

SKRIPSI

**ANALISIS KUALITAS UDARA PADA KAWASAN SEKOLAH
BERDASARKAN PARAMETER *TOTAL SUSPENDED
PARTICULATE* (TSP)**

Disusun dan diajukan oleh:

**NUR ALIFIYAH NABILAH MALIK
D131 19 028**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KUALITAS UDARA PADA KAWASAN SEKOLAH BERDASARKAN PARAMETER *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE (TSP)*

Disusun dan diajukan oleh

Nur Alifiyah Nabilah Malik
D131191028

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 27 Desember 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T.
NIP 199710272022044001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Nur Alifiyah Nabilah Malik

NIM : D131191028

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Kualitas Udara Pada Kawasan Sekolah Berdasarkan Parameter *Total Particulate Suspended* (TSP)

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 10 Januari 2024

Yang Menyatakan



Nur Alifiyah Nabilah Malik

ABSTRAK

NUR ALIFIYAH NABILAH MALIK. *Analisis Kualitas Udara Pada Kawasan Sekolah Berdasarkan Total Particulate Suspended(TSP)* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU. dan Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T)

Peningkatan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara sekitar dapat membahayakan makhluk hidup yang disebabkan oleh berbagai kegiatan seperti transportasi, maupun aktivitas lainnya yang mempengaruhi kualitas udara dan adanya suatu pencemaran udara. Kualitas udara yang baik dapat menunjang kemampuan belajar siswa dan meningkatkan produktivitas siswa maupun guru. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan menganalisis konsentrasi berdasarkan Indeks Pencemaran Udara (ISPU) dan menganalisis arah pola sebaran konsentrasi TSP pada kawasan sekolah di kota Makassar. Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini menghasilkan data berupa besaran konsentrasi TSP, jumlah kendaraan, dan data meteorologi pada 2 kawasan sekolah.

Hasil konsentrasi TSP pada kawasan sekolah A dititik 1 sebesar $110,5\mu\text{g}/\text{m}^3$, dititik 2 sebesar $76,4\mu\text{g}/\text{m}^3$, dititik 3 sebesar $150,4\mu\text{g}/\text{m}^3$, dititik 4 sebesar $92,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan di titik 5 sebesar $86,3\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan pada kawasan sekolah B di titik 1 sebesar $196,4\mu\text{g}/\text{m}^3$, dititik 2 sebesar $114,9\mu\text{g}/\text{m}^3$, dititik 3 sebesar $167,2\mu\text{g}/\text{m}^3$, dititik 4 sebesar $320,7\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan dititik 5 sebesar $160,6\mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan yaitu $230\mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi TSP pada kawasan sekolah A tidak melampaui baku mutu udara ambien, sedangkan pada kawasan sekolah B khususnya dititik 4 telah melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan. Adapun hasil dari perhitungan ISPU konsentrasi TSP di kawasan sekolah A dengan rata-rata berada pada kategori sedang dan di kawasan sekolah B dengan rata-rata berada pada kategori tidak sehat. Adapun arah penyebaran polutan dengan menggunakan *forward trajectories* (kawasan sekolah A) yang menuju ke wilayah Utara. Sedangkan (kawasan sekolah B) yang menuju ke wilayah Utara. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan hasil data meteorologi yang didapatkan pada saat pengukuran dengan gerak lintasan pada kawasan sekolah A dan B yang diketahui pergerakan polutan yang sama persis dengan WRPlot yang telah didapatkan dan berbanding lurus dengan model HYSPLIT yang menggambarkan arah yang sama.

Kata Kunci: Kualitas Udara, TSP, Kawasan Sekolah.

ABSTRACT

NUR ALIFIYAH NABILAH MALIK. *Analisis Kualitas Udara Pada Kawasan Sekolah Berdasarkan Total Particulate Suspended(TSP)* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU. dan Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T)

An increase in the concentration of Total Suspended Particulate (TSP) in the surrounding air can harm living things caused by various activities such as transportation and other activities that affect air quality and air pollution. Good air quality can support students' learning abilities and increase student and teacher productivity. Therefore, this research aims to analyze concentrations based on the Air Pollution Index (ISPU) and analyze the direction of TSP concentration distribution patterns in school areas in the city of Makassar. The research carried out is a type of quantitative research. This research produces data in the form of TSP concentrations, number of vehicles, and meteorological data in 2 school areas.

The results of the TSP concentration in school area A at point 1 were $110.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, at point 2 it was $76.4\mu\text{g}/\text{m}^3$, at point 3 it was $150.4\mu\text{g}/\text{m}^3$, at point 4 it was $92.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ and at point 5 it was $86.3\mu\text{g}/\text{m}^3$. Meanwhile in school area B at point 1 it was $196.4\mu\text{g}/\text{m}^3$, at point 2 it was $114.9\mu\text{g}/\text{m}^3$, at point 3 it was $167.2\mu\text{g}/\text{m}^3$, at point 4 it was $320.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ and at point 5 it was $160.6\mu\text{g}/\text{m}^3$. Based on the established ambient air quality standard, namely $230\mu\text{g}/\text{m}^3$, the TSP concentration in school area A does not exceed the ambient air quality standard, while in school area B, especially at point 4, it has exceeded the established ambient air quality standard. The results of the ISPU calculation mean that TSP concentrations in school area A are in the medium category and in school area B the average is in the unhealthy category. The direction of the spread of pollutants is using a forward trajectory (school area A) which leads to the North region. Meanwhile (school area B) goes to the North region. From the results obtained, it shows that the results of meteorological data obtained during measurements using trajectory movements in school areas A and B show that the movement of the same pollutants persists with the WRPlot that has been obtained and is directly proportional to the HYSPLIT model which describes the same direction.

Keywords: Air Quality, TSP, School Area.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pencemaran Udara.....	6
2.2 Jenis-jenis Pencemaran Udara.....	6
2.3 Sumber Pencemaran Udara	7
2.4 Dampak Pencemaran Udara	8
2.5 Kualitas Udara Di Lingkungan Sekolah.....	9
2.6 Dispersi Polutan	10
2.7 Faktor-faktor Meteorologi.....	11
2.8 <i>Total Suspended Particulate (TSP)</i>	12
2.9 Baku Mutu Udara Ambien	14
2.10 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)	16
2.11 HYSPLIT	18
2.12 WRPLOT-View	20

2.13	Klasifikasi Jalan	20
2.12	Klasifikasi Kendaraan	23
2.13	Analisis koefisien korelasi.....	24
2.14	Analisis Koefisien Determinasi.....	25
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Rancangan Penelitian	27
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	29
3.3	Benda Uji dan Alat	36
3.4	Metode Pengumpulan Data	39
3.5	Metode Pengolahan Data.....	41
BAB IV		47
HASIL DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Analisis Konsentrasi Polutan <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP)	47
4.2	Analisis Kualitas Udara Berdasarkan Parameter <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)	62
4.3	Analisis Pola Penyebaran Polutan <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP)....	65
BAB V		76
KESIMPULAN DAN SARAN		76
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN.....		82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	25
Gambar 2. Kawasan Sekolah A Lokasi penelitian	31
Gambar 3. Kawasan Sekolah B Lokasi penelitian	31
Gambar 4. Sketsa Sekolah Kawasan A	33
Gambar 5. Sketsa Sekolah Kawasan B.....	34
Gambar 6. Ilustrasi Penempatan Alat Pengambilan Sampel Area Luar Kawasan Sekolah	35
Gambar 7. Ilustrasi Penempatan Alat Pengambilan Sampel Area Dalam Kawasan Sekolah	35
Gambar 8. Alat dan Bahan Penelitian.	37
Gambar 9. Software.....	38
Gambar 10. Diagram Alir Pengumpulan Data	40
Gambar 11. Diagram Alir Analisis Data Konsentrasi TSP	41
Gambar 12. Diagram Alir Analisis Perhitungan Data Konsentrasi TSP.....	42
Gambar 13. Diagram Alir Analisis Dispersi Trayektori Udara dengan HYSPLIT	43
Gambar 14. Halaman Website HYSPLIT	44
Gambar 15. Halaman Tipe Trayektori HYSPLIT	44
Gambar 16. Halaman Perhitungan Trayektori HYSPLIT	45
Gambar 17. Data Arsip Meteorologi HYSPLIT.....	45
Gambar 18. Model Parameter HYSPLIT	46
Gambar 19. Opsi Gambar Pemodelan HYSPLIT.....	46
Gambar 20. Pengunduhan File Pemodelan HYSPLIT	46
Gambar 21. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 1 Kawasan A	47
Gambar 22. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 2 Kawasan A	48
Gambar 23. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 3 Kawasan A	49
Gambar 24. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 4 Kawasan A	52
Gambar 25. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 5 Kawasan A	53
Gambar 26. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 1 Kawasan B	54
Gambar 27. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 2 Kawasan B	55
Gambar 28. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 3 Kawasan B	55
Gambar 29. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 4 Kawasan B	58
Gambar 30. Grafik Konsentrasi TSP 1 Jam Titik 5 Kawasan B	60
Gambar 31. Rekapitulasi konsentrasi TSP 24 jam pada kawasan sekolah A di kota Makassar.....	61
Gambar 32. Rekapitulasi konsentrasi TSP 24 jam pada kawasan sekolah B di kota Makassar.....	61
Gambar 33. Wind Rose Pada Kawasan Sekolah A	68
Gambar 34. Wind Rose Pada Kawasan Sekolah B	69

Gambar 35. Model HYSPLIT Forward Trajectory Kawasan Sekolah A.....	71
Gambar 36. Hasil Plot Google Earth dari Model HYSPLIT Forward Trajectory Kawasan Sekolah A.....	72
Gambar 37. Model HYSPLIT Forward Trajectory Kawasan Sekolah B.....	73
Gambar 38. Hasil Plot Google Earth dari Model HYSPLIT Forward Trajectory Kawasan Sekolah B.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien	15
Tabel 2. Kategori Angka Rentang ISPU	17
Tabel 3. Penjelasan Nilai ISPU	17
Tabel 4. Interpretasi Koefien Korelasi	25
Tabel 5. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	30
Tabel 6. Rekapitulasi Data Konsentrasi TSP 1 Jam Dan Tingkat Volume Kendaraan Pada Kawasan Sekolah A (Diluar Sekolah).....	49
Tabel 7. Rekapitulasi Data Konsentrasi TSP 1 Jam Dan Tingkat Volume Kendaraan Pada Kawasan Sekolah B (Diluar Sekolah).....	56
Tabel 8. Nilai ISPU Kawasan Sekolah A	63
Tabel 9. Nilai ISPU Kawasan Sekolah B	64
Tabel 10. Data Meteorologi.....	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Survey Pendahuluan Lokasi.....	82
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian	83
Lampiran 3. Dokumentasi Sampel	88
Lampiran 4. Data Volume Kendaraan.....	93
Lampiran 5. Uji Statistik	94
Lampiran 6. Data Meteorologi	99
Lampiran 7. Pengolahan WRPLOT <i>View</i>	116

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala karena rahmat, hidayah serta kuasa dan izin-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Kualitas Udara Pada Kawasan Sekolah Berdasarkan Parameter *Total Suspended Particulate (TSP)* ” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dengan selesainya tugas akhir ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang terlibat. Atas bantuan, bimbingan, dan dorongan dari segenap pihak laporan ini selesai dengan lancar. Pada kesempatan kali ini pula, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada orang tua tercinta dan tersayang bapak Abdul Malik dan ibu Hasdiana yang senantiasa memberi dukungan serta doa kepada penulis, semoga kita dapat bertemu kembali di surga Allah, aamiin.
2. Kepada diri saya sendiri, yang telah mampu kooperatif dalam mengerjakan tugas akhir ini. Terimakasih karena selalu berpikir positif ketika keadaan sempit tidak berpihak, dan selalu berusaha mempercayai diri sendiri, hingga akhirnya diri saya mampu membuktikan bahwa saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Prof. Dr. Eng. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT., selaku Dosen Pembimbing I atas segala ilmu yang bermanfaat, serta arahan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir.
7. Ibu Zarah Arwienny Hanami, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II atas segala waktu yang telah diluangkan, ilmu yang telah diberikan, motivasi serta kebaikan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan atas didikan, ilmu yang bermanfaat dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan selama kurang lebih empat tahun.
9. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terkhusus kepada Ibu Sumiati, Pak Olan, dan Kak Tami sebagai staf S1 Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.
10. Kepada saudara-saudari yang sangat saya sayangi, Muh Ghifary Fathan Perdana, St. Nadirah Hakim, Muh Dzaky Abiyyu, Keyla Nur Asilah, Nurazizah khoriunnisa dan Muh Rofiq yang telah banyak membantu selama pengambilan data serta keponakan-keponakan saya tercinta Kinan, Althaf dan Afifah sebagai penyemangat hidup. Dan kepada keluarga terdekat saya yang sangat saya sayangi, Alm. Abdul Rahman selaku paman saya dan istrinya yang telah memberikan dukungan, saran dan nasehat selama ini kepada saya.
11. Sahabat saya Ayu Maryuni Yusuf dan Andi Sari Elviani yang telah mendengarkan semua curhatan keluh kesah saya selama menyusun tugas akhir penelitian ini, yang dengan sangat sabarnya memahami dan mengerti keadaan penulis, memberi bantuan dan semangat dalam segala hal.
12. Teman-teman KKN Posko 04 Enrekang Gel. 108, yang telah memberikan warna baru dan pengalaman baru selama berkn yang tidak bisa didapatkan dimanapun selama proses perkuliahan ini.
13. Teman terdekat saya, Anzal yang senantiasa memberikan bantuan berupa tenaga selama proses pengambilan data dan selalu menemani dan memberikan semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.
14. Teman-teman terbaik saya semasa perkuliahan terkhusus kepada Febrina Rahman, Mei Sarah Safitri, Ririn Nur Fitrah, Nurhaedah Azzahra, dan Fidel Dampang yang senantiasa menemani penulis sampai di penghujung perkuliahan.
15. Teman-teman ENVIRO 19 yang selalu berbagi suka maupun duka dan kerja samanya, dukungan serta doanya selama perkuliahan hingga saat ini.

16. Kepada segenap keluarga tercinta, teman-teman dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis kembali mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam proses pembuatan skripsi ini. Penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sebagai insan akademis penulis menerima segala sumbangan pemikiran berupa kritikan maupun saran. Namun besar harapan penulis agar tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata, Semoga Allah subhanahu wa ta'ala senantiasa bersama kita dan meridhoi jalan kita. Akhiirul Kalaam, Wa Billahi Taufiq Wal Hidaayah,

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Gowa, 07 November 2023

Nur Alifyah Nabilah Malik

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara merupakan salah satu komponen yang berperan penting dalam kelangsungan makhluk hidup. Udara dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari menjadi sumber daya alam dan untuk keperluan aktivitas lainnya. Pemanfaatan udara harus dikelola secara bijaksana dengan mempertimbangkan kepentingan generasi sekarang dan generasi yang akan datang (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1999). Manusia kadang tidak menyadari bahwa segala aktivitasnya akan memberikan dampak baik positif maupun negatif. Jika dilihat dari dampak negatif tersebut diantaranya akan ada proses pembuangan limbah ke lingkungan, baik ke udara, tanah, dan air. Sehingga dari sektor kondisi udara yang mulai menurun akan memicu suatu perubahan iklim dan adanya polusi udara yang menghasilkan dampak negatif dari aktivitas manusia itu sendiri (Vandyck e.t al., 2020). Beberapa polutan yang dihasilkan dari aktivitas manusia berkontribusi terhadap masalah lingkungan. Oleh karena itu perlu adanya pengendalian kualitas dan pencemaran udara untuk mempertahankan fungsinya dan menjaga keberlangsungan kehidupan (Dewi, 2021 dalam Winatama, 2023).

Salah satu bahaya dari penurunan kondisi lingkungan yaitu adanya penyakit dalam jangka pendek maupun jangka panjang yang diakibatkan oleh pencemaran udara jika kita terpapar. Menurut data dari *European Union Environment Agency* (2020), bahaya pencemaran udara salah satunya yang disebabkan oleh debu/TSP dalam hal ini terbagi atas beberapa tingkat antara lain kematian berlebih $\sim 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, peningkatan morbiditas pernapasan akut (dewasa) jika mencapai $\sim 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, penurunan fungsi paru-paru (anak-anak) apabila mencapai $\sim 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kematian akibat pencemaran udara disebabkan konsentrasi TSP hingga $1.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ terjadi pada tahun 1952 yang dikenal dengan *London Smog*. Sehingga peningkatan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di udara sekitar dapat membahayakan makhluk hidup yang disebabkan oleh berbagai kegiatan seperti transportasi, maupun aktivitas lainnya yang mempengaruhi kualitas udara (Oktaviani et.al., 2018).

Pencemaran udara telah menjadi masalah kesehatan lingkungan yang utama didunia, khususnya di negara berkembang. Pada tahun 2016, jumlah kematian akibat polusi udara di Indonesia naik menjadi 61.000 orang, dibandingkan tahun sebelumnya sebanyak 50.000 (Lukman, 2016). Berdasarkan pada penelitian Ilza (2016) menyebutkan bahwa debu yang terhirup secara terus menerus dapat menyebabkan kerusakan paru dan fibrosis. Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan manusia meliputi gangguan pernapasan, iritasi mata, alergi, peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan, dan bahkan penyakit serius seperti kanker paru-paru dan penyakit jantung. Selain itu, edukasi dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kualitas udara juga sangat penting dalam mengurangi pencemaran udara (Prawira, 2011).

Sekolah sering menjadi tempat dimana anak-anak menghabiskan sebagian besar waktu mereka, dan kualitas udara yang buruk dapat berdampak negatif pada kesehatan mereka. Oleh karena itu, pengukuran di kawasan sekolah sangat penting dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran udara yang mungkin ada dampaknya terhadap kesehatan anak-anak. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang tingkat pencemaran udara di sekitar sekolah, langkah-langkah pengendalian dan mitigasi yang tepat dapat diambil untuk menjaga kualitas udara yang baik dan melindungi kesehatan siswa/i dan guru/staf sekolah (Pramesitika, 2012).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, salah satunya (Prawira, 2011) hasil yang didapatkan dengan data konsentrasi TSP dikawasan sekolah khususnya SMP 29, SMP 11, dan SMP 19 di Jakarta selatan. Terdapat konsentrasi TSP yang melebihi baku mutu yaitu di SMP 29 mencapai sebesar $238,376 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di SMP 11 sebesar $506,045 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan di SMP 19 sebesar $270,901 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari hasil tersebut yang menunjukkan konsentrasi TSP yang didapatkan belum dikatakan aman di kawasan sekolah. Meskipun demikian, terkait dengan penelitian TSP pada kawasan sekolah khususnya di Kota Makassar yang masih kurang memperhatikan paparan pencemar ini didalam lingkup sekolah, maka timbul permasalahan bahwa kawasan sekolah yang dekat dengan jalan utama cenderung memiliki tingkat pencemaran udara yang lebih tinggi dan berujung pada dampak yang diterima oleh siswa-siswi di sekolah tersebut.

Dengan demikian, penelitian ini terutama dalam hal parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) yang disebabkan oleh aktivitas manusia dan kendaraan yang melintas. Maka dari itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait pertimbangan pemilihan lokasi sekolah saat ini yang didasarkan atas pertimbangan strategis sehingga sekolah berada di dekat jalur transportasi utama kota, terutama dekat dengan lokasi yang padat kendaraan dan harus mengambil tindakan yang tepat dalam mengurangi tingkat polusi udara di kawasan tersebut. Penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang kualitas udara di kawasan tersebut, apakah sudah melebihi ambang batas atau masih dalam batas yang aman bagi kesehatan manusia. Selain itu, penelitian ini juga dapat membantu pemerintah dalam membuat kebijakan yang tepat dalam mengurangi tingkat polusi udara di kawasan tersebut, seperti pembatasan jumlah kendaraan yang melintas, penggunaan transportasi umum yang lebih ramah lingkungan, dan peningkatan kesadaran masyarakat untuk menggunakan kendaraan yang lebih ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, rumusan masalah yang akan dibahas antara lain :

1. Bagaimana konsentrasi TSP (*Total Particulate Suspended*) pada kawasan sekolah di kota Makassar?
2. Bagaimanan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) berdasarkan konsentrasi TSP (*Total Suspended Particulate*) pada kawasan sekolah di kota Makassar?
3. Bagaimana arah penyebaran polutan TSP (*Total Particulate Suspended*) berdasarkan model HYSPLIT pada kawasan sekolah di kota Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis konsentrasi TSP (*Total Particulate Suspended*) pada kawasan sekolah di kota Makassar.
2. Menganalisis Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) berdasarkan konsentrasi TSP (*Total Suspended Particulate*) pada kawasan sekolah di kota Makassar.
3. Menganalisis arah penyebaran polutan TSP (*Total Particulate Suspended*)

berdasarkan model HYSPLIT pada kawasan sekolah di kota Makassar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Sekolah :

Penelitian ini berguna untuk mengetahui tingkat kualitas udara dan upaya mengurangi pencemaran udara pada kawasan sekolah.

2. Bagi Dunia Pendidikan :

Memberi kemajuan dalam bidang penelitian dikawasan sekolah.

3. Bagi Universitas Indonesia :

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan rujukan untuk perpustakaan dan mahasiswa lain yang ingin melakukan penelitian mengenai polutan *Total Particulate Suspended* (TSP).

4. Bagi Penulis :

Sebagai suatu syarat untuk memenuhi gelar sarjana teknik lingkungan dari Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini untuk mengukur tingkat kualitas udara yang dihasilkan, antara lain:

1. Penelitian melibatkan pengukuran konsentrasi *Total Particulate Suspended* (TSP) di 2 kawasan sekolah yaitu kawasan pertama 5 titik yang terdiri dari (SMA Katolik Rajawali, SMP Katolik Rajawali, dan SD Hati Kudus Katolik Rajawali) dan kawasan kedua 5 titik yang terdiri dari (SMP Negeri 2 Makassar, SMA Negeri 16 Makassar, dan SMK Negeri 7 Makassar).
2. Penelitian mengambil data meteorologi secara langsung yang hanya meliputi suhu, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin serta arah angin. Dan mengambil data volume kendaraan dengan menggunakan perekaman kamera dan dihitung secara manual menggunakan aplikasi traffic counter.
3. Penelitian menganalisis pola sebaran polutan TSP dengan menggunakan sistem HYSPLIT yang dimiliki oleh NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) dengan model *forward trajectory* untuk menentukan massa udara serta membangun hubungan reseptor-reseptor.

4. Baku mutu udara ambien menurut Peraturan PP Nomor 22 Tahun 2021 yang digunakan sebagai acuan parameter tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan dan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang mengacu pada regulasi yang telah diperbarui dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2020.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Menurut World Health Organization (WHO), pencemar udara adalah zat atau bahan yang ada dalam udara dan dapat berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan jika terkonsentrasi dalam jumlah yang cukup tinggi. Pencemar udara dapat berupa partikel padat, gas, atau zat kimia lainnya yang dilepaskan oleh berbagai sumber, seperti kendaraan bermotor, industri, pembakaran sampah, dan aktivitas manusia lainnya. Oleh sebab itu, pencemaran udara berkaitan erat dengan kerugian contohnya, penyakit pernapasan pada manusia. Pencemaran udara merusak kesehatan, menghancurkan dan berdampak buruk bagi lingkungan hidup, serta merusak properti.

Menurut penelitian oleh Lin et al. (2020), pencemar udara adalah zat atau partikel yang hadir di atmosfer dan dapat mengganggu kesehatan manusia dan ekosistem jika terkonsentrasi dalam jumlah yang cukup tinggi. Pencemar udara dapat berasal dari berbagai sumber, seperti emisi kendaraan, industri, dan pembakaran biomassa. Dalam peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mengenai udara ambien yang merupakan udara bebas yang ada di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya.

2.2 Jenis-jenis Pencemaran Udara

Berikut adalah jenis-jenis pencemar udara yang telah mengidentifikasi jenis-jenis pencemar udara tersebut:

1. Partikel (PM) Partikel adalah butiran kecil padat atau cair yang terdapat di udara. Partikel dapat berasal dari asap pembakaran, debu, dan polutan lainnya. Partikel yang memiliki ukuran lebih kecil dari 10 mikrometer (PM_{10}) dan 2,5 mikrometer ($PM_{2,5}$) dapat masuk ke dalam saluran pernapasan dan menyebabkan masalah kesehatan (Lin et al, 2021).
2. Gas-gas beracun Beberapa jenis gas beracun yang menjadi pencemar udara meliputi karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida

(SO₂), ozon (O₃), dan gas-gas beracun lainnya. Gas-gas ini dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernapasan, serta dapat mempengaruhi kesehatan dan lingkungan (Lin et al, 2021).

3. Logam berat Logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan arsenik (As) dapat dilepaskan ke udara dari berbagai sumber seperti industri dan transportasi. Paparan terhadap logam berat dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saraf, kardiovaskular, dan reproduksi manusia (Wei et al, 2021).
4. Senyawa organik volatil (VOCs) Senyawa organik volatil (VOCs) adalah senyawa kimia yang mudah menguap ke udara. VOCs dapat berasal dari sumber alami seperti tumbuhan atau dari berbagai sumber aktivitas manusia seperti industri, kendaraan bermotor, dan cat. Beberapa jenis VOCs dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, sementara beberapa jenis yang lain dapat menyebabkan kanker (Guo et al, 2019).

2.3 Sumber Pencemaran Udara

Menurut EPA (2021), Pencemar udara dapat berasal dari berbagai sumber seperti aktivitas manusia, alamiah, dan faktor cuaca. Berdasarkan sumbernya, pencemar udara dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, antara lain:

1. Pencemar udara dari sumber alamiah: debu vulkanik, asap hutan, dan gas alamiah seperti radon.
2. Pencemar udara dari aktivitas manusia:
 - a. Kendaraan bermotor: emisi kendaraan yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil seperti bensin dan diesel.
 - b. Industri: emisi dari pabrik dan perusahaan industri, seperti asap, gas, dan debu yang dihasilkan dari proses produksi.
 - c. Pembangkit listrik: emisi dari pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil.
 - d. Peralatan rumah tangga: peralatan seperti kompor gas, mesin cuci, dan AC dapat menghasilkan emisi jika menggunakan bahan bakar fosil.
 - e. Pertanian: emisi dari pertanian seperti amonia dari pupuk dan gas metana dari limbah ternak.
 - f. Konstruksi: debu dan partikel dari konstruksi bangunan dan jalan.

3. Pencemar udara dari faktor cuaca: polusi udara dapat terkait dengan faktor cuaca seperti angin dan suhu udara.
4. Pencemar udara dari kebakaran: emisi yang dihasilkan dari kebakaran hutan, lahan gambut, dan kebakaran bangunan.
5. Pencemar udara dari limbah: emisi dari limbah yang dibuang ke udara seperti gas metana dari tempat pembuangan sampah dan limbah industri.
6. Pencemar udara dari aktivitas kelautan: emisi dari aktivitas kelautan seperti kapal dan aktivitas pengeboran minyak.

2.4 Dampak Pencemaran Udara

Menurut Bachtiar (2016), masalah polusi yang ditimbulkan oleh TSP merupakan masalah yang berbahaya bagi aktivitas manusia baik didalam maupun diluar ruangan. Dimana TSP telah memicu berbagai penyakit seperti gangguan pada penglihatan dan infeksi pernafasan. Dampak pencemaran udara dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, serta lingkungan. Beberapa dampak pencemaran udara yang umum terjadi adalah:

1. Masalah kesehatan: Pencemaran udara dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti infeksi saluran pernapasan, penyakit jantung, dan kanker. Dalam jangka panjang, pencemaran udara dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan gangguan fungsi paru-paru.
2. Gangguan lingkungan: Pencemaran udara dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan, seperti hutan yang terbakar dan hilangnya satwa liar. Polutan udara dapat merusak tanaman dan mengurangi produktivitas pertanian.
3. Kerusakan bangunan dan infrastruktur: Beberapa polutan udara dapat merusak bangunan dan infrastruktur. Contohnya, asam yang dihasilkan dari emisi kendaraan dapat merusak bangunan dan jembatan.
4. Dampak ekonomi: Pencemaran udara dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan. Contohnya, biaya kesehatan yang harus dikeluarkan untuk merawat orang yang sakit akibat pencemaran udara dapat menjadi beban bagi pemerintah dan masyarakat.
5. Dampak sosial: Pencemaran udara juga dapat berdampak pada kehidupan sosial masyarakat. Contohnya, penurunan kualitas udara dapat

menyebabkan masyarakat enggan untuk keluar rumah dan melakukan aktivitas di luar ruangan.

Pencemaran udara di kawasan sekolah dapat berdampak negatif terhadap kesehatan siswa dan staf pengajar. Beberapa dampak kesehatan yang dapat terjadi akibat paparan pencemaran udara di kawasan sekolah antara lain:

1. Gangguan pernapasan: Paparan terus-menerus terhadap polutan udara dapat menyebabkan gangguan pernapasan seperti asma, bronkitis, dan pneumonia. Hal ini dapat mempengaruhi kesehatan siswa dan staf pengajar, serta mengganggu proses belajar-mengajar di sekolah.
2. Sakit kepala: Paparan polutan udara yang tinggi juga dapat menyebabkan sakit kepala, lelah, dan sulit berkonsentrasi. Hal ini dapat mengganggu konsentrasi dan produktivitas siswa dan staf pengajar di sekolah.
3. Gangguan sistem kardiovaskular: Pencemaran udara juga dapat menyebabkan gangguan sistem kardiovaskular seperti peningkatan tekanan darah, risiko serangan jantung, dan stroke.

2.5 Kualitas Udara Di Lingkungan Sekolah

Lingkungan sekolah adalah ruang fisik dan sosial di sekitar sebuah sekolah yang memengaruhi kesejahteraan dan pengalaman belajar siswa. Lingkungan sekolah mencakup area kampus sekolah, gedung-gedung, ruang kelas, fasilitas olahraga, taman, serta interaksi sosial antara siswa, guru, dan staf sekolah (UNESCO, 2017).

Menurut Yunus dkk. (2016) di wilayah Kota Malang menunjukkan bahwa kawasan sekolah juga dapat menjadi sumber polusi udara. Studi ini menemukan bahwa kualitas udara di sekitar kawasan sekolah di Kota Malang terutama dipengaruhi oleh emisi kendaraan, industri, dan kegiatan domestik. Secara umum, kualitas udara yang buruk di sekitar kawasan sekolah dapat berdampak negatif pada kesehatan anak-anak yang lebih rentan terhadap polusi udara. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya-upaya untuk meminimalkan emisi pencemar udara di sekitar kawasan sekolah dan memperbaiki kualitas udara di wilayah tersebut.

Kualitas udara kawasan sekolah dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas di sekitar kawasan sekolah, kepadatan kendaraan di sekitar kawasan sekolah, dan pola angin di wilayah tersebut. Menurut Nursita Sari dkk,

(2019) di wilayah Jakarta Selatan menunjukkan bahwa konsentrasi partikel debu di sekitar kawasan sekolah lebih tinggi dibandingkan dengan di luar kawasan sekolah. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa konsentrasi partikel debu yang lebih tinggi terkait dengan kepadatan kendaraan yang lebih tinggi di sekitar kawasan sekolah.

Kualitas udara di sekolah adalah suatu hal yang sangat penting, mengingat anak-anak merupakan kelompok rentan terhadap dampak buruk dari polusi udara. Kualitas udara yang buruk di sekolah dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, sakit kepala, masalah pernapasan, serta dapat memicu penyakit asma. Untuk memastikan kualitas udara di dalam sekolah tetap baik, perlu dilakukan monitoring secara teratur terhadap parameter kualitas udara seperti *Total Suspended Particulate* (TSP), PM_{2.5}, PM₁₀, CO₂, dan lain-lain. Hasil monitoring ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengambil tindakan yang tepat guna menjaga kualitas udara di kawasan sekolah tetap baik dan sehat bagi para siswa, guru, dan karyawan.

2.6 Dispersi Polutan

Menurut EPA (2017), Dispersi polutan adalah proses penyebaran polutan dalam udara atau air setelah dilepaskan ke lingkungan. Proses ini melibatkan pergerakan polutan dari sumbernya ke berbagai arah dan jarak, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kondisi cuaca, topografi, karakteristik polutan, dan sifat medium perambatannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi dispersi polutan antara lain:

1. Kondisi cuaca: Angin, suhu udara, kelembaban, dan stabilitas atmosfer sangat mempengaruhi dispersi polutan. Angin dapat membawa polutan ke arah yang berbeda dan membantu penyebarannya. Stabilitas atmosfer, yang mencerminkan perbedaan suhu di berbagai lapisan atmosfer, dapat mempengaruhi aliran udara dan penumpukan polutan.
2. Topografi: Bentuk dan fitur topografi, seperti bukit, lembah, dan bangunan, dapat mempengaruhi aliran udara dan pola dispersi polutan. Topografi dapat mengubah arah dan kecepatan angin, yang pada gilirannya mempengaruhi penyebaran polutan.
3. Karakteristik polutan: Sifat fisik dan kimia polutan, termasuk ukuran partikel, berat molekul, kestabilan, dan reaktivitas, memengaruhi perilaku

dan penyebaran polutan. Partikel-partikel yang lebih besar cenderung jatuh lebih cepat dan memiliki jarak penyebaran yang lebih pendek dibandingkan dengan partikel-partikel yang lebih kecil.

4. Sifat medium perambatan: Medium perambatan polutan, baik itu udara atau air, juga memiliki pengaruh terhadap dispersi polutan. Sifat fisik medium, seperti kepadatan udara, viskositas air, dan perbedaan kepadatan termal, mempengaruhi bagaimana polutan bergerak dan menyebar dalam medium tersebut.
5. Studi dispersi polutan menggunakan model-model matematika dan simulasi komputer untuk memprediksi pola dispersi polutan dalam berbagai skenario. Data cuaca dan topografi yang akurat digunakan sebagai masukan dalam model-model tersebut untuk menghasilkan estimasi penyebaran polutan.

2.7 Faktor-faktor Meteorologi

Menurut Stull (2000) dalam Permatasari (2014), penyebaran polutan di atmosfer dipengaruhi oleh beberapa faktor yang melibatkan tiga mekanisme utama yaitu gerakan udara secara global, fluktuasi kecepatan turbulensi yang akan menyebarkan polutan ke seluruh arah, dan difusi massa akibat perbedaan konsentrasi. Sementara itu, menurut Oke (1978), penyebaran cemaran dari suatu sumber emisi selain dipengaruhi oleh karakteristik sumber emisi juga dipengaruhi oleh karakteristik meteorologi dan topografi setempat. Faktor meteorologi berperan penting dalam mempengaruhi pola dan penyebaran polutan di atmosfer. Kecepatan angin, arah angin, temperature, dan stabilitas atmosfer adalah faktor meteorologi yang sangat berpengaruh dalam penyebaran polutan. Beberapa faktor meteorologi yang signifikan dalam konteks kualitas udara adalah sebagai berikut:

1. Suhu

Suhu udara merupakan ukuran derajat kepanasan atau kesejukan udara. Suhu udara dapat mempengaruhi kualitas udara dan kesehatan manusia. Menurut penelitian, suhu udara yang tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya penyakit pernapasan, terutama pada anak-anak dan orang tua (Bates et al., 2019).

2. Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah jumlah uap air yang terkandung dalam udara. Kelembaban udara yang terlalu rendah dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan kulit, sementara kelembaban udara yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya penyakit pernapasan (Huang et al., 2019).

3. Tekanan Udara

Tekanan udara adalah gaya yang diberikan oleh udara pada suatu permukaan. Perubahan tekanan udara dapat mempengaruhi kualitas udara dan kesehatan manusia. Menurut penelitian, perubahan tekanan udara yang drastis dapat menyebabkan sakit kepala, migrain, dan tekanan darah tinggi (Zannetti, 2019).

4. Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah kecepatan pergerakan udara. Kecepatan angin dapat mempengaruhi dispersi polutan di udara. Menurut penelitian, kecepatan angin yang tinggi dapat membantu mempercepat dispersi polutan, sehingga dapat menurunkan tingkat polusi udara (Xu et al., 2019).

2.8 *Total Suspended Particulate (TSP)*

Menurut Rahman (2019), *Total Suspended Particulate (TSP)* adalah parameter kualitas udara yang mengacu pada jumlah partikel padat dan cair yang terdapat dalam udara dan dapat tersebar di seluruh daerah. Partikel-partikel tersebut dapat dihasilkan dari berbagai sumber, seperti debu jalan, asap kendaraan, asap pabrik, dan lain sebagainya. Pengukuran TSP dapat digunakan untuk mengetahui tingkat konsentrasi partikel dalam udara dan menganalisis kualitas udara di suatu daerah.

Konsentrasi *Total Suspended Particulate (TSP)* merupakan ukuran konsentrasi partikel-partikel padat dan cair di udara yang memiliki diameter kurang dari 100 mikrometer. *Total Suspended Particulate (TSP)* dianggap sebagai parameter yang penting dalam penilaian kualitas udara, karena partikel-partikel ini dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan.

Untuk melakukan monitoring konsentrasi TSP, biasanya dilakukan dengan menggunakan alat bernama High Volume Sampler (HVS). Alat ini berfungsi untuk menarik udara melalui filter kertas dan kemudian mengukur berat dari

partikel-partikel yang terperangkap di dalam filter tersebut. Hasil pengukuran TSP biasanya dilaporkan dalam satuan mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Menurut SNI 7119.3-2017 tentang cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan high volume air sampler (HVAS) dengan metode gravimetri, perhitungan untuk konsentrasi polutan TSP adalah sebagai berikut:

- a. Koreksi laju alir pada kondisi standar dapat dihitung dengan persamaan 1 dibawah ini:

$$Q_s = Q_0 \times \left[\frac{T_s \times P_0}{T_0 \times P_s} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Keterangan :

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

Q_0 = Laju alir volume uji (m^3/menit)

T_s = Temperatur standar, 298 K

T_0 = Temperatur rata-rata aktual ($273 + T_{\text{ukur}}$) dimana Q_0 ditentukan

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

P_0 = Tekanan barometrik rata-rata aktual dimana Q_0 ditentukan

- b. Volume udara yang diambil dapat dihitung dengan persamaan 2 dibawah ini:

$$V = \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} \times T \quad (2)$$

Keterangan :

V = Volume udara yang diambil (m^3)

Q_{s1} = Laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama (m^3/menit)

Q_{s2} = Laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama (m^3/menit)

T = Durasi pengambilan contoh uji (menit)

- c. Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam udara ambien dapat dihitung dengan persamaan 3 dibawah ini:

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

Keterangan :

C = konsentrasi massa partikel tersuspensi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

W_1 = berat filter awal (g)

W_2 = berat filter akhir (g)

V = volume contoh uji udara (m^3)

10^6 = konversi gram (g) ke mikrogram (μg)

d. Persamaan Canter dapat dihitung dengan persamaan 4 dibawah ini:

Berdasarkan baku mutu udara ambien dengan parameter TSP disesuaikan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yakin sebesar $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk waktu pengukuran 24 jam. Hasil konsentrasi TSP yang terukur, perlu dikonversi terlebih dahulu sebelum dibandingkan dengan baku mutu udara ambien (Gindo & Hari, 2007). Konversi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Canter dapat dilihat persamaan 4 dibawah ini:

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

Keterangan :

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

C_2 = Konsentrasi TSP terukur dengan durasi pengambilan sampel selama 1 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

p = Faktor konversi (0,159)

t_1 = Waktu pengambilan sampel setara dengan 24 jam

t_2 = Waktu pengambilan sampel selama 1 jam

2.9 Baku Mutu Udara Ambien

Baku mutu udara ambien adalah standar yang digunakan untuk menentukan tingkat kualitas udara yang aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Baku mutu udara ambien ditetapkan oleh pemerintah dengan mengacu pada beberapa parameter kualitas udara, seperti konsentrasi partikulat, konsentrasi gas, serta parameter lainnya yang berkaitan dengan kualitas udara.

Di Indonesia, baku mutu udara ambien diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 18 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Kualitas Udara Ambien. Adapun beberapa parameter kualitas udara yang diatur dalam peraturan tersebut antara lain:

1. Partikulat $\text{PM}_{1.0}$, dengan baku mutu harian sebesar $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan baku mutu tahunan sebesar $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2. Partikulat PM_{2,5}, dengan baku mutu harian sebesar 65 µg/m³ dan baku mutu tahunan sebesar 25 µg/m³.
3. SO₂ (dioksida belerang), dengan baku mutu harian sebesar 350 µg/m³ dan baku mutu tahunan sebesar 80 µg/m³.
4. NO₂ (dioksida nitrogen), dengan baku mutu harian sebesar 200 µg/m³ dan baku mutu tahunan sebesar 40 µg/m³.
5. CO (karbon monoksida), dengan baku mutu harian sebesar 35 ppm (part per million) dan baku mutu tahunan sebesar 9 ppm.
6. O₃ (ozon), dengan baku mutu harian sebesar 100 µg/m³ dan tidak ada baku mutu tahunan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Mutu udara adalah ukuran kondisi udara pada waktu dan tempat tertentu yang diukur dan/atau diuji berdasarkan parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan. Baku mutu udara ambien adalah nilai pencemar udara yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Baku mutu udara ambien dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Udara Ambien

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 Jam	150 µg/m ³	aktif kontinu
				aktif manual
		24 Jam	75 µg/m ³	aktif kontinu
1 Tahun	45 µg/m ³			
2	Karbon Monoksida (CO)	1 Jam	10.000 µg/m ³	aktif kontinu
		8 Jam	4000 µg/m ³	
3	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 Jam	200 µg/m ³	aktif kontinu
				aktif manual
		24 Jam	65 µg/m ³	aktif kontinu
1 Tahun	50 µg/m ³			
4	Oksidan fotokimia (O _x) sebagai Ozon (O ₃)	1 Jam	150 µg/m ³	aktif kontinu
				aktif manual
		8 Jam	100 µg/m ³	aktif kontinu
1 Tahun	35 µg/m ³			

5	Hidro Karbon Non Metana (NMHC)	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
	Partikulat debu < 10 μm (PM ₁₀)	24 Jam	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	aktif kontinu
		1 Tahun	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	aktif kontinu
	Partikulat debu < 2,5 μm (PM _{2.5})	24 Jam	55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	aktif kontinu
				aktif manual
		1 Tahun	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	aktif kontinu
7	Timbal (Pb)	24 Jam	2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	aktif manual

Sumber : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021

2.10 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) adalah sebuah metode untuk menilai tingkat pencemaran udara pada suatu wilayah berdasarkan pada konsentrasi beberapa polutan udara tertentu. ISPU biasanya digunakan untuk memberikan informasi kepada masyarakat tentang kualitas udara yang mereka hirup setiap harinya, sehingga masyarakat dapat mengambil tindakan untuk melindungi diri mereka dari dampak buruk pencemaran udara. IPU dihitung dengan memperhitungkan konsentrasi beberapa parameter pencemar udara seperti SO₂, NO₂, CO, dan PM₁₀. Setiap parameter memiliki bobot yang berbeda dalam perhitungan ISPU, yang disesuaikan dengan dampak kesehatan yang ditimbulkannya pada manusia.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemaran Udara, Indeks Standar Pencemar Udara yang selanjutnya disingkat ISPU adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Angka Rentang ISPU tiap polutan dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Angka Rentang ISPU Tiap Polutan, maka pengelompokkan kategori angka rentang ISPU dapat dilihat pada Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Kategori Angka Rentang ISPU

Kategori	Status Warna	Angka Rentang
Baik	Hijau	1 – 50
Sedang	Biru	51 – 100
Tidak sehat	Kuning	101 – 200
Sangat Tidak Sehat	Merah	201 - 300
Berbahaya	Hitam	≥ 301

Sumber : Peraturan KLHK RI No.P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020

Berdasarkan pengelompokan kategori angka rentang ISPU, maka penjelasan setiap kategori dapat dilihat pada Tabel 3. sebagai berikut:

Tabel 3. Penjelasan Nilai ISPU

Kategori	Keterangan	Apa yang Harus Dilakukan
Baik	Tingkat kualitas udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan, tumbuhan	Sangat baik melakukan kegiatan di luar
Sedang	Tingkat kualitas udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.	Kelompok sensitif : Kurangi aktivitas fisik yang terlalu lama atau berat. Setiap orang: Masih dapat beraktivitas di luar
Tidak sehat	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.	Kelompok sensitif : Boleh melakukan aktivitas di luar, tetapi mengambil rehat lebih sering dan melakukan aktivitas ringan. Amati gejala berupa batuk atau nafas sesak. Penderita asma harus mengikuti petunjuk kesehatan untuk asma dan menyimpan obat asma. Penderita penyakit jantung: gejala seperti palpitasi/jantung berdetak lebih cepat, sesak nafas, atau kelelahan yang tidak biasa mungkin mengindikasikan masalah serius. Setiap orang: Mengurangi aktivitas fisik yang terlalu lama di luar ruangan.
Sangat Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.	Kelompok sensitif : Hindari semua aktivitas di luar. Perbanyak aktivitas di dalam ruangan atau lakukan penjadwalan ulang pada waktu dengan kualitas udara yang baik. Setiap orang: Hindari aktivitas fisik

Kategori	Keterangan	Apa yang Harus Dilakukan
		yang terlalu lama di luar ruangan, pertimbangkan untuk melakukan aktivitas di dalam ruangan.
Berbahaya	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.	Kelompok sensitif : Tetap di dalam ruangan dan hanya melakukan sedikit aktivitas Setiap orang: Hindari semua aktivitas di luar

Sumber : Peraturan KLHK RI No.P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Rumus Indeks Standar Pencemar Udara adalah :

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad (5)$$

Dimana :

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Konsentrasi ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_b = Konsentrasi ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_x = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

2.11 HYSPLIT

Pemodelan Hysplit (*Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory*) adalah sistem yang lengkap untuk menghitung lintasan udara parsel sederhana, serta transportasi yang kompleks, dispersi, transformasi kimia, dan simulasi deposisi. Model Hysplit juga telah digunakan dalam berbagai simulasi yang menggambarkan atmosfer transportasi, dispersi, dan deposisi polutan dan bahan berbahaya. Beberapa contoh aplikasi yang termasuk pelacakan dan peramalan pelepasan bahan radioaktif, asap api, debu yang tertiuip angin, polutan dari berbagai sumber emisi stasioner dan mobile, alergen dan abu vulkanik. Model perhitungan yang digunakan dalam pemodelan Hysplit ini adalah gabungan dari pendekatan Lagrangian dan metode Eulerian. Dalam model partikel, tetap jumlah partikel advected tentang domain model yang oleh medan angin mean dan

disebarkan oleh komponen bergejolak. konfigurasi default model mengasumsikan distribusi partikel 3-dimensi (horizontal dan vertikal) (Ryan, 2017).

Menurut Su (2015), menyatakan bahwa HYSPLIT umumnya digunakan untuk lintasan mundur massa udara di lokasi awal yang diberikan. Dimana HYSPLIT mengambil data luaran oleh *Global Data Assimilation System (GDAS)* yang digunakan oleh *Global Forecast System (GFS)* untuk menempatkan pengamatan kedalam ruang model grid untuk memulai atau menginisialisasi prakiraan cuaca dengan data pengamatan. Tipe trayektori dan pemanfaatannya berdasarkan arahnya, trayektori dapat dibedakan menjadi trayektori maju (*forward trajectory*) dan trayektori mundur (*backward trajectory*). Trayektori maju (*forward trajectory*) adalah pergerakan (penyebaran) polutan ke depan, sedangkan trayektori mundur (*backward trajectory*) adalah melacak posisi sumber polutan sebelumnya. Berdasarkan pada input data meteorologinya, trayektori dibedakan menjadi forecast trayektori yaitu menggunakan data meteorologi prediksi yang akan datang dan archive trayektori yaitu menggunakan data meteorologi yang sudah terjadi. Input data meteorologi untuk model HYSPLIT tergantung wilayahnya.

Kelebihan HYSPLIT sebagai berikut:

1. Pendekatan Lagrangian yang digunakan oleh HYSPLIT memungkinkan simulasi pergerakan individual partikel, yang dapat memberikan informasi yang sangat rinci tentang jalur dan dispersi polutan.
2. HYSPLIT efektif digunakan untuk aplikasi regional dan global, di mana perubahan iklim dan kondisi meteorologis besar dapat mempengaruhi transportasi partikel atau polutan.
3. HYSPLIT dapat digunakan untuk memodelkan berbagai jenis zat kimia, termasuk partikel debu, asap, dan gas.
4. HYSPLIT mampu mempertimbangkan efek variasi tingkat udara di berbagai ketinggian, sehingga memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang transportasi polutan dalam atmosfer.

Kekurangan HYSPLIT sebagai berikut:

1. Model Lagrangian cenderung membutuhkan sumber daya komputasi yang lebih besar dibandingkan dengan model Eulerian seperti AERMOD, terutama

untuk simulasi dengan resolusi spasial tinggi atau rentang waktu yang panjang.

2. HYSPLIT mungkin tidak seoptimal AERMOD ketika digunakan untuk studi dengan skala lokal yang sangat kecil atau ketika resolusi tinggi diperlukan.

2.12 WRPLOT-View

WRPLOT-View merupakan sistem program yang bernama windrose untuk data meteorologi. Dimana menyediakan tampilan diagram windrose, analisis frekuensi, dan diagram untuk beberapa format data meteorologi. Windrose menyajikan sebuah grafik yang memberikan gambaran tentang bagaimana arah dan kecepatan angin terdistribusikan di sebuah lokasi dalam periode tertentu. Windrose merupakan representasi yang sangat bermanfaat karena dengan jumlah data yang sangat banyak namun dapat diringkas dalam sebuah diagram. Cara untuk menampilkan data angin bervariasi. beberapa penyajian menunjukkan kelebihan daripada yang lain. Akhir-akhir ini jenis windrose baru disajikan sehingga kemampuannya bisa dipelajari (Crutcher, 1956).

2.13 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan, karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, suatu ruas jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan segi peninjauannya, yaitu berdasarkan segi layanan, segi pengawasan dan pendanaan serta berdasarkan fungsinya. Namun perlu diingat bahwa pada keadaan sehari-hari pembagian kelas jalan ini tidaklah nyata seperti dalam konsep tersebut.

1. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi Jalan
 - a. Jalan arteri yaitu jalan yang berfungsi melayani angkutan utama dengan kecepatan rata-rata tinggi disertai jumlah jalan masuk yang dibatasi sesuai ketentuan.
 - b. Jalan kolektor yaitu jalan yang berfungsi melayani angkutan pengumpul dengan kecepatan rata-rata sedang disertai jumlah jalan masuk yang dibatasi sesuai ketentuan.

- c. Jalan lokal yaitu jalan yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan dekat, dan kecepatan rata-rata rendah disertai jumlah jalan masuk yang dibatasi sesuai ketentuan.
- d. Jalan lingkungan yaitu jalan yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan jarak perjalanan dekat dan kecepatan rata-rata rendah (PUPR, 2017)

2. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Pelayanan

Jalan raya dapat digolongkan dalam klasifikasi berdasarkan pelayanannya yang mana mencakup dua golongan meliputi:

- a. Jalan sosial/ekonomi (Jalan Umum); yaitu jalan raya yang diperuntukkan melayani aktivitas sosial dan perekonomian masyarakat.
- b. Jalan politik/militer (Jalan Khusus /jalan strategi); yaitu jalan yang diperuntukkan melayani aktivitas politik dan militer. Pada ruas jalan ini aktifitas-aktifitas lainnya tidak diperkenankan dan sangat tertutup.

3. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Pengawasan dan Pendanaan

Jalan raya dapat digolongkan dalam klasifikasi berdasarkan pengawasan dan pendanaan yang mana mencakup beberapa golongan meliputi:

- a. Jalan nasional; Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
- b. Jalan provinsi; Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
- c. Jalan kabupaten; Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

- d. Jalan kota ; Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antara pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antara persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.
- e. Jalan desa; Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

4. Klasifikasi Jalan Menurut Sistem Jaringan

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hirarki.

- a. Sistem jaringan jalan primer; Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan sebagai berikut:
 - 1) Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan;
 - 2) Menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.
- b. Sistem jaringan jalan sekunder; Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

5. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan (Pasal 11 PP No.43/1993), sebagai berikut:

- a. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter,

ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton;

- b. Jalan kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton;
- c. Jalan kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor.
- d. asuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton (Silvester, 2019).

2.12 Klasifikasi Kendaraan

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, maka kendaraan dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis kendaraan, yaitu :

1. Kendaraan bermotor

Kendaraan bermotor dibedakan menjadi kendaraan bermotor pribadi atau perseorangan dan kendaraan bermotor umum, maksud kendaraan bermotor umum adalah setiap kendaraan yang digunakan untuk angkutan barang dan/atau orang dengan dipungut bayaran.

- a. Sepeda motor adalah Kendaraan Bermotor beroda 2 (dua) dengan atau tanpa rumah-rumah dan dengan atau tanpa kereta samping, atau Kendaraan Bermotor beroda 3 (tiga) tanpa rumah-rumah.
- b. Mobil penumpang adalah Kendaraan Bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk maksimal 8 (delapan) orang, termasuk untuk pengemudi atau yang beratnya tidak lebih dari 3.500 (tiga ribu lima ratus) kilogram.
- c. Mobil bus adalah Kendaraan Bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk lebih dari 8 (delapan) orang, termasuk untuk pengemudi atau yang beratnya lebih dari 3.500 (tiga ribu lima ratus) kilogram.
- d. Mobil barang adalah Kendaraan Bermotor yang dirancang sebagian atau seluruhnya untuk mengangkut barang.

- e. Kendaraan khusus adalah kendaraan yang dirancang bangun untuk fungsi tertentu.
2. Kendaraan tidak bermotor
Kendaraan Tidak Bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh tenaga manusia dan/atau hewan. Setiap kendaraan tidak bermotor yang dioperasikan di jalan wajib memenuhi persyaratan keselamatan yang meliputi:
 - a. Persyaratan teknis meliputi konstruksi, sistem kemudi, sistem roda, sistem rem, lampu, dan pemantul cahaya, dan alat peringatan dengan bunyi.
 - b. Persyaratan tata cara memuat barang meliputi sekurang-kurangnya dimensi dan berat.

2.13 Analisis koefisien korelasi

Analisis koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui arah dan kuatnya hubungan antar dua variabel atau lebih. Arah dinyatakan dalam bentuk hubungan positif atau negatif, sedangkan kuat atau lemahnya hubungan dinyatakan dalam besarnya koefisien korelasi. (Sugiyono, 2017:286).

Untuk melakukan analisis koefisien korelasi, maka penulis menggunakan perhitungan (*Pearson Moment Correlation Analyst*), dengan menggunakan rumus persamaan 6. dengan konsep yang berpedoman kepada Sugiyono (2017:276) sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i) (\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \quad (6)$$

Keterangan:

r_{xy} = Koefisien korelasi pearson product moment

n = Banyaknya sampel

$\sum x$ = Jumlah nilai variabel x

$\sum y$ = Jumlah nilai variabel y

$\sum x^2$ = Jumlah kuadrat variabel x

$\sum y^2$ = Jumlah kuadrat variabel y

Koefisien korelasi (r) menunjukkan derajat korelasi antara variabel independen dan variabel dependen. Nilai koefisien korelasi harus terdapat dalam

batas-batas -1 hingga $+1$ ($-1 < r \leq +1$) yang menghasilkan beberapa kemungkinan, antaralain sebagai berikut: a. Tanda positif menunjukkan adanya korelasi positif dalam variabel-variabel yang diuji, yang berarti setiap kenaikan dan penurunan nilai-nilai X akan diikuti dengan kenaikan dan penurunan Y. Jika $r = +1$ atau mendekati 1 , maka menunjukkan adanya pengaruh positif antara variabel-variabel yang diuji sangat kuat. b. Tanda negatif adanya korelasi negatif antara variabel-variabel yang diuji, yang berarti setiap kenaikan nilai-nilai X akan diikuti dengan penurunan nilai Y dan sebaliknya. Jika $r = -1$ atau mendekati -1 , menunjukkan adanya pengaruh negatif dan korelasi variabel-variabel yang diuji lemah. c. Jika $r = 0$ atau mendekati 0 , maka menunjukkan korelasi yang lemah atau tidak ada korelasi sama sekali antara variabel-variabel yang diteliti dan diuji.

Tabel 4. Interpretasi Koefien Korelasi

Interval Koefisien	Koefisien Korelasi
0.00 – 0.199	Sangat Lemah
0.20 – 0.399	Lemah
0.40 – 0.599	Sedang
0.60 – 0.799	Kuat
0.80 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono, 2017

Tanda (+) dan (-) yang terdapat dalam koefisien korelasi menunjukkan adanya arah hubungan antara variabel tersebut. Tanda (-) menunjukkan hubungan yang berlawanan arah, yang artinya jika satu variabel naik, maka yang lainnya turun. Sedangkan tanda (+) menunjukkan hubungan yang searah, yang artinya jika suatu variabel naik, maka yang lainnya naik.

2.14 Analisis Koefisien Determinasi

Analisis koefisien determinasi menurut Ghozali (2018:97) pada intinya untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi dari variabel dependen. Interpretasi dari analisis koefisien determinasi menurut Ghozali (2018:97) adalah nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan 1 (satu). Nilai koefisien determinasi (R^2) yang kecil berarti kemampuan variabel-variabel dependen amat terbatas. Nilai yang mendekati satu berarti variabel-variabel independen memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk

memprediksi variasi variabel dependen. Untuk mengetahui nilai dari koefisien determinasi, maka penulis menggunakan rumus persamaan 7. sebagai berikut:

$$Kd = R^2 \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:

Kd = Koefisien Determinasi

R^2 = Koefisien Korelasi

Analisis koefisien determinasi dalam penelitian ini digunakan untuk mendapat hasil besarnya pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial dan secara simultan.