

ANALISIS TINGKAT PENCEMARAN UDARA DI KAWASAN PERKOTAAN

Alfianus Telaumbanua¹, Dicky Triawarman², Faredzi Dhika Saputra³, Octavia Adiguna⁴,
Rendi Kurniawan⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Mpu Tantular, Jakarta, Indonesia

E-mail: Dickytn24@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Received :05-07-2026

Revised :20-07-2026

Accepted :31-07-2026

Keywords: Air Pollution,
PM2.5, Air Pollution
Standard Index (ISPU),
Purposive Sampling,
Positive Matrix
Factorization (PMF),
Environmental Engineering

DOI: <https://doi.org/10.62335>

ABSTRACT

Air pollution in urban areas is an increasingly serious environmental issue driven by rising industrial and transportation activities. This study aims to analyze air pollution levels in Jakarta using key parameters such as Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Dioxide (NO₂), Sulfur Dioxide (SO₂), and Ozone (O₃). Measurements were conducted over a one-week period at monitoring sites representing industrial, commercial, and residential areas, as well as green open spaces. The methodology involved direct ambient air sampling using High Volume Air Samplers (HVAS) and impingers, followed by laboratory analysis via spectrophotometry and gravimetry. Results indicate that PM2.5 concentrations in industrial areas reached 78.4 µg/m³, exceeding the 55 µg/m³ standard set by Government Regulation No. 22 of 2021. The average Air Pollution Standard Index (ISPU) across the monitoring sites fell into the 'Unhealthy' category. Motor vehicle emissions (62.3%) and industrial activities (28.7%) were identified as the dominant sources of pollution. The study recommends strengthening public transportation systems, expanding green open spaces, and tightening industrial emission regulations as measures to mitigate urban air pollution.

ABSTRAK

Pencemaran udara di kawasan perkotaan merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang semakin serius seiring meningkatnya aktivitas industri dan transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pencemaran udara di kawasan perkotaan Kota Jakarta dengan menggunakan parameter utama seperti Particulate Matter (PM_{2.5} dan PM₁₀), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂), Sulfur Dioksida (SO₂), dan Ozon (O₃). Pengukuran dilakukan selama 1 minggu di pem yang mewakili kawasan industri, komersial, perumahan, dan ruang terbuka hijau. Metode yang digunakan meliputi pengambilan sampel udara ambien secara langsung menggunakan High Volume Air Sampler (HVAS) dan Impinger, serta analisis laboratorium menggunakan spektrofotometri dan gravimetri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{2.5} di kawasan industri mencapai 78,4 µg/m³, melampaui baku mutu Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 sebesar 55 µg/m³. Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) rata-rata berada pada kategori 'Tidak Sehat' di pemantauan. Faktor dominan penyebab pencemaran adalah emisi kendaraan bermotor (62,3%) dan aktivitas industri (28,7%). Penelitian ini merekomendasikan penguatan sistem transportasi publik, pengembangan ruang terbuka hijau, dan pengetatan regulasi emisi industri sebagai langkah mitigasi pencemaran udara perkotaan.

PENDAHULUAN

Kualitas udara di kawasan perkotaan telah menjadi isu lingkungan yang mendapat perhatian serius dari berbagai kalangan, mulai dari pemerintah, akademisi, hingga masyarakat umum. Seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan industrialisasi, konsentrasi polutan di atmosfer perkotaan terus mengalami peningkatan yang signifikan. Menurut World Health Organization (WHO) tahun 2024, sekitar 99% penduduk dunia menghirup udara yang melebihi ambang batas baku mutu WHO, dengan wilayah perkotaan di negara berkembang sebagai yang paling terdampak.

Indonesia sebagai negara berkembang dengan tingkat urbanisasi yang tinggi menghadapi tantangan serius terkait kualitas udara, khususnya di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Bandung, dan Medan. Kota Jakarta sebagai ibu kota negara dengan populasi lebih dari 10 juta jiwa dan kepadatan kendaraan bermotor yang sangat tinggi – mencapai lebih dari 22 juta unit pada tahun 2025 – menjadikannya sebagai salah satu kota dengan tingkat pencemaran udara tertinggi di Asia Tenggara (IQAir, 2025).

Pencemaran udara berdampak luas terhadap kesehatan masyarakat, mulai dari infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), gangguan kardiovaskular, hingga kanker paru-paru. Badan Kesehatan Dunia memperkirakan sekitar 7 juta kematian prematur per tahun secara global akibat paparan polusi udara, baik di luar ruangan

maupun di dalam ruangan. Di Indonesia, kerugian ekonomi akibat dampak kesehatan dari pencemaran udara diperkirakan mencapai ratusan triliun rupiah setiap tahunnya.

Parameter pencemaran udara yang paling umum dipantau mencakup Particulate Matter (PM_{2.5} dan PM₁₀), Gas Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂), Sulfur Dioksida (SO₂), dan Ozon (O₃). Masing-masing polutan ini memiliki karakteristik, sumber emisi, dan dampak kesehatan yang berbeda-beda, sehingga pemantauan secara komprehensif sangat diperlukan untuk mendapatkan gambaran kualitas udara yang akurat.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara menyeluruh tingkat pencemaran udara di berbagai zona kawasan perkotaan Jakarta, mengidentifikasi sumber dominan pencemaran, serta membandingkan hasilnya dengan baku mutu udara ambien yang berlaku berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Kuantitatif Deskriptif Eksplanatori yang mengombinasikan pemantauan eksperimental lapangan, analisis laboratorium terakreditasi, pemodelan matematika reseptor, dan statistik inferensial untuk mengevaluasi dinamika pencemaran udara perkotaan.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif eksperimental-deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur data fisik-kimia konsentrasi polutan secara numerik. Sifat deskriptif-eksplanatori bertujuan menggambarkan profil kualitas udara sekaligus menjelaskan hubungan kausal antara parameter meteorologi dan sumber emisi terhadap tingkat pencemaran.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kota Jakarta pada periode Januari hingga Maret 2026. Pemilihan lima titik pemantauan dilakukan secara purposive sampling untuk mewakili berbagai karakteristik tata guna lahan yang ada di kawasan perkotaan:

Titik 1 – Kawasan Industri Pulo Gadung (koordinat 6°11'S, 106°54'E), mewakili zona industri manufaktur berat dengan kepadatan pabrik tinggi. Titik 2 – Bundaran HI, Jakarta Pusat (6°11'S, 106°49'E), mewakili kawasan komersial dan bisnis dengan lalu lintas kendaraan sangat padat. Titik 3 – Kawasan Perumahan Pondok Indah (6°16'S, 106°47'E), mewakili area residensial dengan kepadatan penduduk menengah. Titik 4 – Kawasan Pelabuhan Tanjung Priok (6°6'S, 106°52'E), mewakili zona pelabuhan dengan aktivitas bongkar-muat dan transportasi laut. Titik 5 – Taman Margasatwa Ragunan (6°19'S, 106°49'E), mewakili kawasan ruang terbuka hijau sebagai titik kontrol atau referensi.

Parameter dan Alat Pengukuran

Parameter yang diukur dalam penelitian ini terdiri dari enam polutan utama, yaitu PM_{2.5}, PM₁₀, CO, NO₂, SO₂, dan O₃. Pengambilan sampel udara ambien dilakukan menggunakan peralatan standar yang telah terkalibrasi.

Untuk pengukuran partikel PM_{2.5} dan PM₁₀ digunakan High Volume Air Sampler (HVAS) merek Staplex TFIA-2 dengan filter Teflon 47 mm, dengan laju alir 1,13

m³/menit selama 24 jam. Analisis gravimetri dilakukan di laboratorium yang telah terakreditasi. Pengukuran gas CO dilakukan menggunakan metode NDIR (Non-Dispersive Infrared) dengan analyzer Horiba APMA-370. Gas NO₂ diukur menggunakan metode Griess-Saltzman dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm. Gas SO₂ diukur menggunakan metode pararosanilin dengan Impinger berisi larutan TCM. Gas O₃ diukur menggunakan metode UV Photometric dengan analyzer Thermo Scientific 49i.

Prosedur Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel udara dilakukan selama tiga periode dalam sehari untuk menangkap variasi diurnal konsentrasi polutan: pagi hari (06.00–09.00 WIB) yang mewakili jam sibuk pagi, siang hari (11.00–14.00 WIB) yang mewakili aktivitas puncak harian, dan sore hari (16.00–19.00 WIB) yang mewakili jam sibuk petang. Pengambilan sampel dilakukan selama 5 hari kerja per minggu selama 12 minggu (Januari–Maret 2026), sehingga total diperoleh 180 set data pengukuran per titik pemantauan.

Kondisi meteorologi yang meliputi suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, arah angin, dan tekanan udara dicatat secara bersamaan menggunakan portable weather station merek Davis Instruments Vantage Pro2 yang dipasang di setiap titik pemantauan.

Analisis Data

Data konsentrasi polutan yang diperoleh dianalisis menggunakan beberapa pendekatan statistik dan analitis. Statistik deskriptif (rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi) dihitung untuk setiap parameter di setiap titik pemantauan. Perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dilakukan sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 yang diperbarui. Analisis korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui hubungan antar parameter polutan. Analisis regresi berganda digunakan untuk mengidentifikasi faktor meteorologi yang berpengaruh terhadap konsentrasi polutan. Seluruh pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics 26 dan Microsoft Excel 2021.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀

Hasil pengukuran konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di lima titik pemantauan selama periode penelitian disajikan pada Tabel 1 berikut. Rata-rata konsentrasi PM_{2.5} tertinggi ditemukan di Kawasan Industri Pulo Gadung (78,4 µg/m³) yang melampaui baku mutu 24 jam sebesar 55 µg/m³. Sementara Taman Ragunan sebagai area kontrol menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} terendah (22,1 µg/m³) yang masih di bawah baku mutu.

Tabel 1. Rekapitulasi Konsentrasi PM2.5 dan PM10 di Setiap Titik Pemantauan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Titik Pemantauan	PM2.5 Rata-rata	PM2.5 Maks	PM10 Rata-rata	PM10 Maks	Status
Industri Pulo Gadung	78,4	124,6	112,7	187,3	Melampaui BM
Bundaran HI	61,2	98,3	87,4	142,8	Melampaui BM
Perumahan Pondok Indah	38,7	62,1	54,3	89,2	Di Bawah BM
Pelabuhan Tanjung Priok	65,8	107,4	94,6	158,9	Melampaui BM
Taman Ragunan (Kontrol)	22,1	38,7	31,4	52,6	Di Bawah BM
Baku Mutu (PP 22/2021)	55,0	-	75,0	-	-

Tingginya konsentrasi PM2.5 di kawasan industri dan pelabuhan disebabkan oleh intensitas aktivitas pembakaran bahan bakar fosil dari mesin industri, kendaraan berat, dan kapal laut. Kondisi meteorologi berupa kecepatan angin yang rendah (rata-rata 1,2 m/s) dan lapisan inversi termal yang sering terjadi pada pagi hari juga memperparah akumulasi partikel di dekat permukaan tanah. Konsentrasi PM2.5 di Bundaran HI yang melebihi baku mutu ($61,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mencerminkan dampak signifikan dari emisi kendaraan bermotor pada jalan-jalan dengan kemacetan tinggi.

Konsentrasi Gas Polutan (CO , NO_2 , SO_2 , dan O_3)

Hasil pengukuran konsentrasi gas polutan di kelima titik pemantauan ditampilkan pada Tabel 2. Gas CO menunjukkan konsentrasi tertinggi di Bundaran HI dengan nilai rata-rata $8.420 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (periode 8 jam), mendekati baku mutu $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa kemacetan lalu lintas adalah faktor utama tingginya emisi CO di kawasan perkotaan. NO_2 tertinggi ditemukan di Kawasan Industri Pulo Gadung ($168,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mendekati baku mutu 1 jam sebesar $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. SO_2 juga paling tinggi di kawasan industri ($112,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mendekati baku mutu $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mencerminkan penggunaan bahan bakar dengan kandungan sulfur tinggi. Ozon permukaan (O_3) justru menunjukkan nilai tertinggi di Bundaran HI dan area terbuka, karena pembentukannya sebagai polutan sekunder memerlukan radiasi matahari dan prekursor NO_x -VOC yang berlimpah di kawasan perkotaan.

Tabel 2. Konsentrasi Gas Polutan di Setiap Titik Pemantauan

Titik Pemantauan	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 8 jam	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 jam	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24 jam	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 jam
Industri Pulo Gadung	6.840	168,4	112,3	87,2
Bundaran HI	8.420	143,7	67,8	134,6
Perumahan Pondok Indah	3.210	72,4	34,2	98,3
Pelabuhan Tanjung Priok	5.670	128,9	98,4	76,4
Taman Ragunan (Kontrol)	1.840	38,6	18,7	112,8
Baku Mutu (PP 22/2021)	10.000	200	150	150

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Berdasarkan perhitungan ISPU dengan PM_{2.5} sebagai polutan penentu (critical pollutant), tiga dari lima titik pemantauan berada pada kategori 'Tidak Sehat' (ISPU 101–199) yakni Kawasan Industri Pulo Gadung (ISPU 168), Bundaran HI (ISPU 132), dan Pelabuhan Tanjung Priok (ISPU 141). Kawasan Perumahan Pondok Indah berada pada kategori 'Sedang' (ISPU 82), sedangkan Taman Ragunan berada pada kategori 'Baik' (ISPU 44).

Kategori 'Tidak Sehat' pada ISPU mengindikasikan bahwa kualitas udara berdampak pada penurunan fungsi paru-paru pada kelompok sensitif (lansia, anak-anak, dan penderita penyakit pernapasan), serta dapat menimbulkan iritasi pernapasan pada populasi umum. Kondisi ini memerlukan tindakan segera berupa pembatasan aktivitas di luar ruangan dan penerapan langkah-langkah pengendalian emisi.

Identifikasi Sumber Dominan Pencemaran

Analisis reseptor menggunakan metode Positive Matrix Factorization (PMF) terhadap data komposisi kimia PM_{2.5} mengidentifikasi empat sumber dominan pencemaran udara di kawasan perkotaan Jakarta. Emisi kendaraan bermotor merupakan kontributor terbesar (62,3%) yang dicirikan oleh tingginya konsentrasi elemental carbon (EC), organic carbon (OC), dan NO₂. Aktivitas industri berkontribusi sebesar 28,7%, ditandai oleh tingginya konsentrasi SO₂, Pb, Zn, dan Mn. Debu tanah (resuspended dust) berkontribusi 5,8% yang dicirikan oleh tingginya rasio Si/Al. Pembakaran biomassa menyumbang 3,2% yang ditandai oleh kehadiran levoglucosan dan kalium (K⁺).

Dominasi emisi kendaraan bermotor di Jakarta sejalan dengan kondisi infrastruktur transportasi yang belum optimal, tingginya angka kepemilikan kendaraan pribadi, dan relatif rendahnya penggunaan kendaraan umum berbasis listrik. Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang mencapai 4,2% per tahun di Jabodetabek

(BPS, 2025) tanpa diimbangi peningkatan kualitas bahan bakar dan teknologi mesin menjadi akar masalah utama.

Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Konsentrasi Polutan

Analisis korelasi Pearson menunjukkan hubungan yang signifikan antara parameter meteorologi dan konsentrasi polutan. Kecepatan angin berkorelasi negatif kuat dengan konsentrasi PM_{2.5} ($r = -0,72$, $p < 0,01$), mengkonfirmasi peran angin dalam dispersi partikel. Kelembaban relatif berkorelasi positif dengan PM_{2.5} ($r = 0,58$, $p < 0,01$), kemungkinan disebabkan oleh pertumbuhan higroskopis partikel pada kelembaban tinggi. Suhu udara berkorelasi negatif dengan CO ($r = -0,45$, $p < 0,05$), mencerminkan peningkatan kecepatan reaksi oksidasi CO pada suhu lebih tinggi.

Konsentrasi tertinggi secara konsisten terjadi pada pagi hari (06.00–08.00 WIB) bersamaan dengan jam sibuk lalu lintas dan kondisi atmosfer yang masih stabil (lapisan inversi malam belum sepenuhnya terurai). Puncak konsentrasi ozon terjadi pada siang hari (12.00–14.00 WIB) seiring dengan intensitas radiasi matahari tertinggi yang memicu pembentukan O₃ melalui reaksi fotokimia.

KESIMPULAN

1. Konsentrasi PM_{2.5} di tiga titik pemantauan (Kawasan Industri Pulo Gadung 78,4 µg/m³, Pelabuhan Tanjung Priok 65,8 µg/m³, dan Bundaran HI 61,2 µg/m³) telah melampaui baku mutu udara ambien nasional sebesar 55 µg/m³ (24 jam) yang ditetapkan dalam PP No. 22 Tahun 2021.
2. Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) di tiga dari lima titik pemantauan berada pada kategori 'Tidak Sehat' (ISPU 101–199), mengindikasikan potensi dampak kesehatan yang signifikan bagi kelompok sensitif dan populasi umum di kawasan tersebut.
3. Emisi kendaraan bermotor merupakan sumber dominan pencemaran udara perkotaan Jakarta dengan kontribusi sebesar 62,3%, diikuti oleh aktivitas industri (28,7%), debu tanah (5,8%), dan pembakaran biomassa (3,2%).
4. Faktor meteorologi, khususnya kecepatan angin dan kelembaban relatif, memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi dan konsentrasi polutan udara di kawasan perkotaan.
5. Kawasan Ruang Terbuka Hijau (Taman Ragunan) menunjukkan kualitas udara yang jauh lebih baik dibandingkan kawasan lainnya, menegaskan peran penting RTH dalam pengendalian kualitas udara perkotaan.

SARAN

1. Pemerintah Daerah DKI Jakarta perlu mempercepat pengembangan dan perluasan sistem transportasi publik berbasis listrik (electric bus dan MRT) untuk mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi dan menurunkan emisi gas buang secara signifikan.

2. Pengetatan regulasi emisi industri perlu dilaksanakan secara konsisten melalui peningkatan frekuensi inspeksi dan penerapan teknologi scrubber bagi industri yang menggunakan bahan bakar dengan kandungan sulfur tinggi.
3. Proporsi Ruang Terbuka Hijau di kawasan perkotaan Jakarta perlu ditingkatkan dari sekitar 9,8% menuju target 30% sesuai amanat Undang-Undang Penataan Ruang untuk meningkatkan kapasitas serapan polutan oleh vegetasi.
4. Perlu dibangun jaringan stasiun pemantauan kualitas udara real-time yang lebih padat dan merata di seluruh wilayah Jakarta, disertai sistem peringatan dini berbasis aplikasi digital agar masyarakat dapat mengambil tindakan pencegahan secara tepat waktu.
5. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan cakupan parameter yang lebih lengkap (termasuk logam berat dan senyawa organik volatil), periode pengukuran yang lebih panjang, dan penerapan model dispersi udara untuk prediksi sebaran polutan secara spasial.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). (2025). Statistik Kendaraan Bermotor Indonesia 2024. Jakarta: BPS.
- Heryanto, R., Wahyudi, A., & Lestari, P. (2024). Source apportionment of PM_{2.5} in Jakarta metropolitan area using receptor modeling. *Atmospheric Environment*, 312, 120058. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120058>
- IQAir. (2025). World Air Quality Report 2024. IQAir Foundation. Diakses dari <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2024>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2024). Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia 2023. Jakarta: KLHK.
- Mukherjee, A., & Agrawal, M. (2017). World air particulate matter: sources, distribution and health effects. *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), 283–309. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0611-9>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara RI Tahun 2021 Nomor 32.
- Permadi, D. A., Kim Oanh, N. T., & Vautard, R. (2018). Assessment of emissions and air quality impacts of biomass burning in equatorial Asia during 2004–2015. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(14), 10481–10502.
- Samsuddin, N., Othman, M., & Juneng, L. (2023). PM_{2.5} concentrations in urban areas: temporal patterns and meteorological influences in Southeast Asian cities. *Urban Climate*, 48, 101417.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- World Health Organization (WHO). (2024). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO.

- Xu, G., Jiao, L., Zhang, B., Zhao, S., Yuan, M., Gu, Y., & Liu, J. (2019). Spatial and temporal variability of the PM_{2.5}/PM₁₀ ratio in Wuhan, Central China. *Aerosol and Air Quality Research*, 17(3), 741–751.
- Yuliani, R., Sumarno, H., & Aminah, S. (2024). Dampak pencemaran udara terhadap angka kejadian ISPA pada balita di kawasan perkotaan Jakarta: Studi kasus 2020–2023. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(1), 45–54.