



Analisis Parameter Kualitas Udara di Lingkungan Kampus Politeknik Negeri Manado

**Kurnia Ronsulangi¹ Anjelita Tampi² Michelle Umbas³ Marifat Punusingon⁴ Litzi Tular⁵
Vellia Lamia⁶ Mikhael Kojansow⁷ Olivia Moningka⁸ Cynthia Tendean⁹ Ahmad Yani Abas¹⁰**
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Jalan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri
Manado

E-mail: kronsulangi@gmail.com

Abstrak

Mutu udara yang bersih merupakan indikator penting dalam menentukan kondisi lingkungan yang sehat, khususnya pada kawasan institusi pendidikan dengan dinamika mobilitas civitas akademika yang tinggi. Tersedianya kualitas udara yang optimal di area kampus menjadi prasyarat mutlak demi menjamin aspek kesehatan serta kenyamanan selama aktivitas akademik berlangsung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai parameter kualitas udara di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Manado, sekaligus mengevaluasi kesesuaiannya terhadap standar baku mutu udara ambien nasional yang berlaku di Indonesia. Pendekatan deskriptif kuantitatif diaplikasikan dalam penelitian ini, dengan teknik pengumpulan data primer secara langsung di lapangan menggunakan aplikasi pemantau kualitas udara AirVisual. Pengukuran di lapangan dilaksanakan pada tanggal 18–20 Februari 2026, yang dipecah ke dalam dua periode pengamatan, sesi pagi (08.00–11.00 WITA) dan sesi siang (11.00–14.00 WITA). Parameter yang diamati meliputi PM_{2.5}, PM₁₀, O₃, serta capaian nilai Air Quality Index (AQI) US. Hasil penelitian menunjukkan nilai AQI berada pada kisaran 67–70 yang termasuk dalam kategori sedang (moderate). Parameter dominan yang mempengaruhi nilai indeks kualitas udara adalah PM_{2.5} dengan konsentrasi rata-rata sekitar 19 µg/m³. Jika dibandingkan dengan baku mutu udara ambien nasional menurut PP No. 22 Tahun 2021, konsentrasi tersebut masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan.

Kata kunci : aqi, kualitas udara, lingkungan kampus, pencemaran udara, pm2.5

1. PENDAHULUAN

Kondisi udara di suatu wilayah memegang peranan krusial dalam menjaga kesehatan lingkungan sekaligus menunjang mutu kehidupan manusia. [1]. Ketika udara terkontaminasi, dampak buruk bagi Kesehatan, khususnya gangguan pada saluran pernapasan tidak dapat dihindari [2]. Berdasarkan data dari WHO, polusi udara bahkan telah dikategorikan sebagai salah satu pemicu terbesar munculnya beragam penyakit respirasi secara global [3]. Di lingkungan perguruan tinggi, mobilitas dan berbagai kegiatan akademik seperti proses perkuliahan, riset, serta aktivitas kemahasiswaan berlangsung secara berkala. Faktor-faktor seperti intensitas kendaraan bermotor, pergerakan orang, hingga karakteristik area sekitar menjadi elemen yang memengaruhi kondisi udara [2], [4], di wilayah kampus tersebut. Dalam mengukur tingkat kebersihan udara,

partikel halus seperti PM2.5 dan PM10 menjadi indikator utama yang sangat penting [5], [6]. Zat partikulat ini umumnya bersumber dari gas buang kendaraan, polusi debu di jalanan, proyek pembangunan, hingga dipengaruhi oleh aspek cuaca seperti arah angin dan tingkat kelembapan [7]. Untuk memotret fenomena ini secara nyata, metode deskriptif kuantitatif diterapkan guna menyajikan data yang dihimpun secara terstruktur agar mampu merefleksikan situasi riil di lapangan [8]. Berdasarkan hal tersebut, studi mengenai analisis mutu udara di area Kampus Politeknik Negeri Manado ini dilakukan, serta mengetahui kondisi kualitas udara dan membandingkannya dengan standar baku mutu udara ambien nasional yang berlaku di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui konsentrasi parameter kualitas udara di lingkungan kampus Politeknik Negeri Manado, menentukan kategori kualitas udara berdasarkan nilai AQI US, menganalisis parameter dominan yang mempengaruhi kualitas udara dan membandingkan hasil pengukuran dengan baku mutu udara ambien nasional.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dipusatkan di area Kampus Politeknik Negeri Manado, dengan proses pengambilan data kualitas udara yang dilangsungkan selama tiga hari berturut-turut, tepatnya pada tanggal 18 hingga 20 Februari 2026. Dalam menentukan titik pengambilan sampel, dipilih area-area strategis yang mampu merepresentasikan dinamika aktivitas utama di dalam kampus. Kawasan tersebut meliputi area gedung perkuliahan, jalur perlintasan kendaraan, serta area terbuka hijau yang terletak di sekeliling bangunan kampus.

Merujuk pada visualisasi Google Maps yang tertera pada Gambar 1, kompleks Politeknik Negeri Manado ini terletak secara geografis di sekitar koordinat $1^{\circ}29'$ LU dan $124^{\circ}54'$ BT. Posisi ini juga terpantau berdekatan dengan koridor transportasi utama, sebuah faktor lingkungan yang berpotensi besar memberikan pengaruh terhadap karakteristik udara setempat. Pemanfaatan peta lokasi dalam penelitian ini berfungsi untuk menyajikan gambaran spasial yang jelas mengenai sebaran titik pengamatan serta pemetaan kondisi lingkungan sekitar yang berpeluang memengaruhi mutu udara di lokasi penelitian.



Gambar 1. Daerah Lokasi Penelitian
(Sumber : Google.com)

Parameter yang diamati meliputi PM2.5, PM10, O₃, serta nilai AQI US. Hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3. Pengukuran dilakukan pada dua periode waktu Pagi : 08.00 – 11.00 WITA, Siang : 11.00 – 14.00 WITA .

Lokasi kampus dipilih karena merupakan kawasan pendidikan yang memiliki aktivitas manusia cukup tinggi, sehingga penting untuk mengetahui kondisi kualitas udara di lingkungan tersebut.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dengan melakukan pengukuran langsung menggunakan aplikasi AirVisual untuk memperoleh data parameter kualitas udara. Parameter yang diukur dalam penelitian ini meliputi: PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), AQI US. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan standar kualitas udara yang berlaku.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Udara (18 Februari 2026)

WAKTU	PM2.5	PM10	O_3	AQI ⁺ US	KATEGORI
PAGI	19	37,9	0	67	SEDANG
SIANG	19,2	38,8	0	70	SEDANG

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas udara pada tanggal 18 Februari 2026 yang disajikan dalam Tabel 1, secara umum kualitas udara di lokasi penelitian berada pada tingkat yang relatif stabil. Pada pengamatan pagi hari, nilai AQI US tercatat sebesar 67 dengan konsentrasi PM2.5 sebesar 19 dan PM10 sebesar 37,9. Memasuki siang hari, terjadi peningkatan fluktuasi minor pada seluruh parameter partikulat, di mana PM2.5 naik menjadi 19,2 dan PM10 meningkat menjadi 38,8, yang berimplikasi pada kenaikan nilai AQI US menjadi 70. Di sisi lain, parameter ozon O_3 tidak menunjukkan adanya pergerakan nilai (tetap berada pada angka 0). Secara keseluruhan, dinamika perubahan parameter dari pagi hingga siang hari ini tidak mengubah status kualitas udara, yang secara konsisten bertahan pada Kategori Sedang."



Gambar 2 Ozon Permukaan (18 Februari 2026)



Gambar 3 Partikel debu lebih besar <10 mikrometer (18 Februari 2026)

Gambar 2 parameter Ozon O_3 pada hari Kamis, 19 Februari, menunjukkan pada waktu pagi hari (pukul 04.00–10.00) dengan puncak akumulasi tertinggi dicapai pada pukul 07.00 pagi. Seluruh visualisasi grafik batang yang berwarna hijau menegaskan bahwa paparan ozon di lokasi penelitian secara konsisten berada dalam Kategori Baik. Gambar 3 diketahui partikel debu lebih

besar <10 mikrometer menunjukkan Indeks Kualitas Udara global (AQI) di angka 70 US AQI (Kategori Sedang/Moderate), dengan polutan utama harian secara keseluruhan yang dipicu oleh PM2.5 sebesar 19.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bagian tengah menampilkan grafik harian khusus untuk polutan PM10. Konsentrasi Tertera angka 38,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan keterangan status "Bagus" dan seluruh batang grafik dari jam ke jam berwarna hijau cerah. Ini mengindikasikan bahwa konsentrasi debu atau partikel kasar (PM10) di udara sepanjang hari itu sepenuhnya berada dalam ambang batas yang aman dan sehat bagi masyarakat.



Gambar 4 Keterangan cuaca, suhu, angin, dan kelembaban (18 Februari 2026)

Gambar 4 menunjukkan peluang terjadinya hujan sangat stabil dan konsisten di angka 90% sepanjang hari (dari pukul 07:00 hingga 16:00). Suhu dan Kelembapan udara cenderung hangat namun sejuk, berkisar antara 26°C hingga 29°C, didukung oleh kelembapan udara yang tinggi (antara 75% hingga 89%). Angin berembus dalam kategori ringan hingga sedang, dengan kecepatan tertinggi mencapai 9.0 km/jam pada siang hari (pukul 13:00 - 14:00).

Tabel 2 Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Udara (19 Februari)

WAKTU	PM2.5	PM10	O ₃	AQI ⁺ US	KATEGORI
PAGI	19,3	37	0	70	SEDANG
SIANG	19,3	39	0	70	SEDANG

Berdasarkan data hasil pengukuran parameter kualitas udara pada tanggal 19 Februari 2026 yang disajikan dalam Tabel 2, kondisi kualitas udara di lokasi penelitian menunjukkan tingkat stabilitas yang tinggi antara pagi dan siang hari. Parameter PM2.5 tercatat konstan pada konsentrasi 19,3 di kedua waktu pengamatan. Dinamika perubahan minor hanya terlihat pada parameter PM10, yang mengalami kenaikan dari angka 37 pada pagi hari menjadi 39 pada siang hari. Sementara itu, kandungan ozon O₃ tidak menunjukkan pergerakan aktivitas dan tetap bertahan di angka 0. Konsistensi ini berdampak pada nilai Indeks Kualitas Udara AQI US yang stabil menetap di angka 70. Secara keseluruhan, pemantauan temporal ini menegaskan bahwa kualitas udara di wilayah tersebut berada dalam kondisi yang aman dan diklasifikasikan ke dalam Kategori Sedang.



Gambar 5 Kualitas Udara (19 Februari 2026)



Gambar 6 Partikel debu sangat halus (<2.5 mikrometer) (19 Februari 2026)

Pada gambar 5 nilai Indeks Kualitas Udara AQI US pada hari Kamis, 19 Februari, menunjukkan tren yang sangat stabil dan homogen. Sepanjang periode pengamatan dari pagi hingga malam hari, indeks kualitas udara secara konstan bertahan di angka 70 US AQI. Konsistensi nilai ini menempatkan kondisi atmosfer di lokasi penelitian sepenuhnya berada dalam Kategori Sedang. Gambar 6 pada hari Kamis, 19 Februari, menunjukkan pola distribusi temporal yang sangat stabil. Konsentrasi PM2.5 tercatat konsisten berada di angka 19,3 µg/m³ sepanjang hari, dari pagi hingga malam hari. Representasi grafik batang yang sepenuhnya berwarna kuning menegaskan bahwa akumulasi polutan halus ini berada dalam Kategori Sedang.



Gambar 7 Ozon Permukaan (19 Februari 2026)



Gambar 8 Partikel debu lebih besar <10 mikrometer (19 Februari 2026)

Pada gambar 7 dari hasil pengamatan Ozon O₃ kamis, 19 Februari, pagi hari (pukul 04.00–10.00) dengan puncak akumulasi tertinggi dicapai pada pukul 07.00 pagi. Seluruh visualisasi grafik batang yang berwarna hijau menegaskan bahwa paparan ozon di lokasi penelitian secara konsisten berada dalam Kategori Baik. Pada Gambar 8 partikel debu lebih besar <10 mikrometer yang dilakukan pada hari Kamis, 19 Februari, mengindikasikan kondisi atmosfer yang sangat terkendali. Konsentrasi rata-rata harian PM10 tercatat sebesar 39 µg/m³ dengan

seluruh representasi grafik batang harian menunjukkan warna hijau yang merepresentasikan Kategori Bagus. Distribusi fluktuasi per jam terlihat sangat homogen dari pagi hingga malam hari, mencerminkan tidak adanya lonjakan aktivitas antropogenik yang signifikan terkait debu atau partikel kasar.



Gambar 9 Keterangan cuaca, suhu, angin, dan kelembaban (19 Februari 2026)

Gambar 9 menunjukkan Sepanjang hari (07:00–16:00) didominasi hujan dengan peluang yang sangat tinggi dan mutlak di angka 90%. Suhu berkisar antara 26°C hingga 29°C dengan kelembapan udara yang tinggi (75%–89%). Angin mengencang di siang hari, meningkat dari 4.0 km/jam di pagi hari menjadi 11.0 km/jam pada pukul 11:00–14:00. Angka pada bar hijau di bagian atas terus naik sepanjang hari, dimulai dari 8 hingga memuncak di angka 12 pada sore hari.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Udara (20 Februari 2026)

WAKTU	PM2.5	PM10	O3	AQI ⁺ US	KATEGORI
PAGI	19,1	10	0	70	SEDANG
SIANG	19,1	10	0	70	SEDANG

Merujuk pada Tabel 3 mengenai hasil pengukuran parameter kualitas udara pada tanggal 20 Februari 2026, menunjukkan. Konsentrasi PM2.5 konstan berada pada angka 19,1, sementara PM10 menetap stabil pada angka 10. Kondisi serupa juga ditunjukkan oleh parameter ozon O₃ yang bertahan di angka 0 sepanjang waktu pengamatan. Konsistensi data polutan sektoral ini menghasilkan nilai Indeks Kualitas Udara AQI US yang identik pada kedua waktu pengukuran, yaitu sebesar 70 dan kualitas udara pada hari tersebut sepenuhnya berada dalam Kategori Sedang.



Gambar 10 Kualitas Udara (20 Februari 2026)



Gambar 11 Partikel debu sangat halus (>2,5 mikrometer) (20 Februari 2026)

Pada gambar 10 Kualitas Udara AQI US pada hari Jumat, 20 Februari, memperlihatkan pola sebaran yang sangat stabil dan konstan. menunjukkan bahwa nilai indeks 70 US AQI dari pagi hingga malam hari, menempatkan kondisi kualitas udara atmosfer secara konsisten dalam Kategori Sedang. Gambar 11 pada hari Jumat, 20 Februari, menunjukkan stabilitas emisi yang tinggi. Konsentrasi PM2.5 terpantau konsisten berada di angka 19,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sepanjang pengamatan harian. Representasi grafik batang yang sepenuhnya berwarna kuning mengindikasikan bahwa akumulasi polutan halus ini berada dalam Kategori Sedang.



Gambar 12 Ozon Permukaan (20 Februari 2026)

Gambar 12 Ozon permukaan O_3 pada hari Jumat, 20 Februari, menunjukkan Peningkatan konsentrasi gas ozon di permukaan tanah terkonsentrasi pagi hari (pukul 04.00–10.00) dengan puncak akumulasi tertinggi dicapai pada pukul 07.00 pagi. Seluruh visualisasi grafik batang yang berwarna hijau menegaskan bahwa paparan ozon di lokasi penelitian secara konsisten berada dalam Kategori Baik.



Gambar 13 Keterangan cuaca, suhu, angin, dan kelembaban (20 Februari 2026)

Pada Gambar 13 dapat diketahui dari pukul 09.00 hingga 14.00 dicirikan oleh probabilitas curah hujan yang sangat tinggi dan konstan di angka 90%. Parameter fisik atmosfer menunjukkan interaksi yang dinamis, di mana kenaikan suhu udara mencapai puncaknya pada angka 30°C di tengah hari (pukul 11.00–12.00) secara simultan menekan kelembapan udara ke titik terendah sebesar 70%. Peningkatan suhu ini juga linier dengan penguatan kecepatan angin yang mencapai batas maksimum sebesar 9.0 km/h pada pukul 12.00–14.00. Di sisi lain, nilai indeks parameter lingkungan cenderung stabil dengan penurunan minor dari angka 7 di pagi hari menjadi konstan di angka 6 sejak pukul 10.00 hingga siang hari."

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas udara selama tiga hari pengamatan, dilakukan perhitungan nilai rata-rata untuk setiap parameter yang diamati. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas udara secara umum selama periode penelitian.

Nilai rata-rata parameter kualitas udara dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut, rata-rata konsentrasi PM2.5 sebesar 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10 sebesar 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, serta nilai AQI sebesar 70 yang termasuk dalam kategori sedang. Perhitungan rata-rata dilakukan dengan menjumlahkan seluruh data pengukuran kemudian dibagi dengan jumlah data yang diperoleh [9].

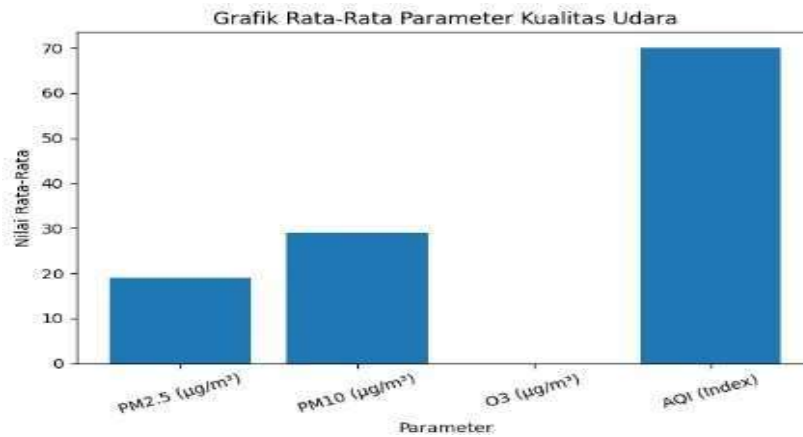
Tabel 4 Rata-Rata Parameter Kualitas Udara Selama Periode Pengamatan

No	Parameter	Satuan	Nilai Rata-rata
1	PM2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	19
2	PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	29
3	O ₃	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
4	AQI US	Indeks	70

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026

Grafik rata-rata parameter kualitas udara selama periode pengamatan dapat dilihat pada Gambar 14. Berdasarkan grafik tersebut, parameter yang memiliki nilai tertinggi adalah Air

Quality Index (AQI) dengan nilai rata-rata sebesar 70, sedangkan parameter PM2.5 dan PM10 masing-masing memiliki nilai rata-rata $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara itu, parameter O_3 tidak menunjukkan konsentrasi selama periode pengamatan.



Gambar 14 Grafik Rata-Rata Parameter Kualitas Udara

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis parameter kualitas udara yang dilakukan di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Manado selama periode pengamatan, diperoleh nilai Air Quality Index (AQI) berkisar antara 67 hingga 70 yang termasuk dalam kategori sedang (moderate). Parameter yang paling dominan mempengaruhi nilai indeks kualitas udara adalah PM2.5 dengan konsentrasi rata-rata sekitar $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan parameter PM10 memiliki nilai rata-rata sekitar $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Jika dibandingkan dengan baku mutu udara ambien nasional berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, nilai konsentrasi partikulat yang diperoleh masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kualitas udara di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Manado selama periode penelitian masih tergolong aman. Selain itu, kebijakan kampus yang tidak memperbolehkan parkir kendaraan serta penerapan kawasan bebas asap rokok di dalam area kampus juga berpotensi membantu menjaga kualitas udara tetap stabil di lingkungan kampus.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa rekomendasi yang dapat diberikan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas udara di lingkungan kampus antara lain: Melakukan pemantauan kualitas udara secara berkala guna mengetahui perubahan kondisi kualitas udara di lingkungan kampus. Meningkatkan ruang terbuka hijau dan penanaman vegetasi di area kampus untuk membantu menyerap polutan udara. Mendorong penggunaan transportasi ramah lingkungan, seperti berjalan kaki, bersepeda, atau penggunaan kendaraan rendah emisi. Melakukan edukasi kepada civitas akademika mengenai pentingnya menjaga kualitas udara dan lingkungan.

Upaya-upaya tersebut juga mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya Tujuan 11 (Sustainable Cities and Communities) dan Tujuan 13 (Climate Action) yang menekankan pentingnya menciptakan lingkungan yang sehat, berkelanjutan, serta mengurangi dampak pencemaran udara terhadap kehidupan manusia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Politeknik Negeri Manado, khususnya Jurusan Teknik Sipil, yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan artikel ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengambilan data serta penyusunan penelitian ini sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta, Indonesia, 2021.
- [2] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, *Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) di Indonesia*. Jakarta, Indonesia, 2020.
- [3] World Health Organization, *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva, Switzerland, 2021. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- [4] R. Djalante and F. Thomalla, "Climate change and air pollution interactions in Southeast Asia," *Environ. Sci. Policy*, vol. 122, pp. 129–137, 2021.
- [5] Z. Arifin and S. Nugroho, "Analisis konsentrasi PM_{2.5} pada kawasan perkotaan akibat aktivitas transportasi," *J. Teknik Lingkungan*, vol. 26, pp. 45–53, 2020.
- [6] R. Yadav and L. Sahu, "Impact of particulate matter (PM_{2.5}) on human health: A review," *Environ. Res.*, vol. 190, p. 109918, 2021.
- [7] J. H. Seinfeld and S. N. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2016.
- [8] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2015.
- [9] P. Gupta and S. Christopher, "Particulate matter air pollution and human health," *Atmos. Environ.*, vol. 215, p. 116126, 2019.
- [10] R. Huang, Y. Zhang, and C. Bozzetti *et al.*, "High secondary aerosol contribution to particulate pollution during haze events in China," *Nature*, vol. 514, no. 7521, pp. 218–222, 2014.
- [11] G. Chen *et al.*, "A machine learning method to estimate PM_{2.5} concentrations across China," *Environ. Int.*, vol. 112, pp. 73–82, 2018.
- [12] J. Lelieveld *et al.*, "The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale," *Nature*, vol. 525, pp. 367–371, 2015.
- [13] Manisalidis *et al.*, "Environmental and health impacts of air pollution: A review," *Front. Public Health*, vol. 8, p. 14, 2020.
- [14] United Nations, *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York, NY, USA, 2015.
- [15] Q. Zhang, K. He, and H. Huo, "Cleaning China's air," *Nature*, vol. 484, pp. 161–162, 2012.