di daerah industri, dapat melarutkan polutan

di udara sehingga udara menjadi bersih. Dengan demikian gambaran klimatologi tertentu, yang bersifat dan berkarakteristik khusus pada suatu tempat, akan mempengaruhi fluktuasi dan variasi temporal konsentrasi pencemaran udara di suatu tempat tersebut dan pola klimatologi akan sesuai dengan karakteristik dan intensitas emisi pencemaran udara yang berasal dari tempat lainnya. Dengan demikian tinjauan klimatologi pencemaran udara akan berskala temporal dan spasial makro (Prabowo dkk, 2018)

5. Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah intensitas energi yang dipancarkan matahari secara terus menerus dan diterima permukaan bumi. Karena rotasi dan revolusi bumi, maka intensitas radiasi (irradiasi) yang diterima setiap titik di permukaan bumi dapat bervariasi. Rotasi dan revolusi bumi ini menyebabkan perubahan jarak aktual matahari ke bumi dan perubahan sudut zenith matahari ke setiap titik di bumi (Prabowo dkk, 2018)

Radiasi matahari yang sampai di atmosfer maupun yang tiba di permukaan bumi merupakan energi utama dalam siklus cuaca termasuk persebaran polutan di atmosfer. Pengaruh radiasi matahari secara fisik dan dinamik dalam penyebaran polusi udara adalah sebagai sumber energi perpindahan massa udara. Hal ini disebabkan perbedaan pemanasan di permukaan bumi maupun di perairan yang menimbulkan angin dan turbulensi, sehingga mempengaruhi kondisi stabilitas atmosfer dan pencampuran polutan dengan lingkungan sekitar (Safaat, 2021).

D. Total Suspended Particulate (TSP)

Total Suspended Particulate (TSP) mengacu kepada seluruh partikulat yang ada di atmosfer seperti debu. Partikulat merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan partikel yang tersuspensi di udara, dapat berupa padatan maupun cairan, dan merupakan salah satu bentuk polusi yang paling nyata karena tampil dalam bentuk kabut menyelimuti kota atau wilayah (Riani, 2017). Ditambahkan oleh Safaat, dkk (2021) TSP adalah partikulat debu yang berukuran $<100 \mu\text{m}$ yang

dapat masuk ke saluran pernafasan dan mengendap di paru-paru mengakibatkan masalah kesehatan salah satunya peradangan saluran pernafasan.

Menurut Santiasih *et.al* (2012), TSP adalah partikulat kecil di udara seperti debu, *fume*, dan asap dengan diameter kurang dari 100 μm yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi, pembakaran, dan kendaraan. Partikulat ini dapat terdiri atas zat organik dan anorganik. Partikulat organik dapat berupa mikroorganisme seperti virus, spora dan jamur yang melayang di udara. Meningkatnya konsentrasi TSP di udara sekitar disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia seperti pertambangan, transportasi, pembersihan tanah, pembangunan pemukiman, konversi lahan, pembudidayaan lahan, penggundulan hutan, dll (Oktaviani, 2018). Adapun menurut Wardhana (2004), sumber TSP secara alami berasal dari debu tanah kering yang terbawa angin, abu dan bahan-bahan vulkanik yang terlempar ke udara akibat letusan gunung berapi, dan semburan uap air panas di sekitar daerah sumber panas bumi.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, *Total Suspended Particulate* (TSP) dalam jumlah tertentu yang relatif rendah tidak menimbulkan efek negatif, namun jika keberadaannya dalam udara ambien maupun dalam ruang melebihi baku mutu akan menimbulkan efek negatif yang serius, beragam dan merugikan, baik dari aspek kesehatan, ekonomi maupun dari aspek lingkungan. Baku mutu udara ambien untuk parameter TSP disesuaikan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yakni sebesar 230 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ untuk waktu pengukuran 24 jam.

TSP menjadi komponen penting dalam kualitas udara ambien, jika konsentrasi TSP melebihi standar kualitas akan menyebabkan beragam efek negatif yang serius, baik untuk kesehatan, ekonomi, dan aspek lingkungan (Zhou, 2010). Setiap jenis ukuran TSP di udara akan mempengaruhi kesehatan manusia. Partikulat yang berukuran dari 5 mikron akan mengiritasi saluran pernapasan dan merangsang respon imun sehingga memicu timbulnya penyakit pernapasan seperti bronkitis. Pengaruh TSP di lingkungan mampu mengurangi jarak pandang karena, akan mengakibatkan kabut yang menyelimuti suatu wilayah, serta di dalam TSP adanya

berbagai kandungan baik logam, komponen organik dan lainnya dapat berdampak buruk terhadap hewan dan tanaman di lingkungan (Fitria,2009). Adapun menurut Wardhana (2004), TSP memiliki berbagai bentuk diantaranya:

1. Aerosol yaitu partikel yang terhambur dan melayang di udara.
2. Kabut (*fog*) yaitu aerosol yang berupa butiran-butiran air di udara.
3. Asap (*smoke*) yaitu aerosol campuran antara butiran padat dan cairan yang terhambur di udara.
4. Debu (*dust*) yaitu aerosol berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara karena hembusan angin.
5. *Mist* yaitu butiran-butiran zat cair (bukan butiran air) yang terhambur dan melayang di udara.
6. *Fume* yaitu aerosol yang berasal dari kondensasi uap panas khususnya uap logam.
7. *Plume* yaitu asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri atau pabrik.
8. *Haze* yaitu setiap bentuk aerosol yang mengganggu pandangan di udara.
9. *Smog* yaitu bentuk campuran dari asap dan kabut.
10. *Smaze* yaitu campuran antara *smoge* dan *haze*.

Menurut Ruzer dan Hanley (2005) dalam Oktaviani (2018), partikulat berdasarkan ukurannya, dibagi menjadi tiga kelompok yakni:

1. Partikulat *inhalable*, merupakan partikulat debu yang dapat terhirup ke dalam mulut atau hidung serta berbahaya bila terakumulasi dimanapun dalam saluran pernafasan.
2. Partikulat *thoracic*, merupakan partikulat debu yang dapat masuk ke dalam saluran udara di paru-paru.
3. Partikulat *respirable*, adalah partikulat *airborne* yang dapat terhirup dan dapat mencapai daerah *bronchiola* sampai alveoli di dalam sistem pernafasan. Partikulat debu jenis ini berbahaya bila terakumulasi di alveoli yang merupakan daerah pertukaran gas di dalam sistem pernafasan.

Menurut Safaat, dkk (2021) bahwa volume kendaraan setiap lokasi berbeda-beda, dikarenakan fungsi jalan dan aktivitas masyarakat disekitarnya. Emisi yang dihasilkan oleh kendaraan memiliki kontribusi besar baik secara langsung maupun

secara tidak langsung dalam hal konsentrasi partikulat di atmosfer. Kontribusi emisi kendaraan secara langsung mencakup gas buang kendaraan (Mulawa et al., 1997 dalam Oktaviani, 2018), pengikisan pada ban dan trotoar saat pengereman (Rogge et al., 1993 dalam Oktaviani, 2018) dan resuspensi partikulat. Kontribusi emisi kendaraan secara tidak langsung berupa partikulat aerosol sekunder yang berasal dari reaksi kimia emisi gas, serta menurut Handler et al. (2008) dalam Oktaviani (2018) berupa gas reaktif, baik organik maupun anorganik dalam bentuk Particulate Matter (PM) sekunder yang terbentuk melalui perubahan pada atmosfer. Dalam Oktaviani (2018) berikut pada Tabel 2. karakteristik partikulat yang bersumber dari lalu lintas jalan.

Tabel 2. Karakteristik Partikulat yang Bersumber dari Lalu Lintas Jalan

No.	Sumber	Karakteristik produksi partikulat
1.	Pengikisan saat pengereman	(Cu), (Ba), (Zn), (Fe)
2.	Pengikisan mekanik pada ban	(Si), (Ti), (Cr), (Ni), (Cu), (Sb), (Pb), (Zn), (ZnO) ²
3.	Pengikisan mekanik pada trotoar	(Si), (Al), (Ca), (Mg), (Fe) ³

Sumber: Oktaviani 2018

Untuk nilai konsentrasi TSP dapat diketahui dengan menggunakan rumus yang terdapat pada SNI 7119.03:2017 adalah sebagai berikut:

1. Koreksi Laju Alir pada Kondisi Standar (Q_s)

Koreksi laju alir pada kondisi standar perlu dilakukan sebanyak minimal 2 kali tiap pengambilan sampel TSP dilakukan, berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung koreksi laju alir pada kondisi standar:

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

Keterangan:

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

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

T_s = Temperatur standar, yaitu 298 K

To = Temperatur absolut saat pengujian, 273 + T, (K)

Ps = Tekanan barometrik standar, yaitu 101,3 kPa (760 mmHg)

Po = Tekanan barometrik saat pengujian (mmHg)

2. Volume Contoh Uji Udara (V)

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung volume contoh uji udara:

$$V_{std} = \frac{\sum_{s=1}^n(Q_s)}{n} \times t \quad (2)$$

Keterangan:

Qs = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ke-n (m³/menit)

t = Durasi pengambilan contoh uji (menit)

Vstd = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm³)

n = Jumlah pencatatan laju alir

3. Konsentrasi TSP di Udara Ambien

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung konsentrasi TSP pada udara ambien:

$$C = \frac{(W_1 - W_2) \times 10^6}{V_{std}} \quad (3)$$

Keterangan:

C = Konsentrasi Total Suspended Partikulat di udara ambien (µg/Nm³)

W2 = Berat filter setelah pengambilan sampel udara (gram)

W1 = Berat filter sebelum pengambilan sampel udara (gram)

10⁶ = Konversi gram ke µg

Vstd = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm³)

4. Perbandingan Konsentrasi TSP Hasil Pengukuran Terhadap Baku Mutu Udara Ambien

Nilai konsentrasi TSP yang didapatkan dari hasil pengukuran di lapangan, perlu dikonversi terlebih dahulu sebelum dibandingkan dengan baku mutu udara ambien. Konversi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan *Center*. Berikut rumus persamaan Konversi *Center*:

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^p \quad (4)$$

Keterangan:

C1 = Konsentrasi TSP yang setara dengan waktu pengambilan sampel selama 24 jam ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

C2 = Konsentrasi TSP yang setara dengan waktu pengambilan sampel selama t jam ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

t1 = Waktu pengambilan sampel setara dengan 24 jam

t2 = Waktu pengambilan sampel selama t jam

P = Faktor konversi

E. Mikroplastik

1. Pengertian Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel plastik kecil berukuran kurang dari 5 mm. Mikroplastik berada di lingkungan baik udara, tanah, air tawar dan laut. Sejak abad 20 produksi polimer plastik semakin meningkat, ketika dibuang ke lingkungan lambat laun mengalami penurunan akibat abrasi, degradasi dan pemecahan fisik. Lebih baru, industri pun mulai membuat plastik dalam ukuran mikro dan nano yang semakin hari memperburuk lingkungan dikarenakan bahaya potensial. Pada umumnya perubahan ukuran sampah plastik terjadi karena proses degradasi, degradasi dapat mengakibatkan perubahan bentuk, ukuran, maupun warna plastik. Seiring dengan berjalannya waktu partikel makroplastik akan terdegradasi kemudian membentuk retakan, menguning sehingga akan terbagi menjadi partikel mesoplastik dan mikroplastik (Yona, dkk, 2020)

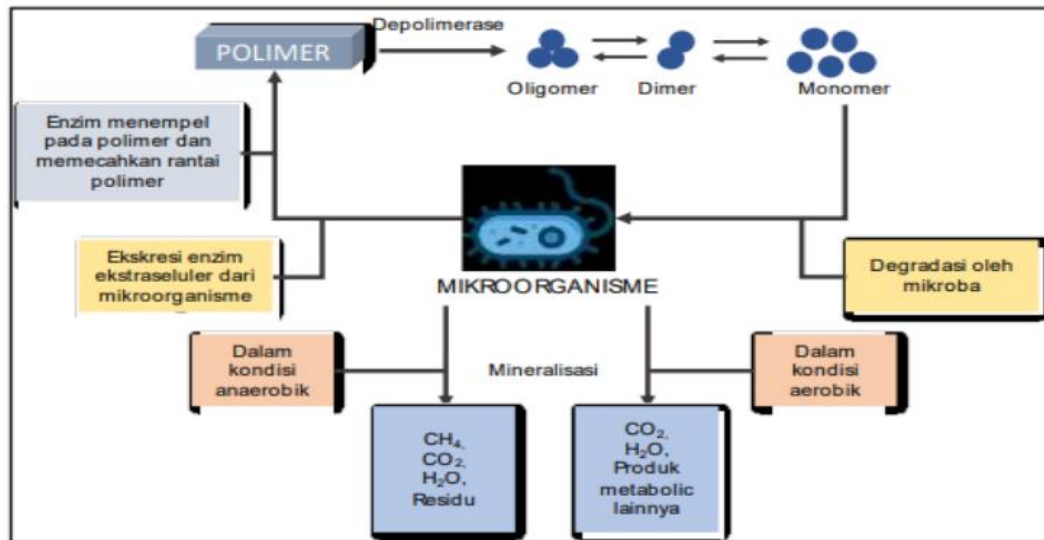
Menurut Cole, *et al*, (2011) dalam Yurtsever, *et al*, (2018) Mikroplastik adalah salah satu mikropolutan utama < 5 mm yang dapat ditemukan di sumber air dan udara dalam jumlah yang masih belum tercakup oleh prosedur pemilahan dan analisis standar. Ditambahkan oleh Azizah, dkk (2020) bahwa mikroplastik merupakan jenis sampah plastik yang berukuran lebih kecil dari 5 mm dan dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder.

2. Sumber Mikroplastik

Sumber mikroplastik terbagi menjadi dua jenis, yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer merupakan plastik yang langsung dilepaskan ke lingkungan dalam bentuk partikel kecil, yang berasal dari produk-produk yang mengandung partikel plastik misalnya gel sabun mandi, juga dapat berasal dari proses degradasi benda plastik besar selama proses pembuatan, penggunaan atau perawatan seperti erosi ban atau degradasi tekstil sintetis saat dicuci. Mikroplastik sekunder berasal dari degradasi barang plastik yang lebih besar menjadi fragmen plastik yang lebih kecil biasanya terdapat di lingkungan sekitar laut hal ini terjadi melalui proses fotodegradasi dan proses pelapukan limbah lainnya seperti kantong plastik yang dibuang atau seperti jaring ikan (Eriksen et al., 2014 dalam Nurhasmi, 2021)

Proses degradasi plastik dapat terjadi oleh radiasi sinar UV yang memicu degradasi oksidatif pada polimer. Selama proses degradasi secara fisik ini berlangsung, mikroplastik akan mengalami perubahan seperti berkurangnya kepekatan warna (discolour), menjadi lebih lunak dan mudah hancur dengan berjalannya waktu. Pengaruh mekanis proses degradasi plastik yaitu angin, gelombang laut, gigitan hewan dan aktivitas manusia yang dapat menghancurkan bentuk plastik ke dalam bentuk fragmen-fragmen (Pitria, 2021).

Mekanisme biodegradasi plastik dimulai dari menempelnya mikroba dengan polimer, lalu terjadi kolonisasi permukaan. Hidrolisis plastik berbasis enzim terjadi pada saat enzim menempel pada substrat polimer diikuti dengan pembelahan hidrolitik. Produk degradasi polimer seperti oligomer, dimer, dan monomer memiliki berat molekul yang jauh lebih rendah dan akhirnya diubah menjadi CO₂ dan H₂O melalui mineralisasi. Dalam kondisi aerobik, oksigen digunakan sebagai akseptor elektron oleh bakteri yang diikuti dengan sintesis senyawa organik yang lebih kecil. Dengan demikian, CO₂ dan air diproduksi sebagai produk akhir. Dalam kondisi anaerobik, polimer dihancurkan dengan tidak adanya oksigen oleh mikroorganisme. Sulfat, nitrat, besi, karbon dioksida, dan mangan digunakan sebagai akseptor elektron oleh bakteri anaerob (Pitria, 2021). Adapun mekanisme biodegradasi mikroplastik pada Gambar 1. sebagai berikut:



Gambar 1. Mekanisme Biodegradasi Mikroplastik

Sumber: Melati dkk. 2021. Degradasi Mikroplastik pada Ekosistem Perairan oleh Bakteri Kultur Campuran *Clostridium sp.* dan *Thiobacillus sp*

Menurut Pitria (2021), Biodegradasi plastik berbahan dasar minyak bumi konvensional dipengaruhi oleh faktor abiotik dan faktor biotik. Faktor abiotik (radiasi UV, suhu, tekanan atmosfer) terjadi dalam waktu lama, dan tidak dapat sepenuhnya terurai. Faktor biotik dipengaruhi oleh mikroorganisme pengurai yang ada di lingkungan yang dapat mempercepat penguraian. Biodegradasi plastik berbahan dasar minyak bumi konvensional dipengaruhi oleh faktor abiotik terjadi dalam waktu lama, dan tidak dapat sepenuhnya terurai dan faktor biotik dipengaruhi oleh mikroorganisme pengurai yang ada di lingkungan yang dapat mempercepat penguraian. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi laju biodegradasi dan plastik terdiri dari 2 faktor yaitu faktor biotik adalah kelembaban, suhu dan pH, sedangkan faktor abiotik yaitu enzim dan hidrofobitas.

3. Jenis Mikroplastik

Mikroplastik terdapat bermacam-macam jenis dan bentuk, bervariasi termasuk dalam hal ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat-sifat lainnya (Browne, 2015 dalam Azizah, dkk., 2020) Proses degradasi plastik disebabkan oleh radiasi sinar UV yang memicu degradasi oksidatif pada polimer. Selama berada tahap degradasi, sampah plastik memiliki ciri - ciri seperti discolour, menjadi lebih lunak dan mudah hancur dengan berjalannya waktu. Pengaruh

mekanis lainnya yaitu angin, gelombang laut, gigitan hewan dan aktivitas manusia yang dapat menghancurkan bentuk plastik ke dalam bentuk fragmen-fragmen (Kershaw, 2015 dalam Azizah, dkk., 2020).

Menurut Kuasa (2018) dalam Rahmadhani (2019), bentuk mikroplastik dapat dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya:

a) Fiber atau filamen

Jenis fiber pada dasarnya berasal dari pemukiman penduduk yang berada di daerah pesisir dengan sebagian besar masyarakat yang bekerja sebagai nelayan. Aktivitas nelayan seperti penangkapan ikan dengan menggunakan berbagai alat tangkap, kebanyakan alat tangkap yang dipergunakan nelayan berasal dari tali (jenis fiber) atau karung plastik yang telah mengalami degradasi. Mikroplastik jenis fiber banyak digunakan dalam pembuatan pakaian, tali temali, berbagai tipe penangkapan seperti pancing dan jaring tangkap. Ditambahkan oleh Fitri (2019) Fiber adalah mikroplastik yang berbentuk serat memanjang.

b) Film

Film merupakan polimer plastik sekunder yang berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan dan memiliki densitas rendah. Film mempunyai densitas lebih rendah dibandingkan tipe mikroplastik lainnya sehingga lebih mudah ditransportasikan hingga pasang tertinggi. Ditambahkan oleh Fitri (2019), Film adalah mikroplastik yang bersifat halus, transparan dan berasal dari pecahan kantong plastik.

c) Fragmen


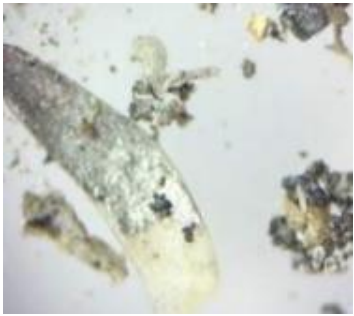
Jenis fragmen pada dasarnya berasal dari buangan limbah atau sampah dari pertokoan dan warung-warung makanan yang ada di lingkungan sekitar. Hal tersebut yaitu antara lain yaitu: kantong-kantong plastik baik kantong plastik yang berukuran besar maupun kecil, bungkus nasi, kemasan-kemasan makanan siap saji dan botol-botol minuman plastik. Sampah plastik tersebut terurai menjadi serpihan-serpihan kecil hingga tipe fragmen. Ditambahkan oleh Fitri (2019), Fragmen adalah mikroplastik yang kaku dan keras berasal dari pecahan plastik yang lebih besar.

d) Granula atau butiran

Jenis granular atau butiran pada umumnya berasal dari pabrik plastik. Tipe mikroplastik tersebut berbentuk butiran-butiran dan berwarna putih maupun kecoklatan, padat (Virsek *et. al.*, 2016 dalam Azizah, dkk., 2020). Granula merupakan partikel kecil yang digunakan untuk bahan produk industri (Kuasa, 2018 dalam Azizah, dkk., 2020).

Menurut Virsek *et al.* (2016) dalam Sigit (2018) Berikut disajikan klasifikasi mikroplastik pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Mikroplastik

Klasifikasi Bentuk	Gambar	Keterangan
Fiber		Jenis mikroplastik yang paling melimpah. Fiber bisa pendek atau panjang, dengan ketebalan dan warna yang berbeda. Menurut Klein, dkk (2019) Fiber pada umumnya berukuran 300-5000 μm atau 0,3-5 mm, 1-1.5 mm (Syafei, dkk 2019), 4.650-4.850 mm (gasperi, dkk 2018)
Film		Muncul dalam bentuk yang tidak teratur, tipis dan fleksibel dan biasanya transparan. Menurut Allen, dkk (2019) Film pada umumnya berukuran 50-200 μm atau 0,05-2 mm

Lanjutan Tabel 3. Klasifikasi Mikroplastik

Klasifikasi Bentuk	Gambar	Keterangan
Fragmen		<p>Berbentuk kaku, warna berbeda, tebal, dengan ujung-ujungnya bengkok tajam dan bentuknya tidak beraturan. Menurut Klien, dkk (2019) Fragmen pada umumnya berukuran 63-300 μm atau 0,063-0,3 mm, 0.005-1 mm (Liao, 2021), 0.172-2.512 mm (Widinarako, dkk 2018)</p>
Granula		<p>Bentuk bulat yang teratur dan biasanya berukuran lebih kecil, sekitar 1 mm. muncul dalam warna alami (putih, krem, coklat)</p>

Sumber: Virsek et al 2016 dalam Sigit 2018

4. Warna Mikroplastik

Menurut Sigit (2018), Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Kupang dan Rote, warna mikroplastik paling sering ditemukan yaitu didominasi oleh warna hitam. Warna hitam dapat mengindikasikan banyaknya kontaminan yang terserap dalam mikroplastik. Mikroplastik berwarna hitam pula memiliki kemampuan menyerap polutan yang tinggi, juga berpengaruh terhadap tekstur dari mikroplastik. Secara umum, warna mikroplastik yang masih pekat berarti mikroplastik tersebut belum mengalami perubahan warna (*discolouring*). Ditambahkan oleh Hiwari et al (2019) dalam Sigit (2018) menjelaskan bahwa mikroplastik berwarna transparan menjadi identifikasi awal dari jenis polimer *polypropylene* (PP). Warna transparan mengindikasikan lamanya mikroplastik tersebut telah mengalami fotodegradasi

oleh sinar UV. Adapun warna yang sering ditemukan pada mikroplastik terdiri dari putih, transparan, kristal, krem, merah, orange, hitam, biru, buram, abu-abu, coklat, hijau, kuning, pink dan pigmentasi.

5. Jenis Polimer Mikroplastik

Banyak jenis plastik yang diproduksi secara global namun hanya didominasi oleh 6 jenis polimer plastic yaitu polistiren, polietilen, polipropilen, polivinil klorida dan polietilen terftalat. Polimer plastic yang digunakan saat ini sangat tahan terhadap degradasi, masuknya material yang persisten dan kompleks beresiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungannya (Bergmann, dkk 2015 dalam Septami 2020).

Adapun jenis-jenis polimer mikroplastik menurut Pitria (2021) dijelaskan pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 4. Jenis-jenis Polimer Mikroplastik

Jenis Polimer	Aplikasi Umum	Berat Jenis
Polipropilen (PP)	Tali, tutup botol, peralatan, pengikat	0,90 – 0,92
Polietilen (PE)	Kantong plastik, wadah penyimpanan	0,91 – 0,95
Styrene-butadiene (SBR)	Ban mobil	0,94
Polivinil kholirid (PVC)	Selaput, pipa, container	1,16 - 1,30
Polimid (Nilon)	Jaring ikan, tali	1,13 - 1,15
Poli (etilen terptalat) (PET)	Botol, pengikat, tekstil	1,34 - 1,9
Asetat Selulosa	Asetat Selulosa	1,22 - 1,24
Polistirin (Luas)	Kotak pendingin, pelampung, gelas	1,01 - 1,05

Sumber: Pitria 2021

6. Mikroplastik di Udara

Keberadaan mikroplastik di udara pada sektor lalu lintas jalan raya umumnya bersumber dari keausan ban, hal ini biasanya terjadi pada saat gesekan karet ban dengan aspal jalan ketika pengemudi mengrem kendaraannya. Wang *et al* (2020) dalam Bianco *et al.* (2020) menjelaskan bahwa terdapat empat faktor meteorologi membatasi distribusi mikroplastik di atmosfer seperti kecepatan angin yang diperlukan untuk transportasi mikroplastik, kecepatan angin untuk menahan

mikroplastik di permukaan tanah atau laut, kelembaban dan tekanan udara. Mikroplastik di udara cenderung memiliki kerapatan yang lebih rendah daripada mineral tanah, oleh karena itu partikulat debu mikroplastik tetap berada di udara untuk waktu yang lama dibandingkan dengan agregat debu alami dengan ukuran yang sama (Rochman *et.al* dalam Sridharan 2001). Ditambahkan oleh Liao (2021), Konsentrasi mikroplastik di udara dipengaruhi oleh variasi aktivitas antropogenik, kepadatan penduduk, tingkat industrialisasi, karakteristik penggunaan/tutupan lahan. Pola iklim dan angin juga diperkirakan mempengaruhi konsentrasi mikroplastik di udara, karena lingkungan berangin kering lebih mudah untuk persebaran partikel di atmosfer.

Menurut Veron (2015) dalam Liao (2021), Dominasi mikroplastik di udara berukuran kecil, menyiratkan bahwa ukuran mikroplastik merupakan faktor yang mengatur mobilisasi/transportasi di udara. Secara umum, semakin kecil partikel maka semakin lama keberadaannya akan tetap tersuspensi di udara, adapun untuk ukuran yang lebih besar cenderung cepat mengendap ke tanah oleh gaya gravitasi. Berdasarkan penelitian terdahulu dilakukan Liao (2021) di kota pesisir Tiongkok Timur, terkait mikroplastik di udara lingkungan dalam dan luar ruangan hasil dominan yang didapatkan yaitu mikroplastik yang berjenis fragmen dengan ukuran (5-100 μ m). Adapun penelitian yang telah dilakukan oleh Safaat, di Kota Makassar pada tahun (2021) terkait keberadaan mikroplastik di udara yang dianalisis dalam sampel TSP diambil di 6 ruas jalan raya, yang paling dominan ditemukan yakni jenis fiber/filamen berukuran (0,0031mm) sebanyak 149 partikel, hal ini dikarenakan lokasi pengambilan sampel merupakan kawasan perkotaan beriringan dengan padatnya aktivitas lalu lintas kendaraan.

Mekanisme pelapukan mikroplastik di udara terbagi dua yaitu mikroplastik berumur dan mikroplastik segar (belum berumur), apabila terpapar oleh sinar ultraviolet dan tekanan udara yang tinggi menyebabkan terbentuknya mikroplastik berumur, mikroplastik ini menimbulkan ancaman yang lebih besar terhadap lingkungan dan kesehatan daripada mikroplastik yang segar atau belum berumur. Mikroplastik yang mengalami penuaan dan adsorpsi jangka panjang yang terdapat di udara, air laut, dan air tawar pada suhu tinggi (75 °C) akan terbentuk ikatan

karbonil yang sangat reaktif akan mengubah tekstur permukaan dan karakteristik mikroplastik tersebut, misalnya mikroplastik yang terpapar udara dapat menyerap tembaga akan bersifat toksisitas membawa risiko kesehatan, hal ini tergantung pada kelimpahan dan berbagai sifat, seperti ukuran, bentuk dan komposisi kimia (Sridharan, 2001).

7. Jalur Paparan Mikroplastik

Menurut Septami (2020), Mikroplastik adalah kontaminan yang tersebar luas. Tubuh manusia merupakan target utama terpapar mikroplastik dapat melalui konsumsi makanan yang mengandung mikroplastik, inhalasi mikroplastik di udara dan melalui kontak dermal partikel-partikel, yang terkandung dalam produk, tekstil atau debu.

a) Ingesti

Jalur menelan dianggap sebagai rute utama paparan manusia terhadap mikroplastik. Partikel dapat mencapai sistem gastrointestinal melalui bahan makanan yang terkontaminasi atau melalui pembersihan mukosiliar setelah inhalasi, mungkin mengarah pada respon inflamasi, peningkatan permeabilitas dan perubahan komposisi mikroba usus dan metabolisme (Browne et al. 2013 dalam Septami 2020)

b) Inhalasi

Mikroplastik dilepaskan ke udara oleh banyak sumber, termasuk tekstil sintetik, abrasi material misalnya ban mobil, cat bangunan dan resuspensi mikroplastik di permukaan. Salah satu penelitian mikroplastik pertama di udara adalah konsentrasi luar ruangan 0,3 - 1,5 partikel m^3 dan konsentrasi dalam ruangan 0,4 - 56,5 partikel m^3 (33% dari polimer), termasuk ukuran yang dapat dihirup (Dris et al. 2017). Penghirupan individu diperkirakan 26 hingga 130 mikroplastik di udara per hari. Kemungkinan di bawah kondisi konsentrasi tinggi atau kerentanan individu tinggi, plastik mikro di udara dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan (Septami, 2020)

Mikroplastik yang terbawa melalui udara di lingkungan sebagian besar berukuran antara 200 dan 600 nm (Dris et al. 2017). Partikel mikroplastik masuk melalui saluran inhalasi menuju paru-paru dan akan diserap oleh alveoli paru-paru.

Mikroplastik baru-baru ini terdeteksi dalam dampak atmosfer di Paris. Karena ukurannya yang kecil, mereka dapat terhirup dan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pernapasan namun tergantung pada kerentanan individu dan sifat partikel (Septami, 2020)

c) Kontak dermal

Kontak kulit dengan mikroplastik dianggap sebagai rute paparan yang kurang signifikan, meskipun telah diperkirakan bahwa plastik nano (<100 nm) dapat melewati penghalang pada lapisan kulit rute ini lebih sering dikaitkan dengan paparan monomer dan aditif plastik, seperti endokrin bisphenol A, dari penggunaan peralatan umum sehari-hari. Meskipun demikian, kemungkinan bahwa plastik nano dapat melewati penghalang kulit dan menyebabkan toksisitas (Septami, 2020)

8. Dampak Paparan Mikroplastik

Menurut Septami (2020), Menghirup serat dan partikel plastik terutama pada pekerja yang terpapar mengakibatkan sesak nafas, infeksi serta penyakit paru interstisial (peradangan, penebalan dan jaringan di sekitar kantong udara serupa balon di paru-paru). Meskipun konsentrasi di lingkungan rendah, individu yang rentan berisiko mengalami kerusakan/gangguan pada jaringan tubuh (Luo, Wang, *et al.* 2019 dalam Septami 2020). Mikroplastik diduga berinteraksi dengan sistem kekebalan tubuh dan berpotensi menyebabkan stres oksidatif dan perubahan pada DNA.

Salah satu jenis polimer mikroplastik polypropilen menunjukkan efek sitotoksitas yang rendah dalam ukuran dan konsentrasi, namun konsentrasi tinggi dan ukuran kecil dari polimer 23 polypropilen dapat merangsang sistem kekebalan tubuh dan meningkatkan potensi hipersensitif melalui peningkatan kadar sitokin dan histamin. Respon seluler mikroplastik polypropilen sekunder sekitar 20µm dan 25–200µm dalam kondisi dan ukuran yang berbeda terhadap sel normal, sel imun, sel darah dan sel imun dengan analisis sitokin (Hwang *et al.* 2019 dalam Septami, 2020).

G. Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Undang-undang RI No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Juga dijelaskan bahwa jalan sebagai sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan dan dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah, membentuk dan memperkuat kesatuan nasional untuk memantapkan pertahanan dan keamanan nasional, serta membentuk struktur ruang dalam rangka mewujudkan sasaran pembangunan nasional. Adapun klasifikasi Jalan berdasarkan Undang-undang RI No. 38 Tahun 2004 sebagai berikut:

1. Klasifikasi jalan sesuai peruntukannya
 - a) Jalan umum dikelompokkan menurut sistem, fungsi, status, dan kelas.
 - b) Jalan khusus bukan diperuntukkan bagi lalu lintas umum dalam rangka distribusi barang dan jasa yang dibutuhkan.
2. Klasifikasi jalan berdasarkan sistem jaringan
 - a) Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.
 - b) Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam Kawasan perkotaan.
3. Klasifikasi jalan umum berdasarkan fungsinya
 - a) Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

- b) Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi
 - c) Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - d) Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.
4. Klasifikasi jalan umum menurut statusnya
- a) Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antaribukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
 - b) Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antaribukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
 - c) Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional maupun jalan provinsi yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang termasuk dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
 - d) Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.
 - e) Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan Kawasan dan/atau antarpemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

H. Volume Lalu Lintas

Penurunan kualitas udara salah satunya disebabkan dari sumber bergerak, yaitu aktivitas transportasi, hal ini tentu berbanding lurus dengan peningkatan volume kendaraan. Volume kendaraan merupakan banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dalam suatu ruang tertentu pada interval waktu tertentu (Hobbs, 1979 dalam Ruktiningsih, 2014) sehingga disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah kendaraan yang melalui suatu titik tertentu dalam suatu ruang tertentu pada suatu interval waktu tertentu berarti semakin besar volume lalu lintas yang terjadi pada titik tersebut (Ruktiningsih, 2014)

Menurut Zulkipli (2015) Secara umum, kendaraan yang beroperasi di jalan raya dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori sebagai berikut:

1. Kendaraan berat atau *Heavy Vehicle* (HV)
Kendaraan berat adalah kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda meliputi bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi.
2. Kendaraan ringan *Light Vehicle* (LV)
Kendaraan ringan adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m. Kendaraan ini meliputi mobil penumpang, microbus, pick up, dan truk.
3. Sepeda motor *Motorcycle* (MC)
Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda, meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3.
4. Kendaraan tak bermotor (UM)
Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh manusia atau hewan, meliputi sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong.

I. High Volume Air Sampler (HVAS)

Salah satu pencemar udara berbahaya yang sering ditemukan adalah TSP atau *Total Suspended Particulate*. Masalah polusi yang disebabkan oleh TSP merupakan masalah yang berbahaya bagi kehidupan manusia baik yang beraktivitas di dalam

maupun di luar ruangan. TSP telah memicu berbagai penyakit seperti infeksi pernafasan dan juga gangguan pada penglihatan (Palureng, 2018)

High Volume Air Sampler (HVAS) adalah alat sampling di udara *indoor* (dalam ruangan) maupun *outdoor* (luar ruangan) untuk mengukur polutan atau partikel lingkungan (Mukaromah, 2021). Berdasarkan SNI 7119-3:2017 HVAS merupakan peralatan yang digunakan untuk mengumpulkan kandungan partikel melalui filtrasi sejumlah besar volume udara di atmosfer dengan memakai pompa vakum kapasitas tinggi, yang dilengkapi dengan filter, alat ukur dan control laju alir. Adapun prinsip HVAS yaitu udara dihisap melalui filter di dalam shelter menggunakan pompa vakum dengan laju alir tinggi sehingga partikel terkumpul di permukaan filter. Jumlah partikel yang terakumulasi dalam filter selama periode waktu tertentu dianalisa secara gravimetri

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan pengukuran konsentrasi mikroplastik yang terkandung di dalam TSP dengan menggunakan alat HVAS, sama halnya dengan penelitian terdahulu oleh Safaat (2021) melakukan identifikasi mikroplastik di udara dari polutan TSP di jalan arteri Kota Makassar.

J. Analisis Regresi

Menurut Retnawati, Heri (2017), Dalam statistik analisis regresi sering digunakan untuk menguji hubungan antara variabel bebas terhadap suatu variabel terikat. Model matematis yang menyatakan hubungan antara kedua variabel tersebut disebut dengan persamaan regresi. Pada persamaan ini, terdapat parameter-parameter yang menjelaskan hubungan kuantitatif antara variabel bebas dan variabel terikat. Selanjutnya, hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat pada regresi dimanfaatkan untuk membuat prediksi pada berbagai permasalahan penelitian yang ada di lapangan.

Secara kuantitatif hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dapat dimodelkan dalam suatu persamaan matematik, sehingga dapat diduga nilai suatu variabel terikat bila diketahui nilai variabel bebasnya. Persamaan matematik yang menggambarkan hubungan antara variabel bebas dan terikat sering disebut

persamaan regresi. Persamaan regresi dapat terdiri dari satu atau lebih variabel bebas dan satu variabel terikat. Persamaan yang terdiri dari satu variabel bebas dan satu variabel terikat disebut persamaan regresi sederhana, sedangkan yang terdiri dari satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas disebut persamaan regresi berganda. Regresi dapat dipisahkan menjadi regresi linear dan regresi non linear. Menurut Retnawati, Heri (2017) adapun yang dimaksud regresi linear sederhana dan regresi linear ganda sebagai berikut:

1. Regresi Linear Sederhana

Regresi linear sederhana adalah persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antara satu variabel bebas (X) dan satu variabel tak bebas (Y), dimana hubungan keduanya dapat digambarkan sebagai suatu garis lurus. Hubungan kedua variabel tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i \dots \dots \dots \quad (5)$$

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas

X = Variabel bebas

β_0 = Intersep/perpotongan dengan sumbu tegak

β_1 = Kemiringan/gradien,

ϵ_i error yang saling bebas dan menyebar normal

2. Regresi Linear Ganda

Regresi linear ganda adalah persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antara lebih dari satu variabel bebas (X) dan satu variabel tak bebas (Y) Hubungan variabel-variabel tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_{p-1} X_{i, p-1} + \epsilon_i \dots \dots \dots \quad (6)$$

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas

X = Variabel bebas

β_0 = Intersep/perpotongan dengan sumbu tegak

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{p-1}$ = parameter model regresi

ϵ_i error yang saling bebas dan menyebar normal.

K. Uji Homogenitas

Menurut Usmadi (2020) Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah beberapa varian populasi adalah sama atau tidak. Uji ini dilakukan sebagai prasyarat dalam analisis independent sample t test dan Anova. Asumsi yang mendasari dalam analisis varian (Anova) adalah bahwa varian dari populasi adalah sama. Uji kesamaan dua varians digunakan untuk menguji apakah sebaran data tersebut homogen atau tidak, yaitu dengan membandingkan kedua variansnya. Jika dua kelompok data atau lebih mempunyai varians yang sama besarnya, maka uji homogenitas tidak perlu dilakukan lagi karena datanya sudah dianggap homogen.

Uji homogenitas dapat dilakukan apabila kelompok data tersebut dalam distribusi normal. Uji homogenitas dilakukan untuk menunjukkan bahwa perbedaan yang terjadi pada uji statistik parametrik (misalnya uji t, Anava, Anacova) benar-benar terjadi akibat adanya perbedaan antar kelompok, bukan sebagai akibat perbedaan dalam kelompok. Uji homogenitas variansi sangat diperlukan sebelum membandingkan dua kelompok atau lebih, agar perbedaan yang ada bukan disebabkan oleh adanya perbedaan data dasar (ketidakhomogenan kelompok yang dibandingkan). Ada beberapa rumus yang bisa digunakan untuk uji homogenitas variansi di antaranya: uji Harley, uji Cohran, Uji Levene, dan uji Bartlett.

L. Uji Normalitas

Dalam Buku Dasar-dasar Statistik Penelitian tahun 2017, dijelaskan bahwa Uji normalitas merupakan suatu prosedur yang digunakan untuk mengetahui apakah data berasal dari populasi yang terdistribusi normal atau berada dalam sebaran normal. Distribusi normal adalah distribusi simetris dengan modus, mean dan median berada dipusat. Distribusi normal diartikan sebagai sebuah distribusi tertentu yang memiliki karakteristik berbentuk seperti lonceng jika dibentuk menjadi sebuah histogram. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh terdistribusi normal atau tidak. Adapaun 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). Hipotesis statistik yang digunakan:

H_0 : sampel berdistribusi normal

H_1 : sampel data berdistribusi tidak normal

Uji normalitas biasanya digunakan untuk mengukur data berskala ordinal, interval, ataupun rasio. Jika analisis menggunakan metode parametrik, maka persyaratan normalitas harus terpenuhi yaitu data berasal dari distribusi yang normal. Jika data tidak berdistribusi normal, atau jumlah sampel sedikit dan jenis data adalah nominal atau ordinal maka metode yang digunakan adalah statistik non parametrik. Ada beberapa alasan berdasarkan Buku Dasar-dasar Statistik Penelitian tahun 2017 yaitu:

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.

M. Uji T-Test

Uji T-test dengan nama lain *Student's t-test* merupakan salah satu alat uji dalam statistik yang dikembangkan oleh William Seely Gosset dan termasuk dalam kelompok analisis statistik inferensial. Uji-t adalah uji statistik yang digunakan untuk menguji kebenaran atau kepalsuan hipotesis nol, juga untuk mengkomparasi

atau membandingkan apakah rata-rata sebuah populasi ataupun 2 populasi, memiliki perbedaan secara signifikan (Mustafidah, dkk 2020).

Dilihat berdasarkan jumlah sampel Uji-t dibagi menjadi dua prosedur, yakni Uji-t satu sampel dan Uji-t dua sampel. Uji-t satu sampel (*one sample t-test*) merupakan prosedur pengujian untuk sampel tunggal dengan mekanisme kerja yaitu rata-rata suatu variabel tunggal dibandingkan dengan suatu nilai konstanta tertentu. Dengan kata lain, Uji-t satu sampel digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata (mean) pada populasi atau penelitian terdahulu dengan rata-rata data pada sampel penelitian. Adapun terdapat dalam Buku Dasar-dasar Statistik Penelitian tahun 2017, Uji-t berpasangan (*paired t-test*) adalah salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas (berpasangan), pada umumnya di setiap kasus yang berpasangan terdapat satu individu (objek penelitian) dikenai 2 buah perlakuan yang berbeda.

Menurut Elvana (2019) Keputusan mengenai Penerimaan atau penolakan uji hipotesis ini dilakukan dengan mempertimbangkan nilai sebagai berikut:

1. Nilai signifikan < 0.05 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara variabel awal dengan variabel akhir. Ini menunjukkan terdapat pengaruh yang bermakna terhadap perbedaan perlakuan yang diberikan pada masing-masing variabel. Dapat diartikan hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima
2. Nilai signifikan > 0.05 menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara variabel awal dengan variabel akhir. Ini menunjukkan tidak terdapat pengaruh yang bermakna terhadap perbedaan perlakuan yang diberikan pada masing-masing variabel. Dapat diartikan hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_1) ditolak.

N. Uji Anova

Anava atau biasa dikenal Anova adalah sinonim dari analisis varians terjemahan dari *analysis of variance*. Anova merupakan bagian dari metoda analisis statistika yang tergolong komparatif lebih dari dua rata-rata (Riduwan, 2008 dalam Setiawan, 2019).

Anova juga merupakan perluasan dari uji -t sehingga penggunaan tidak terbatas pada pengujian perbedaan dua buah rata-rata populasi, namun dapat juga untuk menguji perbedaan tiga buah rata-rata populasi atau lebih sekaligus (Setiawan, 2019). Kaidah keputusan sebagai berikut:

1. Jika probabilitas (*test of homogeneity of variance*) > 0.05 maka H_0 diterima
2. Jika probabilitas (*test of homogeneity of variance*) < 0.05 maka H_a diterima.