

**ANALISIS TINGKAT KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* DI JALAN
POROS MAKASSAR-MAROS SAAT ARUS MUDIK DAN ARUS BALIK
LEBARAN IDUL FITRI**



**RISKI AWALIAH ALIMIN
D131201060**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**ANALISIS TINGKAT KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* DI JALAN
POROS MAKASSAR-MAROS SAAT ARUS MUDIK DAN ARUS BALIK
LEBARAN IDUL FITRI**

**RISKI AWALIYAH ALIMIN
D131201060**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**ANALISIS TINGKAT KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* DI JALAN
POROS MAKASSAR-MAROS SAAT ARUS MUDIK DAN ARUS BALIK
LEBARAN IDUL FITRI**

RISKI AWALIYAH ALIMIN

D131201060

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI

ANALISIS TINGKAT KONSENTRASI PARTICULATE MATTER DI JALAN POROS MAKASSAR-MAROS SAAT ARUS MUDIK DAN ARUS BALIK LEBARAN IDUL FITRI

RISKI AWALIYAH ALIMIN
D131201060

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 26 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.

NIP. 197204242000122001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.

NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul **“Analisis Tingkat Konsentrasi *Particulate Matter* Di Jalan Poros Makassar-Maros Saat Arus Mudik Dan Arus Balik Lebaran Idul Fitri”** adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Eng. 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 skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 04 Desember 2024




Riski Awaliyah Alimin
NIM D131201060

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala. Dzat yang hanya kepada-Nya memohon pertolongan. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul "**Analisis Tingkat Konsentrasi *Particulate Matter* Di Jalan Poros Makassar-Maros Saat Arus Mudik dan Arus Balik Lebaran Idul Fitri**". Shalawat dan salam kepada Rasulullah Shallallahu Alaihi Wasallam yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada para pihak yang telah menuntun, menemani, membantu penulis dalam mengerjakan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., AER., dan Ibu Ir. Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing penulis yang telah membimbing, memberi masukan, arahan, ilmu yang diberikan, dan telah meluangkan waktunya membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga lelah ibu menjadi berkah dan setiap langkah ibu dimudahkan oleh Allah SWT. Serta ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu dosen dan staf Departemen Teknik Lingkungan yang telah membantu dan memberikan pembelajaran kepada penulis selama menuntut ilmu di bangku perkuliahan.

Teruntuk semua teman di Teknik Lingkungan 2020 maupun teman-teman yang saya kenal dan temui selama masa perkuliahan, penulis berterima kasih atas segala bantuan, cerita dan pengalaman yang kalian berikan kepada penulis selama menjalani dinamika perkuliahan. Terkhusus penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada teman di segala keadaan Sophia Ranti. Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian.

Akhirnya setelah melewati proses perkuliahan ini, sampailah penulis pada bagian akhir dari perjalanan menuntut ilmu yaitu menyelesaikan tugas akhir. Tugas akhir ini telah selesai dan penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Alimin dan Ibu Rania yang senantiasa memberikan dukungan, doa serta nasihat disetiap langkah penulis dan memenuhi segala kebutuhan dari awal hingga sampai sekarang dengan penuh cinta dan kasih sayang. Salam cinta dan terima kasih yang terdalem kepada bapak dan mama. Penulis tidak akan bisa meraih apa yang digapai saat ini tanpa perjuangan dan doa dari kedua orang tua.

Penulis,
Riski Awaliyah Alimin

ABSTRAK

RISKI AWALIYAH ALIMIN. **Analisis tingkat konsentrasi *particulate matter* di jalan poros makassar-maros saat arus mudik dan arus balik lebaran idul fitri** (dibimbing oleh Muralia Hustim).

Latar Belakang. Fenomena “mudik” merupakan tradisi eksodus tahunan masyarakat dari daerah perkotaan ke kampung halamannya pada hari raya Idul Fitri, yang mengakibatkan peningkatan volume kendaraan dan polusi udara secara signifikan. Jalan Poros Makassar-Maros sebagai jalan penghubung antar kota merupakan salah satu jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi, sehingga dapat mempengaruhi kualitas udara dengan meningkatnya konsentrasi partikulat/debu. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi *Particulate Matter* (PM) dan menganalisis hubungan antara konsentrasi PM dengan volume dan kecepatan kendaraan serta data meteorologi pada periode “mudik” di Jalan Poros Makassar-Maros. **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode sampling PM secara langsung di Jalan Poros Makassar-Maros menggunakan alat *Ambient Nanoparticle Sampler* (ANS) selama 5 hari (H-3, H-2, H+2, H+3 lebaran, dan hari normal) dengan waktu pengukuran selama 1 jam per interval waktu (pagi, siang, dan sore). **Hasil.** Berdasarkan hasil analisis sampel diperoleh konsentrasi PM tertinggi terdapat pada hari biasa, disusul H-2, H+2, H-3, dan H+3 lebaran. Studi ini juga mengungkapkan korelasi positif antara konsentrasi PM dan volume lalu lintas, namun korelasi negatif dengan kecepatan kendaraan. Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu berkorelasi positif dengan konsentrasi PM, sedangkan kelembaban, kecepatan angin, dan tekanan udara berkorelasi negatif. **Kesimpulan.** Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi PM selama periode “mudik” melebihi standar kualitas udara yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia. Studi ini memberikan wawasan mengenai dampak mudik terhadap kualitas udara sehingga perlu adanya tindakan efektif untuk mengurangi polusi udara selama periode ini.

Kata Kunci: Konsentrasi *Particulate Matter* (PM); volume kendaraan; kecepatan kendaraan; data meteorologi; mudik

ABSTRACT

RISKI AWALIYAH ALIMIN. **Analysis of the concentration level of particulate matter on the makassar-maros shaft road when the flow of homecoming and backflow eid al-fitr** (Supervised by Muralia Hustim).

Background. The "homecoming" phenomenon is a tradition of the annual exodus of people from urban areas to their hometowns during the Eid al-Fitr holiday, which results in a significant increase in vehicle volume and air pollution. Jalan Poros Makassar-Maros as a connecting road between cities is one of the roads with a high traffic volume, so it can affect air quality by increasing the concentration of particulates/dust. **Aim.** This study aims to analyze the concentration of Particulate Matter (PM) and analyze the relationship between PM concentration and vehicle volume and speed as well as meteorological data during the "homecoming" period on Jalan Poros Makassar-Maros. **Method.** This study uses a direct PM sampling method on Jalan Poros Makassar-Maros using an Ambient Nanoparticle Sampler (ANS) for 5 days (D-3, D-2, D+2, D+3 Eid, and normal day) with measurement times for 1 hour per time interval (morning, afternoon and evening). **Results.** Based on the results of sample analysis, it was found that the highest PM concentration was on weekdays, followed by H-2, H+2, H-3, and H+3 of Eid. This study also revealed a positive correlation between PM concentration and traffic volume, but a negative correlation with vehicle speed. Furthermore, the research results show that temperature is positively correlated with PM concentration, while humidity, wind speed and air pressure are negatively correlated. **Conclusion.** The results obtained show that PM concentrations during the "mudik" period exceed the air quality standards set by the Indonesian government. This study provides insight into the impact of returning home on air quality so that effective measures are needed to reduce air pollution during this period.

Keywords: Particulate Matter (PM) concentration, vehicle volume, vehicle speed; meteorological data; homecoming

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Teori	4
BAB II. METODE PENELITIAN	18
2.1 Bagan Alir Penelitian	18
2.2 Rancangan Penelitian	18
2.3 Waktu dan Lokasi Penelitian	19
2.4 Alat dan Bahan.....	22
2.5 Metode Pengambilan Data.....	24
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
3.1 Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> (PM)	31
3.2 Volume Kendaraan.....	46
3.3 Kecepatan Kendaraan.....	54
3.4 Data Meteorologi	61
3.5 Hubungan Tingkat Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> dengan Volume Kendaraan.....	68
3.6 Hubungan Tingkat Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> dengan Kecepatan Kendaraan.....	75
3.7 Hubungan Tingkat Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> dengan Data Meteorologi.....	80
3.8 Perbandingan Variabel Pengukuran Antara H-3, H-2, H+2, H+3 Lebaran dan Hari Normal	87
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN	95
4.1 Kesimpulan.....	95
4.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA.....	97
LAMPIRAN.....	99

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Baku mutu pencemaran udara nasional	11
2. Klasifikasi nilai PM	13
3. Pedoman interpretasi koefisien korelasi	16
4. Jadwal pelaksanaan pengambilan data	19
5. Rekapitulasi rata-rata data meteorologi	67
6. Hasil uji linearitas konsentrasi TSP terhadap volume kendaraan	69
7. Hasil uji linearitas konsentrasi PM ₁₀ terhadap volume kendaraan	71
8. Hasil uji linearitas konsentrasi PM _{2,5} terhadap volume kendaraan	73
9. Hasil uji linearitas konsentrasi TSP terhadap kecepatan kendaraan	75
10. Hasil uji linearitas konsentrasi PM ₁₀ terhadap kecepatan kendaraan	77
11. Hasil uji linearitas konsentrasi PM _{2,5} terhadap kecepatan kendaraan.....	78
12. Hasil uji linearitas konsentrasi TSP terhadap data meteorologi	80
13. Hasil uji linearitas konsentrasi PM ₁₀ terhadap data meteorologi	83
14. Hasil uji linearitas konsentrasi PM _{2,5} terhadap data meteorologi	85
15. Uji perbedaan tingkat konsentrasi ukuran PM di lima hari pengukuran	87
16. Uji perbedaan tingkat konsentrasi total PM di lima hari pengukuran.....	88
17. Uji perbedaan volume kendaraan total di lima hari pengukuran	89
18. Uji perbedaan kecepatan kendaraan rata-rata di lima hari pengukuran.....	90
19. Uji perbedaan data temperatur di lima hari pengukuran.....	91
20. Uji perbedaan data kelembapan di lima hari pengukuran	92
21. Uji perbedaan data kecepatan angin di lima hari pengukuran	92
22. Uji perbedaan data tekanan udara di lima hari pengukuran	93
23. Rekapitulasi perhitungan konsentrasi PM H-3, H-2, H+2, H+3 lebaran dan hari normal	104
24. Rekapitulasi volume kendaraan	105
25. Rekapitulasi kecepatan kendaraan	106

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Contoh pengaplikasian klasifikasi nilai $PM_{2,5}$	13
2. Bagan alir penelitian.....	18
3. Peta Lokasi penelitian ruas Jalan Poros Makassar-Maros.....	20
4. Detail titik lokasi penelitian.....	21
5. Ilustrasi penempatan alat pengambilan data di titik lokasi.....	21
6. Alat dan bahan pengukuran.....	22
7. Alat dan bahan analisis.....	23
8. Diagram alir tahap pengambilan data.....	26
9. Diagram alir analisis data konsentrasi PM.....	28
10. Konsentrasi PM per <i>size</i> di H-3 lebaran.....	31
11. Konsentrasi total PM di H-3 lebaran.....	32
12. Konsentrasi PM per <i>size</i> di H-2 lebaran.....	33
13. Konsentrasi total PM di H-2 lebaran.....	35
14. Konsentrasi PM per <i>size</i> di H+2 lebaran.....	36
15. Konsentrasi total PM di H+2 lebaran.....	37
16. Konsentrasi PM per <i>size</i> di H+3 lebaran.....	38
17. Konsentrasi total PM di H+3 lebaran.....	39
18. Konsentrasi PM per <i>size</i> di hari normal.....	40
19. Konsentrasi total PM di hari normal.....	42
20. Rekapitulasi tingkat konsentrasi PM per <i>size</i>	43
21. Rekapitulasi tingkat konsentrasi total PM.....	45
22. Volume kendaraan H-3 lebaran.....	47
23. Volume kendaraan H-2 lebaran.....	48
24. Volume kendaraan H+2 lebaran.....	50
25. Volume kendaraan H+3 lebaran.....	51
26. Volume kendaraan hari normal.....	53
27. Rekapitulasi volume kendaraan.....	54
28. Kecepatan kendaraan H-3 lebaran.....	55
29. Kecepatan kendaraan H-2 lebaran.....	56
30. Kecepatan kendaraan H+2 lebaran.....	57
31. Kecepatan kendaraan H+3 lebaran.....	58
32. Kecepatan kendaraan hari normal.....	60
33. Rekapitulasi rata-rata kecepatan kendaraan.....	61
34. Rata-rata temperatur udara.....	62
35. Rata-rata kelembapan udara.....	64
36. Rata-rata kecepatan angin.....	65
37. Rata-rata tekanan udara.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Contoh Perhitungan Nilai Tingkat Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> (PM) H-3 Lebaran Interval Pagi	99
2. Rekapitulasi Tingkat konsentrasi <i>Particulate Matter</i> (PM)	104
3. Rekapitulasi Volume Kendaraan.....	105
4. Rekapitulasi Kecepatan Kendaraan.....	106
5. Hasil Uji Normalitas.....	107
6. Hasil analisis hubungan konsentrasi PM dengan volume kendaraan	113
7. Hasil analisis hubungan konsentrasi PM dengan kecepatan kendaraan	116
8. Hasil analisis hubungan konsentrasi PM dengan data meteorologi	118
9. Hasil Uji Beda <i>Paired Sampled T-Test</i>	121
10. Dokumentasi	129
11. Dokumentasi kertas saring hasil pengukuran	133

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki banyak tradisi di setiap tahunnya, salah satunya yaitu mudik. Mudik diartikan sebagai “pulang kampung”, meski secara harfiah dari kata “udik atau kampung”, sehingga makna mudik bisa diartikan sebagai “pulang kampung” yang selalu dilakukan orang Indonesia sebelum hari raya Idul Fitri. Pada umumnya mudik lebaran dilakukan oleh seluruh umat Islam yang tinggal di luar kota asalnya atau yang tinggal jauh dari kampung halamannya. Kebiasaan ini dilaksanakan mulai tujuh hari sebelum lebaran hingga tujuh hari setelah lebaran. Jangka waktu untuk kembali ke tempat asal mereka berbeda-beda untuk setiap orang, tergantung pada jangka waktu cuti yang diberikan oleh pemberi kerja atau tempat kerja di kota (Walyudin dkk., 2021).

Fenomena mudik di Indonesia sudah menjadi tradisi masyarakat Indonesia khususnya saat Idul Fitri. Seperti data yang diperoleh dari Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (Kemenhub) yang memperkirakan jumlah masyarakat yang melakukan mudik lebaran Idul Fitri 2024 mencapai 193,6 juta jiwa, meningkat 13,7% dari tahun sebelumnya (Kominfo, 2023). Data tersebut mengindikasikan bahwa banyaknya masyarakat yang akan melaksanakan mudik akan menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah kendaraan di jalan raya. Salah satu alternatif yang sering digunakan untuk mudik adalah melalui jalur darat yaitu menggunakan kendaraan pribadi, karena biaya yang dikeluarkan lebih murah. Lonjakan volume lalu lintas ini dapat berdampak besar pada kualitas udara, dengan meningkatnya konsentrasi *Particulate Matter* di jalan raya (Lyseptiano dkk., 2019).

Kualitas udara merupakan salah satu aspek penting yang bermanfaat sebagai indikator baik-buruknya atau nyaman-tidaknyanya udara suatu tempat. Pencemaran udara menjadi perhatian serius di beberapa kota di Indonesia karena berkaitan dengan kecenderungan penurunan kualitas udara di wilayah tersebut. Pencemaran udara merupakan salah satu kerusakan lingkungan yang berupa penurunan kualitas udara karena masuknya unsur-unsur berbahaya ke dalam udara atau atmosfer bumi. Unsur-unsur berbahaya tersebut salah satunya dikenal dengan partikulat. Partikulat merupakan salah satu polutan yang berbahaya dan mengancam kesehatan manusia. Partikulat merupakan pencemar udara berupa padatan halus (debu, pasir, asap, dan sebagainya) yang melayang-layang atau berada di atmosfer. *Particulate Matter* menjadi komponen dan indikator dari polusi udara (Prih Waryatno dkk., 2022).

Particulate Matter berasal dari asap, pasir/debu dari bahan bangunan, jalan, tanah, gas pembuangan kendaraan bermotor maupun industri. Pencemar udara berupa partikulat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu PM_{10} (*Particulate Matter*) yang berdiameter $<10 \mu m$, $PM_{2,5}$ dengan diameter $<2,5 \mu m$, dan TSP (*Total Suspended Particulate*) dengan ukuran diameter $<100 \mu m$ yang juga dikenal sebagai total partikel tersuspensi yang sangat kecil (Nurfadillah dkk., 2023). Partikel polusi dengan ukuran diameter di bawah 2,5 mikron mampu masuk ke dalam sistem pernapasan

bahkan mengendap dalam paru-paru manusia sehingga mengakibatkan rusaknya sistem pernapasan manusia. Menghirup polusi partikulat dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia. Semakin tinggi polusi udara akibat kepadatan kendaraan, maka akan berdampak pada penurunan kualitas udara di wilayah tersebut (Prih Waryatno dkk., 2022).

Salah satu kota besar di Indonesia yang mengalami peningkatan jumlah kendaraan yang sangat tinggi yaitu Kota Makassar. Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia dengan tingkat kinerja lalu lintas yang rendah. Hal ini dibuktikan dengan hasil evaluasi Kementerian Lingkungan Hidup pada tahun 2013, dimana Kota Makassar masuk dalam kategori *Level Of Service* (LOS) F yaitu kondisi jalan dengan arus terhambat, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas, dan banyak berhenti. Pada beberapa ruas jalan yang ada di Kota Makassar, masalah lalu lintas seperti kemacetan menjadi masalah yang sering kali dijumpai. Jalan Poros Makassar-Maros merupakan salah satu jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi, sehingga mempengaruhi kualitas transportasi dan kinerja ruas jalan. Tingginya aktivitas pergerakan di ruas jalan ini disebabkan oleh peran Jalan Poros Makassar-Maros sebagai jalan penghubung antara Kota Makassar dengan Kabupaten Maros (Marsyanda dkk., 2022). Tingginya kepadatan kendaraan di suatu wilayah akan mengakibatkan tingginya pencemaran udara di daerah terutama konsentrasi *Particulate Matter* (PM).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai **“Analisis Tingkat Konsentrasi *Particulate Matter* Di Jalan Poros Makassar-Maros Saat Arus Mudik Dan Arus Balik Lebaran Idul Fitri”**. Sehingga dapat diketahui tingkat konsentrasi *Particulate Matter* (PM) di Jalan Poros Makassar-Maros pada saat arus mudik dan hari normal. Pada penelitian ini, pengukuran konsentrasi *Particulate Matter* (PM) dilakukan dengan metode pengukuran manual menggunakan alat *Ambient Nanoparticle Sampler* (ANS).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2,5}$, $PM_{2,5-1}$, $PM_{1-0,5}$, $PM_{<0,5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2,5}$) di Jalan Poros Makassar-Maros saat arus mudik lebaran?
2. Bagaimana hubungan tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2,5}$, $PM_{2,5-1}$, $PM_{1-0,5}$, $PM_{<0,5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2,5}$) dengan volume dan kecepatan kendaraan di Jalan Poros Makassar-Maros saat arus mudik lebaran?
3. Bagaimana hubungan tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2,5}$, $PM_{2,5-1}$, $PM_{1-0,5}$, $PM_{<0,5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2,5}$) dengan data meteorologi seperti temperatur, kelembapan udara, kecepatan angin, dan tekanan udara di Jalan Poros Makassar-Maros saat arus mudik lebaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2.5}$, $PM_{2.5-1}$, $PM_{1-0.5}$, $PM_{<0.5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$) di Jalan Poros Makassar-Maros saat arus mudik lebaran.
2. Menganalisis hubungan tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2.5}$, $PM_{2.5-1}$, $PM_{1-0.5}$, $PM_{<0.5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$) dengan volume dan kecepatan kendaraan di Jalan Poros Makassar-Maros saat arus mudik lebaran.
3. Menganalisis hubungan tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2.5}$, $PM_{2.5-1}$, $PM_{1-0.5}$, $PM_{<0.5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$) dengan data meteorologi seperti temperatur, kelembapan udara, kecepatan angin, dan tekanan udara di Jalan Poros Makassar-Maros saat arus mudik lebaran.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Sebagai pemenuhan syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 (S1) dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST) di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
2. Sebagai bahan arsip penelitian dan referensi tambahan bagi para peneliti selanjutnya, khususnya terkait tingkat konsentrasi *Particulate Matter* (PM).
3. Sebagai bahan masukan kepada pemerintah dan masyarakat dalam melakukan bentuk pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat konsentrasi *Particulate Matter* (PM) di wilayah tersebut.

1.5 Ruang Lingkup

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini perlu dibatasi. Tujuan dari pembatasan masalah ini adalah untuk menarik perhatian penelitian dengan kesimpulan yang tepat dan menyeluruh tentang aspek yang diteliti. Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2.5}$, $PM_{2.5-1}$, $PM_{1-0.5}$, $PM_{<0.5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$) yang akan dianalisis berasal dari lalu lintas kendaraan di Jalan Poros Makassar-Maros (Perbatasan Makassar-Maros) dekat dengan *Underpass* Mandai.
2. Pengambilan data tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2.5}$, $PM_{2.5-1}$, $PM_{1-0.5}$, $PM_{<0.5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$) pada Jalan Poros Makassar-Maros dilakukan selama arus mudik lebaran (H-3 & H-2), arus balik lebaran (H+3 & H+2), dan hari normal biasa dengan waktu pengukuran di lapangan selama 1 jam per periode pengukuran dengan 3 interval waktu (1 jam di pagi hari (08:00-11:00), 1 jam di siang hari (12:00-15:00), dan 1 jam di sore hari (15:00-18:00)).

3. Pengambilan data tingkat konsentrasi *Particulate Matter* ($PM_{>10}$, $PM_{10-2,5}$, $PM_{2,5-1}$, $PM_{1-0,5}$, $PM_{<0,5}$, TSP, PM_{10} , $PM_{2,5}$) di Jalan Poros Makassar-Maros dilakukan bersamaan dengan pengambilan data volume kendaraan, kecepatan kendaraan, dan data meteorologi.

1.6 Teori

1.6.1 Udara

Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien tidak turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Udara adalah atmosfer yang berada disekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan. Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernapas, karbon dioksida (CO_2) untuk proses fotosintesis oleh klorofil, dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultraviolet (Hadihardaja, 2020).

Udara dapat digolongkan menjadi 2, yaitu udara ambien dan udara emisi. Udara ambien merupakan udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Dalam keadaan normal, udara ambien ini akan terdiri dari gas nitrogen (78%), oksigen (20%), argon (0,93%), dan gas karbon dioksida (0,03%). Udara emisi adalah udara yang langsung dikeluarkan oleh sumber emisi seperti knalpot kendaraan bermotor dan cerobong gas buang pabrik (Badan Standarisasi Nasional, 2018).

Sedangkan berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan lainnya. Gas-gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas-gas mulia, nitrogen oksida, hidrogen, metana, belerang dioksida, ammonia, dan lain-lain. Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan normal seperti tersebut di atas dan kemudian mengganggu kehidupan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan, dan lain sebagainya, maka berarti udara telah tercemar (Hartono, 2020).

1.6.2 Pencemaran udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan atau mempengaruhi kesehatan manusia (Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1407/MENKES/SK/XI/2002).

Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, sumber pencemar adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Sumber-sumber pencemar udara dapat bersifat alami maupun akibat aktivitas manusia. Pencemaran udara terjadi akibat dilepaskannya zat pencemar dari berbagai sumber ke udara. Pencemaran udara terbagi menjadi pencemaran primer dan pencemaran sekunder. Polutan primer adalah polutan yang timbul langsung dari sumber pencemaran udara. Karbon dioksida (CO₂) adalah contoh polutan primer yang dihasilkan oleh pembakaran. Polutan sekunder adalah polutan yang dihasilkan dari reaksi polutan primer di atmosfer. Pembentukan ozon dalam kabut fotokimia adalah contoh polusi udara sekunder (Siburian, 2020).

Secara umum, sumber pencemaran udara ada dua, yaitu sumber alami (*natural source*) seperti letusan gunung berapi dan antropogenik (*anthropogenic sources*) seperti lalu lintas, emisi pabrik, dan sumber pencemar lainnya. Sumber pencemaran antropogenik adalah kegiatan manusia yang melepaskan polutan primer ke atmosfer. Ada dua kategori antropogenik, yaitu sumber tidak bergerak seperti pembangkit listrik berbahan bakar fosil, pabrik, rumah tangga, jasa dan lain-lain, dan sumber bergerak seperti truk, bus, pesawat dan kereta api (Hartarani et al., 2019).

1.6.3 Partikulat di udara

Menurut (Arismaya & Hergiana, n.d.), partikulat merupakan salah satu sumber pencemar udara dengan diameter 0,1-100 μm . Berbagai proses alami menyebabkan penyebaran partikel ke atmosfer, seperti letusan gunung berapi dan debu, serta tanah yang tertiuip angin. Aktivitas manusia juga mempengaruhi penyebaran partikulat, misalnya melalui penyebaran partikel debu dan asbes dari bahan bangunan, fly ash dari peleburan baja, dan asap dari proses pembakaran yang tidak sempurna terutama Batubara. Sumber utama partikel adalah pembakaran bahan bakar di sumbernya, diikuti oleh proses industri.

Menurut Ihsan et al (2021), partikulat dikenal sebagai pencemar utama yang berbahaya terhadap kesehatan. Hal ini mendapat banyak perhatian, terutama di negara-negara berkembang yang sedang mengalami proses urbanisasi akibat peningkatan industri dan transportasi. Partikulat yang terhirup manusia terkait erat dengan morbiditas (kesehatan dan penyakit) dan mortalitas (kematian), dengan sekitar 28 % penyakit dan kematian disebabkan oleh materi partikulat dari polusi udara di negara berkembang.

Efek akut paparan jangka pendek terhadap partikel (PM_{2,5} dan PM₁₀) meningkatkan kematian akibat penyakit pernapasan dan kardiovaskular di rumah sakit. Pada saat yang sama, efek non-akut dari paparan jangka pendek terhadap

partikel memperparah gejala asma dan penyakit fisik, yang mengakibatkan penurunan produktivitas (Ihsan et al., 2021).

Toksisitas partikel halus yang dihasilkan dari berbagai sumber pembakaran (mesin diesel, mesin bensin, pembakaran biomassa (pembakaran jerami padi dan batang pinus), dan pembakaran batu bara) dan sumber non-pembakaran (debu jalan termasuk aerosol semprotan laut, amonium sulfat, amonium nitrat, dan aerosol organik sekunder (SOA)), yang dikenal sebagai sumber utama $PM_{2,5}$, telah ditentukan. Skor toksisitas tertinggi diperoleh oleh partikel knalpot mesin diesel, diikuti oleh partikel knalpot mesin bensin, partikel pembakaran biomassa, partikel pembakaran batu bara, dan debu jalan, menunjukkan bahwa lalu lintas memainkan peran paling penting dalam meningkatkan efek toksik dari partikel halus (Park et al., 2018).

1.6.4 *Particulate Matter (PM)*

Particulate Matter (PM) adalah partikel debu tersuspensi di udara untuk waktu yang lama atau partikel debu yang ditemukan di udara, termasuk debu, kotoran, jelaga, dan asap (Ridayanti et al., 2022). *Particulate Matter* merupakan sumber emisi terbesar dan di udara ambien. Komponen-komponen terbesar PM terdiri dari sulfat, nitrat, ammonia, sodium klorida, karbon, debu mineral dan air (Amelia et al., 2018).

Menurut (Maziya, 2020), partikel udara secara umum dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu:

1. Partikel halus (*fine particle*) adalah partikel yang lebih kecil dari $2,5 \mu m$.
2. Partikel kasar (*coarse particle*) adalah partikel yang berukuran lebih besar dari $2,5 \mu m$.

Selanjutnya, berikut merupakan beberapa istilah yang dapat menggambarkan partikel berdasarkan pembentukan dan ukurannya (Maziya, 2020):

1. Debu (*dust*), yaitu aerosol padat yang dihasilkan oleh penghancuran material besar secara mekanis seperti penghancuran dan pendaratan. Ukuran partikel berkisar dari submicron hingga terlihat. Partikel kasar berukuran $>2,5 \mu m$, sedangkan partikel halus berukuran $<2,5 \mu m$.
2. *Fume* yaitu aerosol padat yang dibentuk oleh kondensasi uap atau gas pembakaran. Ukuran partikelnya kurang dari $1 \mu m$. Definisi ini berbeda dari definisi yang diterima secara umum berdasarkan pada keberadaan polutan berbahaya.
3. Asap (*smoke*) yaitu aerosol yang terlihat dari pembakaran tidak sempurna. Ukuran partikelnya (padat atau cair) kurang dari $1 \mu m$.
4. Kabut (*mist*) yaitu aerosol cair yang dihasilkan dari proses kondensasi atau atomisasi. Ukuran partikel berkisar dari submikron hingga $20 \mu m$.

Particulate Matter memiliki bentuk cair dan padat. Ada juga yang memiliki inti padat tetapi dikelilingi cairan. Partikel-partikel ini terdiri dari ion organik, unsur karbon, senyawa organik, logam berat, dan senyawa lainnya (Maziya, 2020). Adapun *Particulate Matter* terbagi menjadi beberapa bagian berdasarkan ukurannya, yaitu PM_1 , $PM_{2,5}$, dan PM_{10} .

PM₁. PM₁ adalah komponen utama dari PM_{2,5}. Namun, PM₁ mungkin berbeda dari PM_{2,5} dalam hal sifat fisikokimia (misalnya rasio luas permukaan terhadap massa yang lebih tinggi dan komposisi kimia yang lebih beracun). PM₁ dapat memiliki efek kesehatan yang lebih merusak daripada PM_{2,5} (B.-Y. Yang et al., (2019) dalam Salsabila, (2023)).

Bukti bahkan menunjukkan bahwa PM₁ terdapat lebih dari 80% disbanding PM_{2,5} di Cina. Dibandingkan dengan PM_{2,5}, PM₁ memiliki ukuran diameter yang lebih kecil, tetapi memiliki rasio luas permukaan terhadap massa yang lebih tinggi, dan membawa lebih banyak racun dari emisi antropogenik. Dengan demikian, PM₁ dapat menembus lebih dalam ke alveoli paru-paru dan memiliki peluang lebih tinggi untuk mempengaruhi kesehatan manusia (B.-Y. Yang et al., (2019) dalam Salsabila, (2023)).

Partikel PM₁ memiliki potensi yang lebih besar untuk interaksi biologis yang merusak dengan jaringan pernapasan dan risiko untuk hasil kesehatan yang merugikan. Namun, PM₁ tidak diukur secara rutin karena tidak terdapat pada standar kualitas udara di sebagian besar negara dan data untuk mengkarakterisasi paparan yang tersedia terbatas (M. Yang et al., (2018) dalam (Salsabila, 2023)).

PM_{2,5}. *Particulate Matter 2,5* yang disingkat PM_{2,5} merupakan partikel udara yang memiliki ukuran $\leq 2,5 \mu\text{m}$. Paparan PM_{2,5} dapat merusak fungsi paru-paru dan memperburuk kondisi kesehatan seperti asma, bronchitis, dan kanker paru-paru. PM_{2,5} berasal dari berbagai sumber seperti hasil pembakaran BBM pada kendaraan bermotor dan kebakaran hutan (Ruchjana et al., 2021 dalam Salsabila, 2023). PM_{2,5} Merupakan salah satu penyebab masalah kesehatan seperti ISPA pada anak, penyakit obstruk kronis, asma, dan kanker paru-paru (Ridayanti et al., 2022).

PM_{2,5} terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, termasuk lalu lintas jalan raya, pembangkit listrik, pemanas industri dan perumahan menggunakan minyak, batu bara, atau kayu. Partikel yang terbentuk dengan cara ini umumnya terdiri dari karbon, logam transisi, molekul organik kompleks, sulfat, dan nitrat. Knalpot mesin kendaraan (terutama knalpot diesel) sangat kaya akan partikel nano, yang meskipun hanya menyumbang sebagian kecil dari total massa PM_{2,5}, memiliki luas permukaan reaktif yang lebih besar untuk massa tertentu (Lee et al., 2018 dalam Salsabila, 2023).

Paparan partikel halus (PM_{2,5}) adalah faktor risiko lingkungan utama untuk beban penyakit global dengan perkiraan 3 juta kematian yang disebabkan di seluruh dunia pada tahun 2017. Selain itu, *World Health Organization* (WHO) memperkirakan bahwa 92% dari populasi dunia tinggal di daerah dengan PM_{2,5} rata-rata tahunan lebih besar dari $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, melebihi pedoman kualitas udara mereka untuk paparan PM_{2,5} (Hammer et al., 2020 dalam Salsabila, 2023).

PM₁₀. Menurut (Organization, 2013), PM₁₀ adalah partikel yang lebih kecil dari $10 \mu\text{m}$. PM₁₀ terdiri dari partikel berukuran sekecil $2,5 \mu\text{m}$ dan beberapa partikel kasar berukuran mulai dari $2,5 \mu\text{m}$ hingga $10 \mu\text{m}$. Partikel-partikel ini terdiri dari berbagai ukuran, bentuk, dan ratusan bahan kimia yang berbeda. PM₁₀ berasal dari debu

jalan, debu konstruksi, material handling, knalpot kendaraan, dan cerobong asap industri, serta dari kegiatan penghancuran dan penggilingan.

PM₁₀ merupakan pencemar udara yang tergolong pencemar primer (*primary pollutant*), yang masuk ke udara secara langsung dari sumber pencemar seperti kendaraan bermotor. Partikel kecil di udara dapat terhirup ke dalam saluran udara dan menyebabkan masalah pernapasan dan kerusakan paru-paru (Gunawan et al., 2018).

PM₁₀ juga menyebabkan berbagai masalah selain yang berkaitan dengan kesehatan manusia, seperti mengurangi jarak pandang di daerah berpenduduk dan merupakan faktor penting bagi perubahan iklim. Karena peristiwa polusi udara yang serius sering terjadi, peran aktivitas manusia terhadap konsentrasi polutan udara termasuk PM₁₀ telah diselidiki di beberapa kota besar di seluruh dunia. Studi-studi ini menunjukkan bahwa pengoperasian mobil adalah sumber utama polutan udara ambien, diikuti oleh pembakaran industri. Juga telah ditunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti kecepatan angin kencang, lapisan batas planet, tekanan permukaan laut, divergensi angin, dan curah hujan memberikan pengaruh besar pada konsentrasi PM₁₀ (Kim & Kim, 2020 dalam Salsabila, 2023).

1.6.5 Dispersi polutan

Dispersi adalah salah satu mekanisme yang dapat menyebabkan polutan atau bahan tertentu menyebar. Dispersi atau difusi adalah penyebaran polutan di udara karena adanya perbedaan atau perubahan konsentrasi (Anzira & Ahmad, 2020). Disperse polutan adalah proses dimana polutan mengalir secara terus menerus terlepas dari sumbernya dan dihembuskan ke atmosfer terbuka oleh angin yang stabil. Aliran polutan berputar ke bawah dan terus bergerak sesuai arah rata-rata angin menyebarkan konsentrasi polutan dan membawa polutan jauh dari sumbernya (Abidin & Hasibuan, 2019).

Dispersi polutan dipengaruhi oleh angin (arah dan kecepatan), yang mempengaruhi arah dan tingkat konsentrasi polutan di daerah tersebut. Arah angin menentukan arah area paparan, sedangkan kecepatan angin menentukan seberapa jauh polutan dibawa sepanjang arah angin yang berlaku. Faktor-faktor meteorologi ini saling berhubungan. Temperatur yang tinggi menyebabkan udara mengembang dengan cepat, menyebabkan ketidakstabilan udara (Turyanti, 2011).

1.6.6 Faktor-faktor yang mempengaruhi dispersi partikel

Polusi udara yang dihasilkan dari aktivitas industri/pabrik, pembangkit listrik, kebakaran hutan dan kendaraan bermotor menyebar ke lingkungan sehingga lingkungan terkontaminasi zat dari polutan tersebut. Penyebaran polutan di atmosfer melibatkan tiga mekanisme utama yaitu gerakan udara secara global, fluktuasi kecepatan turbulensi yang akan menyebabkan polutan ke seluruh arah, dan difusi masa akibat perbedaan konsentrasi. Penyebaran cemaran dari suatu sumber emisi selain dipengaruhi oleh karakteristik sumber emisi juga dipengaruhi oleh karakteristik

meteorologi dan topografi setempat. 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. Dispersi adalah proses perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan yang telah diemisikan ke udara oleh atmosfer. Proses disperse 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 pultan yang terjadi (Pujaardana dalam Ilham, 2021). Kondisi meteorologi yang dapat memengaruhi dispersi polutan di udara adalah sebagai berikut:

a. Temperatur udara

Temperatur udara yang rendah menyebabkan densitas udara di dekat permukaan bumi hampir sama dengan densitas udara yang berada di atasnya, akibatnya aliran konveksi udara bergerak lambat sehingga konsentrasi polutan menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan begitupun sebaliknya (Syech, dkk, 2014 dalam Ilham, 2021).

b. Kelembapan udara

Kelembapan udara adalah parameter yang menunjukkan jumlah uap air di udara. Kelembapan udara merupakan derajat kelembaban di udara, karena air selalu ada dalam bentuk uap air. Konsentrasi uap air di udara hangat lebih tinggi daripada konsentrasi uap air di udara dingin. Semakin banyak uap air di udara, maka kelembapan udara semakin tinggi. Udara yang mengandung uap air sebanyak yang dapat ditampungnya disebut udara jenuh. Kelembapan udara yang tinggi dapat meningkatkan risiko flu dan infeksi pernapasan (Utama et al., 2019).

Macam-macam kelembapan udara yaitu (1) Kelembapan relatif atau nisbi adalah perbandingan jumlah uap air di udara dengan yang terkandung di udara pada temperatur yang sama; (2) Kelembapan absolut atau mutlak adalah banyaknya uap air dalam satuan gram; dan (3) Kelembapan udara yang menggambarkan konsentrasi uap air di udara, yang dpaat dinyatakan sebagai kelembapan absolut, kelembapan relatif (nisbi) atau defisit tekanan uap air (Bhaktian et al., 2022).

Adapun besaran yang biasa digunakan untuk menunjukkan kelembapan adalah kelembapan relatif, yang diukur dengan higrometer. Kelembapan relatif bervariasi menurut tempat dan waktu. Kelembapan relatif secara bertahap menurun pada siang hari dan kemudian meningkat pada sore hingga dini hari. Kelembapan relatif membandingkan konsentrasi tekanan uap air sebenarnya dengan keadaan jenuhnya atau kemampuan udara menahan uap air,

kemampuan udara menahan uap air (ketika jenuh) bergantung pada temperatur udara (Bhaktian et al., 2022).

c. Tekanan

Besarnya tekanan udara di suatu tempat sangat bergantung pada jumlah udara di atasnya. Semakin tinggi suatu tempat maka semakin sedikit jumlah udara di atasnya, semakin sedikit berat udara yang ditahan wilayah tersebut sehingga tekanannya semakin sedikit. Hal tersebut berbanding terbalik dengan daerah atau dataran rendah, mereka mempunyai tekanan udara yang lebih besar. Jadi tekanan udara di suatu wilayah sangat ditentukan oleh ketinggian tempat atau wilayah tersebut dari permukaan air laut (Hidayah, 2019).

Tekanan udara juga dapat mempengaruhi tingkat kelembaban. Jika tekanan udara naik maka tingkat kelembaban udara juga akan naik. Naiknya kelembaban udara menyebabkan naiknya konsentrasi polutan. Pada udara yang lebih lembab polutan tidak gampang untuk berpindah secara vertikal ke atas, dan lebih sulit di encerkan (Hidayah, 2019).

d. Kecepatan angin

Angin menjadi faktor utama dalam dispersi polutan di udara karena dapat mengakibatkan perpindahan suatu zat. Arah angin dapat digunakan untuk menentukan daerah penerima dispersi zat, sedangkan kecepatan angin dapat digunakan untuk menentukan jangkauan daerah penerima. Dalam klimatologi, kecepatan angin merupakan jarak yang ditempuh oleh angin per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan knot, km/jam dan m/s. 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 (Ancilla, 2014 dalam Ilham, 2021).

Kecepatan angin dapat digunakan dalam menentukan jangkauan daerah penerima. Kecepatan angin yang lebih tinggi pada suatu tempat akan membawa polutan udara lebih cepat jauh dari sumbernya, sebaliknya bila kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan terkonsentrasinya polutan di sekitar sumber pencemaran atau berada dekat dari sumbernya dan dapat berlangsung lebih lama pada daerah yang bersangkutan. Dalam hal ini, angin akan membawa polutan berdasarkan arahnya. Sedangkan arah angin dapat digunakan untuk menentukan daerah penerima dispersi zat (Puspita, 2011 dalam Ilham, 2021).

1.6.7 Emisi kendaraan bermotor

Menurut (Indonesia, 1999), emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. Sumber emisi adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik.

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan dan keluar melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses

pembakaran merupakan reaksi kimia antara oksigen di udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan reaksi sempurna, sehingga menghasilkan sisa hasil pembakaran berupa gas buang yang mengandung karbon dioksida (CO_2), uap air (H_2O), oksigen (O_2) dan nitrogen (N_2) (Syaief et al., 2019). Selain itu, lalu lintas kendaraan bermotor juga dapat meningkatkan kadar partikulat debu yang berasal dari permukaan jalan, komponen ban, dan rem (Gunawan et al., 2018).

1.6.8 Klasifikasi kendaraan

Menurut (Umum, 1997), arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik tertentu per satuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan per jam, arus lalu lintas perkotaan terbagi menjadi empat sebagai berikut.

Kendaraan ringan (*Light Vehicle*) [LV]. Meliputi kendaraan bermotor 2 as beroda empat dengan jarak as 2.0 – 3.0 m (termasuk mobil penumpang, mikrobis, *pick-up*, truk kecil, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Kendaraan berat (*Heavy Vehicle*) [HV]. Meliputi kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3.5 m, biasanya beroda lebih dari empat (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi).

Sepeda motor (*Motor Cycle*) [MC]. Meliputi kendaraan bermotor roda dua atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan roda tiga, sesuai klasifikasi Bina Marga).

Kendaraan tidak bermotor (*Un Motorized*) [UM]. Meliputi kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia, hewan, dan lain-lain (termasuk becak, sepeda, kereta kuda, kereta dorong dan lain-lain, sesuai klasifikasi Bina Marga).

1.6.9 Baku mutu pencemaran udara

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021, baku mutu udara ambien adalah nilai pencemar udara yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Udara yang melebihi baku mutu dapat merusak lingkungan sekitar dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat sekitar. Pencemaran udara ambien dirasakan semakin hari semakin meningkat, terutama di kawasan perumahan, kawasan industri, dan kawasan padat lalu lintas, Dimana di kawasan-kawasan tersebut banyak terjadi kegiatan manusia. Pencemaran udara ambien dapat pula menimbulkan dampak terhadap lingkungan alam, antara lain hujan asam, penipisan lapisan ozon dan pemanasan global.

Tabel 1. Baku mutu pencemaran udara nasional

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1.	Sulfur Dioksida (SO_2)	1 jam	$150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu
		24 jam	$75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Manual
		1 tahun	$45 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu
2.	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	$10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	8 jam	4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu
		1 jam	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu Aktif Manual
		24 jam	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu
		1 tahun	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu
4.	Oksidan Fotokimia (O _x) sebagai Ozon (O ₃)	1 jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu Aktif Manual [#]
		8 jam	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu ^{##}
		1 tahun	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu
5.	Hidrokarbon Non Metana (NHMC)	3 jam	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu ^{###}
6.	Partikulat Debu < 100 μm (TSP)	24 jam	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Manual
		1 tahun	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Manual
	Partikulat Debu < 10 μm (PM 10)	24 jam	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu Aktif Manual
		1 tahun	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu
7.	Timbal (Pb)	24 jam	55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu Aktif Manual
		1 tahun	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif Kontinu

Sumber : Lampiran VII Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021

1.6.10 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Kualitas udara disampaikan kepada masyarakat dalam bentuk Indeks Standar Pencemaran Udara atau disingkat ISPU. ISPU adalah laporan kualitas udara kepada masyarakat untuk menerangkan seberapa bersih atau tercemarnya udara kita dan bagaimana dampaknya terhadap kesehatan kita setelah menghirup udara tersebut selama beberapa jam atau hari. Penetapan ISPU ini mempertimbangkan Tingkat mutu udara terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan dan nilai estetika (Sianipar, 2017 dalam Ilham, 2021).

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara, Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi dan waktu tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, indeks standar pencemar udara dapat digunakan sebagai:

- Bahan informasi kepada masyarakat tentang kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu.
- Bahan pertimbangan Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah dalam melaksanakan pengelolaan dan pengendalian pencemaran udara.

1.6.11 Klasifikasi nilai PM

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, konsentrasi PM_{2,5} dan PM₁₀ dapat diklasifikasikan menjadi lima kategori. Nilai konsentrasi PM dan kelima kategorinya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi nilai PM

Kategori	Baik	Sedang	Tidak Sehat	Sangat Tidak Sehat	Berbahaya
Konsentrasi PM_{2,5} ($\mu\text{g m}^{-3}$)	0 – 15,5	15,6 – 55,4	55,5 – 150,4	150,5 – 250,4	> 250,4
Konsentrasi PM₁₀ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	0 - 50	51 - 150	151 - 350	351 - 420	>420

Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2024

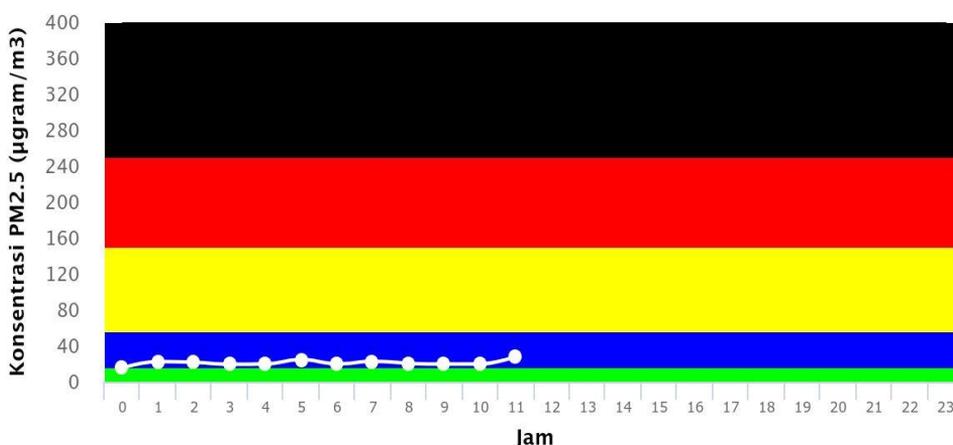
Adapun contoh pengaplikasian kategori ini pada Kabupaten Maros (untuk PM_{2,5}) dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

Keterangan:



Konsentrasi Partikulat PM2.5 di MAROS

Tanggal: 02 05 2024



Gambar 1. Contoh pengaplikasian klasifikasi nilai PM_{2,5}

1.6.12 Perhitungan konsentrasi *Particulate Matter*

a. Koreksi laju alir pada kondisi standar

Untuk menghitung nilai konsentrasi PM hasil pengukuran, terlebih dahulu harus dilakukan perhitungan nilai laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar yang dinyatakan dengan simbol Q_s . Nilai Q_s dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 7119-3:2017) :

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

Keterangan :

- Q_s = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (m^3 /menit);
- Q_o = Laju alir volume uji (m^3 /menit);
- T_s = Temperatur standar, 298 K;
- T_o = Temperatur rata-rata aktual ($273 + T_{ukur}$) dimana Q_o ditentukan;
- P_s = Tekanan barometrik standar, yaitu 101,3 kPa (760 mmHg);
- P_o = Tekanan barometrik rata-rata aktual dimana Q_o ditentukan.

CATATAN Jika menggunakan manometer, Q_o didapatkan dengan melakukan konversi tekanan menjadi laju alir menggunakan kurva korelasi yang didapat saat kalibrasi orifice sesuai Lampiran B SNI 7119-3:2017.

b. Volume Contoh Uji Udara

Setelah didapat nilai laju alir volume terkoreksi untuk Q_s , hal selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung banyak volume contoh uji udara dalam keadaan standar. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

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

Keterangan :

- V_{std} = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (m^3);
- Q_s = Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ke-s (m^3 /menit);
- n = Jumlah pencatatan laju alir;
- t = Durasi pengambilan contoh uji (menit).

CATATAN Jika menggunakan alat pengukur volume otomatis, catat volume dan konversikan ke volume pada keadaan standar.

c. Konsentrasi Partikel Tersuspensi Total Dalam Udara Ambien

Setelah dilakukan didapat perhitungan nilai volume konsentrasi contoh uji PM udara hasil dalam pengukuran keadaan standar. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

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

Keterangan :

- C = Konsentrasi massa partikel tersuspensi ($\mu g/m^3$);
- W_1 = Berat filter awal (g);
- W_2 = Berat filter akhir (g);
- V_{std} = Volume contoh uji udara dalam keadaan standar (m^3);
- 10^6 = Konversi gram (g) ke mikrogram (μg)

Nilai konsentrasi hasil perhitungan tersebut merupakan nilai konsentrasi dengan waktu pengukuran 1 jam. Untuk dapat dilakukan perbandingan dengan nilai baku mutu udara ambien yang berlaku maka harus dikonversi terlebih dahulu agar didapat nilai pendekatan konsentrasi PM untuk waktu pengukuran 24 jam.

d. Persamaan Canter

Konversi dilakukan dengan menggunakan persamaan konversi canter sebagai berikut:

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

Keterangan :

- C_1 = Konsentrasi yang setara dengan konsentrasi PM di udara dengan waktu pengukuran 24 jam;
- C_2 = Konsentrasi PM di udara dengan waktu pengukuran selama 1 jam;
- t_1 = Waktu pengukuran selama 24 jam;
- t_2 = Waktu pengukuran saat dilakukan pengambilan sampel;
- p = Faktor konversi dengan nilai 0,159

1.6.13 Alat Ambient Nanoparticle Sampler (ANS)

Ambient Nanoparticle Sampler adalah peralatan yang digunakan untuk pengumpulan kandungan partikel melalui filtrasi, sejumlah besar volume udara di atmosfer disedot dengan menggunakan pompa vakum kapasitas tinggi. Alat ANS juga dilengkapi dengan plat baja berbagai ukuran mikron sebagai tempat meletakkan kertas filter untuk memfilter partikulat yang masuk. Sehingga partikel dengan ukuran tertentu dapat terfilter di kertas saring. Selain itu perangkat alat ANS lainnya berupa alat contoh laju alir (*flowrate*) dan manometer.

Prinsip kerja dari *Ambient Nanoparticle Sampler* (ANS) dengan metode gravimetri adalah menentukan konsentrasi debu yang ada di udara dengan menggunakan pompa isap. Udara yang terhisap disaring dengan filter, sehingga debu yang ada di udara akan menempel pada filter tersebut. Berdasarkan jumlah udara yang terhisap dan berat debu yang menempel pada filter, akan diketahui konsentrasi debu yang ada di udara.

1.6.14 Uji statistik

Adapun perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Uji Normalitas. Uji normalitas merupakan salah satu bagian dari uji persyaratan analisis data atau uji asumsi klasik, artinya sebelum kita melakukan analisa statistik, untuk uji hipotesis dalam hal Analisa regresi maka data penelitian tersebut harus diuji kenormalan distribusinya. Uji normalitas Shapiro-Wilk adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui sebaran data acak suatu sampel kecil. Uji Shapiro-Wilk digunakan untuk menguji sampel data kurang dari 50 sampel ($N < 50$).

Pengambilan Keputusan dalam uji normalitas Shapiro-Wilk adalah jika nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05 maka data penelitian berdistribusi normal.

Sebaliknya, jika nilai signifikansi (Sig.) lebih kecil dari 0,05 maka data penelitian tidak berdistribusi normal (Juniawan dkk., 2022). Adapun uji normalitas ini dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 25.

Analisa Regresi Linear. Untuk mengetahui hubungan antara variabel x dan y, dapat digunakan rumus analisis regresi linear sederhana yaitu (Lane et al., 2017):

$$Y' = a + bX \quad (5)$$

Dimana:

Y' = nilai estimate variabel terikat

a = titik potong garis regresi pada sumbu y (nilai estimate Y' bila x = 0)

b = gradien garis regresi (perubahan nilai estimate Y' per satuan perubahan nilai x)

X = nilai variable bebas

Nilai b dapat dihitung dengan (Lane et al., 2017):

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (6)$$

Nilai a dapat dihitung dengan (Lane et al., 2017):

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Analisa Koefisien Korelasi dan Koefisien Determinasi. Adapun koefisien korelasi (r) dapat dihitung dengan (Lane et al., 2017):

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\}\{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (7)$$

Dengan r :

r = 0; tidak terdapat hubungan linier antara x dan y

r = 1, terdapat hubungan linier sempurna langsung antara x dan y, yaitu harga x besar berpasangan dengan y besar & x kecil dengan y kecil (perlakuan semakin mendekati garis regresi)

r = -1, terdapat hubungan linier sempurna tidak langsung antara x dan y, yaitu harga x besar berpasangan dengan y kecil atau sebaliknya

Interpretasi koefisien korelasi untuk menentukan tingkat hubungan antara variabel x dan y dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pedoman interpretasi koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber : Sugiyono, 2017

Sedangkan koefisien determinasi (R^2) dapat dihitung dengan (Lane et al., 2017):

$$R^2 = (r)^2 \times 100\% \quad (8)$$

Nilai koefisien determinasi banyaknya pengaruh yang diberikan oleh suatu faktor dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji Paired Sample T-Test. Uji *paired sample t-test* merupakan bagian dari uji hipotesis komparatif atau uji perbandingan. Data yang digunakan dalam uji *paired sample t-test* umumnya berupa data berskala interval atau rasio (data kuantitatif). Uji *paired sample t-test* bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata dua sampel (dua kelompok) yang saling berpasangan atau berhubungan. Uji *paired sample t-test* merupakan bagian dari analisis statistik parametrik. Oleh karena itu, sebagaimana aturan dasar dalam analisis statistik parametrik, maka persyaratan utamanya adalah data penelitian haruslah berdistribusi normal (Juniawan dkk., 2022).

Menurut Singgih Santoso (2014) dalam Juniawan dkk., 2022), pedoman pengambilan keputusan dalam uji *paired sample t-test* berdasarkan nilai signifikansi (Sig.). Hasil output SPSS adalah jika nilai Sig. (2-tailed) < 0,05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Sebaliknya, jika nilai Sig. (2-tailed) > 0,05 maka H_0 diterima dan H_a ditolak. Adapun hipotesis statistik yang digunakan dalam pengambilan Keputusan adalah sebagai berikut (Haryanti dkk., 2021):

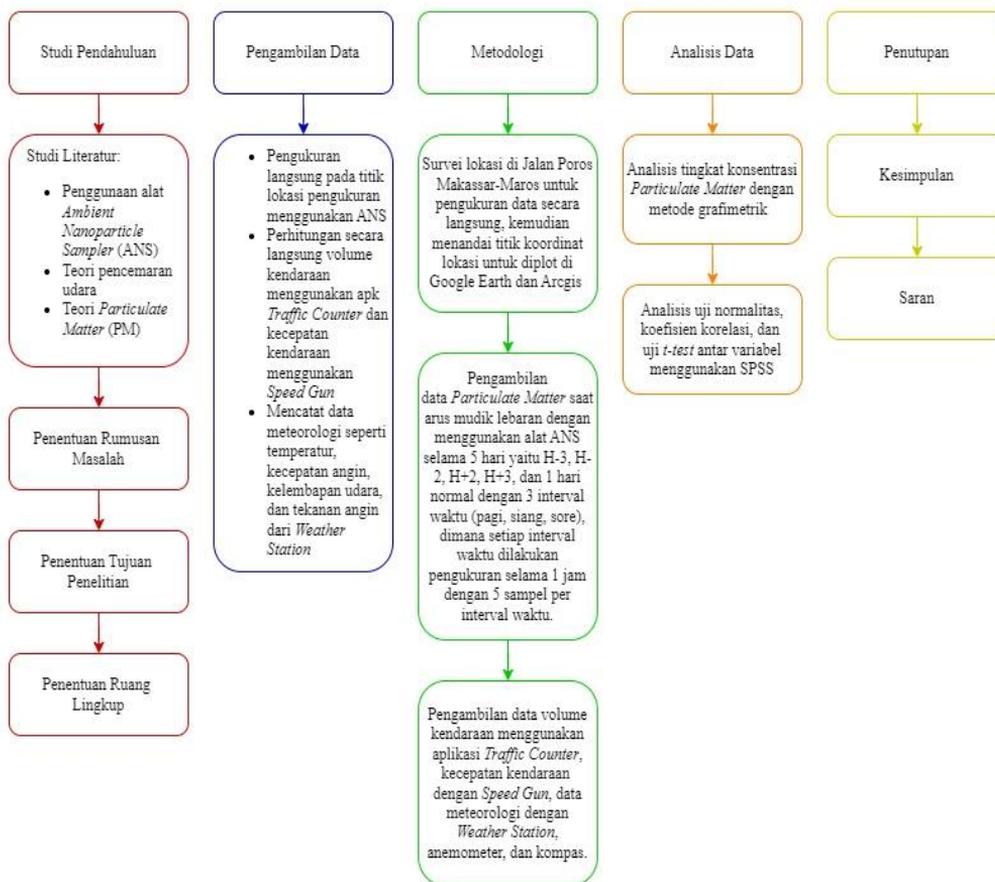
H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata antara variabel x dan variabel y

H_a : Ada perbedaan rata-rata antara variabel x dan variabel y

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Bagan alir penelitian

2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mencari dan mempelajari literatur dari penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya. Mempelajari modul cara penggunaan alat *Ambient Nanoparticle Sampler* (ANS) dari *Kanazawa University*. Selanjutnya mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada saat penelitian, khususnya mencari ketersediaan kertas saring sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Setelah itu dilakukan survei pada titik lokasi yang akan dipilih untuk mengumpulkan data primer. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil sampling PM (*Particulate Matter*) dari

pengukuran langsung di titik lokasi menggunakan *Ambient Nanoparticle Sampler* (ANS), volume kendaraan, kecepatan kendaraan, lebar jalan, dan data meteorologi berupa temperatur, kecepatan angin, kelembapan, tekanan udara, dan arah angin. Adapun data sekunder diperoleh dari jurnal referensi berupa teori yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dimana data yang diperoleh berupa angka. Kemudian dari data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi rumusan masalah dari penelitian ini.

Dalam penelitian ini akan diperoleh data konsentrasi *Particulate Matter* dari titik lokasi pengukuran yang berada di Jalan Poros Makassar-Maros dengan klasifikasi jalan adalah jalan arteri bermedian. Adapun titik lokasi pengukuran yang dipilih memiliki karakteristik bahu jalan yaitu beraspal dan terdapat trotoar. Data penelitian yang diperoleh kemudian diukur dengan metode gravimetri untuk mengetahui konsentrasi *Particulate Matter*.

2.3 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di satu titik lokasi dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda di mana setiap satu hari dilakukan tiga kali pengukuran. Berikut adalah penjelasan terkait waktu dan lokasi penelitian.

2.3.1 Waktu Penelitian

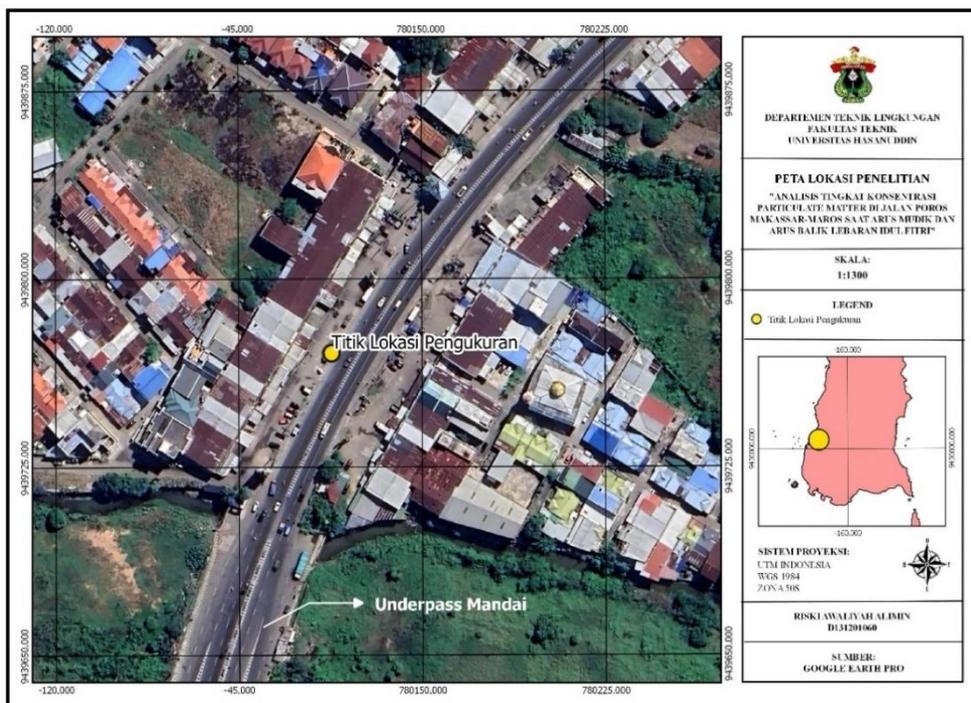
Pengambilan data konsentrasi *Particulate Matter* dilakukan selama lima hari yaitu dua hari saat arus mudik lebaran, 2 hari saat arus balik lebaran, dan satu hari normal. Pengukuran hari pertama dilaksanakan pada H-3 lebaran (Minggu, 07 April 2024), hari kedua pada H-2 lebaran (Senin, 08 April 2024), hari ketiga pada H+2 lebaran (Jumat, 12 April 2024), hari keempat pada H+3 lebaran (Sabtu, 13 April 2024) dan hari kelima pada hari kerja biasa dengan waktu pengukuran di lapangan selama 1 jam per interval waktu (rentang waktu) pengukuran. Adapun 3 interval waktu tersebut yaitu 1 jam di pagi hari (07.00-11.00), 1 jam di siang hari (12.00-15.00), dan 1 jam di sore hari (15.00-18.00). Berikut adalah jadwal pengambilan data di titik lokasi pengukuran yang tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Jadwal pelaksanaan pengambilan data

Hari/Tanggal	Interval Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
H-3 lebaran (07/04/2024)	08.00-09.00	12.00-13.00	16.00-17.00
H-2 lebaran (08/04/2024)	08.00-09.00	12.00-13.00	16.00-17.00
H+2 lebaran (12/04/2024)	08.00-09.00	12.00-13.00	16.00-17.00
H+3 lebaran (13/04/2024)	08.00-09.00	12.00-13.00	16.00-17.00
Hari Normal (14/05/2024)	08.00-09.00	12.00-13.00	16.00-17.00

2.3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Poros Makassar-Maros dekat dengan *Underpass Mandai*. Sebelum melakukan pengukuran, penulis terlebih dahulu melakukan survei pendahuluan untuk menentukan titik lokasi pengukuran yang berada di Jalan Poros Makassar-Maros agar sesuai dengan kriteria penentuan titik lokasi (SNI 19-7119.6-2005). Alasan pemilihan titik lokasi pada Jalan Poros Makassar-Maros karena titik lokasi ini merupakan jalan poros yang banyak dilintasi oleh kendaraan pribadi maupun kendaraan umum seperti bus dan travel yang akan melaksanakan mudik. Peran Jalan Poros Makassar-Maros sebagai jalan penghubung antara Kota Makassar dengan Kabupaten Maros serta daerah lainnya yang membuat jalan ini menjadi jalan utama yang akan dilintasi oleh banyak kendaraan. Selain itu, pada titik lokasi ini juga tidak dikelilingi dengan bangunan atau gedung tinggi, serta pepohonan yang dapat merubah konsentrasi partikulat. Titik lokasi ini juga dekat dengan sumber listrik yang diperlukan untuk alat ANS. Berikut adalah gambaran peta lokasi penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber : Arcgis, 2024

Gambar 3. Peta Lokasi penelitian ruas Jalan Poros Makassar-Maros

Berdasarkan fungsinya, Jalan Poros Makassar-Maros termasuk dalam kategori jalan arteri yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna (UU No. 38 Tahun 2004). Jalan Poros Makassar-Maros

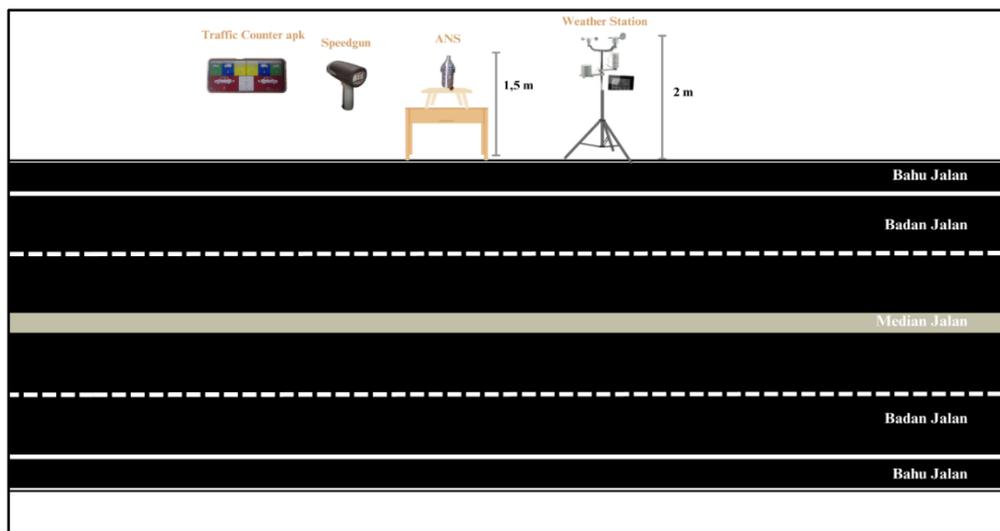
memiliki tipe jalan 4/2 D yaitu empat-lajur dan dua-jalur yang terbagi oleh median jalan.



Sumber : *Google Earth*, 2024

Gambar 4. Detail titik lokasi penelitian

Berikut adalah ilustrasi penempatan alat pengambilan data selama penelitian, dimana pemasangan alat pada bahu jalan yang meliputi ANS dan *Weather Station* dapat dilihat pada Gambar 5.



Sumber : *Google Earth*, 2024

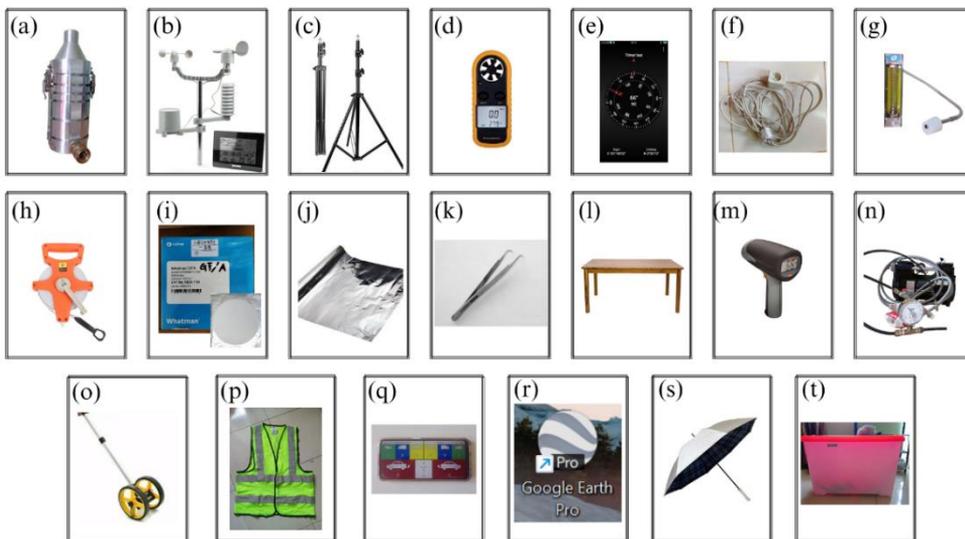
Gambar 5. Ilustrasi penempatan alat pengambilan data di titik lokasi

2.4 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan yang berbeda untuk pengukuran di lapangan maupun analisis atau pengolahan data. Alat dan bahan yang dilakukan saat pengukuran digunakan saat di lapangan (*outdoor*). Sedangkan alat dan bahan yang digunakan untuk analisis data digunakan di laboratorium (*indoor*). Berikut adalah uraian alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

2.4.1 Alat dan Bahan Pengukuran

Adapun alat dan bahan yang digunakan saat di lapangan adalah sebagai berikut:



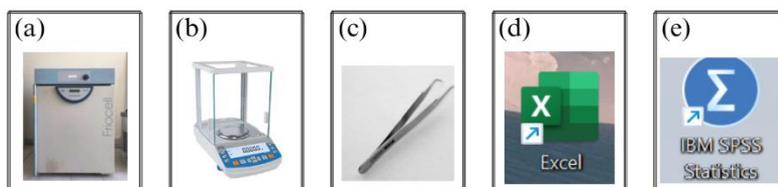
Gambar 6. Alat dan bahan pengukuran

- a. ANS (*Ambient Nanoparticle Sampler*) adalah alat untuk mengambil sampel konsentrasi PM (*Particulate Matter*) di udara ambien dengan pengaturan daya hisap udara (*Flow Rate*) 40 l/menit.
- b. *Weather Station* merupakan alat untuk mengetahui kondisi meteorologi di lokasi sampel dengan parameter antara lain temperatur udara, kelembapan, arah angin, kecepatan angin, dan tekanan udara. Data meteorologi dibutuhkan untuk menganalisis pola persebaran *Particulate Matter* (PM) di udara.
- c. Tripod yaitu sebagai alat untuk penyangga *Weather Station*.
- d. Anemometer adalah digunakan untuk mengetahui kecepatan angin.
- e. Kompas merupakan alat untuk mengetahui arah angin
- f. Terminal kabel 10 meter digunakan untuk menyambungkan listrik dari sumber listrik ke pompa ANS.
- g. *Flow* meter berfungsi untuk mengatur laju alir udara di 40 l/menit.
- h. Meteran untuk mengukur lebar median jalan dan lebar bahu jalan.

- i. Kertas filter *Whatman GF/A* dengan diameter 55 mm merupakan media filtrasi yang digunakan pada ANS untuk menyaring partikulat dengan ukuran $<0,5 - >10$ μm .
- j. *Aluminium foil* untuk melindungi sampel dari kontaminasi luar.
- k. Pinset adalah alat yang digunakan untuk mengambil kertas filter agar tidak terkontaminasi.
- l. Meja sebagai tempat dudukan alat ANS dan pompa udara.
- m. *Speed gun* adalah alat untuk mengetahui kecepatan kendaraan.
- n. Pompa berfungsi untuk menghisap udara ambien agar terhisap masuk ke dalam alat ANS.
- o. *Walking Distance Meter* merupakan alat untuk mengukur lebar jalan.
- p. Rompi adalah pakaian yang dikenakan selama pengukuran berlangsung sebagai bagian dari K3.
- q. Aplikasi *Traffic Counter* di *handphone* yang berfungsi sebagai alat untuk menghitung volume kendaraan.
- r. Aplikasi *Google Earth* untuk menampilkan koordinat lokasi penelitian.
- s. Payung untuk melindungi alat ANS dari hujan.
- t. *Box* kontainer berfungsi sebagai tempat menyimpan alat selama pengukuran.

2.4.2 Alat dan Bahan Analisis

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk analisis data di laboratorium adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Alat dan bahan analisis

- a. Oven merupakan alat untuk menstabilkan berat sampel sebelum ditimbang di neraca analitik.
- b. Neraca analitik adalah alat untuk menimbang berat sampel agar konsentrasi *Particulate Matter* dapat dihitung.
- c. Pinset untuk mengambil kertas filter agar tidak terkontaminasi.
- d. Excel merupakan aplikasi olah data.
- e. Aplikasi IBM SPSS *Statistic 25* merupakan aplikasi untuk uji data statistik.

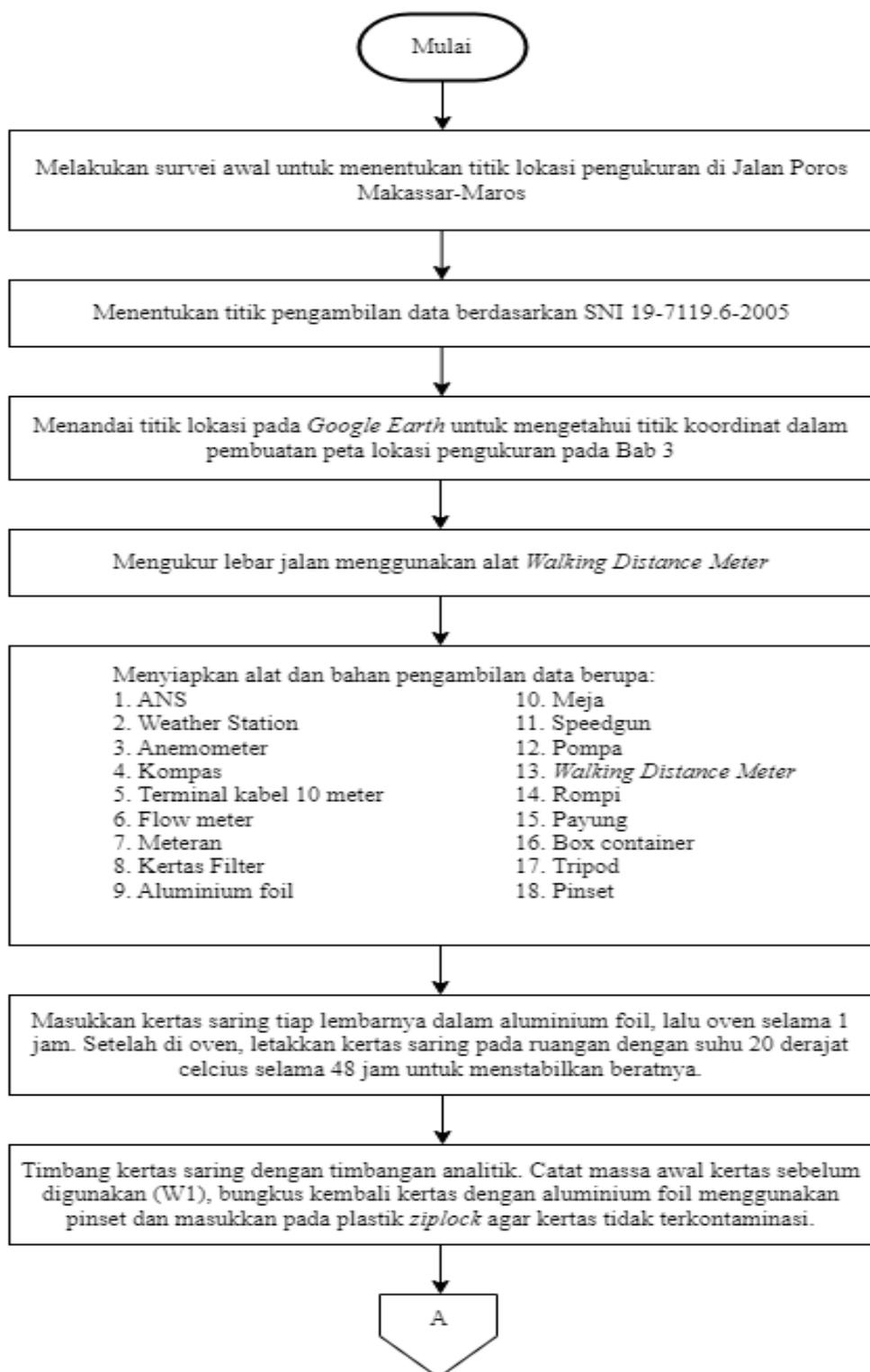
2.5 Metode Pengambilan Data

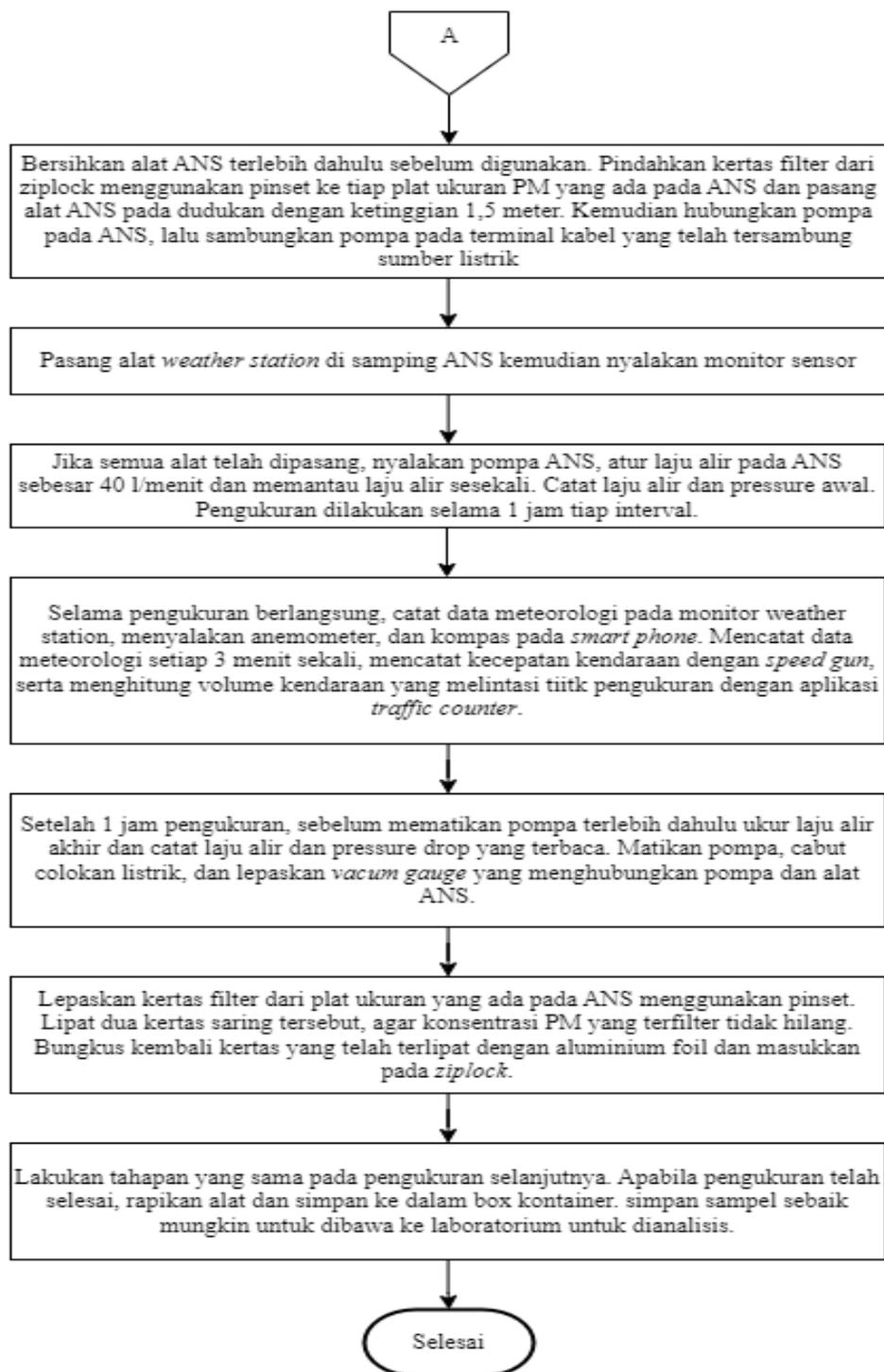
2.5.1 Tahap Persiapan

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu melakukan survei lokasi pada Jalan Poros Makassar-Maros sebagai titik lokasi penelitian, mengecek kondisi di sekitar titik lokasi pengukuran, dan mencari sumber listrik terdekat dari titik lokasi pengukuran yang akan digunakan untuk menyalakan pompa alat ANS. Selanjutnya, mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengambilan data seperti alat ANS, kertas filter dengan spesifikasi jenis GF/A, diameter 55 mm, dan *particle retention* sebesar 1,6 μm , terminal kabel 10 m, dudukan alat ANS dan perlengkapan lainnya. Sebelum mulai pengukuran, kertas saring yang akan digunakan harus dioven terlebih dahulu selama 1 jam untuk mensterilkan, lalu kertas saring yang sudah di oven diletakkan dalam chamber atau ruangan dengan suhu 20°C selama 48 jam untuk menstabilkan berat kertas saring. Setelah itu, timbang kertas saring menggunakan neraca analitik untuk mendapatkan berat awal.

2.5.2 Tahap Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data kualitas udara khususnya konsentrasi PM (*Particulate Matter*) di Jalan Poros Makassar-Maros. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung berupa data tingkat konsentrasi PM, geometrik jalan (lebar jalan, bahu jalan, dan median jalan), data meteorologi (temperatur, kecepatan angin, kelembapan, tekanan udara, dan arah angin), dan data volume serta kecepatan kendaraan. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui internet. Berikut adalah *flowchart* tahap pengambilan data yang dapat dilihat pada Gambar 8.



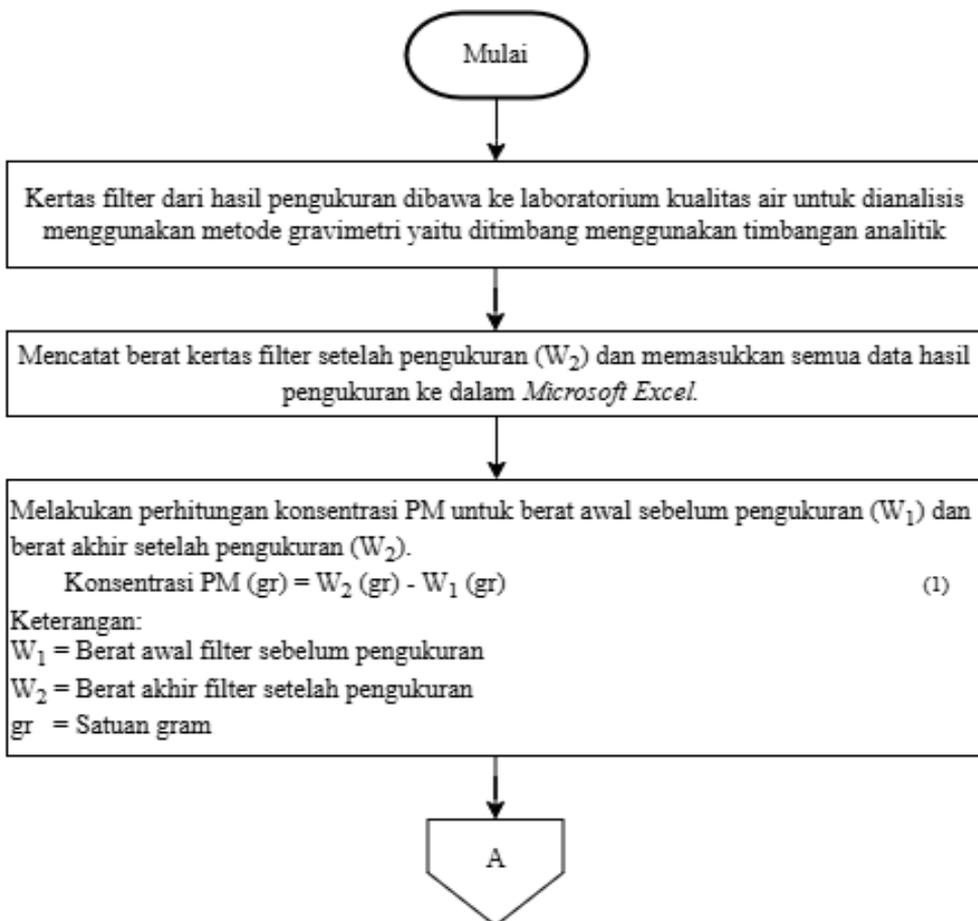


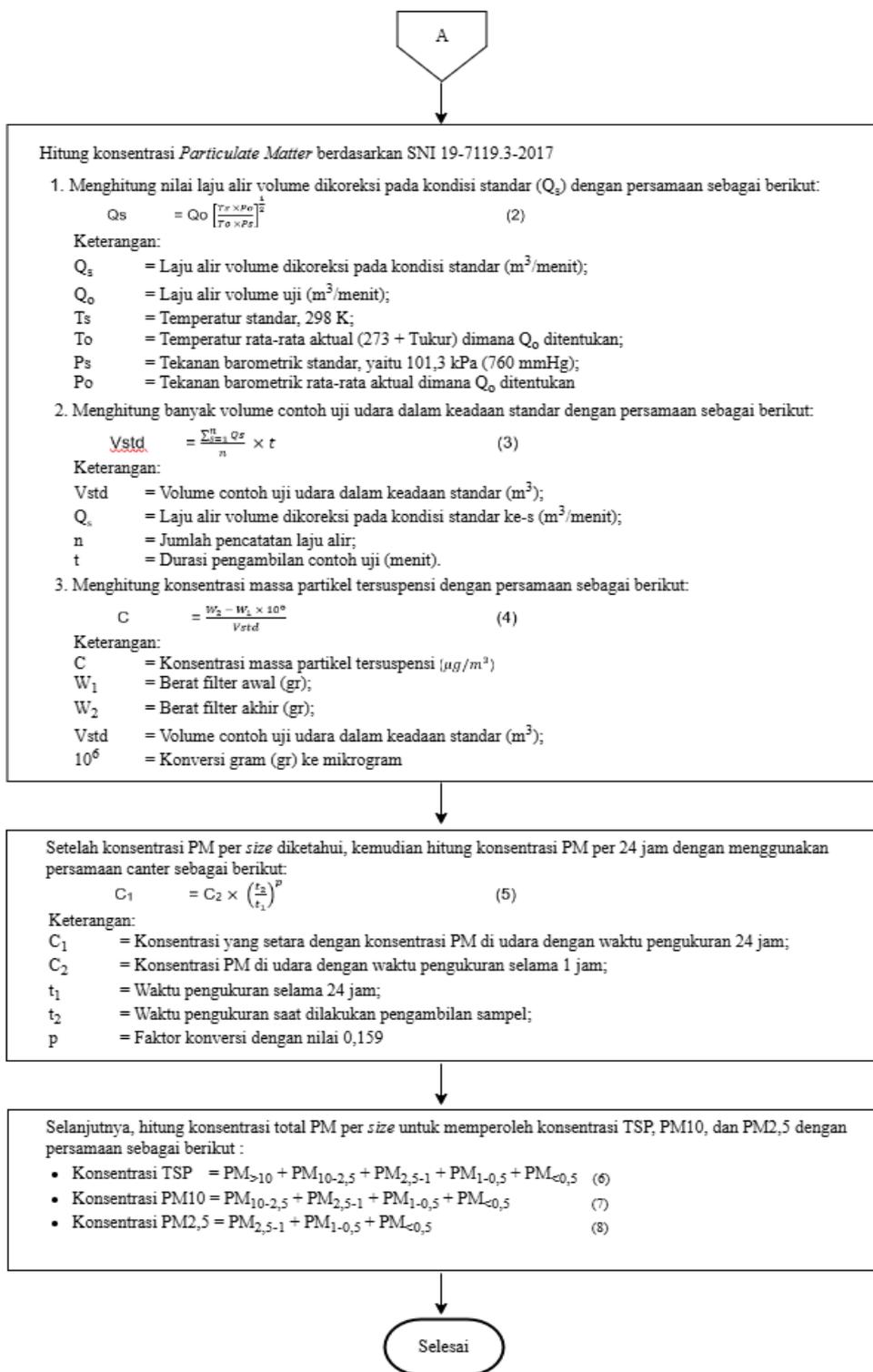
Gambar 8. Diagram alir tahap pengambilan data

2.5.3 Tahap Analisis Data

Data yang telah diperoleh akan dianalisis berdasarkan tujuan penelitian. Terdapat dua tahap dalam menganalisis data pada penelitian ini. Tahap pertama yaitu mengukur berat dari kertas filter yang telah digunakan pada proses sampling menggunakan neraca analitik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi PM. Tahap kedua adalah mengolah data menggunakan uji statistik di software SPSS 25. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan konsentrasi PM dengan data meteorologi, volume, dan kecepatan kendaraan.

Analisis Konsentrasi *Particulate Matter*. Diagram alir analisis data konsentrasi PM dapat dilihat pada Gambar 9.





Gambar 9. Diagram alir analisis data konsentrasi PM

Analisis Uji Statistik. Uji statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji normalitas, uji linearitas, dan uji *Paired Sample T-Test*. Uji normalitas dilakukan untuk membantu ketepatan dalam melakukan uji hipotesis. Uji hipotesis hanya dapat dilakukan jika variabel yang akan dianalisis berdistribusi normal, maka dari itu diperlukan uji normalitas (Handayani & Subakti, 2020). Pada penelitian ini, pengujian normalitas data menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dan diolah dengan IBM SPSS *Statistics* 25. Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan uji normalitas dengan menggunakan perangkat lunak SPSS :

1. Buka program SPSS dan masukkan data (konsentrasi PM, volume kendaraan, kecepatan kendaraan, dan data meteorologi) ke dalam spreadsheet.
2. Pilih menu “*Analyze*” di bagian atas jendela SPSS, lalu pilih “*Descriptive Statistics*” dan kemudian pilih “*Explore*”.
3. Setelah muncul jendela *Explore*, pilih variabel yang ingin diuji normalitasnya pada kolom “*Dependent List*”.
4. Pilih “*Plots*” pada jendela *Explore*, kemudian pilih “*Normality plots with test*”.
5. Pilih “*Continue*” pada jendela *Plot*, lalu klik “OK” pada jendela *Explore*.
6. SPSS akan menampilkan output dari uji normalitas, termasuk grafik normalitas dan nilai signifikansi untuk masing-masing uji normalitas yang dilakukan.
7. Interpretasikan hasil uji normalitas dengan melihat nilai signifikansi. Jika nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka data dianggap tidak berdistribusi normal. Sedangkan jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka data dianggap berdistribusi normal.

Setelah diketahui melalui uji normalitas bahwa data hasil penelitian berdistribusi normal, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji analisa regresi. Uji analisa regresi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel, serta menunjukkan arah hubungan antara *dependent variable* dengan *independent variable* (Fenda Refiantoro dkk., 2022). Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan uji analisa regresi dengan menggunakan perangkat lunak SPSS :

1. Buka program SPSS dan masukkan data yang akan dianalisis ke dalam spreadsheet.
2. Pilih menu “*Analyze*” di toolbar utama dan klik “*Regression*” lalu pilih “*Linear*”.
3. Pada jendela “*Linear Regression*”, pilih variabel dependent dan variabel independent yang ingin dianalisis dengan mengklik tombol “*Dependent*” dan “*Independent*” dan pindahkan variabel tersebut ke kotak “*Variables*” di sebelah kanan jendela.
4. Klik tombol “OK” untuk menampilkan hasil analisa regresi linear sederhana.

Selanjutnya untuk mengetahui perbandingan antara dua sampel atau rata-rata populasi terdapat perbedaan yang signifikan atau tidak, maka dilakukan uji *Paired Sample T-Test*. Uji t berpasangan merupakan uji hipotesis yang dilakukan untuk mengetahui apakah mean atau rata-rata dua kelompok sampel yang sama mempunyai perbedaan yang signifikan atau tidak (Yosenov dkk., 2023). Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan uji *Paired Sample T-Test* dengan menggunakan perangkat lunak SPSS:

1. Buka lembar kerja SPSS, kemudian klik *Variable View*. Pada bagian *name* ketik nama dari variabel yang akan dimasukkan datanya. Pada bagian *Decimals* ubah menjadi 2 (karena terdapat 2 angka dibelakang koma). Pada bagian label ketikkan nama dari variabel. Pada bagian *measure* pilih *Scale*. Sementara untuk kolom yang lainnya biarkan otomatis SPSS saja (mode default).
2. Selanjutnya, klik *data view* untuk pengisian atau input data ke SPSS pada variabel yang sudah diberi nama.
3. Langkah berikutnya, dari menu bar yang terdapat pada SPSS klik menu *Analyze*, lalu pilih *Compare Means*, kemudian klik *Paired Samples T-Test*.
4. Masukkan kedua variabel pada kolom *Paired Variables*. Caranya cukup *select* dua variabel di kotak kiri kemudian klik tanda panah ke kanan.
5. Kemudian klik *Options* maka muncul kotak dialog "*Paired Samples T-Test: Options*". Pada *Convidence Interval Percentage* tulis 95 (artinya kita menggunakan tingkat kepercayaan 95% atau signifikansi 5% atau 0,05), lalu klik *Continue*.
6. Langkah terakhir adalah klik *Ok*, maka akan muncul output SPSS berjudul "*T-Test*" yang selanjutnya akan kita interpretasikan.