

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS MIKROPLASTIK DI RUAS JALAN KOLEKTOR TIPE 2/1  
DAN 2/2 KOTA MAKASSAR**



**FADILLA MEUTIA ANUGERAH**

**D131 18 1511**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS MIKROPLASTIK DI RUAS JALAN KOLEKTOR TIPE 2/1  
DAN 2/2 KOTA MAKASSAR**

*Digunakan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin*



**FADILLA MEUTIA ANUGERAH**

**D131 18 1511**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINDO, 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 2/1 dan 2/2 Kota Makassar

Disusun Oleh :

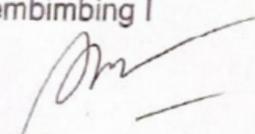
Nama : Fadilla Meutia Anugerah D131181511

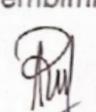
Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 20 September 2022

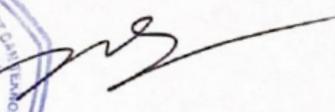
Pembimbing I

Pembimbing II

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

  
Nurul Masyiah Rani, S.T., M.Eng.  
NIP. 199501152021074001

Menyetujui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

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



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : FADILLA MEUTIA ANUGERAH  
NIM : D131 81 511  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

### **“Analisis Mikroplastik Di Ruas Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 Kota Makassar”**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



**Fadilla Meutia Anugerah**  
**D131181511**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Alhamdulillah Rabbil Alamin. Puji syukur senantiasa penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Mikroplastik di Ruas Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 Kota Makassar**”. Shalawat dan salam tidak lupa terucap untuk junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sebaik-baiknya suri tauladan di muka bumi. Sebab melalui baginda Nabi tersampainya ajaran Islam dengan sempurna, sehingga memberikan manusia petunjuk menuju jalan yang benar.

Pencapaian yang telah diraih oleh penulis tentunya tidak lepas dari doa, bantuan, jasa-jasa serta dukungan dari berbagai pihak. Ungkapan terima kasih paling tinggi penulis persembahkan kepada kedua orang tua. Bapak dan Mamaku Tercinta, Bapak Ir. M. Anugerah Ali Anwar, M.Si dan Mama Nita Cahaya Ningsih, S.Sos., M.Si. Yang tidak pernah berhenti memberikan doa, dukungan, motivasi yang tidak pernah berhenti untuk penulis sekaligus memenuhi segala hal yang penulis butuhkan hingga saat ini. Serta merupakan salah satu alasan penulis mampu menempuh pendidikan hingga tingkat perguruan tinggi dan meraih gelar Sarjana Teknik.

Penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, dukungan, motivasi kepada penulis serta telah meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukannya untuk penulis selama melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini. Dan juga selalu

memberikan semangat selama penulis melakukan penelitian dan menyelesaikan tugas akhir. Dosen pembimbing yang juga telah menganggap penulis seperti anak dan adik sendiri, sehinggalah tidak lelah dan selalu sabar menghadapi penulis hingga mampu menyelesaikan tugas akhir.

5. Ibu Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T., yang memberikan arahan dan masukan kepada penulis selama proses penelitian dan penyelesaian tugas akhir.
6. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik atas didikan, bimbingan, arahan serta motivasi kepada penulis yang telah diberikan kepada penulis selama empat tahun.
7. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik atas segala bantuannya selama penulis menempuh kegiatan perkuliahan. Terkhusus kepada staf S1 Teknik Lingkungan yakni Ibu Sumi dan Kak Olan.
8. Nur Khafifah Rusni, rekan penelitian penulis yang telah berjuang bersama penulis mulai dari survey lokasi penelitian, mengangkat alat-alat untuk pengambilan data yang sangat banyak dan berat, mengejar *deadline* revisi bersama, sabar mendengarkan keluh kesah penulis sekaligus tempat bertukar pendapat dengan penulis dan telah memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
9. Hijrah Pratiwi, yang bersamaku sebagai warga Kost Wisma Astika selama 4 tahun terakhir ini. Siap sedia meluangkan waktunya untuk membantu dan menemani penulis, tempat bertukar cerita dan telah sabar mendengar cerita dan keluh kesahnya penulis baik dalam hal penyelesaian tugas akhir maupun lainnya.
10. Keluarga Besar Dato' M. Ilyas Husna D. & Nenek Djulina Djafar yang telah memberikan semangat, dukungan serta doa kepada penulis.
11. Keluarga Besar Kakek Ali Anwar & Nenek Hj. Bungawali Maemunah yang telah memberikan semangat, dukungan serta doa kepada penulis.
12. Teman-teman Departemen Teknik Lingkungag (Enviro'18) yang saling berbagai cerita serta kebersamaannya selama penulis menyelesaikan tugas akhir serta memberi dukungan.
13. Teman-teman Lab Riset Kualitas Udara dan Bising yang memberikan semangat kepada penulis.

14. Teman-teman TRANSISI 2018 untuk kerja sama dan kebersamaannya.
15. Terakhir, penulis ingin berterima kasih kepada diri penulis sendiri yaitu Fadilla Meutia Anugerah karena telah bekerja keras dan bekerja dengan baik dalam menyelesaikan tugas akhir serta mampu melewati berbagai rintangan yang dirinya mengira tidak mampu ia lewati. Terima kasih untuk penulis yang sudah berjuang dan sudah berusaha untuk menyelesaikan tugas akhirnya dengan baik.
16. Dan pihak-pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga Allah SWT membalaskan kebaikan dan keberkahan kepada pihak-pihak yang penulis sebutkan. Penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sebagai insan akademis penulis menerima segala sumbangan pemikiran berupa kritikan maupun saran yang membangun dan konstruktif. Namun besar harapan penulis agar tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca. dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, Agustus 2022

**Fadilla Meutia Anugerah**

## ABSTRAK

FADILLA MEUTIA ANUGERAH. *Analisis Mikroplastik Di Ruas Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 Kota Makassar* (dibimbing oleh Hj. Sumarni Hamid Aly dan Nurul Masyiah Rani Harusi).

Mikroplastik dapat didefinisikan sebagai partikel polimer organik sintesis dengan ukuran (atau, lebih khususnya, dimensi terbesar)  $<5 \mu\text{m}$ . Keberadaan mikroplastik telah ditemukan pada berbagai elemen di kehidupan, seperti tubuh makhluk hidup, sedimen, perairan serta udara. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik mikroplastik udara yang terdapat dalam Polutan *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan lokasi pengambilan sampel di 6 (enam) ruas Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 Kota Makassar, yakni Jalan Ir. Sutami, Jalan Dr. Leimena, Jalan Abdullah Daeng Sirua, Jalan Antang Raya, Jalan Tamangapa Raya dan Jalan Syech Yusuf. Analisis data yang dilakukan dengan menganalisis sampel TSP menggunakan microscope digital tipe Dino Lite AM 211, kemudian menggunakan metode Hot Needle Test untuk memastikan potongan yang dilihat merupakan partikel mikroplastik. Hasil penelitian ditemukan rata-rata jumlah mikroplastik paling banyak di Jalan Ir. Sutami sebanyak 388 partikel dengan konsentrasi TSP, yakni  $266,15 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sedangkan rata-rata mikroplastik paling sedikit ditemukan di Jalan Abdullah Daeng Sirua sebanyak 288 partikel dengan konsentrasi TSP, yakni  $227,64 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Jenis mikroplastik yang paling dominan ditemukan, yakni Fragmen dan Film dan warna yang paling banyak ditemukan, yakni biru dan merah. Kelimpahan mikroplastik dalam TSP yang ditemukan yang tertinggi dan terendah, yakni di Jalan Ir. Sutami sebanyak  $12,96 \text{ partikel}/\text{m}^3$  dan di Jalan Abdullah Daeng Sirua sebanyak  $9,61 \text{ partikel}/\text{m}^3$ . Berdasarkan hasil analisis kecenderungan data, volume kendaraan berpengaruh sebanyak 59 % terhadap konsentrasi TSP, konsentrasi TSP berpengaruh sebanyak 31% terhadap jumlah mikroplastik, dan pengaruh volume kendaraan terhadap jumlah mikroplastik sebanyak 6,5%.

**Kata Kunci:** Mikroplastik, TSP, Jalan Kolektor.

## ABSTRACT

FADILLA MEUTIA ANUGERAH. *Analysis of Microplastics in Collector Roads Types 2/1 and 2/2 Makassar City* (supervised by Hj. Sumarni Hamid Aly and Nurul Masyiah Rani Harusi).

Microplastics can be defined as synthetic organic polymer particles with a size (or, more specifically, the largest dimension)  $< 5 \mu\text{m}$ . The presence of microplastics has been found in various elements in life, such as the bodies of living things, sediments, waters and air. The purpose of this study was to determine the characteristics of air microplastics contained in Total Suspended Particulate Pollutants (TSP) with sampling locations in 6 (six) sections of Jalan Collector Type 2/1 and 2/2 Makassar City, namely Jalan Ir. Sutami, Jalan Dr. Leimena, Abdullah Daeng Sirua Street, Antang Raya Street, Tamangapa Raya Street and Syech Yusuf Street. Data analysis was carried out by analyzing the TSP sample using a Dino Lite AM 211 digital microscope, then using the Hot Needle Test method to ensure that the pieces seen were microplastic particles. The results of the study found that the average number of microplastics was highest on Jalan Ir. Sutami as many as 388 particles with a TSP concentration of  $266.15 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , while the least microplastics were found on Abdullah Daeng Sirua Street as many as 288 particles with a TSP concentration of  $227.64 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . The most dominant types of microplastics were found, namely Fragments and Films, and the most common colors were blue and red. The highest and lowest abundances of microplastics in TSP were found on Jalan Ir. Sutami as much as  $12,96 \text{ particles}/\text{m}^3$  and on Jalan Abdullah Daeng Sirua as much as  $9,61 \text{ particles}/\text{m}^3$ . Based on the results of data trend analysis, vehicle volume has an effect of 59% on the concentration of TSP, TSP concentration has an effect of 31% on the amount of microplastics, and the effect of vehicle volume on the amount of microplastics is 6.5%.

**Keyword:** Microplastic, TSP, Collector Road.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Ruang Lingkup.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II</b> .....	6
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
A. Udara Ambien.....	7
B. Pencemaran Udara .....	9
C. Total Suspended Particulate (TSP) .....	9
D. Mikroplastik.....	13
E. Meteorologi dalam Dispersi Polutan.....	17
F. Klasifikasi dan Geometri Jalan .....	21
G. Volume Lalu Lintas.....	23
H. <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS).....	24
I. Uji Normalitas.....	25
J. Uji T-Test .....	26
K. Analisis Regresi dan Kolerasi.....	26
<b>BAB III</b> .....	<b>30</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>30</b>

A. Rancangan Penelitian .....	30
B. Waktu Penelitian .....	32
C. Lokasi Penelitian .....	32
D. Alat dan Bahan .....	40
E. Metode Pengumpulan Data .....	43
F. Metode Analisa Data <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) .....	46
G. Metode Analisa Data Mikroplastik .....	48
H. Metode Analisa Data Statistik .....	50
<b>BAB IV</b> .....	51
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	51
A. Volume Kendaraan .....	51
B. Data Meteorologi .....	59
C. <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) .....	61
D. Analisis Karakteristik Mikroplastik dalam Polutan TSP .....	68
E. Analisis Hubungan Antara Variabel .....	92
<b>BAB V</b> .....	107
<b>PENUTUP</b> .....	107
A. Kesimpulan .....	107
B. Saran .....	108
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	109
<b>LAMPIRAN</b> .....	116

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien Nasional.....	7
Tabel 2. Komponen Penyusun Partikulat.....	10
Tabel 3. Jenis-Jenis Mikroplastik .....	16
Tabel 4. Tabel Keterangan Nilai SMP.....	24
Tabel 5. Daftar Lebar Jalan Lokasi Penelitian .....	33
Tabel 6. Rekapitulasi Volume Kendaraan Tiap Kendaraan Pada Titik Pengambilan Sampel.....	58
Tabel 7. Data Meteorologi .....	60
Tabel 8. Ukuran Mikroplastik Pada Jalan Ir. Sutami.....	70
Tabel 9. Warna Mikroplastik Pada Jalan Ir. Sutami.....	71
Tabel 10. Ukuran Mikroplastik Pada Jalan Dr. Leimena.....	74
Tabel 11. Warna Mikroplastik Pada Jalan Dr. Leimena.....	74
Tabel 12. Ukuran Mikroplastik Pada Jalan Abdullah Daeng Sirua.....	77
Tabel 13. Warna Mikroplastik Pada Jalan Abdullah Daeng Sirua.....	78
Tabel 14. Ukuran Mikroplastik Pada Jalan Antang Raya.....	81
Tabel 15. Warna Mikroplastik Pada Jalan Antang Raya .....	81
Tabel 16. Ukuran Mikroplastik Pada Jalan Tamangapa Raya .....	84
Tabel 17. Warna Mikroplastik Pada Jalan Tamangapa Raya.....	85
Tabel 18. Ukuran Mikroplastik Pada Jalan Syech Yusuf .....	88
Tabel 19. Warna Mikroplastik Pada Jalan Syech Yusuf.....	88
Tabel 20. Rekapitulasi Karakteristik Mikroplastik dalam Polutan TSP.....	89
Tabel 21. Uji-T Data Konsentrasi TSP Pada Interval Pagi dan Interval Siang.....	93
Tabel 22. Uji-T Data Konsentrasi TSP Pada Interval Pagi dan Interval Sore .....	94
Tabel 23. Uji-T Data Konsentrasi TSP Pada Interval Siang dan Interval Sore ....	94
Tabel 24. Tren Hasil Data Volume Kendaraan dan Konsentrasi TSP.....	96
Tabel 25. Uji-T Data Volume Kendaraan Pada Interval Pagi dan Interval Siang	98
Tabel 26. Uji-T Data Volume Kendaraan Pada Interval Pagi dan Interval Sore ..	98
Tabel 27. Uji-T Data Volume Kendaraan Pada Interval Siang dan Interval Sore	99
Tabel 28. Tren Hasil Data Volume Kendaraan dan Jumlah Mikroplastik.....	100
Tabel 29. Uji-T Data Jumlah Mikroplastik Pada Interval Pagi dan Interval Siang .....	103
Tabel 30. Uji-T Data Jumlah Mikroplastik Pada Interval Pagi dan Interval Sore .....	103

Tabel 31. Uji-T Data Jumlah Mikroplastik Pada Interval Siang dan Interval Sore .....	104
Tabel 32. Tren Hasil Data Konsentrasi TSP dan Jumlah Mikroplastik.....	105

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Bagan Alir Penelitian .....	31
<b>Gambar 2.</b> Peta Lokasi Penelitian Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 .....	34
<b>Gambar 3.</b> Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian 1 Jalan Ir. Sutami .....	34
<b>Gambar 4.</b> Sketsa Lokasi Penempatan Alat Jalan Ir. Sutami .....	35
<b>Gambar 5.</b> Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian 2 Jalan Dr. Leimena .....	35
<b>Gambar 6.</b> Sketsa Lokasi Penempatan Alat Jalan Dr. Leimena .....	36
<b>Gambar 7.</b> Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian 3 Jalan Abdullah Dg. Sirua.....	36
<b>Gambar 8.</b> Sketsa Lokasi Penempatan Alat Jalan Abdullah Dg. Sirua.....	37
<b>Gambar 9.</b> Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian 4 Jalan Antang Raya .....	37
<b>Gambar 10.</b> Sketksa Lokasi Penempatan Alat Jalan Antang Raya.....	38
<b>Gambar 11.</b> Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian 5 Jalan Tamangapa Raya.....	38
<b>Gambar 12.</b> Sketsa Lokasi Penempatan Alat Jalan Tamangapa Raya .....	39
<b>Gambar 13.</b> Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian 6 Jalan Syech Yusuf.....	39
<b>Gambar 14.</b> Sketsa Lokasi Penempatan Alat Jalan Syech Yusuf .....	40
<b>Gambar 15.</b> Alat dan Bahan Pengambilan Data .....	42
<b>Gambar 16.</b> Alat dan Bahan Analisa Data.....	43
<b>Gambar 17.</b> Bagan Alir Metode Pengumpulan Data.....	46
<b>Gambar 18.</b> Bagan Alir Metode Analisa Data TSP .....	47
<b>Gambar 19.</b> Bagan Alir Metode Analisa Data Mikroplastik .....	48
<b>Gambar 20.</b> Bagan Alir Metode Analisa Data Statistik .....	50
<b>Gambar 21.</b> Volume Kendaraan Jalan Ir. Sutami .....	51
<b>Gambar 22.</b> Volume Kendaraan Jalan Dr. Leimena .....	52
<b>Gambar 23.</b> Volume Kendaraan Jalan Abdullah Daeng Sirua .....	54
<b>Gambar 24.</b> Volume Kendaraan Jalan Antang Raya.....	55
<b>Gambar 25.</b> Volume Kendaraan Jalan Tamangapa Raya.....	56
<b>Gambar 26.</b> Volume Kendaraan Jalan Syech Yusuf.....	57
<b>Gambar 27.</b> Konsentrasi TSP Dalam 1 Jam Tiap Periode Jalan Ir. Sutami .....	61
<b>Gambar 28.</b> Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode Jalan Dr. Leimena.....	62
<b>Gambar 29.</b> Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode Jalan Abdullah Dg. Sirua.....	63

<b>Gambar 30.</b> Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode Jalan Antang Raya.....	64
<b>Gambar 31.</b> Konsentrasi TSP 1 Jam Tiap Periode Jalan Tamangapa Raya .....	65
<b>Gambar 32.</b> Konsentrasi TSP Tiap 1 Jam Periode Jalan Syech Yusuf .....	66
<b>Gambar 33.</b> Rekapitulasi Konsentrasi TSP Dari Enam Jalan Lokasi Penelitian	67
<b>Gambar 34.</b> Grafik Konsentrasi Mikroplastik Pada Jalan Ir. Sutami.....	68
<b>Gambar 35.</b> Presentasi Jenis Mikroplastik Pada Jalan Ir. Sutami.....	69
<b>Gambar 36.</b> Contoh Mikroplastik Pada Jalan Ir. Sutami.....	70
<b>Gambar 37.</b> Grafik Konsentrasi Mikroplastik Pada Jalan Dr. Leimena.....	72
<b>Gambar 38.</b> Presentasi Jenis Mikroplastik Pada Jalan Dr. Leimena.....	72
<b>Gambar 39.</b> Contoh Mikroplastik Pada Jalan Dr. Leimena.....	73
<b>Gambar 40.</b> Konsentrasi Mikroplastik Pada Jalan Abdullah Dg. Sirua.....	75
<b>Gambar 41.</b> Presentasi Jenis Mikroplastik Pada Jalan Abdullah Dg. Sirua.....	76
<b>Gambar 42.</b> Contoh Mikroplastik Pada Jalan Abdullah Daeng Sirua.....	77
<b>Gambar 43.</b> Konsentrasi Mikroplastik Pada Jalan Antang Raya .....	79
<b>Gambar 44.</b> Presentasi Jenis Mikroplastik Pada Jalan Antang Raya .....	79
<b>Gambar 45.</b> Contoh Mikroplastik Pada Jalan Antang Raya.....	80
<b>Gambar 46.</b> Konsentrasi Mikroplastik Pada Jalan Tamangapa Raya .....	82
<b>Gambar 47.</b> Presentasi Jenis Mikroplastik Pada Jalan Tamangapa Raya .....	83
<b>Gambar 48.</b> Contoh Mikroplastik Pada Jalan Tamangapa Raya .....	84
<b>Gambar 49.</b> Konsentrasi Mikroplastik Pada Jalan Syech Yusuf .....	86
<b>Gambar 50.</b> Presentasi Jenis Mikroplastik Pada Jalan Syech Yusuf .....	86
<b>Gambar 51.</b> Contoh Mikroplastik Pada Jalan Syech Yusuf .....	87
<b>Gambar 52.</b> Grafik P-Plot Data Volume Kendaraan dan Konsentrasi TSP .....	92
<b>Gambar 53.</b> Tren Data Volume Kendaraan dan Konsentrasi TSP.....	95
<b>Gambar 54.</b> Grafik P-Plot Data Volume Kendaraan dan Jumlah Mikroplastik ..	97
<b>Gambar 55.</b> Tren Data Volume Kendaraan dan Jumlah Mikroplastik.....	100
<b>Gambar 56.</b> Grafik P-Plot Konsentrasi TSP dan Jumlah Mikroplastik.....	102
<b>Gambar 57.</b> Tren Data Konsentrasi TSP dan Jumlah Mikroplastik.....	105

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1 Data Meteorologi.....	116
2. Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	128
3. Lampiran 3 Hasil <i>Hot Needle Test</i> .....	131

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat (UU Nomor 81, 2012). Besarnya sampah yang dihasilkan dalam suatu daerah tertentu sebanding dengan jumlah penduduk, jenis aktivitas, dan tingkat konsumsi penduduk terhadap barang atau material. Semakin besar jumlah penduduk pada suatu kawasan atau tingkat konsumsi terhadap barang maka semakin besar pula volume sampah yang nantinya akan dihasilkan. (Sucipto, 2012). Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia pada tahun 2020, produksi sampah nasional telah mencapai 67,8 juta ton. Diperkirakan bahwa sekitar 185.753 ton sampah setiap harinya dihasilkan oleh 270 penduduk Indonesia, atau dapat dikatakan bahwa setiap penduduk memproduksi sekitar 0,68 kilogram sampah perhari. Hal ini terjadi diakibatkan oleh pengelolaan sampah yang belum maksimal dilakukan sehingga Indonesia berada di peringkat kedua sebagai penghasil sampah plastic ke Laut setelah Tiongkok, yaitu sebesar 187,2 juta ton (Jambeck 2015). Kardono (2007:631) mengatakan bahwa permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia dilihat dari beberapa indikator berikut yaitu tingginya jumlah sampah yang dihasilkan, tingkat pelayanan pengelolaan sampah masih rendah, tempat pembuangan akhir yang terbatas jumlahnya, institusi pengolah sampah dan biaya.

Semakin bertambahnya sampah plastic di Indonesia, tentunya akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menguraikannya, diperlukan waktu hingga ratusan tahun untuk dapat menguraikan beberapa gram sampah plastic (Ezenwanne & Ezeoha 2019). Llimbah plastic yang tidak terkelola ini akan terdegradasi dalam bentuk makroplastik dan mikroplastik di lingkungan. Mikroplastik merupakan bentuk derivat dari sampah plastic yaitu sampah plastic yang berukuran  $< 5 \mu\text{m}$  (Sharma & Chatterjee, 2017). Mikroplastik berasal dari

polutan plastik yang hancur menjadi partikel-partikel kecil dan tersebar di lingkungan sekitar. Penyebaran mikroplastik mudah terjadi dikarenakan ukurannya yang sangat kecil, dapat ditemukan di air, udara, tanah bahkan di tubuh organisme (usus ikan nila, polutan TSP serta sel darah).

Penelitian terkait keberadaan mikroplastik udara pertama kali dilakukan pada daerah perkotaan, Greater Paris. Pada penelitian ini menyelidiki terkait kontaminasi mikroplastik dari kedua kompartemen perkotaan yaitu (air limbah dan total kejatuhan atmosfer) untuk mengetahui sumber dari mikroplastik yang ada di perkotaan (Dris, dkk, 2015). Sedangkan penelitian Mikroplastik di udara yang dilakukan di Indonesia tepatnya di Kota Surabaya.

Pada penelitian sebelumnya (Syafei, 2019) yang dilaksanakan di Kota Surabaya dengan mengambil sampel *Total Suspended Particulate* (TSP), ditemukan mikroplastik di udara yang dihasilkan dari aktivitas transportasi di jalan raya. TSP diemisikan dari berbagai sumber antara lain pembangkit listrik, kegiatan konstruksi, insinerasi dan kendaraan (Saptomo et al., 2014). TSP merupakan indikator pertama yang digunakan untuk mewakili partikulat tersuspensi udara ambien. Mikroplastik yang ditemukan di udara terindikasi disebabkan oleh gesekan antara ban dan jalan raya, keausan, serta cuaca sehingga ban yang berbahan poliester mengakibatkan terbentuknya mikroplastik di udara dalam bentuk serat yang mengandung fragmen polimer plastic. Serat yang terdapat dalam mikroplastik di udara dapat tertelan dan terhirup oleh manusia sehingga berbahaya bagi pejalan kaki dan pengguna jalan (Syafei, 2019). Selain itu, aktivitas lalu lintas dapat menjadi sumber utama dari terbentuknya TSP di udara, khususnya pada daerah perkotaan yang memiliki volume kendaraan yang besar (Esti, 2018).

Dampak TSP yang didalamnya terdapat mikroplastik memberikan dampak terhadap kesehatan yaitu berupa dampak ganda terhadap gangguan saluran pernafasan manusia baik dari dampak jumlah partikulat debu itu sendiri maupun dari mikroplastik. Potensi bahaya mikroplastik lainnya pada kesehatan manusia adalah memicu pertumbuhan tumor, penghambat sistem imun, dan mengganggu sistem reproduksi. Saat ini, keberadaan mikroplastik belum berada di tingkat yang mengancam. Selain itu, pada penelitian (L.C. Jenner, 2022) yang telah dilakukan,

hasil uji dari 13 pasien yang telah menjalani operasi, 11 diantaranya memiliki kandungan mikroplastik dalam paru-paru. Jenis plastic yang paling banyak ditemukan *polypropylene* yang kerap digunakan pada plastic kemasan dan PET yang merupakan bahan baku botol plastic. Hal tersebut dapat berdampak langsung terhadap paru-paru yaitu infeksi paru-paru serta gangguan pernapasan lainnya. Namun, seiring berjalannya waktu jumlahnya akan meningkat dan bahanya akan semakin nyata. (Amanda Dwi, 2021).

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia dengan jumlah penduduk yang tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Makassar pada tahun 2021 mencatat jumlah penduduk sebanyak 1.555.088 jiwa yang akan mempengaruhi jumlah kepemilikan kendaraan pribadi baik sepeda motor maupun mobil di Sulawesi Selatan. Dari 2016-2017 tercatat adanya peningkatan sebesar 5% hingga 6% setiap tahunnya. Menurut Data Samsat Kota Makassar, di tahun 2016 mencapai 1.425.150 unit kendaraan, 2017 mencapai 1.505.835 unit kendaraan dan hingga Oktober 2018 kendaraan telah mencapai 1.563.608 unit. Dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang hingga kepadatan kritis (volume maksimum). (Abdi Nurinda, dkk, 2019).

Peningkatan aktivitas transportasi seiring dengan volume kendaraan dan lalu lintas harian juga dipengaruhi oleh kapasitas dan fungsi jalan. Berdasarkan MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia), jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi. Hal ini menyebabkan jalan kolektor cenderung menghasilkan jumlah partikulat debu (TSP) yang tinggal lebih lama dikarenakan perjalanan jarak sedang dan kecepatan rata-rata sedang sehingga kendaraan cenderung berdekatan dan frekuensi berhenti untuk sementara lebih sering. Sehingga, dapat berdampak terhadap kualitas udara yang dihasilkan. Konsentrasi TSP di jalan raya yang meningkat akan berpengaruh terhadap jumlah mikroplastik udara yang akan dihasilkan, sehingga peningkatan aktivitas transportasi yang diikuti dengan peningkatan konsentrasi TSP akan mempengaruhi jumlah mikroplastik udara di jalan raya.

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 Pada Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 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 2/1 dan 2/2 di Kota Makassar?
- 2) Bagaimana karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) pada Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 di Kota Makassar?
- 3) Bagaimana kecenderungan hubungan jumlah kendaraan dengan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP), jumlah kendaraan dengan jumlah mikroplastik dan konsentrasi TSP dengan jumlah mikroplastik pada Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 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 2/1 dan 2/2 di Kota Makassar
- 2) Mengidentifikasi karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) pada Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 di Kota Makassar.
- 3) Menganalisis kecenderungan hubungan jumlah kendaraan dengan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP), jumlah kendaraan dengan mikroplastik dan konsentrasi TSP dengan jumlah mikroplastik pada Jalan Kolektor Tipe 2/1 dan 2/2 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.

#### **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 secara 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 digunakan dalam penelitian ini, berupa ketentuan maupun peraturan yang berlaku untuk menyusun kerangka/konsep yang akan digunakan dalam penelitian. Selain itu, berisi referensi-referensi yang dapat menjadi acuan dalam melaksanakan penelitian.

## **BAB III METODOLOGI 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, variabel 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 dijelaskan pada bab sebelumnya.

## **BAB V KESIMPULAN**

Bab 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. Udara Ambien

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) No.22 Tahun 2021 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Udara Ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Unsur-unsur berbahaya yang dapat masuk ke dalam atmosfer berupa Karbonmonoksida (CO), Nitrogendioksida (NO<sub>2</sub>), Sulfurdioksida (SO<sub>2</sub>), Hidrokarbon (HC), dan lain-lain.

Menurut Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 8 Tahun 2010 tentang Program Langit Biru tahun 2009 – 2013, Udara Ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup serta unsur lingkungan hidup lainnya. Kegiatan makhluk hidup dapat menyebabkan komposisi alami udara berubah. Jika terjadi perubahan komposisi udara yang melebihi konsentrasi tertentu sehingga udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya, maka udara tersebut dapat dikatakan telah tercemar.

**Tabel 1.** Baku Mutu Udara Ambien Nasional

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1.	SO <sub>2</sub> (Sulfur Dioksida)	1 Jam 24 Jam 1 Tahun	900 µg/Nm <sup>3</sup> 365 µg/Nm <sup>3</sup> 60 µg/Nm <sup>3</sup>	Pararosanilin	Spektrofotometer
2.	CO (Karbon Monoksida)	1 Jam 24 Jam 1 Tahun	30.000 µg/Nm <sup>3</sup> 10.000 µg/Nm <sup>3</sup>	NDIR	NDIR Analyzer
3.	NO <sub>2</sub> (Nitrogen Dioksida)	1 Jam 24 Jam 1 Tahun	400 µg/Nm <sup>3</sup> 150 µg/Nm <sup>3</sup> 100 µg/Nm <sup>3</sup>	Saltzman	Spektrofotometer
4.	O <sub>3</sub> (Oksidan)	1 Jam 1 Tahun	235 µg/Nm <sup>3</sup> 50 µg/Nm <sup>3</sup>	Chemiluminescent	Spektrofotometer

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
5.	HC (Hidro Karbon)	3 Jam	160 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Flame Ionization	Gas Chromatografi
6.	PM <sub>10</sub>	24 Jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Hi-Vol
	PM <sub>2,5</sub>	24 Jam 1 Tahun	65 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Hi-Vol
7.	TSP (Debu)	24 Jam 1 Tahun	230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric	Hi-Vol
8.	Pb (Timah Hitam)	24 Jam 1 Tahun	2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric Ekstraktif Penggabungan	Hi-Vol AAS
9.	<i>Dustfall</i> (Debu Jatuh)	30 Hari	10 ton/km <sup>2</sup> /bulan (permukiman) 10 ton/km <sup>2</sup> /bulan (industri)	Gravimetric	Cannister
10.	Total Fluorides (as F)	24 Jam 90 Hari	3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 0,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Spesific Ion Electrode	Impinger Continuous Analyzer
11.	Fluor Indeks	30 Hari	40 $\mu\text{g}/100\text{ cm}^2$ dari kertas limed filter.	Colorimetric	Limed filter-paper.
12.	Khlorine & Khlorine Dioksida	24 Jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Specifif Ion Electrode	Impinger atau Continuous Analyzer
13.	Sulphat Indeks	30 Hari	1 mg SO <sub>3</sub> /100 cm <sup>3</sup> dari Lead Peroksida.	Colometric.	Lead Peroxide Candie.

(Lanjutan dari Tabel 1)

Sumber: Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999.

Untuk nomor 11 sampai dengan nomor 13 hanya diperuntukkan untuk kawasan Perindustrian Kimia Dasar misalnya Industri Petrokimia dan Industri Pembuatan Asam Sulfat.

## B. Pencemaran Udara

Pencemaran udara yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara dalam jumlah tertentu dalam jangka waktu yang cukup lama, sehingga dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tanaman (BPLH DKI Jakarta, 2013).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Pencemaran Udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Terdapat dua jenis sumber pencemaran udara, yang pertama adalah sumber alamiah (*natural sources*) seperti letusan gunung berapi dan yang kedua berasal dari kegiatan manusia (*anthropogenic sources*) seperti kegiatan industri, konstruksi, aktivitas manusia termasuk aktivitas transportasi.

## C. Total Suspended Particulate (TSP)

*Total Suspended Particulate* (TSP) adalah partikulat udara berukuran kecil seperti debu, asap dengan diameter kurang dari 100  $\mu\text{m}$ . TSP diemisikan dari berbagai sumber antara lain pembangkit listrik, kegiatan konstruksi, insinerasi dan kendaraan (Saptomo et al., 2014). TSP adalah indikator pertama yang digunakan untuk mewakili partikulat tersuspensi udara ambien.

*Total Suspended Particulate* (TSP) merupakan parameter penting yang berkontribusi terhadap kualitas udara yang buruk. Pembentukan TSP dari permukaan tanah ke udara sekitarnya diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terkait dengan kadar air tanah, angin yang bertiup, serta vegetasi yang menutupi permukaan tanah. *Total Suspended Particulate* (TSP) terdiri dari campuran kompleks partikel padat, cair, atau keduanya di udara serta mengandung zat anorganik, organik dan partikel debu. TSP mempunyai diameter kurang dari 100  $\mu\text{m}$  dan ada yang memiliki ukuran hingga sekitar 50  $\mu\text{m}$ . (Murniasih, dkk. 2020). TSP dapat memberikan efek terhadap kesehatan manusia karena dapat menjangkau saluran pernapasan manusia hingga bagian kerongkongan (Alias et al., 2007).

Dalam penelitian Karar et al. (2006) yang dilakukan di perumahan Kota Kolkata, India diperoleh konsentrasi tertinggi terjadi saat hari kerja dengan konsentrasi TSP 580,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan saat akhir pekan memiliki konsentrasi 322,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Adanya perbedaan tersebut diakibatkan dari menurunnya aktivitas transportasi, perkantoraan dan lain-lain saat akhir pekan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, TSP dalam jumlah tertentu yang relatif rendah tidak menimbulkan dampak negatif, tetapi jika keberadaannya dalam udara ambien maupun dalam ruang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan akan menimbulkan dampak negatif. asalah 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. Menurut WHO, seseorang yang terpapar partikulat TSP dapat mengalami infeksi pernapasan akut (ISPA), asma, enfisema, kanker paru-paru, penyakit kardiovaskular, dan penyakit paru obstruktif kronis (Murniasih, dkk. 2020). Selain itu tentunya akan berdampak terhadap kelangsungan aspek lingkungan disekitarnya.

Partikulat dapat berasal dari beberapa sumber, baik sumber tidak bergerak seperti letusan gunung berapi, proses pembakaran, aktivitas industri serta kegiatan konstruksi. Selain itu sumber bergerak dapat berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan mesin diesel (Af'idah,2019). Komponen dan bentuk penyusun partikulat terdiri dari 12 komponen yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Komponen Penyusun Partikulat

No.	Komponen	Bentuk
1.	Karbon	
2.	Besi	$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Fe}_3\text{O}_4$
3.	Magnesium	$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Fe}_3\text{O}_4$
4.	Kalsium	$\text{CaO}$
5.	Alumunium	$\text{Al}_2\text{O}_3$
6.	Sulfur	$\text{SO}_2$
7.	Titanium	$\text{TiO}_2$
8.	Karbonat	$\text{CO}_3^-$
9.	Silikon	$\text{SiO}_2$

No.	Komponen	Bentuk
10.	Fosfor	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
11.	Kalium	K <sub>2</sub> O
12.	Natrium	NA <sub>2</sub> O

(Lanjutan Tabel 2)

Sumber: *Wiraadiputri, 2012.*

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap konsentrasi TSP yaitu volume kendaraan, suhu serta kelembapan udara. Berdasarkan penelitian Maulana (2014) menyatakan bahwa semakin banyak kendaraan yang melintas maka akan semakin besar pula konsentrasi partikulat yang akan dihasilkan oleh kendaraan tersebut. Suhu udara berpengaruh terhadap konsentrasi partikulat, ketika suhu udara meningkat maka konsentrasi partikulat juga akan meningkat. Suhu udara yang tinggi dapat mengakibatkan keadaan lingkungan menjadi panas dan kering sehingga polutan akan mudah terangkat dan melayang di udara (Cahyadi dkk, 2016). Sehingga ketika terjadi suhu udara yang rendah maka konsentrasi partikulat yang dihasilkan pun akan rendah. Selain itu juga terjadi karena faktor kelembaban dimana kelembaban dapat memberikan pengaruh yang berbanding terbalik dengan suhu udara karena apabila suhu meningkat maka kelembaban udara akan berkurang. Hal itu juga berlaku sebaliknya, apabila suhu udara rendah maka kelembaban udara pun akan meningkat. Kondisi udara yang lembab dimana suhu udara turun akan menyebabkan terhalangnya radiasi matahari ke bumi karena terbentuknya awan di atmosfer dan membantu proses pengendapan bahan pencemar, sebab dengan keadaan udara yang lembab maka sejumlah partikel debu akan berikatan dengan air yang ada dalam udara dan membentuk partikel yang berukuran lebih besar sehingga akan lebih mudah untuk mengendap ke permukaan tanah (Wiraadiputri, 2012).

Salah satu faktor lainnya yang mempengaruhi konsentrasi TSP yaitu vegetasi. Peningkatan jumlah vegetasi atau cara penghijauan dengan menanam pohon-pohon merupakan solusi dalam mengatasi masalah pencemaran udara termasuk pencemaran udara yang diakibatkan oleh *Total Suspended Particulate* (TSP). (Anjarwati, dkk 2019). Peningkatan jumlah vegetasi juga berfungsi sebagai penyaring dan penetral bahan-bahan pencemar udara sehingga dapat dijadikan

suatu bioindikator untuk pemantauan kualitas udara, serta sebagai penghasil oksigen (O<sup>2</sup>) yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup. (Anjarwati, dkk. 2019). Tanaman memiliki kemampuan mengurangi polutan partikel debu. Partikel dijerap oleh tanaman terutama pada daun dan permukaan tanaman. Partikel padat yang tersuspensi pada lapisan biosfer bumi akan dapat dibersihkan oleh tajuk pohon melalui proses jerapan. Mekanisme menempelnya partikel pada permukaan daun berasal dari tiga proses yaitu sedimentasi akibat gaya gravitasi, tumbukan akibat turbulensi angin dan pengendapan yang berhubungan dengan hujan (Khair, 2020). Dengan adanya mekanisme tersebut jumlah debu yang melayang-layang di udara akan menurun. (Palureng, 2021).

Untuk perhitungan *Total Suspended Particulate* (TSP) berdasarkan SNI 7119-3-2017 adalah sebagai berikut.

a. Koreksi Laju Alir Pada Kondisi Standar

Berikut rumus perhitungan laju alir pada kondisi standar

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

Keterangan :

Q<sub>s</sub> = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (m<sup>3</sup>/menit)

Q<sub>o</sub> = Laju alir volume uji (m<sup>3</sup>/menit)

T<sub>s</sub> = Temperatur standar, yaitu 298 K.

T<sub>o</sub> = Temperatur absolut saat pengujian, 273 + T (K).

P<sub>s</sub> = Tekanan barometrik standar, yaitu 101,3 kPa (760 mmHg)

P<sub>o</sub> = Tekanan barometrik saat pengujian (mmHg)

b. Volume Contoh Uji Udara

Berikut rumus perhitungan volume contoh uji udara

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

Keterangan :

Q<sub>s</sub> = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ke-n (m<sup>3</sup>/menit)

t = Durasi pengambilan contoh uji (menit)

V<sub>std</sub> = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm<sup>3</sup>)

n = Jumlah pencatatan laju alir

### c. 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 Particulate* di Udara Ambien ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )

$W_2$  = Berat filter setelah pengambilan sampel udara (gram)

$W_1$  = Berat filter sebelum pengambilan sampel udara (gram)

$10^6$  = Konversi gram ke  $\mu\text{g}$

$V_{std}$  = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar ( $\text{Nm}^3$ )

### d. Perbandingan Konsentrasi TSP Hasil Pengukuran Terhadap Baku Mutu Udara Ambien

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

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

Keterangan :

$C_1$  = Konsentrasi TSP yang setara dengan waktu pengambilan sampel selama 24 jam ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )

$C_2$  = Konsentrasi TSP terukur dengan durasi pengambilan sampel selama t jam ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )

$t_1$  = Waktu pengambilan sampel yang setara 24 jam

$t_2$  = Waktu pengambilan sampel selama 4 jam

P = Faktor konversi

## D. Mikroplastik

### 1. Pengertian Mikroplastik

Mikroplastik dapat didefinisikan sebagai partikel polimer organik sintetis dengan ukuran (atau, lebih khususnya, dimensi terbesar)  $<5 \mu\text{m}$ . Mayoritas definisi

tidak menyertakan secara spesifik batas ukuran yang lebih rendah. Mengingat definisi skala nano adalah 1–100 nm, istilah mikroplastik digunakan untuk partikel polimer organik sintetik padat dengan ukuran antara 100 nm dan 5 µm. Mikroplastik diklasifikasikan berdasarkan sumber pencemarnya. Mikroplastik terdiri dari beberapa jenis yaitu fiber, fragment, pellet dan film. Mikroplastik jenis fiber berasal dari limbah bahan yang banyak digunakan dalam pembuatan pakaian, tali temali dan berbagai tipe penangkapan seperti pancingan dan jaringan tangkap. Mikroplastik jenis fragment pada dasarnya berasal dari limbah rumah tangga seperti: kantong plastic, bungkus nasi, kemasan makanan siap saji dan botol-botol plastic. Mikroplastik jenis pellet berasal dari limbah pembuatan bahan baku plastic dari industri, bahan toiletries, sabun dan pembersih muka (Dinda Resmi & Arlini Dyah, 2020). Sedangkan untuk mikroplastik jenis film berasal dari fragmentasi kantong plastic atau plastic kemasan dan memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan mikroplastik lainnya (Hafidh, Dimas, dkk 2018).

Saat ini kelimpahan mikroplastik di atmosfer sangat bervariasi jumlahnya, hal ini dapat ditinjau dari penelitian-penelitian sebelumnya. Kelimpahan mikroplastik di kota-kota Benua Eropa yaitu kota Paris telah ditemukan 118 partikel dan di kota Hamburg sebanyak 275 partikel (Dris, dkk. 2015). Sedangkan di Kota Asaluyeh, Iran ditemukan > 900 partikel (Abbasi, dkk 2019) dan di Kota Dongguan Cina ditemukan 175-313 partikel (Cai, dkk, 2017). Selain variasi jumlah yang berbeda dari tiap negara, mikroplastik juga memiliki bentuk dan warna yang sangat bervariasi.

## 2. Jenis Mikroplastik

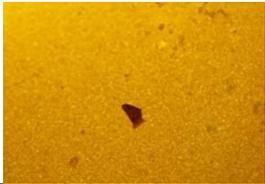
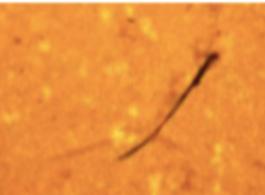
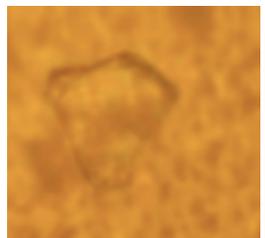
Mikroplastik memiliki beragam jenis dan sangat bervariasi, termasuk dalam hal ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat-sifat lainnya (Browne, 2015). Mikroplastik yang ada biasanya berbentuk fragmen, film, fiber dan pellet.

Sumber mikroplastik dapat ditinjau dari bentuk mikroplastik. Contohnya mikroplastik yang berbentuk serat (Fiber), dominan ditemukan wilayah yang memiliki penduduk yang padat atau pada kawasan produksi pakaian dan karpet. Fiber berasal dari produksi serat sintesis yang terfragmentasi akibat paparan sinar UV yang mengakibatkan serta sintesis menjadi rengang sehingga mudah tersebar

menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Karena mikroplastik mudah tersebar menjadi partikel-partikel kecil, mikroplastik dapat terakumulasi dalam debu dan tanah dengan kepadatan yang rendah sehingga mikroplastik dapat dengan mudah tersuspensi ke atmosfer dan akan terhirup.(Abbasi, dkk, 2019).

Mikroplastik dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan bentuknya. Dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.** Jenis-Jenis Mikroplastik

Klasifikasi Bentuk	Gambar	Istilah Lain yang Digunakan
Fragmen		Partikel tidak beraturan, kristal, bulu, Bubuk, granula, potongan, serpihan.
Serat		Filamen, microfiber, helaian, benang.
Manik-manik (pellet/granula)		Biji, bulatan manik kecil, bulatan mikro.
Film		Lembaran plastik, dapat berwarna putih dan cenderung bercahaya.

Sumber: *Budi & Hantaro 2018.*

Pada tahun 2019 telah dilakukan penelitian mengenai mikroplastik dengan mengambil sampel TSP jalan raya di Kota Surabaya (Syafei, 2019), ditemukan jenis mikroplastik paling banyak, yakni Fiber atau filamen dengan warna yang berbeda-beda. Sumber fiber atau filamen yang ditemukan pada jalan raya diperkirakan berasal dari pakaian yang digunakan oleh pengguna jalan. Serat atau Fiber/Filamen yang ditemukan di Kota Surabaya memiliki ukuran 1000-1500  $\mu\text{m}$  (Syafei, 2019). Penelitian mengenai mikroplastik juga telah dilakukan dengan mengambil sampel TSP di kawasan sarana olahraga Kota Bandung. Pada penelitian tersebut ditemukan dugaan partikel mikroplastik dengan tiga jenis bentuk yaitu

serat, fragmen kristal dan fragmen berwarna dengan ukuran bervariasi antar 80 – 5,000  $\mu\text{m}$  (Sembiring, 2019).

Untuk mengetahui konsentrasi mikroplastik udara dan konsentrasi mikroplastik dalam TSP, perlu diketahui terlebih dahulu volume udara yang diambil dengan rumus sebagai berikut:

- Volume udara tersaring

$$V = \text{Laju Alir} \times \text{Lama pengambilan sampel TSP} \quad (5)$$

Keterangan:

$V$  = volume udara tersaring ( $\text{m}^3$ )

- Konsentrasi Mikroplastik dalam Udara (partikel/ $\text{m}^3$ ) (Masura, et. al. 2015)

$$K_1 = \frac{n}{V} \quad (6)$$

Keterangan:

$K$  = kelimpahan mikroplastik di udara (partikel/ $\text{m}^3$ )

$n$  = jumlah mikroplastik (partikel)

$V$  = volume udara tersaring ( $\text{m}^3$ )

- Konsentrasi Mikroplastik dalam TSP (partikel/ $\mu\text{g}$  TSP)

$$K_2 = \frac{K_1}{C_2} \quad (7)$$

Keterangan:

$K$  = kelimpahan mikroplastik dalam TSP (partikel/ $\mu\text{g}$  TSP)

$K_1$  = kelimpahan mikroplastik di udara (partikel/ $\text{m}^3$ )

$C_2$  = Konsentrasi massa partikel tersuspensi ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )

### **E. Meteorologi dalam Dispersi Polutan**

Proses dispersi polutan di atmosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik meteorologi setempat seperti stabilitas atmosfer, distribusi angin, suhu udara, radiasi surya, dan kelembaban udara serta dipengaruhi oleh gejala cuaca seperti presipitasi, stabilitas atmosfer. Sedangkan bila proses pendispersian polutan tersebut telah mengalami interaksi dengan objek di bumi atau permukaan bumi maka topografi mempunyai peranan yang penting dalam proses pendispersian polutan. Topografi wilayah setempat akan mempengaruhi keadaan kondisi

meteorologi tersebut, yang selanjutnya mempengaruhi pola pendispersian polutan yang terjadi.

Emisi pencemar udara dalam hal ini salah satunya *Total Suspended Particulate* (TSP) akan tersebar sesuai kondisi meteorologi setempat terutama arah angin rata-rata dan fluktuasi kecepatan turbulen, serta stabilitas atmosfer yang sangat dinamis baik temporal maupun spasial pada lokasi setempat. Berikut kondisi meteorologi setempat yang berpengaruh terhadap dispersi polutan.

#### 1. Kecepatan dan Arah Angin

Angin merupakan faktor utama dalam persebaran zat pencemar udara. Angin dapat mengakibatkan suatu zat berpindah dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Kecepatan angin adalah jarak yang ditempuh oleh angin per satuan waktu. Kecepatan angin dinyatakan dalam knot, km/jam dan m/s. Kecepatan angin berpengaruh terhadap konsentrasi gas buang. Semakin besar kecepatan angin pada suatu daerah sumber gas buang maka konsentrasi gas buang pada daerah itu sendiri berkurang. Jika kecepatan angin lebih kecil, maka konsentrasinya akan tetap berada di daerah sumber (Fitri dan Sri, 2015).

Dalam konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSP), kecepatan angin juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat konsentrasi TSP. Semakin besar kecepatan angin pada suatu tempat, maka tingkat konsentrasi TSP akan menurun, hal tersebut karena angin dapat menggerakkan partikulat, sehingga jika kecepatan angin lebih tinggi maka partikulat akan mudah menyebar secara lebih luas. Sedangkan jika kecepatan angin lebih kecil, maka konsentrasi TSP akan menumpuk pada satu sumber dan tempat yang sama sehingga konsentrasi TSP akan meningkat.

#### 2. Radiasi Matahari

Ozon terdapat di dua lapisan terbawah atmosfer, yaitu lapisan stratosfer dan troposfer. Ozon stratosfer (lapisan ozon) berfungsi untuk melindungi bumi dari radiasi UV, sedangkan ozon di troposfer bersifat polutan dan dapat membahayakan kesehatan manusia. Kondisi ini akan menyebabkan tingginya tingkat radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi. Adanya proses fotokimia di atmosfer yang memungkinkan terjadinya pembentukan ozon dengan bantuan radiasi UV

matahari akan membahayakan kehidupan di bumi. (Mairisdawenti, 2014). 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).

### 3. Suhu Udara

Suhu udara merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi stabilitas udara pada proses persebaran zat pencemar. Pada proses persebaran, stabilitas udara akan berpengaruh terhadap tipe atau bentuk polutan ke daerah penerima. Terdapat beberapa kondisi atmosfer dalam kaitannya dengan stabilitas udara, yaitu kondisi tidak stabil terjadi apabila laju penurunan suhu di lingkungan lebih besar dari laju penurunan suhu udara kering, dan kondisi netral terjadi bila laju penurunan suhu lingkungan sama dengan laju penurunan suhu udara kering (Rahmawati, 1999 dalam Puspita, 2011).

Peningkatan suhu dapat menjadi katalisator atau dapat membantu mempercepat reaksi kimia suatu polutan di udara, sehingga mengakibatkan terbentuknya partikel halus secara alami (Afzali, dkk, 2018). Dalam kaitannya dengan persebaran mikroplastik di udara, peningkatan suhu dapat mempercepat proses fragmentasi plastic menjadi partikel kecil. Hal ini sesuai dengan *Valadezgonzalez et al.*, dalam Bagun (2017), yang menyatakan plastik terfragmentasi akibat fotooksidasi oleh cahaya ultraviolet (UV) dan dipercepat oleh suhu tinggi (Fitri, 2019). Suhu yang tinggi juga akan menyebabkan kondisi permukaan tanah menjadi kering, sehingga konsentrasi debu akan lebih tinggi. Selain itu, tingkatan suhu yang tinggi menyebabkan keadaan kelembaban menjadi berkurang. Semakin tinggi suhu udara atau semakin panas kondisi udara dan angin yang berhembus lebih cepat akan menyebabkan penyebaran partikel debu di udara juga semakin tinggi. (Fauziah, dkk., 2017). Sehingga, hal tersebut tentunya akan mempengaruhi persebaran mikroplastik di udara yang berada dalam partikel debu

tersebut. Sedangkan, suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat menyebabkan peningkatan kelembaban udara sehingga akan meningkatkan efek korosif bahan pencemar dan mengakibatkan konsentrasi pencemar di udara semakin rendah. (Safaat, 2021).

#### 4. Kelembaban Udara dan Tekanan Udara

Kelembaban dan tekanan udara sangat berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi TSP yang ada pada lokasi pengambilan sampel. Kelembaban udara ditentukan oleh jumlah uap air yang terkandung di dalam udara. Di dalam atmosfer terdapat H<sub>2</sub>O dalam bentuk uap atau gas, cairan atau air dan salju atau es dalam bentuk padat. (Iramawati, 2017). Kondisi udara yang lembab dapat mengakibatkan pengendapan partikulat, karena udara yang lembab mampu mengikat molekul air dan partikulat di udara, dan membuat ukuran partikulat di udara menjadi lebih besar, sehingga lebih mudah jatuh ke permukaan tanah. (Safaat, 2021). Sedangkan perubahan tekanan udara dapat menyebabkan perubahan kecepatan dan arah angin serta suhu. Tekanan udara yang tinggi dapat mengakibatkan partikulat debu berkumpul lalu bergerak menuju permukaan bumi sehingga konsentrasi partikulat tersebut menjadi tinggi, sebaliknya tekanan udara yang rendah mengakibatkan partikulat debu bergerak secara bebas di udara ambien sehingga konsentrasinya menjadi rendah. Tinggi rendahnya kelembaban udara dapat menentukan besar kecilnya kandungan bahan pencemar (Winardi, 2014).

#### 5. Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer menunjukkan tingkat turbulensi udara di arah vertikal. Atmosfer yang stabil memiliki tingkat turbulensi vertikal yang rendah. Stabilitas atmosfer sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan tingkat radiasi sinar matahari (incoming solar radiation atau insolation), yang umumnya berfluktuasi dan menyebabkan stabilitas atmosfer di suatu wilayah juga berfluktuasi. Kedua faktor itu menimbulkan variasi tekanan udara antara lapisan udara di dekat permukaan tanah dengan lapisan udara yang lebih tinggi. (Irawati, 2017). Sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap persebaran polutan dan tingkat konsentrasi partikulat yang dihasilkan.

## **F. Klasifikasi dan Geometri Jalan**

Jalan memiliki peran yang penting khususnya dalam membantu mobilisasi aktivitas masyarakat. Berdasarkan Undang-Undang No. 22 Tahun 2009, Jalan umum dapat dikelompokkan dalam klasifikasi menurut sistem, fungsi, status dan kelas.

### 1. Berdasarkan Sistem

- 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.
- Sistem jaringan jalan sekunder adalah sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang serta jasa untuk masyarakat dalam kawasan perkotaan.

### 2. Berdasarkan Fungsi

- Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi dalam melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah masuk dibatasi secara berdaya guna.
- Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- Jalan local, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jalan masuk tidak dibatasi.
- Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi untuk melayani angkutan lingkungan dengan ciri melayani angkutan jarak dekat dengan kecepatan rata-rata rendah.

### 3. Berdasarkan Status

- Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota

kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota dan jalan strategis provinsi.

- Jalan kabupaten merupakan jalan local dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan local, antarpusat kegiatan local, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis antar kabupaten.
- Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada di dalam kota.
- Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

#### 4. Berdasarkan Kelas Jalan

- Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih dari 2,5 meter dan panjang tidak melebihi 18 meter serta muatan sumbu yang diizinkan adalah 18 ton.
- Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, local dan lingkungan yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih dari 2,5 meter dan panjang tidak melebihi 12 meter, ukuran paling tinggi 4,2 meter serta muatan sumbu yang diizinkan adalah 8 ton.
- Jalan kelas III yaitu jalan arteri, kolektor, local dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,1 meter, ukuran panjang tidak melebihi 9 meter, ukuran paling tinggi 3,5 meter dan muatan sumbu terberat 8 ton.
- Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 meter, ukuran panjang tidak melebihi 18 meter.

Selain itu, terdapat pula berbagai tipe jalan yang akan menunjukkan kinerja yang berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu, tipe jalan ditunjukkan dengan potongan melintang jalan yang ditunjukkan oleh jumlah lajur dan arah pada setiap segmen jalan. (MKJI, 1997). Tipe jalan untuk jalan perkotaan yang digunakan dalam MKJI 1997 dibagi menjadi 4 sebagai berikut.

1. Jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD)
2. Jalan empat lajur dua arah
  - Tak Terbagi (yaitu tanpa median) (4/2 UD)
  - Terbagi (yaitu dengan median) (4/2 D)
3. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D), dan
4. Jalan satu arah (1-3/1)

### **G. Volume Lalu Lintas**

Peningkatan volume kendaraan dapat menyebabkan kepadatan lalu lintas. Akibatnya, emisi gas buang yang dihasilkan oleh aktivitas lalu lintas akan semakin meningkat pula. Volume lalu lintas pada jalan kolektor menjadi lebih padat karena cenderung jarak tempuhnya dekat dan kecepatannya sedang sehingga pada waktu tertentu, kendaraan cenderung akan berhenti sementara secara bersamaan.

Sebelum menghitung volume lalu lintas, perlu diketahui terlebih dahulu kategori jenis kendaraan. Jenis kendaraan dibagi atas tiga kategori, yaitu *Low Vehicle* (kendaraan ringan), *Motorcycle* (sepeda motor) dan *Heavy Vehicle* (kendaraan berat). Kendaraan-kendaraan yang masuk kedalam jenis kendaraan LV, meliputi kendaraan bermotor roda empat, seperti mobil penumpang, mikrobis, pick up, dan truk kecil. Kendaraan yang termasuk jenis MC, meliputi kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda. Kendaraan yang termasuk jenis HV, meliputi kendaraan bermotor yang memiliki roda lebih dari empat, seperti bus dan truk. Volume lalu lintas akan berubah-ubah setiap waktu dan sangat bervariasi (tahun ke tahun, minggu ke minggu, dan jam ke jam). Satuan volume lalu lintas adalah satuan mobil penumpang (smp/jam) atau passenger car unit (pcu/hour). Untuk mengetahui nilai smp suatu jalan dapat dihitung dengan mengkonversikan volume lalu lintas dengan faktor konversi tiap kategori kendaraan. (Saafat, 2021). Berikut faktor

konversi tiap kendaraan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Tahun 1997 dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.** Tabel Keterangan Nilai SMP

<b>Tipe Jalan</b>	<b>Nilai Satuan Mobil Penumpang (SMP/Jam)</b>
Sepeda Motor (MC)	0,40
Kendaraan Ringan (LV)	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3

*Sumber: MKJI, 1997.*

Yang nantinya hasil faktor satuan mobil penumpang (SMP) ini dimasukkan dalam rumus volume lalu lintas:

$$Q = P \times Q_v \quad (8)$$

Keterangan:

Q = Volume kendaraan bermotor (smp/jam)

P = Faktor satuan mobil penumpang

Q<sub>v</sub> = Volume kendaraan bermotor (kendaraan/jam)

#### **H. High Volume Air Sampler (HVAS)**

Berdasarkan peraturan pemerintah No. 41 Tahun 1999 terdapat beberapa baku mutu udara ambien yang merupakan indikator pencemar udara salah satunya adalah debu atau *Total Suspended Particulate* (TSP). Partikulat adalah material berbentuk padat yang tersuspensi di dalam gas. Untuk mengetahui kadar partikulat yang ada di udara dipergunakan metode Gravimetri dengan menggunakan alat sampling *High Volume Air Sampler* (HVAS). (Lodge Peter, etc, 1988).

High Volume Air Sampler (HVAS) adalah alat pengambil sampel partikulat di udara ambien yang memiliki prinsip kerja dengan sistem vakum dengan menarik udara lingkungan sekitar melalui inlet dengan ukuran-selektif dan melalui filter berukuran 20,3 x 25,4 cm (8" x 10") pada laju alir 1.132 liter/menit (Budiarto, 2018). Partikulat dapat menyebabkan gangguan pada pernapasan (pneumoconiosis), iritasi mata, dan gangguan saluran pernapasan lainnya, bahkan pada ukuran yang paling kecil dapat masuk ke dalam jaringan tubuh yang paling

dalam seperti paru-paru dan jantung, apalagi jika partikulat tersebut mengandung bahan berbahaya sehingga dapat mengakibatkan gangguan kesehatan terutama penyakit jantung dan paru-paru. (Rohmah, dkk, 2018).

Salah satu upaya pengendalian pencemaran udara ambien adalah dengan melakukan pengambilan contoh uji partikulat udara ambien. Ketersediaan data kualitas udara sangat minim. Teknik pengambilan sampel partikulat menurut standar pemerintah dilakukan dengan menggunakan alat High Volume Air Sampler (HVAS) dengan metode analisis gravimetri. HVAS dapat digunakan untuk mengukur kadaTSP, PM<sub>10</sub>, dan PM<sub>2,5</sub> (Rohmah, dkk,2018).

Berdasarkan SNI 19-7119.3.2005, HVAS adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan kandungan partikel melalui filtrasi yang dilengkapi dengan filter dan alat ukur kontrol laju alir. Prinsip kerja alat HVAS yaitu dengan 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. (Qusyaeri, 2021)

## I. Uji Normalitas

Menurut Ghozali (2013), uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam suatu model regresi variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal, atau dengan kata lain Uji Normalitas digunakan untuk menguji apakah distribusi variabel terikat untuk setiap nilai variabel bebas tertentu berdistribusi normal atau tidak. Model regresi yang baik adalah model regresi yang memiliki distribusi data normal atau mendekati normal. Model regresi yang terdistribusi normal dianggap layak dilakukan pengujian secara statistic (Safaat, 2021). Pengujian normalitas yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *Test of Normality Kolmogorov-Smirnov* dalam Program IBM SPSS Statistics 25. Adapun dasar dalam pengambilan keputusan dapat dilakukan berdasarkan probabilitas (*Asymtotic Significance*), yaitu:

- Jika probabilitas > 0,05 maka distribusi data dari model regresi terdistribusi secara normal.

- Jika probabilitas  $< 0,05$  maka distribusi data dari model regresi terdistribusi secara normal.

### **J. Uji T-Test**

Uji-T atau *T-Test* merupakan salah satu metode pengujian dari uji statistic parametrik. Uji statistik t adalah suatu uji yang menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel *independent* secara individual dalam menerangkan variabel *dependent*. Pengujian statistik t atau dilakukan dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 0,05 ( $\alpha=5\%$ ). Menurut Walpole, R.E., R.H. Myers. (1995), penerimaan atau penolakan uji hipotesis ini dilakukan dengan kriteria sebagai berikut :

- Jika nilai signifikan  $> 0,05$ , maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) ditolak. Artinya, secara parsial variabel independent tersebut tidak mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel dependent.
- Jika nilai signifikan  $< 0,05$ , maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan hipotesis alternative ( $H_1$ ) diterima. Hal ini berarti secara parsial variabel independent tersebut mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel dependent.

### **K. Analisis Regresi dan Kolerasi**

Tren data hubungan dari dua variabel dapat diketahui melalui analisa regresi dan korelasi. Korelasi dan regresi keduanya mempunyai hubungan yang sangat erat. Setiap regresi pasti memiliki suatu korelasi, tetapi korelasi belum tentu dapat dilanjutkan dengan regresi. Korelasi yang tidak dilanjutkan dengan regresi, adalah korelasi antara dua variabel yang tidak mempunyai hubungan kasual/sebab akibat, atau hubungan fungsional. Untuk menetapkan kedua variabel mempunyai hubungan kusal atau tidak, maka harus didasarkan pada teori atau konsep-konsep tentang dua variabel tersebut. (Safaat, 2021)

#### **1. Analisis Kolerasi**

Analisis Kolerasi merupakan studi yang membahas tentang derajat (seberapa kuat) hubungan antara dua variabel atau lebih (Marhaendo, 2020). Analisis korelasi parsial digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan anatara

korelasi kedua variabel dimana variabel lainnya yang dianggap berpengaruh dikendalikan atau dibuat tetap (sebagai variabel kontrol). Analisis korelasi ganda digunakan untuk mengetahui besarnya atau kekuatan hubungan antara seluruh variabel bebas (dua atau lebih) terhadap variabel terikat secara bersamaan (Sugiyono, 2014).

## 2. Analisis Regresi

Analisis Regresi merupakan hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel (Sudjana, 2005). Regresi dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu:

### a. Analisis regresi linear sederhana

Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas dengan variabel tunggal (Qusyaeri, 2021). Regresi linear sederhana hanya memiliki satu perubahan regresi linear untuk populasi dengan rumus sebagai berikut:

$$Y = ax + b \quad (9)$$

Keterangan:

Y = subyek pada variabel dependen yang diprediksikan.

x = subyek pada variabel independent yang mempunyai nilai tertentu.

a = parameter *intercept*.

b = parameter koefisien regresi variabel bebas.

### b. Analisis regresi linear berganda

Analisis regresi linear berganda digunakan untuk memprediksi berubahnya nilai variabel tertentu bila variabel lain berubah. Dinyatakan sebagai regresi berganda, karena jumlah variabel bebas (independent) sebagai predicator lebih dari satu (Qusyaeri, 2021). Maka digunakan persamaan regresi linear berganda dengan rumus, sebagai berikut:

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_kx_k \quad (10)$$

Keterangan:

$\hat{y}$  = variabel tidak bebas (dependen)

$a_0, \dots, a_k$  = koefisien regresi

$x_1, \dots, x_k$  = variabel bebas (independent)

Tujuan dilakukannya analisis regresi linier adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan memuat prediksi / perkiraan nilai Y dan nilai X. Bentuk umum persamaan regresi linier berganda yang mencakup dua atau lebih variabel (Qusyaeri, 2021).

c. Regresi non linear

Regresi non linear merupakan suatu metode analisis regresi untuk mendapatkan model non linear yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas (Safaat, 2021). Menurut Nawari (2010), regresi non linier merupakan bentuk hubungan atau fungsi di mana variabel bebas X dan atau variabel terikat Y dapat berfungsi sebagai faktor atau variabel dengan pangkat tertentu. Selain itu, variabel bebas X dan atau variabel terikat Y dapat berfungsi sebagai penyebut (fungsi pecahan), maupun variabel X dan atau variabel terikat Y dapat berfungsi sebagai pangkat fungsi eksponen. Beberapa bentuk model non linear adalah sebagai berikut (Susetyo, 2009):

- *Quadratic*

$$Y = a + bx + cx^2 \quad (11)$$

- *Cubic*

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (12)$$

- *Logarithm*

$$Y = a + b \ln x \quad (13)$$

- *Inverse*

$$Y = a + \frac{b}{x} \quad (14)$$

- *Compound*

$$Y = ab^x \quad (15)$$

- *Power*

$$Y = ax^b \quad (16)$$

- *Sigmoid (S)*

$$Y = e^{a+b/t} \quad (17)$$

- *Growth*

$$Y = e^{a+bx} \quad (18)$$

- Eksponensial

$$Y = a(e^{bx}) \quad (19)$$

Keterangan:

a, b, c, d : koefisien

x : variabel independent

Y : variabel dependent

e : *error term*

In : logaritma alami