

TESIS

**ANALISIS MIKROPLASTIK UDARA PADA JALAN RAYA
KOTA MAKASSAR**

Analysis Of Air Microplastic On Makassar City Highways

AWWALINI MAGHFIRAH SALIM

D092202007



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

TESIS

**ANALISIS MIKROPLASTIK UDARA PADA JALAN RAYA
KOTA MAKASSAR**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Ilmu Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

AWWALINI MAGHFIRAH SALIM

D092202007

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

TESIS

ANALISIS MIKROPLASTIK UDARA DI JALAN RAYA KOTA MAKASSAR

AWWALINI MAGHFIRAH SALIM
D092202007

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Lingkungan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 18 Juli 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU
NIP. 197506232015042001

Pembimbing Pendamping

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

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., IPM., ASEAN.Eng.
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Lingkungan



Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T
NIP. 197506232015042001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Awwalini Maghfirah Salim
Nomor mahasiswa : D092202007
Program studi : Teknik Lingkungan

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Analisis Mikroplastik Udara Pada Jalan Raya Kota Makassar” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T dan Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Prosiding The 6th EPI International Conference on Science and Engineering (EICSE) 2022 sebagai artikel dengan judul “Analysis Of The Relationship between Total Suspended Particulate and Wind Speed on The Makassar City Highway”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 14 Agustus 2023

Yang menyatakan


Maghfirah Salim

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nyalah, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan proposal tesis dengan judul:

“ANALISIS MIKROPLASTIK UDARA PADA JALAN RAYA KOTA MAKASSAR”. Salawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, yang membawa manusia dari alam kegelapan menuju alam yang terang benderang.

Dalam penyusunan proposal tesis ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan dan arahan yang ikhlas dari berbagai pihak, akhirnya proposal tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Allah Subhana Wu Ta’ala
2. Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Lingkungan
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T selaku Pembimbing I
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T, selaku Pembimbing II
5. Ibu Nurul Masyiah Rani H., S.T, M.Eng., yang senantiasa selalu membimbing penulis dalam penulisan tesis
6. Ibu Sumi dan kak Olan, selaku staf Departemen Teknik Lingkungan yang selalu membantu semua proses administrasi.

Penulis menyadari bahwa proposal tesis ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna melengkapi kekurangan proposal tesis ini, akhir kata semoga proposal tesis ini dapat bermanfaat untuk banyak kalangan dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, Agustus 2023

Penulis,

Awwalini Maghfirah Salim, S.T

D09 2202 007

ABSTRAK

AWWALINI MAGHFIRAH SALIM. *Analisis Mikroplastik Udara Pada Jalan Raya Kota Makassar* (dibimbing oleh **Hj. Sumarni Hamid Aly, Muralia Hustim**).

Plastik yang menumpuk menyebabkan terurainya plastik tersebut sehingga membentuk Mikroplastik. Mikroplastik adalah partikel plastik kecil berukuran kurang dari 5 mm.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dan Mikroplastik pada Jalan Raya Kota Makassar dan menghubungkan dengan faktor meteorologi. Adapun lokasi pengambilan sampel di 11 (sebelas) ruas jalan Kota Makassar dengan mengambil dua titik pada setiap ruas jalan. Analisis data yang dilakukan dengan menganalisis sampel TSP menggunakan mikroskop digital tipe *Dino Lite AM 211*, kemudian menggunakan metode *Hot Needle Test* untuk memastikan potongan yang dilihat merupakan partikel mikroplastik.

Hasil penelitian antar dua titik ditemukan *Total Suspended Particulate* (TSP) tertinggi ditemukan pada Jalan Sam Ratulangi dengan konsentrasi sebesar $349,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan jumlah mikroplastik tertinggi berada pada Jalan Sam Ratulangi dengan jumlah mikroplastik sebesar 2.257 mikroplastik dengan kecenderungan data hubungan volume kendaraan dengan konsentrasi TSP memiliki pengaruh yang signifikan. Volume kendaraan dapat menjelaskan 50.1% terhadap konsentrasi TSP. Kecenderungan volume kendaraan dengan jumlah Mikroplastik, memiliki pengaruh tidak signifikan. Kecenderungan jumlah konsentrasi TSP dengan jumlah Mikroplastik memiliki pengaruh yang tidak signifikan. Kecenderungan temperatur suhu dengan jumlah Mikroplastik memiliki pengaruh yang tidak signifikan, suhu hanya mampu menjelaskan 0.01% terhadap jumlah Mikroplastik, sedangkan temperatur kelembaban memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap Mikroplastik.

Kata Kunci: Mikroplastik, TSP, Meteorologi

ABSTRACT

AWWALINI MAGHFIRAH SALIM. *An Analysis of Air Microplastics on the Highways in Makassar City* (supervised by **Hj. Sumarni Hamid Aly, Muralia Hustim**)

All these plastic usage causes the plastic to decompose to form microplastics. Microplastics are tiny plastic particles that are less than 5 mm.

This research was aimed to analyze the concentration of the Total Suspended Particulate (TSP) and Microplastics on several highways in Makassar City. The sampling locations involved 11 (eleven) roads in Makassar City and two points on each road section were chosen. The data analysis was carried out by analyzing TSP samples using a Dino Lite AM 211 digital microscope, then the Hot Needle Test method was also employed to confirm that the pieces seen were microplastic particles.

The results of the research between the two points found that there was a highest Total Suspended Particulate (TSP) was found on Sam Ratulangi Street with a concentration of 349.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the highest amount of microplastics was on Sam Ratulangi Street with the number of microplastics of 2,257 microplastics with a tendency for the relationship between vehicle volume and TSP concentration to have a significant effect. Vehicle volume could explain 50.1% of the TSP concentration. The trend of the vehicle volume with the amount of microplastics had no significant effect. The trend of the total concentration of TSP with the number of microplastics had no significant effect. The trend of temperature on the amount of microplastics had no significant effect as temperature was only able to explain 0.01% of the amount of microplastics, while humidity temperature had no significant effect on microplastics.

Keywords: Microplastics, TSP, Meteorology

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR.....	4
ABSTRAK	5
ABSTRACT	6
DAFTAR ISI.....	7
DAFTAR TABEL	9
DAFTAR GAMBAR.....	11
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah.....	17
1.3 Tujuan Penelitian	17
1.4 Manfaat Penelitian	17
1.5 Ruang Lingkup	18
1.6 Sistematika Penulisan	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	20
2.1 Udara.....	20
2.2 Total Suspended Particulate (TSP)	20
2.3 Mikroplastik.....	24
2.4 Dispersi Polutan	26
2.5 Faktor-faktor Meterologis yang Mempengaruhi Pencemaran Total Suspended Partuculate (TSP).....	27
2.5.1 Suhu.....	27
2.5.2 Kelembaban.....	27
2.5.3 Arah dan kecepatan angin	28
2.5.4 Curah hujan	28
2.5.5 Stabilitas atmosfer	29
2.6 Sistem Transportasi.....	30
2.7 Klasifikasi Jalan Raya.....	31
2.8 Volume Lalu Lintas	33
2.9 Analisis Identifikasi Mikroplastik	35

2.10 Analisis Regresi	36
2.11 Penelitian Terdahulu	40
BAB III METODE PENELITIAN	52
3.1 Rancangan Penelitian.....	52
3.2 Lokasi Penelitian.....	54
3.3 Penentuan Lokasi Survey Titik 2.....	61
3.4 Waktu Penelitian.....	65
3.5 Alat dan Bahan Penelitian.....	65
3.6 Metode Pengumpulan Data.....	67
3.7 Metode Analisis Data.....	72
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	77
4.1 Hasil Survey Volume Kendaraan, TSP dan Meteorolgi	77
4.1.1 Volume Kendaraan.....	77
4.1.2 Konsentrasi TSP	82
4.1.3 Data Meterologi.....	88
4.2 Analisis Mikroplastik.....	92
4.2.1 Analisis Mikroplastik Titik 1	92
4.2.2 Analisis Mikroplastik Titik 2	109
4.2.3 Rekapitulasi Volume Kendaraan, TSP, Suhu, kelembaban dan Mikroplastik	126
4.2.4 Penjelasan Antar 2 Titik Analisis Mikroplastik	132
4.3 Analisis Hubungan Volume Kendaraan, TSP, Meterologi terhadap Mikroplastik.....	134
4.3.1 Uji Kesamaan Data (Homogenitas).....	137
4.3.2 Analisis Hubungan Volume Kendaraan, TSP, Meteorolgi terhadap Mikroplastik.....	151
BAB V KESIMPULAN	156
5.1 Kesimpulan	156
5.2 Saran	157
DAFTAR PUSTAKA	158
LAMPIRAN.....	163

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1 Jenis – jenis mikroplastik	26
Tabel 2 Klasifikasi kestabilan atmosfer	29
Tabel 3 Klasifikasi kendaraan	34
Tabel 4 Faktor konversi ekivalen (emp) kendaraan bermotor.....	35
Tabel 5 Penelitian terdahulu.....	40
Tabel 6 Karakteristik lokasi penelitian.....	56
Tabel 7 Arah Angin Dominan Titik 2	62
Tabel 8 Volume kendaraan pada titik 1.....	77
Tabel 9 Volume kendaraan pada titik 2.....	79
Tabel 10 Hasil Pengukuram TSP Titik 1.....	83
Tabel 11 Hasil pengukuran konsentrasi TSP titik 2	85
Tabel 12 Data meterologi pada waktu pengambilan titik 1.....	88
Tabel 13 Data meterologi pada waktu pengambilan titik 2.....	89
Tabel 14 Ukuran Mikroplastik di Jalan Kawasan CPI	94
Tabel 15 Ukuran Mikroplastik di Jalan Jendral Sudirman.....	95
Tabel 16 Ukuran Mikroplastik di Jalan Jendral Sudirman.....	97
Tabel 17 Ukuran mikroplastik di Jalan Jenderal Hertasning.....	98
Tabel 18 Ukuran mikroplastik di Jalan Aroepala.....	100
Tabel 19 Ukuran Mikroplastik di Jalan Leimena	101
Tabel 20 Ukuran Mikroplastik di Jalan Antang	103
Tabel 21 Ukuran Mikroplastik di Jalan Abdullah Dg Sirua.....	104
Tabel 22 Ukuran Mikroplastik di Jalan Tamangapa Raya	106
Tabel 23 Ukuran Mikroplastik di Jalan Syekh Yusuf	107
Tabel 24 Ukuran Mikroplastik di Jalan Ir Sutami.....	109
Tabel 25 Ukuran mikroplastik di Jalan Kawasan CPI.....	110
Tabel 26 Ukuran mikroplastik di Jalan Jenderal Sudirman.....	112
Tabel 27 Ukuran Mikroplastik di Jalan Jendral Sudirman.....	113
Tabel 28 Ukuran Mikroplastik di Jalan Letjen Hertasning	115
Tabel 29 Ukuran Mikroplastik di Jalan Aroepala	116
Tabel 30 Ukuran Mikroplastik di Jalan Leimena.....	118

Tabel 31 Ukuran Mikroplastik di Jalan Antang	119
Tabel 32 Ukuran Mikroplastik di Jalan Abdullah Dg Sirua.....	121
Tabel 33 Ukuran Mikroplastik di Jalan Tamangapa	122
Tabel 34 Ukuran Mikroplastik di Jalan Syekh Yusuf	124
Tabel 35 Ukuran Mikroplastik di Jalan Ir Sutami	125
Tabel 36 Rekapitulasi Volume Kendaraan, TSP, Suhu, Kelembaban dan Mikroplastik pada Titik 1	127
Tabel 37 Rekapitulasi Volume Kendaraan, TSP, Suhu, Kelembaban dan Mikroplastik pada Titik 2.....	130
Tabel 38 Uji Anova Data Volume Kendaraan	138
Tabel 39 Uji Anova Data Total Suspended Particulate.....	139
Tabel 40 Uji Anova Data Mikroplastik	141
Tabel 41 Uji Anova Volume Kendaraan Titik 2	142
Tabel 42 Uji Anova Total Suspended Particulate Titik 2.....	144
Tabel 43 Uji Anova Mikroplastik Titik 2.....	145
Tabel 44 Uji Anova Data Volume Kendaraan	147
Tabel 45 Rekapitulasi hasil Model Regresi volume kendaraan terhadap Konsentrasi TSP.....	151
Tabel 46 Rekapitulasi hasil Model Regresi volume kendaraan terhadap Jumlah Mikroplastik	151
Tabel 47 Rekapitulasi hasil Model Regresi konsentrasi TSP terhadap jumlah mikroplastik	152
Tabel 48 Rekapitulasi hasil Model Regresi Mikroplastik terhadap Temperatur Suhu	153
Tabel 49 Rekapitulasi hasil Model Regresi Mikroplastik terhadap Kelembaban Udara.....	153
Tabel 50 Rekapitulasi Uji Statistik Model Regresi Linear dan Regresi Non Linear	154

DAFTAR GAMBAR

	<u>Halaman</u>
Gambar 1 Diagram alir prosedur penelitian	53
Gambar 2 Titik lokasi penelitian	55
Gambar 3 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di jalan kawasan CPI.....	57
Gambar 4 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Jenderal Sudirman	58
Gambar 5 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Dr. Sam Ratulangi	58
Gambar 6 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Jenderal Hertasning	59
Gambar 7 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Aroepala.....	59
Gambar 8 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Dr. Leimena	59
Gambar 9 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Antang Raya.....	60
Gambar 10 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Abdullah Dg. Sirua	60
Gambar 11 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Tamangapa Raya	61
Gambar 12 Penempatan alat dan lokasi pengukuran di Jalan Syech Yusuf	61
Gambar 13 Kondisi eksisting lokasi pengukuran 11 Jalan Ir. Sutami.....	61
Gambar 14 Alat Penelitian	66
Gambar 15 Diagram alir metode pengumpulan data.....	70
Gambar 16 Diagram alir analisa data konsentrasi TSP	73
Gambar 17 Diagram alir identifikasi mikroplastik.....	76
Gambar 18 Rekapitulasi Jumlah Kendaraan	81
Gambar 19 Perbandingan konsentrasi TSP Titik 1 dan Titik 2.....	87
Gambar 20 konsentrasi mikroplastik di Jalan Kawasan CPI.....	93
Gambar 21 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Kawasan CPI	93
Gambar 22 konsentrasi mikroplastik di Jalan Jendral Sudirman	94
Gambar 23 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Jendral Sudirman	95
Gambar 24 konsentrasi mikroplastik di Jalan Sam Ratulangi.....	96
Gambar 25 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Sam Ratulangi.....	96

Gambar 26 konsentrasi mikroplastik di Jalan Jenderal Hertasning.....	97
Gambar 27 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan	98
Gambar 28 konsentrasi dan Jenis mikroplastik di Jalan Aroepala.....	99
Gambar 29 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Aroepala.....	99
Gambar 30 konsentrasi mikroplastik di Jalan Leimena	100
Gambar 31 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Leimena	101
Gambar 32 konsentrasi mikroplastik di Jalan Antang Raya	102
Gambar 33 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Antang.....	102
Gambar 34 konsentrasi mikroplastik di Jalan Abdullah Dg. Sirua	103
Gambar 35 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Abdullah Dg Sirua	104
Gambar 36 konsentrasi mikroplastik di Jalan Tamangapa Raya.....	105
Gambar 37 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Tamangapa Raya	105
Gambar 38 konsentrasi mikroplastik di Jalan Syech Yusuf.....	106
Gambar 39 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Syech Yusuf.....	107
Gambar 40 konsentrasi mikroplastik di Jalan Ir Sutami	108
Gambar 41 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Ir Sutami	108
Gambar 42 konsentrasi mikroplastik di Jalan Kawasan CPI.....	109
Gambar 43 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Kawasan CPI	110
Gambar 44 konsentrasi mikroplastik di Jalan Jenderal Sudirman.....	111
Gambar 45 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Jendral Sudirman	111
Gambar 46 konsentrasi mikroplastik di Jalan Sam Ratulangi.....	112
Gambar 47 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Sam Ratulangi.....	113
Gambar 48 konsentrasi mikroplastik di Jalan Letjen Hertasning.....	114
Gambar 49 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Letjen Hertasning.....	114
Gambar 50 konsentrasi mikroplastik di Jalan Aroepala.....	115
Gambar 51 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Aroepala.....	116
Gambar 52 konsentrasi mikroplastik di Jalan Leimena	117
Gambar 53 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Dr Leimena	117
Gambar 54 konsentrasi mikroplastik di Jalan Antang.....	118
Gambar 55 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Antang.....	119
Gambar 56 konsentrasi mikroplastik di Jalan Abdullah Dg Sirua	120
Gambar 57 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Abdullah Dg Sirua	120

Gambar 58 konsentrasi mikroplastik di Jalan Tamangapa.....	121
Gambar 59 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Tamangapa.....	122
Gambar 60 konsentrasi mikroplastik di Jalan Syekh Yusuf.....	123
Gambar 61 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Syekh Yusuf.....	123
Gambar 62 konsentrasi mikroplastik di Jalan Ir Sutami	124
Gambar 63 Jenis dan Warna mikroplastik di Jalan Ir Sutami	125
Gambar 64 Hubungan Volume Kendaraan dan Mikroplastik.....	134
Gambar 65 Hubungan <i>Total Suspended Particulate</i> dan Mikroplastik.....	135
Gambar 66 Hubungan Suhu dan Mikroplastik.....	136
Gambar 67 Hasil Uji Normalitas volume kendaraan pada titik 1.....	138
Gambar 68 Hasil Uji Normalitas TSP pada titik 1	139
Gambar 69 Hasil Uji Normalitas mikroplastik pada titik 1.....	140
Gambar 70 Hasil Uji Normalitas volume kendaraan pada titik 2.....	142
Gambar 71 Hasil Uji Normalitas TSP pada titik 2	144
Gambar 72 Hasil Uji Normalitas kendaraan antar dua titik	146
Gambar 73. Sampel TSP Pada Jalan Ir. Sutami	163
Gambar 74. Contoh Mikroplastik Jalan Ir. Sutami.....	163
Gambar 75. Sampel TSP Pada Jalan Dr. Leimena	164
Gambar 76. Contoh Mikroplastik Pada Jalan Dr. Leimena.....	164
Gambar 77. Sampel TSP Pada Jalan Abdullah Daeng Sirua.....	165
Gambar 78. Contoh Mikroplastik Pada Jalan Abdullah Daeng Sirua	165
Gambar 79. Sampel TSP Pada Jalan Antang Raya	166
Gambar 80. Contoh Mikroplastik Pada Jalan Antang Raya.....	166
Gambar 81. Sampel TSP Pada Jalan Tamangapa Raya.....	167
Gambar 82. Contoh Mikroplastik Pada Jalan Tamangapa Raya	167
Gambar 83. Sampel TSP Pada Jalan Syech Yusuf.....	168
Gambar 84. Contoh Mikroplastik Pada Jalan Syech Yusuf	168
Gambar 85. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Kawasan Akses CPI.....	169
Gambar 86. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Jendral Sudirman.....	170
Gambar 87. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Ratulangi	171
Gambar 88. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Hertasning	172
Gambar 89. Contoh Jenis Mikroplastik Jalan Hertasning	173

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik adalah salah satu bahan pengemas yang saat ini mendominasi penggunaannya dibandingkan dengan kaleng dan gelas. Plastik dibentuk melalui proses polimerisasi dan memiliki keunggulan karena bersifat kuat, ringan, inert, tidak berkarat dan bersifat termoplastik (heat seal) serta dapat diberi warna. Plastik merupakan polimer sintesis yang bersifat sulit terurai di alam. Untuk dapat terurai dengan sempurna dibutuhkan waktu yang sangat lama hingga ratusan tahun (Nasution, 2015). Komponen utama dari plastik adalah polimer sintetis dan komposisi dari plastik tergantung dari penggunaan. Plastik film untuk bahan pengemas, sebagian besar terdiri dari low-density polyethylene. Polyethylene terephthalate (PET) adalah komponen utama dari botol plastik. Serat tekstil mengandung polyester yang tinggi dan akan diberi tambahan yang mengandung polimer akrilik. Polyethylene sejauh ini merupakan polimer sintetis yang paling banyak diproduksi yaitu lebih dari 40% produksi plastik (Hollman et al., 2013).

Penggunaan dan produksi plastik yang kian meningkat akan menimbulkan penumpukan sampah plastik yang akan menimbulkan masalah serius pada lingkungan laut ketika tidak ada penanganan atau recycled (Avio et al., 2016). Plastik adalah polimer sintetis yang biasanya dibuat dengan Polimerisasi monomer yang berasal dari minyak atau gas dengan penambahan penambahan bahan kimia yang berbeda (Thompson et al., 2009). Plastik merupakan salah satu yang paling banyak digunakan di dunia bahkan dalam ekonomi global (Plastik Eropa, 2020) karena sifatnya yang luar biasa seperti keserbagunaan, ringan, kekuatan, daya tahan, resistivitas korosi, isolasi termal dan listrik yang tinggi (Halden, 2010; Thompson et al., 2009).

Pencemaran lingkungan dari mikroplastik di udara menjadi masalah yang mengkhawatirkan karena kekhawatirannya terhadap kesehatan manusia.

Mikroplastik yang ada di udara dapat langsung dan terus menerus dihirup di lingkungan udara.

Produksi plastik juga memiliki pasar global 1,7 juta 360 ton per tahun di 70 negara, penggunaannya di berbagai produk konsumen dan konstruksi, terutama dalam pengemasan, bangunan dan konstruksi, serta industri otomotif. Polimer digunakan untuk membuat polipropilen (19,4%), polietilen (17,4%) dan bahan pengawet (12,4%), polivinil klorida (10%), poliuretan (7,9%), dan polietilen tereftalat (7,9%) (Plastik Eropa, 2020). Polimer ini tidak dapat terurai secara hayati, sehingga terakumulasi di tempat pembuangan akhir atau di lingkungan alami (Barnes et al., 2009). Akibatnya, polusi plastik sudah menjadi masalah lingkungan besar yang diperkirakan akan meningkat: produksi sampah tahunan meningkat 3,4 miliar juta ton dalam 30 tahun ke depan (Kaza dkk., 2018). Plastik terbuat dari material hidrofobik sehingga bahan pencemar terkonsentrasi di permukaannya dan mikroplastik bertindak sebagai reservoir bahan kimia di lingkungan. Limbah plastik diklasifikasi menurut ukurannya. Mikroplastik adalah plastik yang memiliki ukuran partikel 0.33 - 5 mm.

Mikroplastik adalah partikel plastik kecil berukuran kurang dari 5mm. Ada dua jenis mikroplastik; mikroplastik primer yang dibuat untuk beberapa tujuan dan mikroplastik sekunder yang diproduksi oleh proses pelapukan sampah plastik di lingkungan secara terus menerus (Silva, 2019). Sedangkan, Nanoplastik merupakan bagian plastik terkecil yang memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan mikroplastik, sehingga sering kali peredarannya tidak kasat mata. Sehingga untuk saat ini belum ada penelitian yang lebih lanjut untuk ukuran dan jenis nanoplastik itu sendiri.

Mikroplastik tersebut telah mencemari lingkungan laut, darat, dan atmosfer. Banyak penelitian mikroplastik di lingkungan laut dan darat, terutama di air tawar dan sedimen telah dicatat. Fenomena pencemaran tersebut di atas menghadirkan potensi paparan mikroplastik dari konsumsi langsung dan menuju biomagnifikasi pada jaring makanan yang paling Jalur dominan paparan mikroplastik terhadap kesehatan manusia adalah konsumsi dan inhalasi.

Namun, penelitian yang sangat terbatas tentang mikroplastik atmosfer yang berpotensi terpapar dari inhalasi ditemukan. Beberapa penelitian telah

mengidentifikasi partikel mikroplastik atmosfer dari Total Atmospheric Fallout (TAF) (Dris, dkk, 2015), yang menyatakan bahwa ada sejumlah besar kejatuhan mikroplastik dan menyimpulkan bahwa kompartemen atmosfer tidak boleh diabaikan pada studi polusi mikroplastik. Ukuran partikel yang ditemukan pada penelitian sebelumnya bervariasi, dari 200 μm hingga 2000 μm , jauh lebih besar daripada partikel inhalable yang berukuran kurang dari 15 μm (Miller et al., [11]). Lebih banyak penelitian tentang atmosfer mikroplastik harus dilakukan untuk meningkatkan kesadaran akan potensi efek kesehatan dari inhalasi mikroplastik dan juga memberikan solusi untuk mengendalikan fenomena ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mikroplastik atmosfer pada total bahan partikulat tersuspensi (TSP) berukuran kurang dari 100 μm . Ukuran TSP mungkin lebih kecil dari ukuran partikel pada TAF. Investigasi partikel mikroplastik pada ukuran partikel yang lebih kecil sangat penting karena semakin kecil partikel, semakin tinggi potensi paparan inhalasi.

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).

Penelitian mikroplastik di udara dilakukan dengan mengambil sampel TSP, kemudian diteliti untuk mengidentifikasi keberadaannya 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. 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).

Dari uraian di atas dijelaskan bahwa mikroplastik benar adanya dan juga sangat berbahaya bagi Kesehatan manusia, penelitian terdahulu sangat terbatas dan juga masih sangat sedikit. Mikroplastik yang tidak kasat mata perlu diteliti dan dianalisis tidak hanya disatu jalan saja melainkan di beberapa jalan dan dijenis jalan yang berbeda sehingga dapat diketahui kecenderungan sebaran mikroplastik, berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran mikroplastik pada jalan arteri dan jalan kolektor. Melihat dari kondisi tersebut maka peneliti mengadakan penelitian sebagai Tesis dengan judul, **“Analisis Mikroplastik Udara di Jalan Raya Kota Makassar”**.

1.2 Rumusan Masalah

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

- 1) Berapa konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) pada Jalan Raya di Kota Makassar?
- 2) Bagaimana Karakteristik mikroplastik yang terdapat pada Jalan Raya di Kota Makassar?
- 3) Bagaimana model hubungan volume kendaraan, meterologi dan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan jumlah mikroplastik pada Jalan Raya di Kota Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Menganalisis konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) pada Jalan Raya di Kota Makassar
- 2) Menganalisis karakteristik mikroplastik yang terdapat pada Jalan Raya di Kota Makassar
- 3) Menganalisis model hubungan volume kendaraan, meterologi dan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan jumlah mikroplastik pada Jalan Raya di Kota Makassar

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui tingkat konsentrasi *Total Suspended Particulate* udara ambien berdasarkan pengukuran langsung menggunakan *High Volume Air Sampler* pada Jalan Raya Kota Makassar.
- 2) Mengetahui karakteristik mikroplastik terdapat pada Jalan Raya di Kota Makassar
- 3) Mengetahui model hubungan volume kendaraan, meterologi dan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan jumlah mikroplastik pada Jalan Raya di Kota Makassar

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini antara lain:

- 1) Parameter pencemar yang digunakan dalam pemodelan dan pemantauan adalah Total Suspended Particulate (TSP).
- 2) Terdapat 11 jalan yaitu 5 Jalan kolektor tanpa median dan 6 Jalan kolektor dengan median
- 3) Penelitian ini dilakukan hanya pada hari kerja.
- 4) Pengambilan sampel udara dilakukan di 2 titik pengukuran pada setiap ruas jalan.
- 5) Volume kendaraan diasumsikan sama sepanjang jalan tersebut tanpa mempertimbangkan setiap persimpangan / belokan yang ada (volume kendaraan yang masuk sama besar dengan volume kendaraan saat keluar dari jalan tersebut).
- 6) Data meterologi yang digunakan adalah data pada hari pengukuran udara ambien.
- 7) Jenis mikroplastik diketahui setelah data pengukuran TSP didapatkan kemudian dilihat menggunakan mikroskop.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini akan diuraikan dalam sistematika penulisan yang dibagi menjadi lima bab pokok bahasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, 19empera masalah, serta sistematika penulisan secara singkat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menyajikan kerangka teori konseptual mengenai penelitian secara singkat dan gambaran umum dari sampel penelitian yang akan diuji.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan berisi tentang metode penelitian yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian dari mulai awal persiapan hingga mencapai hasil.

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 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

2.1 Udara

Udara adalah atmosfer yang ada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting untuk kehidupan di muka bumi ini. Komposisi udara di atmosfer yang menopang kehidupan manusia terdiri dari Nitrogen (N₂) sebesar 78,8% dari volume udara kering, Oksigen (O₂) sebesar 20,94%, Argon (Ar) sebesar 0,02%, dan gas-gas lainnya serta berbagai gas dan partikel yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan alam.

Udara dapat digolongkan menjadi dua yaitu udara emisi atau udara yang keluar dari sumber pencemar dan udara ambien (Tunggul, 2002 dalam Puspitasari, 2011). Udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya (Perda Provinsi DKI Jakarta No.2 Tahun 2005) Wardhana (2004), menyatakan bahwa udara bersih yang dihirup oleh hewan dan manusia merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Namun kenyataannya udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti Sulfur Dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂), Karbon Monoksida (CO) dan Ozon (O₃) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan dan lain sebagainya. Selain disebabkan oleh polutan alami tersebut, polutan udara juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia.

2.2 Total Suspended Particulate (TSP)

Total Suspended Particulate (TSP) adalah partikulat udara seperti debu, asap, dan fume dengan diameter kurang dari 100 µm. Semua partikulat tersebut bertanggung jawab atas efek kesehatan manusia karena partikulat tersebut dapat menjangkau daerah pernapasan dalam (Rochimawati, 2014). Meningkatnya konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara sekitar disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia seperti pertambangan, transportasi, pembersihan tanah,

pembangunan pemukiman, konversi lahan, pembudidayaan lahan, penggundulan hutan, dll (Alias, dkk, 2007).

Total Suspended Particulate (TSP) menjadi komponen penting dalam kualitas udara ambien, jika konsentrasi TSP melebihi standar kualitas akan menyebabkan beragam efek negatif yang serius, baik untuk kesehatan, ekonomi, dan aspek lingkungan (Zhou, 2010). Selain itu partikulat dapat menyebabkan perubahan radiasi matahari di atmosfer yang diserap oleh bumi permukaan (Mahankale, 2009).

Total Suspended Particulate (TSP) merupakan salah satu sumber polutan dari gas buang dari transportasi. Menurut WHO (2011) TSP atau partikel debu melayang merupakan campuran yang sangat kompleks dari berbagai senyawa organik dan anorganik seperti sulfat, nitrat, ammonia, sodium klorida, karbon, debu mineral, dan air. Partikulat debu yang berukuran >10 mikron disebut juga TSP. Partikulat yang berukuran besar seperti TSP ini dapat mengganggu saluran pernafasan manusia bagian atas. Efek kronis akibat paparan TSP dapat muncul terjadinya kontak selama beberapa hari, minggu, bulan dan tahun. Berbagai studi menemukan hubungan TSP dengan beberapa kelainan kesehatan seperti menurunkan fungsi paru dan jantung serta paling berbahaya ialah terjadinya pengecilan volume paru-paru (Wulandari, 2016).

Didalam TSP terdapat beberapa kandungan logam berat diantaranya adalah Pb, Cr, Zn. Timbal merupakan salah satu unsur kimia yang teridentifikasi dalam TSP. Pb atau timah hitam merupakan salah satu zat yang dapat diukur sebagai Total Suspended Particulate (TSP). Keberadaan Pb di udara ambient diketahui dapat menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan manusia, diantaranya mengganggu biosintesis hemoglobin dan menyebabkan anemia, kerusakan ginjal, gangguan sistem saraf dll (Aprianti, 2011).

Monitoring TSP (*Total Suspended Particulate*) digunakan untuk menentukan jumlah total materi partikulat tersuspensi yang ada di atmosfer. TSP diukur menggunakan *high volume air sampler* yang mengalirkan sejumlah besar volume udara melalui saringan selama 1 atau 24 jam. Setelah sampling, filter ditimbang dan perbedaan filter sebelum dan sesudah ditimbang adalah berat partikel.

Berdasarkan SNI-7119.3-2017 tentang cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode gravimetri, Jumlah partikel yang dapat ditentukan dengan metode ini sebesar 3 mg (pada tingkat kepercayaan 95%). Alat ini digunakan untuk pengumpulankandungan partikel melalui filtrasi sejumlah besar volume udara di atmosfer denganmemakai pompa vakum kapasitas tinggi, yang dilengkapi dengan filter, alat ukur dan kontrol laju alir.

Prinsip dari alat ini udara ambien dihisap menggunakan pompa vakum dan dilewatkan pada filter dengan ukuran 20,3 cm x 25,4 cm (8 in x 10 in) dan efisiensipenyaringan minimum 98,5 % setara dengan porositas 0,3 µm pada kecepatan aliran 1,1 m³/menit sampai dengan 1,7 m³/menit selama 24 jam ± 1 jam. Jumlah partikel yang terakumulasi dalam filter dianalisis secara gravimetri dan dilaporkandengan satuan ug/Nm³.

Koreksi laju alir pada kondisi standar dapat dihitung dengan **persamaan (1)** dibawah ini.

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

Dimana:

- Qs = laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (Nm³/menit);
- Q0 = laju alir volume uji (m³/menit);
- Ts = temperatur standar, 298 K;
- T0 = temperatur rata-rata actual (273 + Tukur) dimana Q0 ditentukan;
- Ps = tekanan barometrik standar, 101,3 kPa (760 mmHg);
- P0 = tekanan barometrik rata-rata actual dimana Q0 ditentukan.

Sedangkan volume udara yang diambil saat pengujian dapat dihitung dengan **persamaan (2)** sebagai berikut.

$$V = \frac{Qs1+Qs2}{2} \times t \quad (2)$$

Dimana:

- Qs1 = laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama (m³/menit)
- Qs2 = laju alir awal terkoreksi pada pengukuran kedua (m³/menit)
- t = durasi pengambilan contoh uji (menit)
- V = volume udara yang diambil (m³)

Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara dapat dihitung dengan **persamaan (3)** sebagai berikut:

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

Dimana:

- C = konsentrasi massa partikel tersuspensi (ug/Nm³)
- W1 = berat filter awal (g)
- W2 = berat filter akhir (g)
- Vstd = volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm³)
- 10⁶ = konversi gram (g) ke microgram (ug)

Untuk mengkonversi hasil konsentrasi pengukuran selama 1 jam ke waktu lainnya misal 24 jam, maka digunakan Koevisien Canter dapat dihitung dengan **persamaan (4)** sebagai berikut:

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

Dimana:

- C1 = konsentrasi hasil konversi (ug/m³)
- C2 = konsentrasi hasil pengukuran (ug/m³)
- t2 = waktu konversi (menit)
- t1 = waktu pengukuran (menit)
- p = koevisien canter

2.3 Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang memiliki ukuran diameter kurang dari 5 mm (Thompson dkk., 2004). Ukurannya yang kecil dapat memudahkan untuk organisme untuk mencernanya. Mikroplastik di udara akan terhirup dan selanjutnya masuk ke saluran napas. Dengan demikian, organisme juga berpotensi terpapar bahan kimia beracun terkait, seperti polutan organik, logam berat, dan bahan lainnya, yang diserap oleh mikroplastik dari lingkungan sekitarnya. Beberapa penelitian telah menemukan sejumlah besar serat di atmosfer. Diperkirakan 29% dari serat ini mengandung setidaknya fragmen polimer plastik. Mikroplastik telah diidentifikasi sebagai faktor penting dalam hilangnya keanekaragaman hayati dan menimbulkan potensi ancaman bagi kesehatan dan aktivitas manusia (Syafei, dkk, 2019).

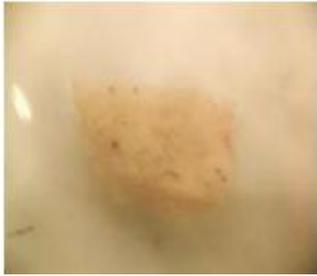
Mikroplastik bersifat heterogen dalam hal komposisi kimia, diameter, bentuk, berat jenis, dan warna (Amato-Lourenco dkk., 2020). Mereka termasuk serat 1-D (satu dimensi lebih besar), fragmen 2-D (flpada partikel) dan bola 3-D (Dris dkk., 2015), dan dapat berupa asal primer dan sekunder. Mikroplastik primer sengaja diproduksi dan masuk ke lingkungan sebagai partikel / bubuk (biasanya kurang dari 0,5 mm) digunakan misalnya sebagai abrasif dalam produk kosmetik atau 'scrubber' yang digunakan untuk meledakkan permukaan yang bersih (Bergmann, dkk, 2015). Sebaliknya, Mikroplastik sekunder berasal dari fragmentasi sampah plastik yang lebih besar yang ada di lingkungan (UNEP, 2015). Proses yang digunakan oleh Mikroplastik sekunder untuk menjadi Mikroplastik hanya membutuhkan sepersekian dektik untuk ketika plastik terkena radiasi UV matahari (BERSAMA, 2015) bahwa degradasi katalitik polimer oksidatif terdegradasi (reaksi oksidasi) (Celina, 2013). Selama degradasi ini plastik biasanya berubah warna, kehilangan integritas mekanik, menjadi lebih lemah, dan mengembangkan retakan permukaan (Cooper dan Corcoran, 2010). Radiasi UV selane merupakan mekanisme mekanis (misalnya mekanisme minyak dan gel, panas, hidrolisis, dan proses enzim mikroorganisme) yang mendegradasi dan fragmen plastik (Andrady, 2011).

Perhatian akan keberadaan Mikroplastik di udara semakin meningkat karena partikel di udara dapat langsung terhirup ke dalam tubuh manusia (Pra,

2018). Distribusi dan perilaku Mikroplastik tersuspensi di atmosfer seperti polutan udara lainnya: konsentrasi, transportasi, dispersi, dan pembuangannya pada sumber emisi, kondisi meteorologi, dan transportasi jarak jauh di antara faktor-faktor lainnya. 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 berbentuk serat (fiber), lapisan tipis, fragmen, atau granula. Mikroplastik terbagi menjadi dua jenis yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder (Arthur dkk., 2009). Mikroplastik primer merupakan mikroplastik yang diperoleh dari kosmetik dan produk kesehatan yang mengandung microbead atau microexfoliate seperti polietilen (PE), polipropilen (PP) dan polistiren (PS) (Horton dkk., 2017). Mikroplastik sekunder diperoleh dari degradasi plastik melalui proses fisik, kimia dan biologi (Thompson, 2006; Ryan dkk., 2009), misalnya plastik yang terkena radiasi sinar UV atau arus air yang deras yang menyebabkan plastik terdegradasi menjadi mikroplastik (Avio dkk., 2016). Rincian mengenai jenis-jenis mikroplastik dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Jenis – jenis mikroplastik

No.	Jenis	Sumber	Keterangan	Gambar
1.	Fragmen	Botol	Bersifat keras, kaku, berwarna dan memiliki densitas yang tinggi (Yolla,dkk,2020). Umumnya berdiameter 63-300 μm (Klein,dkk,2019).	
2.	Fiber	pakaian atau tekstil	Berbentuk seperti serat (Yolla,dkk, 2020). Umumnya memiliki panjang 300-5000 μm (Klein,dkk,2019).	
3.	Film	Kemasan plastik, kain	Sifatnya transparan dan memiliki densitas yang rendah (Yolla, dkk,2020). Umumnya memiliki panjang 50-200 μm (Allen, dkk,2019).	
4.	Foam	<i>Styrofoam</i>	umumnya berwarna putih, berpori dan memiliki densitas partikel (Yolla, dkk,2020).	

2.4 Dispersi Polutan

Dispersi adalah proses perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan yang telah diemisikan ke udara oleh atmosfer. Beberapa penelitian terkait dispersi pencemar udara, menunjukkan bahwa akan ada beberapa lokasi di sekitar sumber pencemar yang beresiko terpapar pencemar dalam konsentrasi tertentu

(Ruhayat, 2009; Ranzi dkk., 2011; Lopez-Cima dkk., 2011; Bacarelli dkk., 2011). Walaupun konsentrasi tersebut berfluktuasi, tetapi jika arah anginnya dominan menuju ke wilayah tersebut, akan terjadi akumulasi pencemar, sehingga berpotensi melampaui baku mutu udara ambien, dan resiko keterpaparan dalam waktu lama akan mengancam kesehatan masyarakat di lokasi tersebut.

Emisi pencemar udara 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.

2.5 Faktor-faktor Meteorologis yang Mempengaruhi Pencemaran Total Suspended Particulate (TSP)

2.5.1 Suhu

Menurut Wark dan Warner (1981) suhu menurun sekitar 10C setiap kenaikan ketinggian 100 meter. Namun sebaliknya pada malam hari lapisan udara yang dekat dengan permukaan bumi mengalami penurunan suhu terlebih dahulu sehingga suhu pada lapisan udara di bawah lapisan tanah lebih rendah daripada atasnya. Kondisi meteorologis tersebut dinamakan inverse, di mana suhu udara meningkat menurut ketinggian lapisan udara, yang memerlukan kondisi stabil dan tekanan tinggi. Suhu dapat menyebabkan polutan dalam atmosfer yang lebih rendah dan tidak menyebar. Peningkatan suhu dapat menjadi katalisator atau membantu mempercepat reaksi kimia perubahan suatu polutan udara. Pada musim kemarau di mana keadaan udara lebih kering dengan suhu udara cenderung tinggi dan kecepatan angin yang dapat terbilang rendah maka polutan di udara pada musim ini juga cenderung tinggi dibandingkan pada saat musim hujan karena pada musim kemarau tidak terjadi pengenceran polutan di udara.

2.5.2 Kelembaban

Kelembaban diartikan sebagai banyaknya uap air yang terkandung dalam udara. Uap air ini menjadi penting karena uap air memiliki sifat menyerap radiasi bumi yang dapat menentukan cepat lambatnya kehilangan panas dari bumi, sehingga dengan sendirinya juga mengatur suhu udara. Proses pengendapan bahan pencemar dapat dibantu oleh kondisi udara yang lembab, sebab dengan keadaan

udara yang lembab maka beberapa bahan pencemar berbentuk partikel misalnya debu akan berikatan dengan air yang ada dalam udara dan membentuk partikel yang berukuran lebih besar sehingga mudah mengendap ke permukaan bumi oleh gaya tarik bumi.

2.5.3 Arah dan kecepatan angin

Angin merupakan udara yang bergerak sebagai akibat perbedaan tekanan udara antara daerah yang satu dengan lainnya. Perbedaan pemanasan udara menyebabkan naiknya gradien tekanan horizontal, sehingga terjadi gerakan udara horizontal di atmosfer. Oleh karena itu perbedaan temperatur antara atmosfer di kutub dan di equator (khatulistiwa) serta antara atmosfer di atas benua dengan di atas lautan menyebabkan gerakan udara dalam skala yang sangat besar. Kecepatan angin dalam data klimatologi adalah kecepatan angin horizontal pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah yang ditanami dengan rumput, jadi jelas merupakan angin permukaan yang kecepatannya dapat dipengaruhi oleh karakteristik permukaan yang dilaluinya. Angin lokal terjadi akibat perbedaan temperatur setempat. Pada skala makro, pergerakan angin sangat dipengaruhi oleh temperatur atmosfer, tekanan pada permukaan tanah dan gerakan rotasi bumi. Angin bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, tetapi dengan adanya gaya Coriolis maka angin akan bergerak tidak sesuai dengan yang seharusnya. Fenomena ini terjadi sampai jarak ribuan kilometer. Pada skala meso dan mikro keadaan topografi sangat berpengaruh pada pergerakan angin. Perbedaan ketinggian permukaan tanah mempunyai efek pada kecepatan angin dan arah pergerakan angin. Fenomena skala meso akan terjadi sampai ratusan kilometer dan skala mikro mencapai 10 kilometer (Nurmala, 2004 dalam Wiraadiputri, 2012).

2.5.4 Curah hujan

Hujan merupakan satu bentuk presipitasi yang berwujud cairan. Presipitasi sendiri dapat berwujud padat (misalnya salju dan hujan es) atau aerosol (seperti embun dan kabut). Hujan terbentuk apabila titik air yang terpisah jatuh ke bumi dari awan. Tidak semua air hujan sampai ke permukaan bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering. Hujan jenis ini disebut sebagai virga, yaitu tetes

air (hujan) atau es yang jatuh dari atmosfer tetapi tidak sampai ke permukaan tanah. Curah hujan yaitu jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Curah hujan merupakan unsur iklim yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Jumlah curah hujan 1 mm, menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan 1 mm, jika air tersebut tidak meresap ke dalam tanah atau menguap ke atmosfer. Curah hujan berfungsi mengurangi penyebaran pencemar di atmosfer. Air hujan sebagai pelarut umum, cenderung melarutkan bahan polutan yang terdapat dalam udara, sehingga konsentrasi pencemar seperti debu dapat berkurang. Partikulat dapat turun ke permukaan bumi oleh curah hujan tetapi kemudian atmosfer dapat terisi partikel debu kembali. Ketika terjadi hujan akan berpengaruh terhadap menurunnya konsentrasi partikulat karena terserapnya partikulat oleh air sebagai akibat peningkatan kelembaban (Aprianti, 2011).

2.5.5 Stabilitas atmosfer

Stabilitas atmosfer merupakan metode untuk mengklasifikasikan kemampuan atmosfer untuk mengencerkan dan mencampur udara. Kelas stabilitas atmosfer dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi kestabilan atmosfer

Kecepatan Angin Permukaan ^a (m/s)	Pancaran Sinar Matahari Siang Hari			Kondisi Awan Malam Hari	
	Kuat ^b	Sedang ^c	Lemah ^d	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

Bagaimanapun kecepatan angin, kelas D harus dipilih bila keadaan mendung, baik siang maupun malam (Tigor, 2002).

Kelas stabilitas atmosfer akan digunakan dalam menentukan koefisien dispersi Gauss (σ). Koefisien dispersi ada dua yaitu koefisien dispersi vertikal (σ_z)

dan horizontal (σ_y) namun yang digunakan untuk Dispersi Gauss sumber bergerak adalah σ_z . Untuk menentukan koefisien dispersi dapat menggunakan grafik koefisien dispersi atau menggunakan tetapan dispersi yang pertama kali ditemukan oleh Pasquill (1961) dan kemudian dimodifikasi oleh Gifford (1961) dalam Frederica, 2017.

Pemodelan dispersi pencemar menjadi salah satu pilihan untuk mempelajari pola sebaran pencemar digunakan, yaitu: (1) model empirik atau statistik, model ini digunakan untuk menghubungkan data konsentrasi suatu lingkungan dengan lingkungan lain, misalnya CAR-model, suatu model untuk mengestimasi kepadatan lalu lintas dengan perubahan area; (2) model Gauss atau plume-model, merupakan model teori dasar penyebaran mengenai distribusi polutan karena turbulensi, model ini dapat digunakan pada skala lokal; (3) model Lagrangian, model untuk paket udara sebagai fungsi waktu sepanjang aliran streamlines dalam atmosfer. Model ini digunakan untuk menganalisis emisi polutan pada topografi yang kompleks, sedangkan aliran dan perubahan konsentrasinya dikaji secara *particularity*. Jenis model partikel Lagrangian merupakan satu level di atas model puff dan (4) model Eulerian, suatu model untuk menganalisis konsentrasi satu atau beberapa kotak, pergerakan dari kotak ke kotak dipengaruhi oleh kecepatan angin (Ruhiat, 2009).

2.6 Sistem Transportasi

Transportasi dapat diartikan sebagai usaha memindahkan, menggerakkan, mengangkut, atau mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain, di mana di tempat lain ini objek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan-tujuan tertentu (Miro, 2005). Dapat diartikan bahwa fungsi sistem transportasi adalah memindahkan suatu benda baik benda hidup maupun benda mati.

Terdapat berbagai jenis bentuk transportasi, misalnya transportasi darat, udara, dan transportasi air. Dalam penelitian ini, studi literatur difokuskan kepada arus lalu lintas jalan saja.

Berdasarkan Highway Capacity Manual, terdapat 3 variabel dasar yang biasanya digunakan untuk menjelaskan bagaimana kondisi lalu lintas pada jalan raya, yaitu volume dan flow rate, kecepatan, serta kepadatan lalu lintas. Kemudian arus lalu lintas sendiri dibedakan menjadi dua jenis yaitu arus tidak terganggu

(uninterrupted flow), dan arus terganggu (interrupted flow). Variabel volume dan flow rate dapat digunakan pada kedua jenis arus lalu lintas. Sedangkan untuk variabel kecepatan dan kepadatan hanya dapat digunakan pada arus lalu lintas tidak terganggu.

Arus lalu lintas tidak terganggu (uninterrupted flow) merupakan arus lalu lintas dimana kendaraan dapat melaju tanpa harus mengurangi kecepatan karena adanya gangguan-gangguan. Gangguan tersebut dapat berupa traffic light, orang yang menyebrang, simpangan, dan lainnya. Contoh yang termasuk ke dalam jenis arus lalu lintas tidak terganggu adalah jalan tol.

Jalan pada penelitian ini merupakan jenis arus lalu lintas terganggu. Sehingga untuk pembahasan lebih lanjut, variabel yang digunakan untuk tinjauan hanyalah variabel volume dan flow rate saja. Dari kedua variabel ini dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan seberapa baik arus lalu lintas yang menampung jumlah kendaraan yang melintas di Jalan.

2.7 Klasifikasi Jalan Raya

Jalan raya memiliki klasifikasi berbeda-beda walaupun intinya digunakan sebagai prasarana berlalu lintas. Dalam Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004, jalan dibagi menjadi dua jenis, yakni berdasarkan fungsi dan jenisnya. Berikut penjelasan dari masing-masing jalan.

1. Jalan Arteri

Sesuai UU Nomor 38 Tahun 2004, jalan arteri adalah jalan umum yang dapat digunakan oleh kendaraan angkutan. Ciri-ciri dari jalan ini seperti memiliki jarak perjalanan yang jauh, kecepatan termasuk tinggi, hingga adanya pembatasan secara berdaya guna pada jumlah jalan masuk. Jalan arteri terbagi dalam dua klasifikasi, yakni:

a. Jalan arteri primer

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan kegiatan nasional dengan wilayah. Kecepatan kendaraan bermotor roda paling rendah di jalan ini adalah 60 kilometer per jam. Ukuran lebar badan jalan pun minimal 11 meter. Tidak boleh ada gangguan oleh lalu lintas, kegiatan lokal, serta tak diizinkan terputus di area perkotaan.

b. Jalan arteri sekunder

Jalan arteri sekunder menghubungkan kawasan primer dengan sekunder. Begitu juga untuk kawasan sekunder kesatu ke kedua. Kecepatan kendaraan paling rendah di sini adalah 30 kilometer per jam. Lebar badan jalan juga minimal 11 meter serta tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.

2. Jalan Kolektor

Sesuai UU Nomor 38 Tahun 2004, jalan kolektor adalah jaringan jalan umum yang ditujukan untuk kendaraan angkutan pembagi atau pengumpul. Ciri-cirinya adalah kecepatan kendaraan sedang, pembatasan pada jalan masuk, dan jarak perjalanan sedang. Jalan kolektor terbagi dalam dua klasifikasi, yaitu:

a. Jalan kolektor primer

Jalan kolektor primer menghubungkan kegiatan nasional dengan wilayah. Kecepatan kendaraan paling rendah 40 kilometer per jam dengan ukuran lebar badan jalan minimal 9 meter. Tetap ada pemberlakuan pembatasan pada jalan masuk.

b. Jalan kolektor sekunder

Jalan kolektor sekunder menghubungkan kawasan sekunder pertama dengan kawasan sekunder kedua dan ketiga. Kecepatan paling rendah 20 kilometer per jalan dengan ukuran lebar badan jalan minimal 9 meter. Jalan ini tidak boleh terganggu lalu lintas lambat.

3. Jalan Lokal

Sesuai UU Nomor 38 Tahun 2004, jalan lokal adalah jalan umum untuk kendaraan angkutan lokal. ciri-cirinya adalah jarak perjalanan dekat, kecepatan terhitung rendah, dan ada pembatasan pada jalan masuk. Jalan lokal terbagi dua klasifikasi, yaitu:

a. Jalan lokal primer

Jalan lokal primer menghubungkan kegiatan nasional dengan kegiatan lingkungan. Kecepatan paling rendah adalah 20 kilometer per jalan dengan ukuran lebar badan jalan 7,5 meter. Jalan ini tak boleh terputus pada area pedesaan.

b. Jalan lokal sekunder

Jalan lokal sekunder menghubungkan kawasan sekunder kesatu, kedua, dan ketiga dengan kawasan perumahan. Kecepatan paling rendah 10 kilometer per jam dengan ukuran lebar badan jalan 7,5 meter.

4. Jalan Lingkungan

Sesuai UU Nomor 38 Tahun 2004, jalan lingkungan adalah jalan umum untuk kendaraan angkutan lingkungan. Ciri-cirinya terdiri dari jarak perjalanan dekat dengan kecepatan yang rendah. Ada dua klasifikasi dari jalan lingkungan:

a. Jalan lingkungan primer

Jalan lingkungan primer menghubungkan aktivitas kawasan pedesaan dengan lingkungan sekitarnya. Kecepatan kendaraan paling rendah 15 kilometer per jam dengan ukuran lebar badan jalan 6,5 meter serta bisa dilalui motor roda tiga.

b. Jalan lingkungan sekunder

Jalan lingkungan sekunder menghubungkan kegiatan kawasan pedesaan dengan perkotaan. Kecepatan paling rendah 10 kilometer per jam dengan ukuran lebar badan jalan 6,5 meter serta bisa dilalui motor roda tiga. Untuk ukuran lebar jalan bagi kendaraan tidak bermotor dan non roda tiga adalah 3,5 meter.

2.8 Volume Lalu Lintas

Peningkatan volume kendaraan mengakibatkan terjadinya kepadatan lalu lintas. Pada jam-jam sibuk, terlihat terjadinya antrian kendaraan yang panjang di simpangan yang mengakibatkan terjadinya tundaan rata-rata yang cukup lama (Anwar, 2000).

Kemudian untuk mengatasi kepadatan kendaraan dibutuhkan suatu usaha pengaturan atau rekayasa lalu lintas. Salah satu usaha pengaturan lalu lintas adalah penentuan nilai satuan mobil penumpang atau SMP (Anwar, 2000).

Sebelum kita menentukan nilai SMP pada lokasi penelitian terlebih dahulu kita mengetahui klasifikasi kendaraan. Tabel klasifikasi kendaraan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Klasifikasi kendaraan

Jenis Kendaraan	Definisi	Keterangan
Kendaraan Ringan	Kendaraan ringan (LV=Light Vehicle) Kendaraan bermotor dua as beroda empat dengan jarak as 2-3 m	Mobil pribadi, mikrobis, oplet, pick-up, truk kecil, angkutan penumpang dengan jumlah penumpang maksimum 10 orang termasuk pengemudi
Kendaraan umum/berat	Kendaraan umum (HV=Heavy Vehicle) Kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda	Bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga, angkutan penumpang dengan jumlah tempat duduk 20 buah termasuk pengemudi
Sepeda Motor	Sepeda motor (MC) Kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda	Sepeda motor dan kendaraan beroda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga
Kendaraan tak bermotor	Kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan	Sepeda, becak, keretakuda, kereta dorong

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Untuk menentukan nilai Satuan Mobil Penumpang suatu jalan dapat dihitung dengan mengkonversikan antara volume lalu lintas yang telah diperoleh dengan faktor ekuivalen setiap jenis kendaraan. Menurut Andiani (2013), Pada perencanaan geometrik jalan raya, kapasitas jalan dihitung berdasar volume lalu lintas yang terlebih dahulu dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (smp). Faktor konversi dari berbagai jenis kendaraan menjadi mobil penumpang disebut ekuivalensi mobil penumpang (emp). Satuan mobil penumpang (smp) adalah

satuan kendaraan dalam arus lalu lintas yang disetarakan dengan kendaraan ringan/mobil penumpang, besarnya dipengaruhi oleh jenis, dimensi, dan kemampuan gerak kendaraan. Sedangkan ekuivalensi kendaraan dengan mobil penumpang tergantung besar dan kecepatan kendaraan yang nilainya akan mempengaruhi kinerja jalan.

Nilai emp kendaraan besar diestimasi sebagai salah satu inti rasio bertambahnya tundaan di jalan raya. Tundaan dasar dan pertambahan tundaan tergantung pada kendaraan besar yang dihitung dari besarnya nilai headway. Besar dimensi kendaraan akan mempengaruhi nilai emp. (Izumi Okura, 2006). Perhitungan kapasitas jalan di Indonesia, faktor ekivalen nilai emp yang dipakai mengacu pada Manual Kapasitas Jalan di Indonesia (MKJI) 1997 yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Faktor konversi ekivalen (emp) kendaraan bermotor

Emp		
MC (motorcycle)	LV (LightVehicle)	HV (HeavyVehicle)
0,5	1,0	1,3

Sumber: MKJI, 1997

2.9 Analisis Identifikasi Mikroplastik

Sampel mikroplastik dipindahkan ke wadah kaca diberi larutan NaCl lalu diaduk untuk memisahkan antara mikroplastik dengan pasir pantai. perkiraan konsentrasi garam 35 g/L (Sluka et al., 2018). Mikroplastik diletakkan di cawan petri beralas kertas, kemudian dilihat melalui lensa mikroskop dissecting untuk mengidentifikasi jenis mikroplastik Menurut Sluka (2018) mikroplastik dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori yaitu sebagai berikut: a)Filamen atau fiber, b)Film, c)Foam, d)Fragmen, e)Pelet. Setelah dilakukan penyortiran atau pemisahan sampel mikroplastik berdasarkan ukuran maka kemudian dilakukan identifikasi mikroplastik lanjutan secara visual untuk kemudian diidentifikasi berdasarkan jenisnya. Terdapat lima jenis mikroplastik dimana umumnya jenis mikroplastik yang paling sering ditemukan yaitu film, fragment, fiber, pellet dan styrofoam (Di dan Wang, 2017; Hidalgo-Ruz et al., 2012; Mohamed Nor dan Obbard, 2014; Tsang et al., 2017). Fragment merupakan bagian terkecil dari pecahan

plastik yang berukuran besar. Fiber memiliki bentuk tipis dan panjang. Partikel film dari pecahan plastik yang sangat tipis. Pellet memiliki bentuk bulat, Styrofoam umumnya berwarna terang. Jika mikroplastik yang ditemukan tidak dapat teridentifikasi fiber, pellet, film ataupun styrofoam, maka dapat diidentifikasi sebagai fragment (Di dan Wang, 2017). Perbedaan pada setiap mikroplastik dikarenakan adanya beberapa faktor yaitu antara lain perubahan bentuk, pemutihan dan benturan dengan sampah lainnya (Vaughen et al., 2017). Setelah dilakukan identifikasi berdasarkan jenis, kemudian setiap sampel mikroplastik disimpan dalam plastik klip pada suhu ruangan untuk kemudian dilakukan pengujian FTIR.

2.10 Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan kajian terhadap hubungan satu variabel sebagai variabel yang diterangkan (the explained variabel) dengan satu atau dua variabel yang menerangkan (the explanatory). Jika variabel bebas hanya satu, maka analisis regresi disebut regresi sederhana dan jika lebih dari satu, maka analisis regresi disebut regresi linear berganda. Disebut berganda karena pengaruh beberapa variabel bebas dikenakan kepada variabel tak bebas. Analisis regresi ini banyak digunakan dalam bidang penulisan karya ilmiah yang menyangkut perhitungan hasil akhir yang mana akan menentukan bahwa, berhasil atau tidaknya suatu penelitian yang sedang dilakukan dengan melihat kesimpulan dari hasil perhitungan analisis regresinya. Analisis perhitungan tidak hanya melibatkan satu analisis saja, tetapi menyangkut beberapa penghitungan statistika agar menunjang hasil analisis regresi, seperti uji-t, uji-F, penggunaan anova dan pendugaan hipotesis. Hasil analisis regresi berupa persamaan regresi yang merupakan fungsi prediksi suatu variabel dengan menggunakan variabel lain.

2.10.1 Analisis Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi sederhana, variabel terikat Y tergantung hanya pada satu variabel saja, sedangkan dalam regresi berganda variabel terikat Y tergantung pada dua atau lebih variabel bebas X. Garis regresi merupakan garis yang menghubungkan rata-rata Y dengan seluruh kemungkinan nilai-nilai X. Variabel bebas X adalah variabel yang nilainya dapat ditentukan, sedangkan variabel terikat Y adalah suatu variabel sebagai akibat dari perubahan yang terjadi pada

variabel bebas.

Bentuk umum persamaan regresi sederhana adalah

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Sedangkan persamaan untuk regresi berganda adalah:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Dimana:

Y_i : Variabel terikat untuk observasi ke- i

β_j : Parameter model regresi $j: 0, 1, 2, \dots, k$

X_i : Variabel bebas ke- i

ε_i : Residual

k : Banyaknya variabel bebas

(Sembiring, 1995)

2.10.2 Analisis Regresi Non 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:

1. Parabola atau polinum pangkat dua

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon_i \quad (13)$$

2. Parabola kubik atau polinum pangkat tiga

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \varepsilon_i \quad (14)$$

3. Polinum pangkat k ($k \geq 2$), berbentuk

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \dots + \beta_k X^k + \varepsilon_i \quad (15)$$

4. Eksponensial

$$Y_i = \beta_0 e^{\beta_1 X} \cdot \varepsilon_i \quad (16)$$

5. Geometrik

$$Y_i = \beta_0 + X^{\beta_1} \quad (17)$$

6. Logistik

$$Y_i = \frac{1}{\beta_0 \beta_1^X} \quad (18)$$

7. Hiperbola

$$Y_i = \frac{\beta_0}{\beta_1 X} \quad (19)$$

(Sudjana, 2003)

Sebelum melakukan uji statistik pengaruh di setiap variable, dilakukan uji normalitas dan Uji Anova. Uji normalitas merupakan suatu prosedur yang digunakan untuk mengetahui apakah data berasal dari populasi yang terdistribusi normal atau tidak sedangkan uji anova merupakan uji untuk mengetahui perbedaan data bahwa dua kelompok atau lebih kelompok data sampel, terdapat perbedaan data yang signifikan atau tidak

1. **Uji Normalitas** adalah sebuah uji yang dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, apakah

sebaran data tersebut berdistribusi normal ataukah tidak, persyaratan dengan dasar pengambilan keputusan yaitu:

- a. Jika probabilitas nilai $\text{sig} > 0,05$ maka data tersebut telah dikatakan terdistribusi normal
 - b. Jika probabilitas nilai $\text{sig} < 0,05$ maka data tersebut telah dikatakan tidak terdistribusi normal
2. **Uji Anova** Untuk mengetahui perbedaan data bahwa dua kelompok atau lebih kelompok data sampel, terdapat perbedaan data yang signifikan atau tidak, dimana pengujian ini bertujuan untuk menentukan data rata-rata tersebut signifikan dalam jumlah analisis varian, dengan dasar pengambilan keputusan sebagai berikut:
- a. Apabila nilai Signifikan (p) < 0.05 menunjukkan kelompok data berasal dari populasi yang memiliki varian yang tidak sama (heterogen)
 - b. Apabila nilai Signifikan (p) ≥ 0.05 menunjukkan kelompok data berasal dari populasi yang memiliki varian yang sama (homogen)

2.11 Penelitian Terdahulu

Tabel 5 Penelitian terdahulu

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
1	Investigating Atmospheric Microplasticin Total Suspended Particulate, 2019	Adyati P. Yudison, Emenda Sembiring, Haryo Satriyo Tomo	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji analisis mikroplastik atmosfer yang lebih mendalam untuk melihat kemungkinan adanya mikroplastik yang lebih kecil pada Total Suspended Particulate (TSP).	Menggunakan perangkat High Volume Sampler (HVS) dengan durasi 24 jam. Filter serat kaca dengan ukuran 20,3 x 25,4 cm ² digunakan untuk menangkap TSP dengan laju aliran sekitar 30 cfm. Setelah periode pengambilan sampel, TSP pada filter diangkut ke laboratorium dan disimpan dalam desikator untuk meminimalkan kadar air. Analisis	Pada studi pendahuluan ini ditemukan berbagai dugaan partikel mikroplastik dengan tiga jenis bentuk mikroplastik yaitu serat, fragmen kristal, dan fragmen berwarna dengan ukuran bervariasi antara 80 - 5000 m. Namun perlu dilakukan uji konfirmasi menggunakan FTIR atau SEM, hal ini tidak dilakukan dalam penelitian ini karena keterbatasan metode dan kemampuan untuk memisahkan partikel yang dicurigai dari bahan filter. Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan metode	Lebih lanjut, temuan penelitian ini menunjukkan potensi keberadaan mikroplastik dalam ukuran partikel yang lebih halus. Studi mikroplastik atmosfer harus dikembangkan untuk menyelidiki efek kesehatan dan solusi terkaitnya.

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
				gravimetri dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi TSP selama periode sampling.	lebih lanjut untuk kuantifikasi mikroplastik yang lebih kecil.	
2	Overview on the occurrence of microplastics in air and implications from the use of face masks during the COVID-19 pandemic, Spanyol, 2020	Torres-Agullo, A. Karanasiouka n, T. Moreno, S. Lacorte	Pencemaran lingkungan dari mikroplastik (MP) di udara menjadi masalah yang semakin mengkhawatirkan karena implikasinya terhadap kesehatan manusia.	Pengambilan sampel pasif menggunakan kejatuhan MP melalui mekanisme gravitasi, inersia, atau difusi untuk memperkirakan level MP di udara dan Fallout dikumpulkan melalui corong kaca dan disimpan dalam botol kaca.	Menemukan bahwa MP yang dapat dihirup tidak terlihat terdeteksi terhadap kuarsa atau terdeteksi secara spektroskopi terhadap polytetrafluoroethylene (PTFE) dan filter berbasis alumina tetapi, mengingat Raman Spectral Imaging, intensitas terbesar untuk MP diamati terhadap filter membran perak	Dalam konteks COVID-19, perhatian khusus harus diberikan pada peningkatan sampah plastik global dan penghirupan anggota parlemen karena penggunaan masker wajah. Masker wajah sudah menjadi kebutuhan masyarakat

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
3	Airborne microplastics and fibers in indoor residential environments in Aveiro, Portugal, 2021	Lin XumiaoSebuah, h,B, Joana C. PrataSebuah, Jorge R. AlvesC, Armando C. DuarteSebuah, Teresa Rocha-SantosSebuah, Mario Cerqueira	Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan konsentrasi mikroplastik dan serat di udara dalam ruangan ruang keluarga di lima rumah di Aveiro, Portugal	Penggunaan metode spektroskopi mikro diperlukan untuk mempelajari partikel kecil yang dapat dihirup, yang memanfaatkan penggunaan filter membran perak. Meskipun filter ini berkinerja buruk selama preparasi sampel, filter ini dapat diwarnai dengan Nile Red dan digunakan untuk pra-seleksi partikel yang dicurigai.		

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
4	Perkembangan Penelitian Mikroplastik di Indonesia,2020	Firdha Cahya Alam, Mulki Rachmawati	Paper ini menjelaskan perkembangan penelitian mikroplastik di Indonesia sejak tahun 2014 hingga 2020 menggunakan metode systematic review	Metode penelitian menggunakan systematic review dengan mencari kata kunci “mikroplastik Indonesia” dan “microplastic Indonesia” pada website google scholar, science direct, dan website penyedia paper penelitian lainnya. Paper yang dikaji dalam rentang waktu 2014 hingga Agustus 2020	Penelitian mikroplastik di Indonesia telah banyak dilakukan dan terus berkembang hingga sekarang. Namun, rata-rata penelitian yang dilakukan memiliki ruang lingkup terkait persebaran dan distribusi dari mikroplastik, dengan lokasi penelitian dominan berada di Pulau Jawa. Walaupun demikian, telah bermunculan ragam penelitian baru seputar uji dampak, distribusi pada udara, tetapi jumlahnya masih relatif sedikit dibandingkan dengan penelitian distribusi di sampel air ataupun sedimen. Dengan perkembangan penelitian mikroplastik yang semakin pesat di dunia, maka penelitian di Indonesia perlu	

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
					memperluas ruang lingkup ataupun mengejar kedalaman penelitian yang sudah berkembang di dunia.	
5	Microplastic Pollution in the Ambient Air of Surabaya, Indonesia, 2019	Arie Dipareza Syafei, Nurul Rizki Nurasrin, Abdu Fadli Assomadi Dan Rachmat Boedisantoso	Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan konsentrasi mikroplastik pada lingkungan di Surabaya	Sampel udara diperoleh dengan menyedot udara di ketiga lokasi tersebut ke dalam corong stainless steel dengan pompa vakum. Udara melewati media filter untuk menahan partikel, yang kemudian dikumpulkan dan diamati dengan mikroskop digital dan Fourier Transform Infrared (FTIR). pengujian. Keragaman bentuk mikroplastik	Mikroplastik tertinggi ditemukan di lokasi penelitian dengan volume lalu lintas tinggi dibandingkan dengan lokasi dengan volume lalu lintas rendah. Mikroplastik di Jalan Urip Sumoharjo (225,3 dan 130,50 partikel/m ³ , Jalan Mayjend Sungkono (132.066 unit/hari) sebanyak 131,75 partikel/m ³ dan 68,36 partikel / m ³ , dan Jalan Embong Malang (98.017 unit/hari) sebanyak 94,69 partikel/m ³ dan 55,93 partikel / m ³ . Mikroplastik dari polimer yang berbeda, seperti polietilen tereftalat (PET), poliester	Serat mikroplastik di udara dapat tertelan dan terhirup oleh manusia. Saat ini tidak ada data atau informasi yang menyediakan bukti potensi efek kesehatan manusia dari mikroplastik yang tertelan atau terhirup. Dengan demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut.

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
				<p>diidentifikasi di lokasi, termasuk serat, fragmen dan film. Pelet tidak ditemukan di sembarang lokasi, dan serat merupakan bentuk mikroplastik yang dominan.</p>	<p>dan plastik, diidentifikasi. Dengan demikian, emisi dan deposisi debu di udara, di permukaan tanah, dan di lingkungan perairan terkait dengan transportasi mikroplastik.</p>	
6	<p>Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran, 2017</p>	<p>Sharareh Deghani, Farid Moore, Razegheh Akhbarizadeh</p>	<p>Tujuan dari penelitian ini adalah memperkirakan dampak buruk mikroplastik pada debu jalanan</p>	<p>Pengambilan sampel debu jalan yang diendapkan menggunakan pengumpul debu pasif tidak dimungkinkan, setiap sampel debu jalan dikumpulkan dengan menyapu area sekitar 30 m secara perlahan. Bersebelahan dengan tepi</p>	<p>Keberadaan dan kelimpahan mikroplastik di debu jalanan Teheran diselidiki. Mikroskop fluoresen diakui tidak efisien untuk mendeteksi mikroplastik dan mendapatkan kelimpahannya dalam sampel debu jalanan. Seng klorida ditemukan dapat didaur ulang solusi, dan kepadatannya cukup tinggi untuk mengekstrak sebagian besar puing-puing plastik dari debu</p>	<p>memberikan perhatian khusus pada program pendidikan bagi penduduk sehubungan dengan penggantian plastik dengan bahan yang hemat biaya dan mengembangkan program daur ulang untuk meningkatkan daur</p>

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
				<p>jalan di kedua sisi jalan. Metode ini telah sering digunakan untuk pengambilan sampel debu jalan oleh banyak penulis</p>	<p>yang disimpan di perkotaan. Sampel representatif yang dicurigai secara efisien dan tepat dideteksi menggunakan pemindaian mikroskop elektron, meskipun kesalahan kecil terjadi karena kurangnya pengujian semua sampel. Karena tidak mungkin mendeteksi dan memeriksa mikroplastik di bawah 50 m menggunakan probe, kelimpahan dan sifat mikroplastik masih belum akurat. Mikroplastik di bawah 50 m adalah fraksi ukuran yang paling rentan untuk dicerna atau disuspensikan kembali ke beban atmosfer dan dengan demikian dihirup.</p>	<p>ulang plastik dan mengurangi penggunaannya dan dengan demikian efek kesehatan negatif dari mikroplastik pada manusia. populasi.</p>

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
7	Jenis Dan Kepadatan Mikroplastik Di Kawasan Pantai Desa Manggung Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat, 2019	Sandrila Putri Elsa	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui jenis dan kepadatan mikroplastik di kawasan pantai Desa Manggung Kota Pariaman. Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei – Juni 2019	Analisis mikroplastik menggunakan metode hot needle test	Berdasarkan hasil penelitian, kawasan pantai Desa Manggung mengandung mikroplastik. Mikroplastik yang ditemukan ada empat jenis yaitu film dengan kepadatan tertinggi yaitu 2160 item/ m ³ , fragmen 800 item/ m ³ , foam 400 item/m ³ dan fiber 280 item/ m ³ sehingga total kepadatan mikroplastik di kawasan ini yaitu 3640 item/ m ³ .	Dilakukan pengurangan plastik
8	Karakterisasi Mikroplastik Dari Sedimen Padang Lamun, Pulau Panjang, Jepara, Dengan	Kamelia Lestari, Haeruddin, Oktavianto Eko Jati	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan mikroplastik pada	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode random	Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa jumlah total mikroplastik yang didapatkan sebanyak 93 partikel dengan bentuk fragmen, film, fiber, dan pelet. Jumlah tertinggi terdapat pada titik	Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait penggunaan FT-IR dan melakukan analisis yang lain

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
	Ft-Ir Infra Red, 2021		sedimen lamun di Pulau Panjang.	sampling, dibagi menjadi 2 jenis sampel yaitu 7 sampel inti dan 3 sampel tambahan (untuk uji FT- IR). Analisis dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antara jumlah mikroplastik yang didapatkan dengan kerapatan lamun.	7 dengan jumlah 19 partikel. Bentuk mikroplastik dominan yang ditemukan yaitu fragmen sebanyak 51 partikel (54,83%), kemudian bentuk lain seperti fiber 34 partikel (36,56%) dan film sebanyak 8 partikel (8,6%). Analisa statistika yang dilakukan yaitu uji One Way ANOVA dengan nilai signifikansi 0,008 ($< 0,05$) yang menunjukkan bahwa rata-rata bentuk mikroplastik yang ditemukan setiap titik berbeda secara signifikan. Berdasarkan uji FT-IR yang telah dilakukan terhadap sampel A, sampel B dan sampel C didapatkan puncak bilangan gelombang khas berkisar 1466 – 3700 cm^{-1} dengan gugus fungsi berupa ikatan C, C=C,	

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
					C=O, N-H, OH dan C-H yang menggambarkan ikatan plastik jenis PP.	
9	Analisis Mikroplastik Pada Sedimen, Air, Dan Kupang Putih (Corbula Faba Hinds) Di Perairan Kepetingan Sidoarjo, Jawa Timur, 2021	Moch Dimas Firmansyah	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik sedimen serta kandungan mikroplastik dari jenis fragmen, fiber dan film pada sedimen, air, dan kupang putih di perairan Sidoarjo	Analisis mikroplastik pada sedimen dan air menggunakan pengujian laboratorium dengan pengamatan mikroskop. Analisis mikroplastik di kupang putih menggunakan spektrofotometrik.	Hasil pengayakan menunjukkan sedimen paling dominan dari fraksi lempung dengan presentase tertinggi 66%, kemudian fraksi pasir dengan presentase tertinggi sebesar 26%, selanjutnya dari fraksi debu dengan presentase tertinggi 15%, dan yang terakhir dari fraksi kerikil dengan presentase tertinggi 3%. Mikroplastik di sedimen yang paling sering dijumpai yaitu jenis fiber dengan kepadatan keseluruhan 348 ind/m ³ , kemudian dari jenis fragmen dengan kepadatan keseluruhan 244 ind/m ³ , yang	Diharapkan untuk penelitian selanjutnya mengenai uji mikroplastik terhadap biota lain yang ada di lokasi tersebut. Dan Uji kualitas perairan seperti arus, pH, DO, dan kadar logam berat.

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
					terakhir dari jenis film dengan kepadatan keseluruhan 144 ind/m ³	
10	Analisis Mikroplastik Menggunakan Ft-Ir Pada Air, Sedimen, Dan Ikan Belanak (Mugil Cephalus) Di Segmen Sungai Bengawan Solo Yang Melintasi Kabupaten Gresik,2019	Neily Qurrata A'yun	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya kandungan mikroplastik pada air, sedimen dan, ikan belanak (Mugil cephalus) di sungai Bengawan Solo yang melintasi segmen di Kabupaten Gresik	Sampel yang telah diambil akan dibawa kelaboratorium UIN Sunan Ampel Surabaya, kemudian dilakukan pengamatan dan perhitungan banyak temuan mikroplastik. Menggunakan mikroskop FT-IR	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar dari sampel air, sedimen, dan ikan belanak (Mugil cephalus) positif mengandung mikroplastik dengan tipe fiber, film, dan fragment. Dalam 3 sampel air ditemukan 32 mikroplastik dengan rata-rata 10 mikroplastik persampel, pada 9 sampel sedimen ditemukan 47 mikroplastik dengan rata-rata 5 partikel per 50gr sedimen kering, dan pada 15 sampel ikan belanak ditemukan sebanyak 78 mikroplastik dengan rata-rata 5 mikroplastik per sampel ikan. Berdasarkan hasil uji FTIR	Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menemukan upaya untuk mengurangi persebaran mikroplastik pada perairan dan mengetahui dampak termakannya mikroplastik oleh biota air.

No	Judul	Nama Penulis	Tujuan	Metode	Hasil	Solusi
					ditemukan polypropylene, polystyrene, dan ethylene vinyl acetate yang terkandung dalam sampel mikroplastik.	