TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK UDARA DARI POLUTAN *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP)* JALAN ARTERI *DIVIDED* DI KOTA MAKASSAR

ANDI INDAH FITRIA WAHYUNI SAFAAT

D131 17 1002

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK UDARA DARI POLUTAN *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP)* JALAN ARTERI *DIVIDED* DI KOTA MAKASSAR

Diajukan sebagai Tugas Akhir dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana S1 Teknik Lingkungan pada Program Studi Teknik Lingkungan

ANDI INDAH FITRIA WAHYUNI SAFAAT

D131 17 1002

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

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 Gowa.

Judul : **Identifikasi Mikro Plastik Udara dari Polutan Total Suspended Partikulat (TSP) Jalan Arteri Divided di Kota Makassar**

Disusun Oleh :

Nama : Andi Indah Fitria Wahyuni Safaat D131171002

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 23 Septemeber 2021

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng.
NIK. 199501152021074001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

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

TL – Unhas: 17120/TD.06/2021

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Andi Indah Fitria Wahyuni Safaat, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul, **"Indentifikasi Mikroplastik Udara dari Polutan *Total Suspended Particulate (TSP)* Jalan Arteri *Divided* di 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 terlah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu, semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesaman judul dan atau hasil temuan skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 26 September 2021

Yang membuat pernyataan

Andi Indah Fitria Wahyuni S

D131 17 1002

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF AIR MICROPLLASTIC FROM TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP) POLLUTANT OF DIVIDED ARTERIAL ROADS IN MAKASSAR CITY

By

Andi Indah Fitria Wahyuni Safaat
D131171002

The presence of microplastics in the environment has been found in the bodies of living things, sediments, waters, and air. However, little research has been done on air microplastics. Air microplastics can be transported very far, even to remote areas¸ because of their very small size, which is less than 5 mm. The purpose of this study, namely to determine the characteristics of the microplastic in the air contained in Total Suspended Particulate pollutants with sampling locations in 6 sections of Divided Arterial Road in Makassar City, namely Sultan Alauddin Street, Veteran Utara Street, Veteran Selatan Street, A.P Pettarani Street, and Urip Sumoharjo Street. Perintis Kemerdekaan Street and A. P Pettarani 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 most microplastics were found on Urip Sumoharjo Street as many as 149 particles with a TSP concentration of 588,91 µg/Nm^3, while the least microplastics were found on Sultan Alauddin Street as many as 120 with a TSP concentration of 208,53 µg/Nm^3. The most dominant types of microplastics were found, namely Fiber/Filament and the most common colors were black and brown. The highest and lowest abundances of microplastics in TSP were found on Urip Sumoharjo Street as many as 1,69 particles/m^3 and on Sultan Alauddin Street as many as 1,35 particles/m^3. Based on the results of data trend analysis, vehicle volume has an effect of 70,2% on the concentration of TSP, while only 12% of vehicle volume affects the amount of microplastic in the air.

Keywords: *TSP, Air Microplastic, Arterial Road, Fiber/Filament*

ABSTRAK

IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK UDARA DARI POLUTAN *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP)* JALAN ARTERI *DIVIDED* DI KOTA MAKASSAR

Oleh

Andi Indah Fitria Wahyuni Safaat
D131171002

Keberadaan mikroplastik di lingkungan telah ditemukan pada tubuh makhluk hidup, sedimen, perairan, dan udara. Namun, penelitian mengenai mikroplastik udara masih sedikit dilakukan. Mikroplastik udara dapat bertransportasi sangat jauh, bahkan ke *remote area*¸ karena ukurannya yang sangat kecil yakni kurang dari 5 mm. Adapun tujuan dari penelitian ini, yakni untuk mengetahui karakteristik mikroplasik di udara yang terdapat dalam polutan *Total Suspended Particulate* dengan lokasi pengambilan sampel di 6 ruas Jalan Arteri *Divided* di Kota Makassar, yakni Jalan Sultan Alauddin, Jalan Veteran Utara, Jalan Veteran Selatan, Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Perintis Kemerdekaan dan Jalan A. P Pettarani. 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 adalah partikel mikroplastik. Hasil penelitian ditemukan mikroplastik paling banyak di Jalan Urip Sumoharjo sebanyak 149 partikel dengan konsentrasi TSP, yakni 588,91 µg/Nm^3, sedangkan mikroplastik paling sedikit ditemukan di Jalan Sultan Alauddin sebanyak 120 dengan konsentrasi TSP, yakni 208,53 µg/Nm^3. Jenis mikroplastik yang paling dominan ditemukan, yakni Fiber/Filamen dan warna yang paling banyak ditemukan, yakni hitam dan cokelat. Kelimpahan mikroplastik dalam TSP yang ditemukan yang tertinggi dan terendah, yakni di Jalan Urip Sumoharjo sebanyak 1,69 partikel/m^3 dan di Jalan Sultan Alauddin sebanyak 1,35 partikel/m^3. Berdasarkan hasil analisis kecenderungan data, volume kendaraan berpengaruh sebanyak 70,2 % terhadap konsentrasi TSP, sedangkan hanya 12% pengaruh volume kendaraan terhadap jumlah mikroplastik di udara.

Kata Kunci: *TSP, Mikroplastik Udara, Jalan Arteri, Fiber/Filamen*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmahtullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur senantiasa penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **"Identifikasi Mikroplastik Udara dari Polutan *Total Suspended Particulate (TSP)* Jalan Arteri *Divided* di Kota Makasaar**". Shalawat dan salam tidak lupa diucapkan semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sebaik-baiknya suri teladan di muka bumi.

Pencapaian yang telah diraih oleh penulis tidak terlepas dari bantuan, jasa-jasa, serta dukungan dari banyak pihak. Ungkapan terima kasih paling tinggi, penulis persembanhkan kepada Almarhum Ayah Anshari yang Selalu Dirindukan, Ibunda Tersayang Andi Fatmawati dan Kakak Tercinta Andi Muhammad Wahyu Safaat yang selalu memberikan cinta, dukungan, motivasi, dan seluruh hal yang penulis butuhkan selama ini. Terkhusus Almarhum Ayah penulis yang menjadi salah satu alasan penulis menempuh pendidikan sampai tingkat perguruan tinggi dan meraih gelar Sarjana Teknik. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada sahabat yang telah memberikan bantuan, semangat, dan kesabaran dalam menghadapi penulis selama proses pengerjaan tugas akhir.

Penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A., selaku Rektor Universitas Hasanuddin
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, 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 1 dan Ibu Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan dan masukan, serta meluangkan waktu di tengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini dan juga selalu memberikan semangat selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir. Dosen pembimbing juga

telah menganggap penulis sebagai anak dan adik, sehingga tidak Lelah membimbing penulis dan selalu sabar menghadapi penulis hingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir.

5. Ibu Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T yang selalu memberikan arahan dan masukan, serta semangat kepada penulis selama melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
7. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada staf S1 Teknik Lingkungan Ibu Sumiati dan Kak Olan.
8. Ibu Wihdat Djafar, S.T., M.T dan Bapak Moh. Rizal Firmansyah, S.T., M.T., yang telah mendukung, memberi arahan dan masukan kepada penulis selama penulis menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir.
9. Achdar Qusyaeri rekan penelitian yang telah berjuang mengangkat alat-alat untuk pengambilan data yang sangat berat, mengejar *deadline revisi* bersama, sabar mendengar keluh kesah penulis dan memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir
10. Kanda Nur Iman Mugiharjo, S.T., yang telah memberikan dukungan dan motivasi, serta meluangkan waktunya untuk menemani penulis selama *survey* lokasi penelitian, pengambilan data dan selama penulis berkuliah.
11. Sahabat saya tercinta Apriani Astuti Safaat, Anisah Pratiwi, Aulia Rizqi, Afifah Azzahra Zafany, Ferdy Trisetio dan Juan Eloys Silaban yang selalu menemani penulis dalam suka maupun duka selama perkuliahan dan menjadi pendengar yang baik untuk penulis.
12. Keluarga besar LTB dan Dafujmin, yang selalu menghibur penulis dalam menjalani drama perskripsian dan memberikan semangat serta doa, terkhususnya Fani Fahira yang telah mengajarkan penulis SPSS

13. Nurfadilah Ibrahim dan Indah Sakinah teman kamar selama 6 bulan menjalani kehidupan permagangan di proyek yang penuh dengan lika liku yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis
14. Teman-Teman ENVIRO'17 yang selalu berbagi suka, duka dan kerecehannya selama penulis menjalani perkuliahan
15. Teman-teman Lab Riset Kualitas Udara dan Bising yang selalu memberikan semangat dan doa kepada penulis
16. Teman-teman kepengurusan periode 2019 Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang tidak pernah menolak saat penulis membutuhkan bantuan
17. Teman-Teman PLASTIS 2018 untuk kerja sama, dukungan dan doanya
18. Dan pihak-pihak lainnya yang penulis tidak dapat sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalaskan kebaikan kepada pihak-pihak yang tersebutkan. 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. Semoga tulisan ini dapat menjadi awal dari mimpi dan ikhtiar-ikhtiar baru dimasa yang akan datang. Yakin, Usaha, Sampai. Akhiirul Kalaam, Wa Billahit Taufiq Wal Hidaayah,

Wassalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatu

Gowa, Agustus 2021

Andi Indah Fitria Wahyuni safaat

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 3
C. Tujuan Penelitian 4
D. Manfaat Penelitian 4
E. Ruang Lingkup 5
F. Sistematika Penulisan 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
A. Udara Ambien 7
B. Mikroplastik 8
C. Total Suspended Particulate (TSP) 11
D. Dispersi Polutan 14
E. Klasifikasi Jalan 18
F. Geometrik Jalan 20
G. Volume Lalu Lintas 23
H. High Volume Air Sampler (HVAS) ..... **Error! Bookmark not defined.**
J. Aplikasi Image J ..... **Error! Bookmark not defined.**
K. Uji Hipotesis 24
L. Uji Asumsi Klasik 25
M. Analisis Regresi dan Korelasi 28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **32**
A. Rancangan Penelitian 32
B. Waktu Penelitian 33
C. Lokasi Penelitian 33
D. Alat dan Bahan yang Digunakan 38

E. Metode Pengumpulan Data..... 39
E. Metode Analisa Data 40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 41
A. Volume Kendaraan..... 41
B. Data Meteorologi..... 50
C. Konsentrasi Total Suspended Partikulat (TSP) 51
D. Analisis Karakteristik Mikroplastik dalam Polutan TSP 52
E. Analisis Kecenderungan Data Kosentrasi TSP dan Volume Kendaraan..... 62
F. Analisis Kecenderungan Data Jumlah Mikroplastik dan..... 66
Volume Kendaraan..... 66
BAB V PENUTUP..... 75
A. Kesimpulan..... 75
B. Saran..... 75
DAFTAR PUSTAKA..... 76
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 7
Tabel 2. Klasifikasi Mikroplastik 10
Tabel 3. Kelas Stabilitas Atmosfer 18
Tabel 4. Faktor Konversi Satuan Mobil Penumpang (smp) 23
Tabel 5. Daftar Lebar dan Panjang Jalan Lokasi Penelitian.**Error! Bookmark not defined.**
Tabel 6. Volume Kendaraan dan Nilai smp Tiap Kendaraan Pada Titik Pengambilan Sampel TSP.....41
Tabel 7. Data Meteorologi.....**Error! Bookmark not defined.**
Tabel 8. Kosentrasi TSP Pada Lokasi Penelitian .....**Error! Bookmark not defined.**
Tabel 9. Ukuran Mikroplastik dalam TSP di Jalan Sultan Alauddin 53
Tabel 10. Mikroplastik dalam TSP Berdasarkan Warna di Jalan Sultan Alauddin 54
Tabel 11. Mikroplastik Berdasarkan Jenis di Jalan Sultan Alauddin 55
Tabel 12. Ukuran Mikroplastik dalam TSP di Jalan Sultan Alauddin**Error! Bookmark not defined.**
Tabel 13. Mikroplastik dalam TSP Berdasarkan Warna di Jalan Veteran Selatan ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 14. Mikroplastik Berdasarkan Jenisdi Jalan Veteran Selatan... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 15. Ukuran Mikroplastik dalam TSP di Jalan Veteran Utara.... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 16. Mikroplastik dalam TSP Berdasarkan Warna di Jalan Veteran Utara..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 17. Mikroplastik Berdasarkan Jenis di Jalan Veteran Utara..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 18. Ukuran Mikroplastik Udara di Jalan Perintis Kemerdekaan .... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 19. Mikroplastik dalam TSP Berdasarkan Warna di Jalan Perintis Kemerdekaan .....**Error! Bookmark not defined.**
Tabel 20. Mikroplastik Berdasarkan Jenis di Jalan Perintis Kemerdekaan ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 21. Ukuran Mikroplastik Udara di Jalan A.P Pettarani ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 22. Mikroplastik dalam TSP Berdasarkan Warna di Jalan A.P Pettarani ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 23. Mikroplastik Berdasarkan Jenis di Jalan A.P Pettarani..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 24. Ukuran Mikroplastik Udara di Jalan Urip Sumoharjo ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 25. Mikroplastik dalan TSP Berdasarkan Warna di Jalan Urip Sumoharjo ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 26. Mikroplastik Berdasarkan Jenis di Urip Sumoharjo ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 27. Rekapitulasi Mikroplastik dalam TSP Pada Lokasi Penelitian **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 28. Uji-T Data Kosentrasi TSP Pada Interval Pagi dan Interval Siang 63
Tabel 29. Uji-T Data Kosentrasi TSP Pada Interval Pagi dan Interval Sore 64
Tabel 30. Uji-T Data Kosentrasi TSP Pada Interval Siang dan Interval Sore 64
Tabel 31. Rekapitulasi Hasil Tren Data Jumlah Kendaraan dan Kosentrasi TSP 65
Tabel 32. Uji-T Data Jumlah Mikroplastik Pada Interval Pagi dan Interval Siang 67
Tabel 33. Uji-T Data Jumlah Mikroplastik Pada Interval Pagi dan Interval Sore 68
Tabel 34. Uji-T Data Jumlah Mikroplastik Pada Interval Siang dan Interval Sore 68
Tabel 35. Rekapitulasi Hasil Tren Data Jumlah Kendaraan dan Jumlah Mikroplastik 69
Tabel 36. Uji-T Data Volume Kendaraan Pada Interval Pagi dan Interval Siang 71
Tabel 37. Uji-T Volume Kendaraan Pada Interval Pagi dan Interval Sore 72
Tabel 38. Uji-T Volume Kendaraan Pada Interval Siang dan Interval Sore 73
Tabel 39. Rekapitulasi Hasil Tren Data Jumlah Kendaraan dan Jumlah Mikroplastik 74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Model Transpotasi Mikroplastik Atmosfer di Lingkungan ... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. Microscope Dino-lite Basic.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. Lokasi Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 5. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 1 Jalan Sultan Alauddin.....34
Gambar 6. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 2 Jalan Veteran Selatan.....35
Gambar 7. Kondisis Eksisiting Lokasi Pengukuran 3 Jalan Veteran Utara.....35
Gambar 8. Kondisi Eksisiting Lokasi Pengukuran 4 Jalan Perintis Kemerdekaan.....36
Gambar 9. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 5 Jalan Andi Pangeran Pettarani 36
Gambar 10. Kondisi Eksisting Lokasi Pengukuran 6 Jalan Urip Sumoharjo 37
Gambar 11. Alat dan Bahan Pengambilan Data.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 13. Alat dan Bahan Analisa Data .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 12. Alat dan Bahan Analisa Data .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 14. Flowchart Pengambilan Data .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 15. Flowchart Analisa Data Konsentrasi TSP .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 16. Flowchart Analisa Data Mikroplastik .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 17. Toolbar Aplikasi Image J .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 18. Tampilan menu Analyze .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 19. Tampilan menu Set Scale.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 20. Contoh ukura mikroplastik pada Aplikasi Image J..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 21. Volume Kendaraan Jalan Sultan Alauddin.....42
Gambar 22. Volume Kendaraan Jalan Veteran Selatan 43
Gambar 23. Volume Kendaraan Jalan Veteran Utara 44

Gambar 24. Volume Kendaraan Jalan Perintis Kemerdekaan 45
Gambar 25. Volume Kendaraan Jalan A.P Pettarani 46
Gambar 26. Volume Kendaraan Jalan Perintis Kemerdekaan 47
Gambar 27. Rekapitulasi Volume Kendaraan Seluruh Lokasi Penelitian 48
Gambar 28. Konsentrasi TSP di Jalan Sultan Alauddin.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 29. Konsentrasi TSP di Jalan Veteran Selatan .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 30. Kosentrasi TSP di Jalan Veteran Utara .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 31. Konsentrasi TSP di Jalan Perintis Kemerdekaan..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 32. Konsentrasi TSP di Jalan A.P Pettarani .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 33. Konsentrasi TSP di Jalan Urip Sumoharjo .....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 34. Kosentrasi TSP 24 Jam Pada Setiap Lokasi Penelitian . **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 35. Grafik Jumlah Mikroplastik dalam TSP di Jalan Sultan Alauddin 52
Gambar 36. Contoh Ukuran Mikroplastik pada Jalan Sultan Alauddin 53
Gambar 37. Mikroplastik Berdasarkan Warna pada Jalan Sultan Alauddin.....55
Gambar 38. Jenis Mikroplastik di Jalan Sultan Alauddin 56
Gambar 39. Grafik Jumlah Mikroplastik dalam TSP di Jalan Veteran Selatan..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 40. Contoh Ukuran Mikroplastik pada Jalan Veteran Selatan ... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 41. Mikroplastik Berdasarkan Warna pada Jalan Veteran Selatan ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 42. Jenis Mikroplastik di Jalan Veteran Selatan....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 43. Grafik Jumlah Mikroplastik dalam TSP di Jalan Veteran Utara..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 44. Contoh Ukuran Mikroplastik pada Jalan Veteran Utara **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 45. Mikroplastik Berdasarkan Warna pada Jalan Veteran Utara **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 46. Jenis Mikroplastik di Jalan Veteran Utara.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 47. Grafik Jumlah Mikroplastik Jalan Perintis Kemerdekaan ... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 48. Contoh Ukuran Mikroplastik pada Jalan Perintis Kemerdekaan ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 49. Mikroplastik Berdasarkan Warna di Jalan Perintis Kemerdekaan..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 50. Mikroplastik Berdasarkan Jenis di Jalan Perintis Kemerdekaan ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 51. Grafik Jumlah Mikroplastik Jalan A.P Pettarani ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 52. Contoh Ukuran Mikroplastik pada Jalan A. P Pettarani **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 53. Persebaran Warna Mikroplastik di Jalan A.P Pettarani . **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 54. Mikroplastik Berdasarkan Jenis di Jalan A.P Pettarani . **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 55. Grafik Jumlah Mikroplastik Jalan Urip Sumoharjo..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 56. Contoh Ukuran Mikroplastik pada Jalan A. P Pettarani **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 57. Persebaran Warna Mikroplastik di Jalan Urip Sumoharjo... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 58. Jenis Mikroplastik di Jalan Urip Sumoharjo ...**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 59. Rekapitulasi Jumlah Mikroplastik Pada Lokasi Penelitian.. **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 60. Grafik P-Plot Data Volume Kendaraan dan Kosentrasi TSP.....62
Gambar 61. Hasil Uji Heterokedastisitas Data Volume Kendaraan dan Kosentrasi TSP 63
Gambar 62. Grafik P-Plot Data Jumlah Mikroplastik dan Volume Kendaraan.....66
Gambar 63. Hasil Uji Heteroskedastisitas Data Volume Kendaraan dan Jumlah Mikroplastik.....67
Gambar 64. Grafik P-Plot Data Jumlah Mikroplastik dengan Kosentrasi TSP 70
Gambar 65. Hasil Uji Heteroskedastisitas Data Jumlah Mikroplastik dengan Konsentrasi TSP 71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Meteorologi
Lampiran 2: Hasil *Hot Needle Test*
Lampiran 3: Dokumentasi Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah merupakan permasalahan lingkungan yang sangat serius di Indonesia saat ini. Berdasarkan data Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia tahun 2020, jumlah timbulan sampah di Indonesia mencapai angka 67,8 ton dan hanya 10% sampah yang dapat dikelolah. Pengelolaan sampah yang belum maksimal ini menjadikan Indonesia menduduki peringkat kedua di dunia sebagai penghasil sampah plastik ke Laut setelah Tiongkok, yakni sebesar 187,2 juta (Jambeck, 2015). Hal ini menyebabkan, keberadaan plastik di lingkungan akan terdegradasi dalam bentuk makroplastik hingga mikroplastik. Mikroplastik merupakan plastik yang memiliki ukuran < 5 mm. Mikroplastik terbentuk dari hasil degradasi oleh proses fisik, kimiawi, maupun biologis. Mikroplastik memiliki jenis yang berbeda-beda, yakni serat *(fiber/filamen), fragment, film* dan *pellet.* (Ayuningtyas, 2019).

Adapun 4 jenis mikroplastik yang diklasifikasikan berdasarkan sumber pencemarannya. Mikroplastik jenis *fiber* berasal dari limbah kain sintesis. Sedangkan mikroplastik jenis *fragment* berasal dari limbah rumah tangga, seperti botol-botol, kantong plastik dan pipa paralon atau mikroplastik yang tidak dapat diidentifikasi sebagai *fiber, pellet,* dan *film*. Terdapat juga mikroplastik jenis *film* yang berasal dari limbah kemasan makanan dan mikroplastik jenis *pellet* yang berasal dari limbah bahan baku pembuatan produk plastik (Ayuningtyas, 2019). Ukuran mikroplastik yang sangat kecil mengakibatkan penyebarannya menjadi sangat mudah. Penyebarannya yang mudah mengakibatkan mikroplastik dapat ditemukan pada air, tanah, udara, maupun tubuh organisme. Mikroplastik dapat menyerap polutan yang ada di lingkungan, seperti logam berat dan bahan kimia beracun, sehingga sangat berbahaya apabila dicerna oleh organisme (J. Wang, dkk, 2017).

Penelitian pertama mengenai keberadaan mikroplastik pada daerah perkotaan, dilakukan di Greater, Paris pada tahun 2015. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui sumber mikroplastik yang ada di daerah perkotaan dengan mengambil sampel air dan debu jatuh (Dris, dkk, 2015). Indonesia merupakan salah satu negara yang telah melakukan penelitian mengenai mikroplastik, namun keberadaan mikroplastik di udara masih jarang diteliti. Penelitian mikroplastik pada udara di Indonesia, hanya berjumlah 3 penelitian (Firdha & Mulki, 2020). Adanya mikroplastik di udara terjadi akibat proses degradasi foto-oksidatif lingkungan yang bersama dengan pergeseran angin terhadap partikulat ambien lainnya yang kemudian terfragmentasi menjadi partikel halus (Johny Gasperi, dkk, 2018).

Selain itu, berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan di kota Surabaya (2019), keberadaan mikroplastik di udara juga dapat bersumber dari aktivitas transpotasi di jalan raya. Pada aktivitas transportasi, kendaraan yang melaju di jalan raya menyebabkan ban menjadi aus akibat gesekan, tekanan dan panas. Hal ini yang mengakibatkan terbentuknya mikroplastik di udara dalam bentuk serat yang mengandung fragmen polimer plastik. Mikroplastik sangat berbahaya bagi pejalan kaki dan pengguna jalan (Syafei, 2019)

Mikroplastik yang dihirup, dapat memasuki sistem pernafasan yang akan tersimpan pada saluran nafas bagian atas dan dapat juga tersimpan di paru-paru. Hal ini menyebabkan respon biologis, seperti peradangan dan penyumbatan pada organ pernafasan (Johny Gasperi, dkk, 2018). Dampak mikroplastik di udara sangat berbahaya sehingga dibutuhkan banyak penelitian untuk mengetahui keberadaannya, utamanya pada jalan raya yang menjadi sumber aktivitas transportasi masyarakat di kawasan perkotaan (Syafei,2019).

Kota Makassar merupakan salah satu kota dengan jumlah penduduk yang tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), kota Makassar memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.480.480 Jiwa. Jumlah penduduk yang tinggi mengakibatkan jumlah kendaraan yang digunakan semakin bahnyak. Hal ini berdampak bagi aktivitas transportasi yang semakin padat. Berdasarkan data dari Samsat Kota Makassar, angka kepemilikan kendaraan pada tahun 2016 terdapat

1.425.150 unit, pada tahun 2017 terdapat 1.505.835 unit, dan pada tahun 2018 terdapat 1.563.608 unit. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa setiap tahunnya jumlah angka kepemilikan kendaraan di kota Makassar meningkat 6% setiap tahunnya. Peningkatan tersebut tentu memberikan dampak bagi kualitas udara, seperti peningkatan jumlah partikulat debu (TSP). Peningkatan volume kendaraan dipengaruhi oleh kapasitas dan fungsi jalan. Jalan arteri merupakan jalan yang memiliki fungsi untuk perjalanan jarak jauh dan memiliki lebar jalan lebih dari 8 meter. Hal ini menyebabkan kapasitas jalan pada jalan arteri jauh lebih besar dari jenis jalan lainnya. Kapasitas jalan yang besar menyebabkan volume lalu lintas juga semakin padat (MKJI, 1997).

Salah satu studi penelitian terdahulu di Kota Surabaya (Syafei, 2019), melaporkan terdapat mikroplastik di dalam partikulat debu yang diambil dari jalan raya. Dampak TSP yang didalamnya terdapat mikroplastik memberikan dampak ganda bagi saluran pernafasan manusia baik dari dampak TSP maupun dari mikroplastik. Oleh karena itu, aktivitas lalu lintas menjadi sumber utama terbentuknya TSP di udara, khususnya pada daerah perkotaan yang memiliki volume kendaraan yang besar (Esti, 2018).

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, **"Identifikasi Mikroplastik Udara dari Polutan *Total Suspended Particulate* (TSP) Jalan Arteri *Divided* di Kota Makassar".**

B. Rumusan Masalah

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

1) Berapa konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) pada Jalan Arteri *Divided* di Kota Makassar?

2) Bagaimana karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) pada Jalan Arteri *Divided* di Kota Makassar?
3) Bagaimana kencenderungan hubungan jumlah kendaraan dengan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dan jumlah kendaraan dengan jumlah mikroplastik pada Jalan Arteri *Divided* di Kota Makassar?

C. Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1) Menganalisis konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) pada Jalan Arteri *Divided* di Kota Makassar
2) Mengidentifikasi karakteristik mikroplastik yang terdapat dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) pada Jalan Arteri *Divided* di Kota Makassar
3) Menganalisis kecenderungan hubungan jumlah kendaraan dengan jumlah *Total Suspended Particulate* (TSP) dan jumlah kendaraan dengan mikroplastik pada Jalan Arteri *Divided* 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 kosentrasi dibidang Kualitas Udara atau sejenisnya dalam pengerjaan tugas, penelitian lebih lanjut, pembuatan laporan pratikum, 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 Arteri *Divided* 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 peneltian, 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 dipaparkan pada bab sebelumnya

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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 Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pengertian udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Salah satu bentuk upaya Pengendalian Pencemaran Udara, dikeluarkannya mengenai ukuran batas atau kadar zat yang ada atau seharusnya ada di udara ambien. Batasan tersebut disebut dengan baku mutu udara ambien. Kualitas udara yang melewati nilai baku mutu udara ambien dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia, seperti gangguan pada sistem pernafasan. Selain itu, kualitas udara yang buruk dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan, seperti terjadinya hujan asam, penipisan lapisan ozon dan pemanasan global.

Menurut (Rizki, dkk, 2015), udara ambien memiliki komposisi yakni, gas nitrogen 78%, oksigen 20%, argon 0,93% dan gas karbon dioksida 0,03%. Pada udara ambien terdapat juga gas-gas berbahaya yang berasal dari aktivitas manusia, gas-gas tersebut seperti Karbonmonoksida (CO), Nitrogendioksida (NO_2), Sulfurdioksida (SO_2), Hidrokarbon (HC), dan lain-lain. Kadar gas-gas berbahaya ini memiliki ambang batas yang diatur dalam baku mutu udara ambien. Berikut baku mutu udara ambien dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021

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

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
2	CO (Karbon Monoksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	10.000 µm/Nm^3 4000 µm/Nm^3	NDIR	NDIR Analyzer
3	NO_2 (Nitrogen Dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	200 µm/Nm^3 65 µm/Nm^3 50 µm/Nm^3	Saltzman	Spektrofotometer
4	Oksidan Fotokimia (Ox) O3 (Oksidan)	1 jam 8 jam 1 tahun	150 µm/Nm^3 100 µm/Nm^3 35 µm/Nm^3	Chemiluminescent	Spektrofotometer
5	HC (Hidrokarbon)	3 jam	160 µm/Nm^3	Flamelonzation	Gas Chromatografi
6	PM 10	24 jam 1 tahun	75 µm/Nm^3 40 µm/Nm^3	Gravimetric	Hi-Vol
7	PM 2,5	24 jam 1 tahun	55 µm/Nm^3 15 µm/Nm^3	Gravimetric	Hi-Vol
8	TSP (Debu)	24 jam	230 µm/Nm^3	Gravimetric	Hi-Vol
9	Pb (Timah Hitam)	24 tahun	2 µm/Nm^3	Gravimetric Ekstraktif Pengabuan	AAS

Sumber: Lampiran PP RI No. 22 Tahun 2021

B. Mikroplastik

1. Pengertian Mikroplastik

Mikroplastik merupakan plastik yang memiliki dimensi atau diameter utamanya kurang dari 5 mm, mikroplastik ini dapat berbentuk berupa partikulat primer, seperti *fiber* sintesis yang berasal dari pakaian dan *soft furnishing*, dapat pula berupa *microbeads* yang terdapat dalam kosmetik dan produk perawatan pribadi, dan juga berupa *plastic shot* yang digunakan dalam industri, serta *pellet* yang digunakan dalam industri manufaktur plastik. Selain berbentuk partikulat primer, mikroplastik dapat berbentuk fragmen sekunder. Fragmen sekunder terbentuk melalui proses pelapukan atau degradasi plastik primer. Jenis plastik yang paling sering diproduki adalah *Polypropylen (PP), Polyetylen (PE), Polyetylen*

Tereftalat (PET), Polystiren (PS), Poliuretan (PUR), Polivinil Klorida (PVC) dan Polikarbonat (PC) (Li, dkk, 2016).

Kelimpahan mikroplastik di atmosfer sangat bervariasi jumlahnya, hal ini dapat dilihat dari penelitian-penelitian sebelumnya. Kelimpahan mikroplastik di kota-kota di Benua Eropa rata-rata ditemukan 118 partikel/m^3 di kota Paris dan 275 partikel/m^3 di kota Hamburg (Dris, dkk, 2015). Sedangkan di kota Dongguan China ditemukan 175-313 partikel/m^3 (Cai, dkk, 2017) dan di daerah terpencil pegunungan Pyreness ditemukan rata-rata mikroplastik 365 partikel/m^3 (Allen, dkk, 2019). Penelitian mengenai mikroplastik di atmosfer masih terus berlanjut dan terus diamati mulai dari daerah perkotaan hingga daerah-daerah terpencil (Bank dan Hasson, 2019). Selain variasi jumlah, mikroplastik juga memiliki bentuk dan warna yang sangat bervariasi.

2. Jenis Mikroplastik

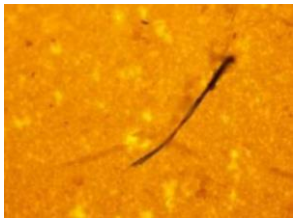
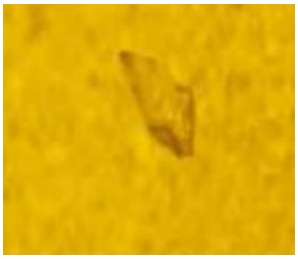
Mikroplastik memiliki variasi bentuk yang beragam, yakni bentuk fiber, fragmen, granula, manik-manik, busa dan film. Variasi bentuk pada mikroplastik bergantung pada bentu asli dari mikroplastik primer, proses degradasi dan erosi yang terjadi di permukaan partikel plastik, serta waktu tinggal atau lamanya plastik berada di lingkungan. Mikroplastik yang memiliki tepi yang tajam dapat diindentifikasikan bahwa keberadannya masih baru di lingkungan, sedangkan mikroplastik yang memiliki tepi halus dapat diidentifikasin bahwa keberadaannya sudah sangat lama berada di lingkungan (Hidalgo-Ruz, 2012).

Bentuk mikroplastik dapat digunakan untuk mengetahui sumber atau produk asal. Misalnya mikroplastik yang berbentuk serat (Fiber), dominan ditemukan pada 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. Jika ditemukan fiber dengan permukaan, terdapat partikel menempel, retakan atau serpihan), hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi abrasi mekanis dan pelapukan kimia pada mikroplastik tersebut (Cai, dkk, 2017; Zhou, dkk, 2017). Mikroplastik dengan ukuran yang sangat kecil mungkin akan sulit diidentifikasi jenisnya, karena degradasi mekanis

atau kimiawi dari bahan yang mengakibatkan terjadinya pengurangan panjang dan lebar mikroplastik. Mikroplastik yang tidak dapat diidentifikasi dapat dimasukkan ke dalam mikroplastik jenis fragmen.

Mikroplastik dapat diklasifikasikan dalam beberapa kategori berdasarkan bentuknya. Berikut disajikan klasifikasi mikroplastik pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi 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

Sumber: Budi & Hantaro, 2018

Penelitian mengenai mikroplastik di udara yang dianalisis dalam sampel TSP yang diambil di jalan raya Kota Surabaya pada tahun (2019), menemukan 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 Diber/Filamen yang ditemukan di Kota Surabaya memiliki ukuran 1000-1500 µm (Syafei, 2019). Penelitian mengenai keberadaan mikroplastik udara juga dilakukan di Kota Bandung dengan mengambil sampel TSP pada Kawasan *Urban* dan Kawasan *Suburban.* Pada penelitian tersebut jenis mikroplastik yang paling dominan ditemukan, yakni jenis Fiber/Filamen. Jenis mikroplastik Fiber/Filamen banyak ditemukan di kawasan perkotaan, karena jumlah penduduk pada kawasan *urban* lebih padat dibandingkan kawasan *suburban,* penggunaan pakaian akan berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Pada lokasi *suburban* mikroplastik jenis Fiber/Filamen yang ditemukan berukuran 600-1000 µm, sedangkan pada lokasi *urban* mikroplastik jenis Fiber/Filamen yang ditemukan berukuran 1000-1400 µm (Paramita, 2020).

Variasi ukuran mikroplastik juga sangat beragam, ukuran mikroplastik yang ditemukan di atmosfer jauh lebih kecil daripada mikroplastik yang ditemukan di sedimen atau pada lingkungan perairan. Jumlah partikel mikroplastik akan semakin sedikit jika ukuran partikel semakin besar (Zhang, dkk, 2020). Variasi warna juga digunakan untuk mengetahui jenis mikroplastik yang ditemukan, namun perubahan warna pada mikroplastik dapat terjadi dengan mudah akibat terjadinya pelapukan di lingkungan, sehingga dibutuhkan analisis lebih lanjut untuk mengetahui jenis mikroplastik.

C. Total Suspended Particulate (TSP)

Menurut (Rochimawati, 2014), *Total Suspended Particulate* (TSP) adalah partikel di udara yang memikili ukuran seperti udara, debu, asap dan uap dengan diameter kurang dari 100 mikrometer. TSP dapat berasal dari beberapa sumber termasuk pembangkit tenaga listrik, insenerator kendaraan dan aktivitas konstruksi. Salah satu Lembaga penelitian internasional, yakni *International Agency For Research on Cancer* (IARC) pada tahun 2013, menyatakan bahwa salah satu

komponen di udara yang beresiko menyebabkan kanker paru-paru, yakni partikulat. Tingkat paparan dari partikulat dan polusi udara akan berpengaruh terhadap tingginya resiko terjadinya kerusakan paru-paru pada manusia.

Selain itu, *Total Suspended Partikulat* (TSP) juga sering disebut partikulat debu tersuspensi. Partikulat debu tersuspensi adalah padatan halus yang terdapat pada udara ambien yang mengendap sangat lama dan tetap akan berada di atmosfer hingga dapat terlarut dalam air hujan. TSP memiliki ukuran dengan diameter 100 µm. Kosentrasi TSP yang tinggi akan berdampak buruk bagi kesehatan manusia (Rizky, 2019).

Penelitian mengenai TSP di Indonesia telah banyak dilakukan dan semakin berkembang, pada tahun 2019 penelitian mengenai kandungan mikroplastik di dalam TSP mulai dilakukan. Penelitian mikroplastik di udara dilakukan dengan mengambil sampel TSP, kemudian diteliti untuk mengidentifikasi keberadaann mikroplastik. Penelitian tersebut dilakukan di Kota Surabaya dan Kota Bandung. Hasil penelitian yang dilaksanakan di Kota Surabaya, ditemukan mikroplastik di udara dari sampel TSP yang diambil di Jalan raya. Jumlah mikroplastik yang ditemukan pada tiga lokasi penelitian, yakni pada Jalan Urip Sumoharjo sebanyak 174,97 partikel/m^3 dan 130,50 partikel/m^3, Jalan Mayjend Sungkono 131,75 partikel/m^3 dan 68,36 partikel/m^3 dan Jalan Embong Malang 94,69 partikel/m^3 dan 55,93 partikel/m^3. Mikroplastik yang ditemukan di Kota Surabaya dominan berjenis Fiber (Syafei, 2019). Penelitian yang dilaksanakan di Kota Bandung dilakukan dengan mengambil sampel TSP pada daerah Urban dan Suburban. Ditemukan mikroplastik pada lokasi penelitian di daerah Urban, yakni sebanyak 0,3-0,6 partikel/m^3 dan di daerah Suburban, yakni sebanyak 0,1-0,3 partikel/m^3 (Paramastri, 2019).

Kosentrasi TSP dapat diketahui dengan menggunakan rumus yang terdapat pada SNI 7119.03:2017. Berikut rumus yang digunkan untuk menentukan nilai kosentrasi TSP:

1. Koreksi Laju Alir pada Kondisi Standar (Qs)

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:

$$Qs = Qo \times \left[\frac{Ts \times Po}{To \times Ps}\right]^{1/2} \quad (1)$$

Keterangan:

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

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

Ts = Temperatur standar, yaitu 298 K

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

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

Po = Tekanan baromatik saat pengujian (mmHg)

2. Volume Contoh Uji Udara (V)

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung volume contoh uji udara:

$$Vstd = \frac{\sum_{s=1}^{n}(Qs)}{n} \times t \quad (2)$$

Keterangan:

Qs = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ke-n (m^3/menit)

t = Durasi pengambilan contoh uji (menit)

Vstd= Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm^3)

n = Jumlah pencatatan laju alir

3. Kosentrasi TSP di Udara Ambien (C)

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung kosentrasi TSP di udara ambien:

$$C = \frac{(W2 - W1) \times 10^6}{Vstd} \quad (3)$$

Keterangan:

C = Kosentrasi Total Suspended Partikulat di udara ambien (µg/Nm^3)

W2 = Berat filter setelah pengambilan sampel udara (gram)

W1 = Berat filter sebelum pengambilan sampel udara (gram)

10^6 = Konversi gram ke µg

Vstd = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm^3)

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

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 $\mu g/Nm^3$ untuk waktu pengukuran 24 jam. Nilai kosentrasi 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:*

$$C1 = C2 \left(\frac{t2}{t1}\right)^{P} \quad (4)$$

Keterangan:

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

C2 = Kosentrasi TSP terukur dengan durasi pengambilan sampel selama t jam ($\mu g/Nm^3$)

t1 = Waktu pengambilan sampel yang setara dengan 24 jam

t2 = Waktu pengambilan sampel selama t jam

P = Faktor konversi

D. Dispersi Polutan

Sesaat setelah polutan diemisikan ke dalam udara, selanjutnya atmosfer berperan dalam perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan tersebut. Empat proses di atmosfer tersebut selanjutnya disebut dispersi. 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 memainkan peranan hal yang penting dalam proses pendispersian polutan. Menurut Supriyadi, E (2009), ketika polutan diemisikan ke dalam udara, atmosfer berperan dalam

perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan tersebut. Empat proses di atmosfer tersebut selanjutnya disebut dispersi. Proses dispersi polutan di atmosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik meteorologi setempat seperti Radiasi Cahaya Matahari, suhu dan stabilitas atmosfer, distribusi angin, kelembaban udara serta dipengaruhi oleh gejala cuaca seperti presipitasi. Sedangkan bila proses pendispersian polutan tersebut telah mengalami interaksi dengan objek di bumi atau permukaan bumi maka topografi memainkan peranan hal 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 akan tersebar sesuai kondisi meteorologi setempat terutama arah angin rata-rata dan fluktuasi kecepatan turbulen, serta stabilitas amosfer yang sangat dinamis baik temporal maupun spasial. Kondisi meteorologi setempat yang mempengaruhi proses dispersi polutan akan dijelaskan lebih lanjut dibawah ini:

1. Kecepatan dan Arah Angin

Angin merupakan faktor utama dalam persebaran zat pencemar udara. Angin dapat mengakibatkan suatu zat berpindah tempat. Kecepatan angin adalah jarak yang ditempuh oleh angin per satuan waktu. Kecepatan angin dinyatakan dalam knot, km/jam dan m/s. Dalam klimatologi kecepatan udara bergerak secara horizontal pada ketinggian dua meter di atas tanah. Kecepatan angin dipengaruhi oleh tekanan udara dan asal dari arah kecepatan angin tersebut sebagai faktor pendorong (Lakitan, 1994 dalam Ancilla, 2014).

Kecepatan angin dapat digunakan dalam menentukan jangkauan daerah penerima. Kecepatan angin yang lebih tinggi pada suatu tempat dekat pembuangan polutan udara lebih cepat membawa polutan tersebut jauh dari sumbernya, sebaliknya bila kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan terkonsentrasinya polutan di sekitar sumber pencemaran dan dapat berlangsung lebih lama pada daerah yang bersangkutan. Sedangkan arah angin dapat digunakan untuk menentukan daerah penerima dispersi zat (Rahmawati, 1999 dalam Puspitasari, 2011).

Kecepatan angin merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kosentrasi *Total Suspended Partikulat* (TSP), jika kecepatan angin tinggi maka kosentrasi TSP menurun, hal tersebut disebabkan angin mampu menggerakkan partikulat, sehingga jika kecepatan angin tinggi partikulat semakin mudah berpindah atau menyebar secara luas. Sedangkan jika kecepatan angin rendah, partikulat lebih cenderung menetap di kawasan tersebut atau sulit tersebar dan menyebabkan partikulat dapat menumpuk pada satu kawasan. Hal ini yang mengakibatkan kosentrasi TSP meningkat.

2. Radiasi Matahari

Radiasi matahari yang jatuh ke bumi ini disebut insolasi. Hampir 99% energi radiasi matahari berada di daerah gelombang pendek, yaitu antara 0,15 μm dan 4,0 μm, sehingga radiasi matahari dinamakan pula radiasi gelombang pendek. 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.

3. Suhu Udara dan Tutupan Awan

Suhu udara dan tutupan awan dalam proses dispersi zat pencemar akan mempengaruhi stabilitas udara. Gradien perubahan suhu udara akan berpengaruh sangat kuat terhadap kestabilan atmosfer. Pada proses disperse stabilitas udara akan mempengaruhi 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).

Suhu dapat mempengaruhi persebaran polutan di atmosfer. Menurut Afzali, dkk, (2018) peningkatan suhu dapat menjadi katalisator atau membantu

mempercepat reaksi kimia suatu polutan di udara, sehingga mengakibatkan terbentuknya partikel halus secara alami. Suhu udara yang tinggi dapat menyebabkan udara semakin renggang sehingga konsentrasi pencemar menjadi semakin tinggi. 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.

4. Kelembaban Udara dan Tekanan Udara

Tekanan udara dan kelembaban udara sangat berpengaruh terhadap kosentasi TSP yang ada pada lokasi pengambilan sampel. Hal ini disebabkan 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. Tekanan udara merupakan unsur meteorologi terpenting di atmosfer. Perubahan tekanan udara akan menyebabkan perubahan kecepatan dan arah angin, serta suhu. Tekanan udara bekerja untuk menggerakkan massa udara kea rah gravitasi bumi, sehingga tekanan udara yang tinggi mengakibatkan partikulat debu berkumpul dan bergerak menuju permukaan bumi yang mengakibatkan kosentrasi menjadi tinggi, sedangkan tekanan udara yang rendah mengakibatkan partikulat debu bergerak bebas di udara ambien yang menyebabkan kosentrasi menjadi rendah. Tekanan udara dipengaruhi oleh ketinggian suatu tempat atau lokasi, semakin tinggi lokasi maka tekanan udaranya semakin rendah begitupun sebaliknya (Wiraadiputri, 2012).

5. Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer merupakan metode untuk mengklasifikasikan kemampuan atmosfer untuk mengencerkan dan mencampur udara. Kelas stabilitas atmosfer dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Kelas Stabilitas Atmosfer

Kecepatan Angin Permukaan (m/s)	Pancaran Sinar Matahari Siang Hari			Kondisi Awan Malam Hari	
	Kuat	Sedang	Lemah	Mendung	Cerah
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
<6	C	D	D	D	D

Sumber: KLH, 2007

E. Klasifikasi Jalan

Jalan memiliki peranan penting dalam mendukung berlangsungnya aktivitas mobilisasi masyarakat. Jalan dapat didefinisikan sebagai salah satu prasarana publik yang dapat dilalui oleh transportasi darat yang termasuk seluruh bagian jalan, seperti bangunan pelengkap jalan dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang berada di permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Indonesia mengklasifikasikan jalan terdapat 4 golongan, yaitu klasifikasi jalan berdasarkan fungsi jalan, klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan, klasifikasi jalan berdasarkan sistem jalan, dan klasifikasi jalan berdasarkan status jalan (Intan, dkk, 2018).

Berikut pembagian klasifikasi jalan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang jklasifikasi jalan umum di Indonesia.

1. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi jalan
   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 memiliki pembagi dengan ciri perjalanan

jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk 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

2. Klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan

a) Jalan kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih 2,5 meter, ukuran Panjang tidak melebihi 18 meter dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 18 ton.

b) Jalan kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih 2,5 meter, ukuran Panjang tidak melebihi 12 meter dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 10 ton.

c) Jalan kelas III A, yaitu jalan arteri atau jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih 2,5 meter dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

d) Jelan kelas III B, yaitu jalan kolektro yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih dari 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 12 meter dan muatan sumbu terberat adalah 8 ton.

e) Jalan kelas III C, yaitu jalan local yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran tidak melebihi 2,5 meter, ukuran panjang tidak melebihi 9 meter dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

3. Klasifikasi jalan berdasarkan sistem jalan

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 dan distribusi yang berwujud pusat kegiatan

b) Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan sekunder

4. Klasifikasi jalan berdasarkan status jalan

a) Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubugjan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.

b) Jalan provinsi adalah jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota dan jalan strategis provinsi

c) Jalan kabupaten adalah jalan lokasl dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional maupun jalan provinsi yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusa kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang termasuk dalam wialayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten

d) Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat pemukiman yang berada di dalam kota

e) Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan

F. Geometrik Jalan

Geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang meliputi perencanaan bentuk fisik agar dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan, yaitu untuk memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas sebagai akses atau mobilitas masyarakat. Geometrik jalan juga dapat didefinisikan sebagai perencanaan dari ruas jalan secara lengkap yang meliputi beberapa elemen yang

disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil tinjauan langsung di lapangan dan telah dianalisis dengan suatu standar perencanaan. Tujuan dari adanya perencanaan geometrik jalan adalah untuk menghasilkan kondisi geometrik jalan yang mampu memberikan pelayanan lalu lintas secara optimum sesuai dengan fungsi jalan, sehingga dapat menimbulkan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan (Bethary, dkk, 2016).

Menurut (Bethary, dkk, 2016), Kriteria yang diperlukan dalam perencanaan geometrik jalan, yakni kendaraan rencana, volume lalu lintas, kecepatan rencana dan tingkat pelayanan jalan. Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya, sedangkan kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan yang bergerak dengan aman dan nyaman. Volume lalu lintas akan berpengaruh terhadap kapasitas jalan dan tipe jalan. Tipe jalan terdiri dari 4 kategori sebagai berikut (MKJI 1997):

1. Jalan dua-lajur dua-arah

   Tipe jalan ini meliputi semua jalan perkotaan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2 UD). Engan lebar lalu lintas lebih kecil dari dan sama dengan 10,5 meter. Untuk jalur dua arah yang lebih besar dari 11 meter, jalan sesungguhnya selama beroperasi pada arus tinggi sebaikna diamati sebagai dasar pemilihan prosedur perhitungan jalan perkotaan dua-jalur atau empat-lajur tak terbagi.

   Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut (MKJI 1997):

   a) Lebar jalur lalu lintas tujuh meter
   b) Lebar bahu efektif paling sedikit 2 meter pada setiap sisi
   c) Tidak ada median
   d) Pemisahan arus lalu lintas 50-50
   e) Hambatan samping rendah
   f) Tipe alinyemen datar

2. Jalan empat-lajur dua-arah

   Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua-arah dengan lebar jalur lalu lintas lebih dari 10,5 meter dan kurang dari 16,0 meter.

a) Jalan empat lajur terbagi (4/2 D)

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut (MKJI 1997):

1) Lebar lajur 3,5 meter (lebar lajur lalu lintas total 4,0 meter)
2) Kereb (tanpa bahu)
3) Jarak antara kereb dan penghalang terdekat pada trotoar ≥ 2 meter
4) Median
5) Pemisahan arah lalu lintas 50-50
6) Hambatan samping rendah
7) Tipe alinyemen datar

b) Jalan empat-lajur tak terbagi (4/2 UD)

Kondisi dasar tipe jalan ini adalah sebagai berikut (MKJI 1997):

1) Lebar lajur 3,5 meter (lebar lalu lintas 14,0 meter)
2) Kereb (tanpa bahu)
3) Jarak antara kereb penghalang terdekat pada ≥ 2 meter
4) Tidak ada median
5) Pemisahan antara lalu lintas 50-50
6) Hambatan samping rendah
7) Tipe alinyemen datar

3. Jalan enam-jalur dua arah-terbagi

Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua arah dengan jalur lalu lintas lebih dari 18 meter dan kurang dari 24 meter. Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut (MKJI, 1997):

a) Lebar jalur 3,5 meter (lebar jalur lalu lintas total 21 meter)
b) Kereb (tanpa bahu)
c) Jarak antar kereb dan penghalang terdekat pada trotoar ≥ 2 meter
d) Median
e) Pemisahan arah lalu lintas 50-50
f) Hambatan samping rendah
g) Tipe alinyemen data

4. Jalan satu arah

Tipe jalan ini meliputi semua jalan satu arah dengan lebar jalur lalu lintas dari 5 meter sampai dengan 10,5 meter. Kondisi dasar tipe jalan ini darimana kecepatan arus bebas dasar dan kapasitas ditentukan didefinisikan sebagai berikut (MKJI, 1997):

a) Lebar jalur lalu lintas tujuh meter
b) Lebar bahu efektif paling sedikit 2 meter pada setiap sisi
c) Tidak ada median
d) Hambatan samping rendah
e) Tipe alinyemen datar

G. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas sangat dipengaruhi oleh fungsi jalan. Volume lalu lintas pada jalan Arteri akan lebih padat dibandingkan jalan kolektor ataupun jalan lokal. Hal yang perlu diketahui, sebelum menghitung volume lalu lintas, yakni 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. Berikut faktor konversi tiap kategori kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Faktor Konversi Satuan Mobil Penumpang (smp)

Tipe Jalan	Arus Lalu Lintas per lajur (Kend/jam)	Emp		
		HV	LV	MC
Dua jalur satu arah terbagi (2/1 D)	0	1,3	1,0	0,4

Empat jalur dua arah terbagi (4/2 D)	≥ 1050	1,2	1,0	0,25
Tiga jalur satu arah (3/1)	0	1,3	1,0	0,4
Enam jalur dua arah terbagi (6/2 D)	≥ 1100	1,2	1,0	0,25

Sumber: MKJI, 1997

K. Uji Hipotesis

Hipotesis merupakan dugaan atau asumsi sementara yang masih harus diuji kebenarannya. Jika asumsi atau dugaan itu dikhususkan mengenai parameter populasi, maka hipotesis itu disebut hipotesis statistis atau hipotesis kerja. Ada dua hipotesis kerja yang selalu dirumuskan, yaitu hipotesis nol (H0) dan hipotesis alternatif (H1). H0 adalah pernyataan yang menjadi dasar suatu teori yang digunakan dalam mengembangkan statistik uji, sedangkan H1 dirumuskan sebagai komplemen atau ingkaran dari H0. Pengujian statistik dapat dilakukan berbagai macam uji salah satunya adalah uji t yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan dari data yang diperoleh. Pengujian hipotesis menggunakan uji kesamaan dua rata - rata satu pihak dengan statistik yaitu menggunakan Uji-t (Muchtar, 2018).

Uji-t adalah salah satu bentu pengujian statistik. Uji t dikenal dengan uji parsial, yaitu untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel bebasnya secara sendiri-sendiri terhadap variabel terikatnya. Uji ini dapat dilakukan dengan mambandingkan t-hitung dengan t-tabel atau dengan melihat kolom signifikansi pada masing-masing t-hitung. Adapun jenis-jenis uji-t antara lain *One Sample T-Test,* yakni pengujian satu parameter dengan menggunakan sampel tunggal. Independent Sample T-Test merupakan uji komparatif untuk mengetahui adakah perbedaan mean atau rata-rata ketika 2 sampel adalah independen dan ketika sampel diambil dari 2 populasi yang mendekati distribusi normal. *Paired Sample T-Test,* yakni digunakan untuk menguji rata-rata sampel dengan membandingkan 2 sampel yang dependent, seperti pengujian sebelum dan sesudah.

Uji t terbagi menjadi dua yaitu uji satu pihak (one tail test) dan uji dua pihak (two tail test). Uji satu pihak digunakan ketika hipotesis nol (Ho) berbunyi lebih besar atau sama dengan dan hipotesis alternatifnya (Ha) berbunyi lebih kecil.

Sedangkan uji dua pihak digunakan ketika hipotesis nol (Ho) berbunyi sama dengan dan hipotesis alternatifnya (Ha) berbunyi tidak sama dengan. Dalam pengujian hipotesis dua pihak, bila t - stat berada pada daerah t - critical, maka hipotesis nol (Ho) diterima dan hipotesis alternatif (Ha) ditolak. Sebaliknya, jika t – stat tidak berada pada daerah t – critical, maka hipotesis alternatif (Ha) diterima dan hipotesis nol (Ho) ditolak (Muchtar, 2018)

Uji hipotesis *t-test* menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Buka program *Microsoft Excel*.
- Masukkan data yang ingin diuji kedalam *Worksheet Excel*
- Pada menu bar klik "Data"
- Klik *"Data Analysis"* pada menu bar data untuk memunculkan Window item-item *Analysis Data*
- Pilih *"t-test : Paired Two Sample for Means"*
- Klik "Ok" maka akan muncul *Window "t-test : Paired Two Sample for Means"*
- Pada kotak variable 1 range, klik tombol *"selection"* untuk seleksi atau blok data 1 yang akan dianalisis
- Pada kotak variable 2 range, klik tombol *"selection"* untuk seleksi atau blok data 2 yang akan dianalisis
- Klik "Ok"
- Maka hasil analisis statistik uji hipotesis *t-test* akan muncul di *Worksheet baru.*

L. Uji Asumsi Klasik

Dalam melakukan analisis data perlu adanya pengujian kelayakan data atau pengujian model yang digunakan dapat mewakili atau mendekati kondisi yang sebenarnya. Tahap yang perlu dilakukan sebelum pengujian kelayakan model yang dipilih untuk menganalisis data, yakni harus memenuhi uji asumsi klasik.Pada umumnya uji asumsi klasik terdiri dari Uji Normalitas dan Uji Heteroskedastisitas.

Uraian penjelasan mengenai uji asumsi klasik akan dijabarkan pada penjelasan berikut ini:

1. Uji Normalitas

   Menurut Ghozali (2013), uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam suatu model regresi variabel penganggu 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 statistik. Pengujian normalitas yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *Test of Normality Kolmogorov-Smirnov* dalam Program IBM SPSS *Statistics* 25. Adapun dasar pengambilan keputusan dapat dilakukan berdasarkan probabilitas *(Asymtotic Significance)*, yaitu:

   - Jika probabilitas > 0,05 maka distribusi dari model regresi adalah normal
   - Jika probabilitas < 0,05 maka distribusi dari model regresi adalah tidak normal

   Adapun langkah-langkah dalam uji normalitas dalam Program IBM SPSS *Statistics* 25 adalah sebagai berikut (Raharjo, 2014):

   - Menentukan nilai variabel
   - Setelah menentukan nilai variabel, selanjutnya memilih perintah *Analyze* pada menu utama, kemudian klik *Regression* lalu pilih *linear*, untuk memunculkan nilai *unstandardized residual (RES_1)* yang selanjutnya kita uji normalitasnya
   - Muncul kotak dialog *"Linear Regression",* selanjutnya masukkan variabel Y ke *Dependent*, lalu masukkan variabel X ke kotak *Independent(s)*, kemudian klik *Save*
   - Maka muncul lagi kotak dialog dengan nama *"Linear Regression: Save",* pada bagian "*Residuals"*, centang *Unstandardized*, selanjutnya, klik *Continue* lalu klik Ok

- Maka muncul Output dari program SPSS, dan muncul juga pada tampilan *Data View*, maka akan muncul variabel baru dengan nama RES_1.
- Langkah selanjutnya untuk melakukan uji normalitas *Kolmogorv-Smirnov*, pillih *Analyze* pada menu utama, lalu pilih *Nonparametic Tests*, klik *Legacy Dialogs*, kemudian pilih submenu *1-Sample K-S*
- Muncul Kotak dialog lagi dengan nama *"One-Sample Kolmogorv-Smirnov Test",* masukkan variabel *Unstandardized Residuals* ke kotak *Test Variable List*, lalu pada *Test Distribution* aktifkan atau centang pilihan Normal.
- Langkah terakhir yakni klik Ok untuk mengakhiri perintah. Selanjutnya, lihat tampilan tabel output yang muncul pada program SPSS.

2. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas ini dilakukan untuk mengetahui apakah dalam suatu model regresi terdapat persamaan atau perbedaan varians dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Jika varians dari residual satu pengamatan ke pengamatan lain tetap, maka disebut homokedastisitas dan jika berbeda disebut heteroskedastisitas. Model regresi yang baik adalah homokedastisitas. Deteksi ada atau tidaknya heteroskedastisitas dapat dilihat dengan ada atau tidaknya pola tertentu pada grafik scaterplot. Jika ada pola tertentu maka mengindikasikan telah terjadi heteroskesdastisitas. Tetapi jika tidak ada pola yang jelas serta titik-titik menyebar di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu Y, maka tidak terjadi heteroskedastisitas (Ghozali, 2013)

Menurut Denziana, dkk (2014), Uji Heteroskedastisitas dilakukan untuk menguji apakah dalam sebuah model regresi terjadi ketidaksamaan varian residual dari satu pengamatan ke pengamatan yang lain tetap. Pengambilan keputusan untuk menentukan apakah suatu data terjadi heteroskedastisitas dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Jika ada pola tertentu, seperti titik-titik yang ada membentuk suatu pola tertentu yang teratur (bergelombang, melebar kemudian menyempit) maka terjadi heteroskedastisitas pada data tersebut
- Jika tidak ada pola yang jelas, seperti titik-titik yang menyebar di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu Y, maka tidak terjadi heteroskedastisitas.

Titik-titik tersebut dapat dilihat dari ouput spss yang ditampilkan pada gambar *scatterplot.*

M. Analisis Regresi dan Korelasi

Tren data hubungan dua variabel dapat diketahui dengan analisa regresi dan korelasi. Korelasi dan regresi keduanya mempunyai hubungan yang sangat erat. Setiap regresi pasti ada korelasinya, tetapi korelasi belum tentu 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. Dampak dari penggunaan analisis regresi dapat digunakan untuk memutuskan apakah naik dan menurunnya variabel 30 dependen dapat dilakukan melalui menaikan dan menurunkan keadaan variabel independen, atau meningkatkan keadaan variabel dependen dapat dilakukan dengan meningkatkan variabel independen/dan sebaliknya.

1. Analisis Korelasi

   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). Analsis 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 pada dasarnya adalah studi mengenai ketergantungan variabel dependen (terikat) dengan satu atau lebih variabel independen (bebas) dengan tujuan untuk mengestimasi dan/atau memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen yang diketahui. Terbagi atas atas dua juga yaitu analisis regresi liner sederhana dan analisis regresi berganda (Ghozali, 2013).

   Analisis regresi merupakan analisis ketergantungan dari satu atau lebih variabel bebas terhadap satu variabel terikat, dengan tujuan untuk menduga atau

memprediksi nilai rata-rata populasi berdasarkan nilai-nilai variabel bebasnya. Analisis regresi yang digunakan untuk memprediksi satu variabel terikat berdasarkan pada satu variabel bebas disebut dengan analisis regresi sederhana, sedangkan analisis regresi yang digunakan untuk memprediksi satu variabel terikat berdasarkan satu atau lebih variabel bebas disebut dengan analisis regresi berganda. Selain itu, regresi juga dapat untuk mengukur kekuatan hubungan antar dua variabel atau lebih, analisis regresi juga digunakan untuk menunjukkan arah hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat (Sofita, 2015).

Dalam hal ini regresi digunakan untuk mengukur besarnya pengaruh satu atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat. Syarat kelayakan yang harus terpenuhi saat kita menggunakan regresi untuk linear sederhana adalah:

a) Jumlah sampel yang digunakan sama.
b) Nilai residul harus berdistribusi normal.
c) Terdapat hubungan yang linear variabel bebas dengan variabel tergantung.
d) Tidak terjadi gejala heteroskedastisitas.
e) Tidak terjadi gejala autokorelasi (untuk data time series)

Adapun kriteria untuk menilai berpengaruh atau tidaknya variabel X dengan variabel Y, yaitu:

- Jika nilai signifikasi (Sig.) > 0,05 maka kesimpulannya adalah tidak adanya pengaruh
- Jika nilai signifikasi (Sig.) < 0,05 maka kesimpulannya adalah adanya pengaruh

Analisis regresi dibagi atas dua macam, yakni Analisis Regresi Linear dan Analisis Regresi Non-Linear. analisis regresi linier adalah suatu analisis yang mempelajari hubungan ketergantungan antara satu variabel yang disebut variabel terikat terhadap variabel lain yang disebut variabel bebas. Dengan analisis regresi dapat diperhitungkan besarnya pengaruh dari perubahan satu variabel terhadap lain. Regresi linier pun dapat membentuk hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat secara linier.

Regresi non linier merupakan suatu metode analisis regresi untuk mendapatkan model non linier yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel

terikat dan variabel bebas. Menurut Draper dan Smith (1981), model non linier (yakni nonlinier dalam parameter yang akan diduga) dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu, model linier intrinsik dan model non linier intrinsik. Model linier intrinsik, jika suatu model adalah linier intrinsik, maka model ini dapat dinyatakan melalui transformasi yang tepat terhadap peubahnya ke dalam bentuk linier baku, seperti regresi eksponensial. Kemudian model non linier intrinsik, jika suatu model adalah non linier intrinsik, maka model ini tidak dapat diubah menjadi bentuk baku. Apabila hubungan antara variabel terikat *Y* dan variabel bebas *X* bersifat non linier, artinya jika data asli X_i dan Y_i dibuatkan *scatterplot* tidak mengikuti garis lurus tetapi mengikuti suatu bentuk kurva tertentu, seperti kurva eksponensial, maka analisis regresi yang cocok untuk menjelaskan hubungan antara *X* dan *Y* tersebut adalah analisis regresi non linier sederhana.

Jika bentuk linier diterima, kemudian disusul bahwa regresi itu sebagai suatu kesatuan berarti adanya dan yakin bahwa koefisien regresi yang diperoleh tidak dapat diabaikan, maka dapat membuat kesimpulan berdasarkan regresi itu. Adapun macam-macam bentuk persamaan regresi non linier sebagai berikut (Sofita, 2015):

- Parabola atau polinum pangkat dua

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon_i \quad (5)$$

- Parabola kubik atau polinum pangkat tiga

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \varepsilon_i \quad (6)$$

- Polinum pangkat k (k ≥ 2), berbentuk

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \ldots + \beta_k X^k + \varepsilon_i \quad (7)$$

- Eksponensial

$$Y_i = \beta_0 \, e^{\beta_1 X} \cdot \varepsilon_i \quad (8)$$

- Geometrik

$$Y_i = \beta_0 + X^{\beta_1} \quad (9)$$

- Logistik

$$Y_i = \frac{1}{\beta_0 \, \beta_1^{\,X}} \quad (10)$$

- Hiperbola

$$Y_i = \frac{\beta_0}{\beta_1 \, \mathrm{X}} \quad (11)$$

- Power

$$y = ax^b \quad (12)$$

- Compound

$$y = ab^x \tag{13}$$

- Growth

$$y = e^{a+bx} \tag{14}$$

- Sigmoid (S)

$$y = e^{a+\frac{b}{x}} \tag{15}$$

- Logaritmik

$$y = a + bln\,(x) \tag{16}$$