



Pengaruh Parameter Cuaca dan Transpor Massa Udara Terhadap Dinamika Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Stasiun Meteorologi Kemayoran Periode 2025-2026

Chikal Pratama Putra^{1*}, Dodo Gunawan¹

¹ Program Sarjana Terapan Klimatologi, Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (STMKG), Tangerang, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3008>

Article Info:

Received : 18 Juli 2026
Revised : 12 Agustus 2026
Accepted : 19 Agustus 2026
Published : 21 September 2026

Correspondence:

Chikal Pratama Putra

Phone:

Abstract: Carbon monoxide (CO) is an urban air pollutant whose concentration in ambient air is strongly influenced by meteorological conditions that play a role in the dispersion and accumulation of pollutants. This study aims to determine the temporal distribution patterns of CO concentrations, analyze the relationship and influence of weather parameters on CO concentrations at the Kemayoran Meteorological Station, and examine the characteristics of local wind patterns and air mass transport related to seasonal variations in CO. The data used include CO concentrations and meteorological parameters from the Kemayoran Meteorological Station. The analysis was conducted using descriptive statistics, Spearman's correlation, multiple linear regression, wind rose diagrams, and the HYSPLIT model. The results show that CO concentrations exhibit diurnal, weekly, monthly, and seasonal variation patterns, with the highest concentrations occurring during the dry season and the lowest during the rainy season. The results of the correlation and regression tests indicate that all weather parameters have a significant effect on CO concentrations, with air temperature and wind speed being the most dominant parameters. Analysis using wind rose diagrams and the HYSPLIT model showed that low wind speeds and high calm conditions during the dry season limit atmospheric dispersion, thereby contributing to higher CO accumulation. These findings indicate that meteorological dynamics play a dominant role in regulating the dispersion process and variations in CO concentrations in the study area.

Keywords: Carbon Monoxide; Weather Parameters; HYSPLIT.

Citation: Putra, C. P., & Gunawan, D. (2026). Pengaruh Parameter Cuaca dan Transpor Massa Udara Terhadap Dinamika Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Stasiun Meteorologi Kemayoran Periode 2025-2026. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(4), 5622–5627. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3008>

Pendahuluan

Pencemaran udara merupakan permasalahan global yang berdampak signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Berdasarkan World Health Organization (WHO) tahun 2019, pencemaran udara ambien diperkirakan menyebabkan sekitar 4,2 juta kematian prematur setiap tahun akibat paparan polutan yang memicu penyakit kardiovaskular, gangguan pernapasan, dan kanker, dengan dampak yang lebih besar pada negara berkembang termasuk Indonesia. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa pencemaran udara menjadi isu lingkungan yang memerlukan

perhatian serius. Parker (1976) dalam Sibarani dkk. (2021) mendefinisikan polusi udara sebagai campuran berbagai substansi ke atmosfer yang berpotensi membahayakan manusia, baik yang berasal dari aktivitas antropogenik maupun proses alami. Sejalan dengan definisi tersebut, WHO (2019) mengelompokkan polutan indikator pencemaran udara meliputi Particulate Matter (PM), karbon monoksida (CO), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂), dan sulfur dioksida (SO₂).

Di antara berbagai polutan indikator pencemaran udara, karbon monoksida (CO) merupakan salah satu

gas pencemar primer yang banyak ditemukan di kawasan perkotaan karena dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil pada berbagai aktivitas antropogenik (Catleya dkk., 2021). Secara fisik dan kimia, karbon monoksida memiliki karakteristik sebagai gas beracun yang tidak berwarna, tidak berbau, dan memiliki massa jenis yang mendekati massa jenis udara ambien, sehingga keberadaannya sulit terdeteksi secara langsung namun mudah terdistribusi di lapisan bawah atmosfer (Astuti & Kusumawardani, 2017). Gas ini bersifat toksik terhadap kesehatan karena memiliki afinitas tinggi terhadap hemoglobin darah hingga membentuk karboksihemoglobin (COHb), yang menghambat pengikatan serta transportasi oksigen ke jaringan tubuh manusia (Smollin & Olson, 2008). Keberadaan CO di udara ambien memiliki dinamika yang tinggi, di mana tingkat akumulasi maupun pengencerannya sangat bergantung pada interaksi antara besarnya pelepasan emisi dan kondisi lingkungan atmosfer di sekitarnya (Aprilia dkk., 2017).

Variasi konsentrasi karbon monoksida di udara ambien sangat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi lokal serta dinamika transpor massa udara skala regional. Parameter cuaca seperti suhu udara, curah hujan, serta kecepatan dan arah angin bertindak sebagai faktor pengendali utama dalam proses dispersi, akumulasi, dan pengenceran polutan. Suhu udara berperan dalam memengaruhi stabilitas dan dinamika lapisan batas atmosfer (Planetary Boundary Layer/PBL) yang menentukan kapasitas pencampuran vertikal polutan (Hernández-Paniagua dkk., 2018; Ilahi dkk., 2024). Curah hujan berkontribusi terhadap penurunan konsentrasi polutan melalui mekanisme pencucian atmosfer (Hasairin & Siregar, 2018), sedangkan kecepatan angin berfungsi sebagai media ventilasi horizontal yang menentukan laju pengenceran CO (Tritamtama dkk., 2023).

Selain faktor lokal, dinamika CO di wilayah perkotaan juga dipengaruhi oleh sirkulasi atmosfer dan transpor massa udara. Analisis mawar angin (windrose) dan pemodelan trajektori mundur menggunakan model Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola angin, asal, dan jalur transpor massa udara secara musiman (Stein dkk., 2015). Sementara itu, metode trajectory clustering dapat digunakan untuk mengelompokkan jalur trajektori sehingga pola transpor massa udara yang dominan dapat diidentifikasi (Cui dkk., 2021).

Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa parameter meteorologi berperan penting dalam mengendalikan variasi konsentrasi dan penyebaran CO. Namun, kajian yang mengintegrasikan karakteristik temporal CO, hubungan dengan parameter cuaca, pola angin lokal, serta transpor massa udara regional pada

satu lokasi pengamatan masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang tidak hanya menganalisis hubungan CO dengan kondisi meteorologi lokal, tetapi juga mempertimbangkan karakteristik pergerakan massa udara yang memengaruhi wilayah pengamatan.

Dalam mengkaji dinamika karbon monoksida dan interaksinya dengan faktor meteorologi, diperlukan lokasi pengamatan yang mampu merepresentasikan kondisi atmosfer perkotaan yang padat. Kawasan Kemayoran di Jakarta Pusat dipilih sebagai wilayah kajian karena merupakan salah satu pusat aktivitas perkotaan dengan tingkat tutupan lahan terbangun yang rapat. Karakteristik morfologi perkotaan tersebut berpotensi memengaruhi profil termal permukaan serta sirkulasi angin lokal di lapisan atmosfer dekat permukaan. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data runtun waktu (time-series) observasi konsentrasi karbon monoksida (CO) serta parameter meteorologi berupa suhu udara, curah hujan, serta arah dan kecepatan angin dengan resolusi jam-an selama periode Januari 2025 hingga Mei 2026 yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Kemayoran. Penggunaan data dari satu titik pengamatan yang sama memungkinkan keterpaduan analisis temporal dan meminimalkan bias spasial dalam mengevaluasi keterkaitan antara parameter cuaca dan konsentrasi CO.

Berdasarkan uraian tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis temporal konsentrasi CO, hubungan statistik dengan parameter cuaca, karakteristik pola angin menggunakan windrose, serta analisis transpor massa udara regional menggunakan HYSPLIT dan trajectory clustering. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai peranan kondisi meteorologi lokal dan transpor massa udara regional terhadap dinamika konsentrasi CO di Stasiun Meteorologi Kemayoran. Hasil penelitian diharapkan mampu mengidentifikasi parameter meteorologi yang memiliki pengaruh paling dominan terhadap fluktuasi CO serta memberikan kontribusi ilmiah dalam kajian kualitas udara perkotaan dan informasi pendukung bagi BMKG dalam pemantauan kualitas udara di wilayah DKI Jakarta.

Metode

Tahap awal pengolahan data dilakukan melalui quality control dengan mengidentifikasi dan mengeliminasi data yang tidak memiliki nilai konsentrasi CO. Selanjutnya, statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan variasi konsentrasi CO secara diurnal, mingguan, bulanan, dan musiman. Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dilakukan terhadap konsentrasi CO dan parameter meteorologi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variabel

tidak berdistribusi normal, sehingga hubungan antara konsentrasi CO dengan suhu udara, curah hujan, dan kecepatan angin dianalisis menggunakan korelasi peringkat Spearman. Hubungan dinyatakan signifikan apabila nilai $p\text{-value} < 0,05$.

Tahap awal pengolahan data dilakukan melalui quality control dengan mengidentifikasi dan mengeliminasi data yang tidak memiliki nilai konsentrasi CO. Selanjutnya, statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan variasi konsentrasi CO secara diurnal, mingguan, bulanan, dan musiman. Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dilakukan terhadap konsentrasi CO dan parameter meteorologi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variabel tidak berdistribusi normal, sehingga hubungan antara konsentrasi CO dengan suhu udara, curah hujan, dan kecepatan angin dianalisis menggunakan korelasi peringkat Spearman. Hubungan dinyatakan signifikan apabila nilai $p\text{-value} < 0,05$.

Regresi linear berganda kemudian digunakan untuk menganalisis hubungan parameter meteorologi terhadap konsentrasi CO secara simultan maupun parsial. Model regresi melibatkan suhu udara, curah hujan, dan kecepatan angin sebagai variabel independen. Validasi model dilakukan melalui pengujian multikolinearitas menggunakan Variance Inflation Factor (VIF), heteroskedastisitas menggunakan uji Breusch-Pagan, serta autokorelasi menggunakan statistik Durbin-Watson. Karena residual menunjukkan adanya heteroskedastisitas dan autokorelasi positif, inferensi statistik koefisien regresi dilakukan menggunakan Newey-West Heteroscedasticity and Autocorrelation Consistent (HAC) robust standard error. Kontribusi relatif masing-masing parameter terhadap variasi CO ditentukan berdasarkan nilai standardized beta, sedangkan kemampuan model dalam menjelaskan variasi konsentrasi CO dievaluasi menggunakan koefisien determinasi (R^2).

Untuk mendukung interpretasi variasi konsentrasi CO secara musiman, analisis pola angin dan transpor massa udara dilakukan pada dua skala. Pada skala lokal, diagram mawar angin (windrose) diolah menggunakan RStudio untuk menggambarkan distribusi arah, kecepatan, dan frekuensi angin permukaan pada musim kemarau (Juni–Juli–Agustus/JJA 2025) dan musim hujan (Desember–Januari–Februari/DJF 2025–2026). Pada skala regional, model Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPPLIT) versi 5.2.1 dijalankan menggunakan metode backward trajectory selama 24 jam dengan data meteorologi GDAS beresolusi $1^\circ \times 1^\circ$. Titik reseptor ditetapkan di Stasiun Meteorologi Kemayoran pada ketinggian 10 m Above Ground Level (AGL). Lintasan yang dihasilkan kemudian dikelompokkan menggunakan metode trajectory

clustering untuk mengidentifikasi jalur transpor massa udara yang dominan pada musim kemarau dan musim hujan.

Hasil dan Diskusi

Hasil dan Pembahasan Distribusi Temporal Konsentrasi CO

Gambar 1 menyajikan variasi konsentrasi CO di kawasan Monas pada berbagai skala waktu selama periode 2025–2026. Secara diurnal (Gambar 1a), konsentrasi CO meningkat sejak pukul 08.00 WIB dan mencapai puncak pada pukul 16.00 WIB. Pola tersebut menunjukkan adanya variasi konsentrasi CO yang berkaitan dengan perubahan kondisi atmosfer sepanjang hari. Data rata-rata per jam menunjukkan bahwa kecepatan angin pada pukul 06.00–08.00 WIB mencapai nilai tertinggi sepanjang hari, yaitu lebih dari 2 m/s, ketika konsentrasi CO relatif rendah. Sebaliknya, pada sore hingga malam hari, kecepatan angin melemah hingga kurang dari 1,1 m/s dan disertai penurunan suhu udara. Kondisi tersebut dapat mengurangi kemampuan atmosfer dalam mendispersikan polutan sehingga CO lebih mudah terakumulasi di dekat permukaan.

Pada skala mingguan (Gambar 1b), konsentrasi CO cenderung lebih tinggi pada hari Senin–Sabtu, yaitu berkisar 0,60–0,65 ppm, dibandingkan hari Minggu sebesar 0,55 ppm. Variasi tersebut menunjukkan adanya perbedaan kondisi atmosfer antarahari yang dapat memengaruhi proses dispersi dan akumulasi CO. Konsentrasi CO yang lebih rendah pada hari Minggu bertepatan dengan kecepatan angin rata-rata yang relatif lebih tinggi dibandingkan hari lainnya. Kecepatan angin yang lebih tinggi meningkatkan pencampuran dan dispersi polutan di atmosfer sehingga konsentrasi CO di dekat permukaan cenderung lebih rendah.

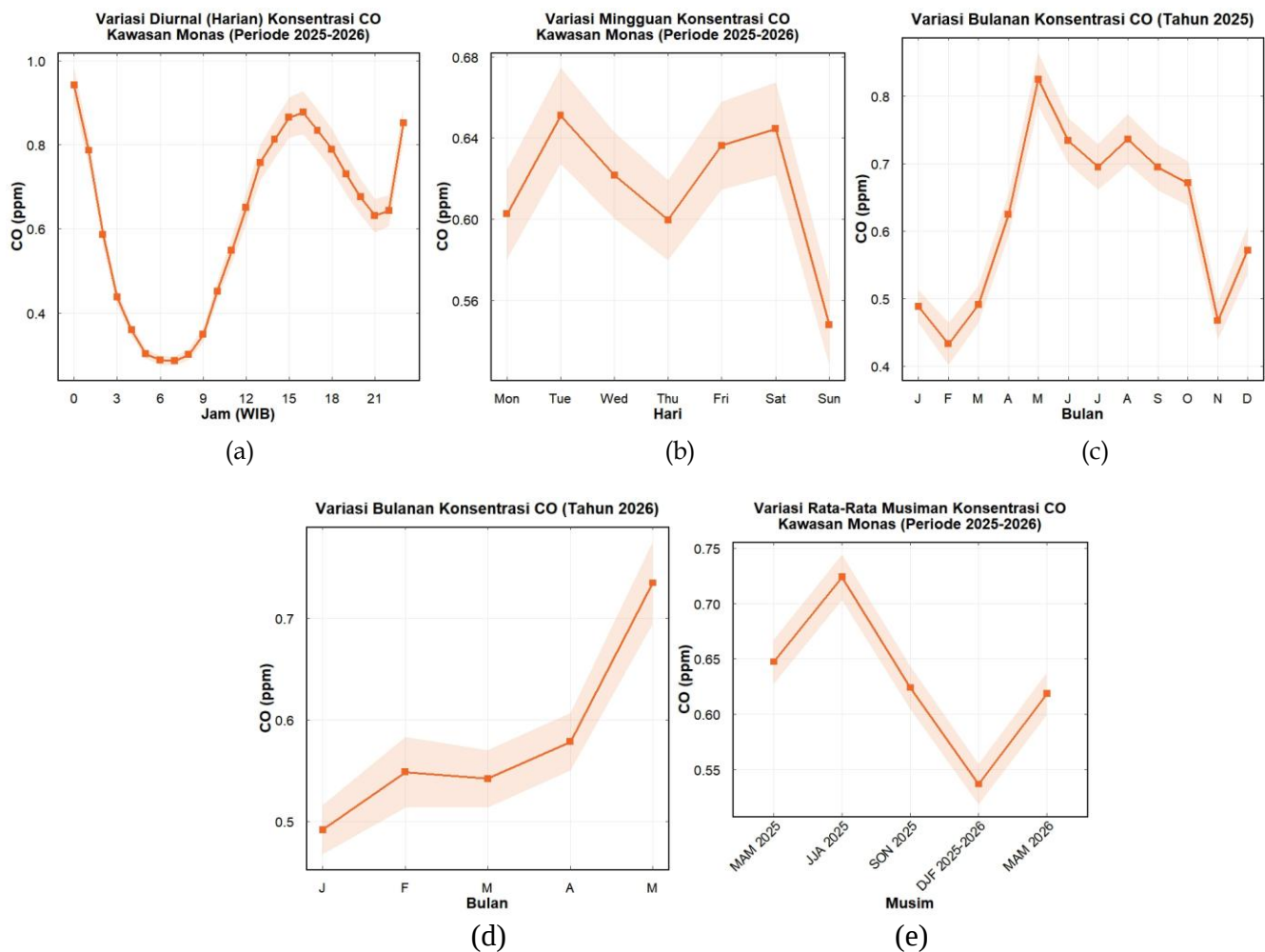
Variasi bulanan (Gambar 1c) menunjukkan konsentrasi CO minimum pada Januari dan Maret 2025, masing-masing sebesar 0,49 ppm, kemudian meningkat hingga mencapai puncak tertinggi pada Mei sebesar 0,83 ppm. Konsentrasi CO sedikit menurun pada Juni–Juli, kembali meningkat membentuk puncak sekunder pada Agustus sebesar 0,74 ppm, sebelum mencapai nilai terendah kedua pada November sebesar 0,47 ppm. Pola tersebut berkaitan dengan variasi kecepatan angin bulanan. Januari, Februari, dan Maret memiliki kecepatan angin rata-rata masing-masing sebesar 1,35; 1,28; dan 1,35 m/s, lebih tinggi dibandingkan Mei yang hanya sebesar 1,03 m/s. Kecepatan angin yang lebih tinggi pada awal tahun diduga meningkatkan proses dispersi CO sehingga konsentrasi di dekat permukaan relatif lebih rendah. Sebaliknya, melemahnya kecepatan angin pada Mei dapat mengurangi efektivitas dispersi dan menyebabkan CO lebih mudah terakumulasi. Temuan ini sejalan dengan Aprilia dkk. (2017) dan

Sibarani dkk. (2021) yang menunjukkan bahwa kondisi meteorologi, khususnya kecepatan angin, berperan dalam proses dispersi dan variasi konsentrasi CO. Pola serupa juga teramati pada awal 2026 (Gambar 1d), dengan konsentrasi CO terendah pada Januari sebesar 0,49 ppm ketika kecepatan angin mencapai 1,4 m/s, kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak pada Mei sebesar 0,73 ppm ketika kecepatan angin menurun menjadi 1,0 m/s.

Pada skala musiman (Gambar 1e), konsentrasi CO tertinggi terjadi pada musim kemarau JJA 2025 sebesar 0,72 ppm dan terendah pada musim hujan DJF 2025-2026 sebesar 0,54 ppm. Sementara itu, MAM 2025, SON 2025, dan MAM 2026 menunjukkan nilai transisi yang berkisar antara 0,62-0,65 ppm. Musim JJA memiliki kecepatan angin rata-rata terendah di antara seluruh musim, yaitu sekitar 0,9 m/s, bertepatan dengan konsentrasi CO tertinggi. Sebaliknya, DJF memiliki kecepatan angin rata-rata sekitar 1,4 m/s dan konsentrasi CO yang lebih rendah. Kondisi tersebut

menunjukkan bahwa kecepatan angin berperan penting dalam mengontrol proses dispersi CO secara musiman. Pola ini sejalan dengan Fauzan dkk. (2025) yang melaporkan bahwa konsentrasi CO cenderung lebih tinggi pada musim kemarau dibandingkan musim hujan karena kondisi atmosfer pada musim hujan lebih mendukung proses dispersi dan pengenceran polutan. Rendahnya kecepatan angin pada musim kemarau dapat membatasi dispersi horizontal polutan sehingga CO lebih mudah terakumulasi di dekat permukaan.

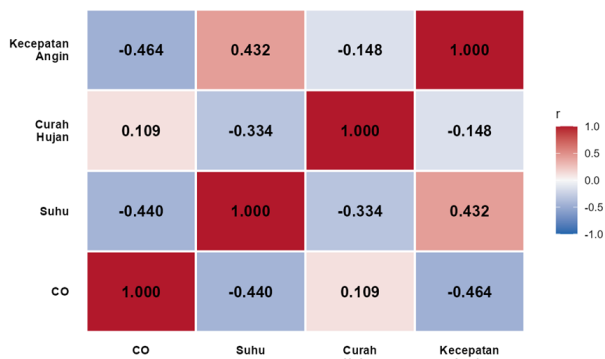
Secara keseluruhan, pola distribusi temporal CO dari skala diurnal hingga musiman menunjukkan bahwa kondisi meteorologi, terutama kecepatan angin dan suhu udara, berperan penting dalam mengendalikan proses dispersi dan akumulasi CO di lokasi penelitian. Konsentrasi CO cenderung meningkat ketika kecepatan angin melemah, sedangkan kondisi angin yang lebih kuat berkaitan dengan konsentrasi CO yang lebih rendah akibat meningkatnya proses pencampuran dan dispersi atmosfer.



Gambar 1. Grafik Variasi Konsentrasi CO di Stasiun Kemayoran, 2025-2026

Matriks korelasi Spearman

Hasil analisis korelasi Spearman (Gambar 2) menunjukkan bahwa kecepatan angin dan suhu udara memiliki hubungan negatif dengan kekuatan sedang terhadap konsentrasi CO, dengan nilai korelasi masing-masing $r = -0,464$ dan $r = -0,440$. Sementara itu, curah hujan menunjukkan hubungan positif yang lemah dengan nilai $r = 0,109$. Hubungan negatif antara kecepatan angin dan suhu udara menunjukkan bahwa peningkatan kedua parameter tersebut berkaitan dengan penurunan konsentrasi CO. Kecepatan angin yang lebih tinggi meningkatkan proses dispersi dan pencampuran horizontal, sedangkan peningkatan suhu mendukung turbulensi dan pencampuran vertikal atmosfer. Temuan hubungan negatif antara kecepatan angin dan CO ini sejalan dengan Tchepel & Borrego (2010) yang menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan angin dapat menurunkan konsentrasi CO melalui proses dispersi yang lebih efektif.



Gambar 1. Matriks korelasi Spearman konsentrasi CO, dan parameter cuaca.

Korelasi curah hujan yang lemah menunjukkan bahwa hubungan langsung antara curah hujan dan konsentrasi CO relatif kecil. Hal ini dapat berkaitan

dengan karakteristik CO yang memiliki kelarutan rendah dalam air, sehingga proses wet scavenging kurang efektif dalam mengurangi konsentrasinya dibandingkan polutan partikulat. Secara keseluruhan, hasil korelasi menunjukkan bahwa kecepatan angin dan suhu udara memiliki hubungan yang lebih kuat dengan variasi konsentrasi CO dibandingkan curah hujan, dengan kecepatan angin menjadi salah satu faktor penting dalam proses dispersi CO di lokasi penelitian.

Tabel Regresi Berganda

Berdasarkan nilai koefisien beta terstandarisasi (Standardized Beta), suhu udara merupakan prediktor dengan pengaruh relatif terbesar terhadap konsentrasi CO ($\beta = -0,2924$), diikuti secara ketat oleh kecepatan angin ($\beta = -0,2787$), dan curah hujan ($\beta = -0,0405$). Hasil uji multikolinearitas menunjukkan seluruh variabel bebas memiliki nilai VIF < 10 dengan nilai tertinggi sebesar 1,254 pada parameter suhu udara, sehingga model regresi terbebas dari permasalahan multikolinearitas. Meskipun demikian, hasil uji Breusch-Pagan menunjukkan adanya heteroskedastisitas (p -value < 0,001) serta nilai statistik Durbin-Watson sebesar 0,3619 mengindikasikan adanya autokorelasi positif pada residual, yang umum terjadi pada data deret waktu beresolusi jam-an.

Oleh karena itu, pengujian signifikansi parameter dilakukan dengan menerapkan estimasi Newey-West Robust Standard Error yang dikembangkan oleh Newey, W.K., & West, (1987) sebagai estimator kovarians yang konsisten terhadap heteroskedastisitas dan autokorelasi (heteroskedasticity and autocorrelation consistent/HAC). Pendekatan ini digunakan untuk memperoleh inferensi statistik yang lebih robust terhadap koefisien regresi meskipun terdapat pelanggaran asumsi homoskedastisitas dan non-autokorelasi pada residual.

Tabel 1. Hasil regresi ganda

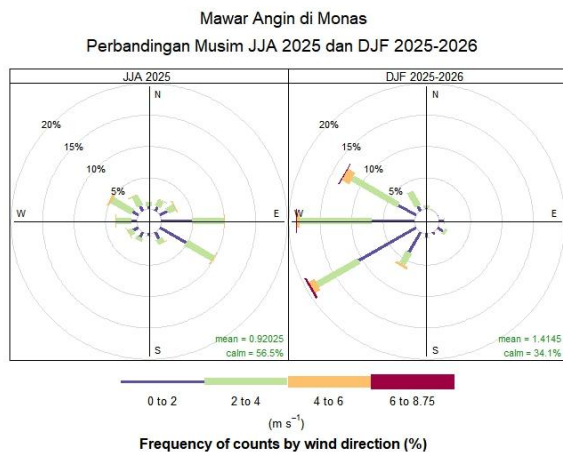
Variable	Regression Coefficient	Standardized Beta	Robust t-value	Robust p-value	VIF
Intercept	2.4626	-	15.71	<0.001	-
Vehicle volume	-2.29×10^{-6}	-0.0245	-1.82	0.069	1.011
Air temperature	-0.0592	-0.2942	-11.80	<0.001	1.249
Rainfall	-0.0040	-0.0309	-2.98	0.003	1.026
Wind speed	-0.0984	-0.2761	-17.92	<0.001	1.218

Hasil dan Pembahasan Windrose dan Hysplit

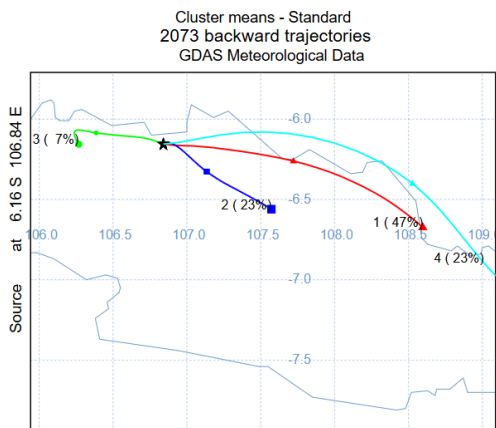
Analisis rose angin menunjukkan perbedaan yang jelas dalam pola angin lokal antara musim kemarau dan musim hujan (Gambar 3). Selama musim kemarau (JJA 2025), angin didominasi oleh sektor timur-tenggara, dengan kecepatan rata-rata rendah sebesar 0,92 m/s dan proporsi kondisi tenang yang tinggi (56,5%). Sebaliknya, selama musim hujan (DJF 2025–2026), angin didominasi

oleh sektor barat, dengan kecepatan rata-rata yang lebih tinggi sebesar 1,41 m/s dan proporsi kondisi tenang yang lebih rendah (34,1%). Pergeseran musiman ini sejalan dengan pola angin muson di Jawa, di mana arah angin dominan berbalik antara musim angin timur (musim kemarau) dan musim angin barat (musim hujan) (Rufatin dkk., 2024). Kecepatan angin yang lebih lemah dan frekuensi kondisi tenang yang lebih tinggi selama

musim kemarau secara langsung sejalan dengan pola musiman CO yang dilaporkan dalam penelitian ini, di mana konsentrasi CO tertinggi (0,72 ppm) tercatat selama JJA dan terendah (0,54 ppm) selama DJF, yang menunjukkan bahwa berkurangnya kapasitas dispersi dalam kondisi tenang dan angin lemah mendukung akumulasi CO di dekat lokasi pengamatan.



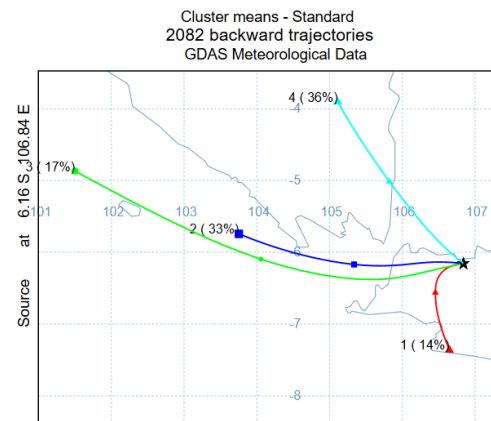
Gambar 2. Plot Windrose Musim Kemarau dan Musim Hujan



Gambar 3. Plot Trajektori Massa Udara Backward pada Musim Kemarau (JJA)

Analisis lintasan mundur HYSPLIT (Gambar 4 dan Gambar 5) memberikan perspektif skala regional yang selaras dengan pola mawar angin lokal. Selama musim kemarau, lintasan massa udara didominasi oleh Kluster 1 (47%), yang berasal dari sektor timur-tenggara, diikuti oleh dua kluster yang masing-masing berkontribusi sebesar 23%, sedangkan kluster terkecil (7%) berasal dari barat laut. Selama musim hujan, jalur dominan bergeser ke Kluster 4 (36%), yang berasal dari barat laut, dengan kontribusi tambahan dari sektor barat dan barat daya (masing-masing 33% dan 17%), serta kluster terkecil (14%) yang berasal dari selatan. Kesesuaian antara sektor lintasan dominan dan pola

rose angin permukaan pada setiap musim menunjukkan bahwa angin lokal yang teramati di Kemayoran mewakili transportasi massa udara regional yang lebih luas yang mencapai stasiun tersebut, sehingga memperkuat keandalan hasil rose angin sebagai indikator jalur transportasi yang berlaku.



Gambar 4. Plot Trajektori Massa Udara Backward pada Musim Hujan (DJF)

Kombinasi antara peta arah angin dan hasil HYSPLIT memberikan dukungan fisik terhadap variasi musiman CO yang teramati, melampaui apa yang dapat dijelaskan oleh analisis korelasi dan regresi saja. Selama musim kemarau, jalur massa udara dominan dari timur-tenggara melintasi wilayah daratan yang lebih luas, di mana sumber emisi antropogenik lebih banyak ditemukan, dan kecepatan angin yang rendah serta frekuensi kondisi tenang yang tinggi membatasi dispersi horizontal; kedua faktor tersebut mendukung akumulasi CO di lokasi pengamatan.

Selama musim hujan, kombinasi jalur massa udara yang didominasi dari barat, kecepatan angin yang lebih tinggi, dan frekuensi kondisi tenang yang lebih rendah meningkatkan pengenceran polutan dan mengakibatkan konsentrasi CO yang teramati lebih rendah. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa konsentrasi CO umumnya lebih tinggi di atas daratan daripada di atas wilayah laut karena sumber emisi antropogenik dan pembakaran biomassa yang lebih besar di daratan (Worden dkk., 2013), yang mengindikasikan bahwa lintasan yang didominasi daratan selama musim kemarau tidak hanya berkontribusi pada dispersi yang lebih lemah, tetapi juga pada kandungan CO dasar yang lebih tinggi dalam massa udara yang masuk itu sendiri.

Kesimpulan

Konsentrasi karbon monoksida (CO) di Stasiun Meteorologi Kemayoran menunjukkan pola distribusi temporal yang khas pada berbagai skala waktu. Secara

diurnal, konsentrasi CO mencapai puncak pada pukul 07.00 WIB dan menurun secara kontinu hingga titik terendah pada pukul 14.00 WIB, sebelum kembali meningkat sepanjang sore hingga malam hari. Secara mingguan, konsentrasi CO cenderung meningkat dari awal hingga pertengahan minggu dengan puncak pada hari Rabu, kemudian menurun menjelang akhir pekan dan mencapai titik terendah pada hari Minggu. Secara bulanan, konsentrasi CO menunjukkan pola musiman dengan nilai minimum pada bulan Februari dan puncak tertinggi pada bulan Mei tahun 2025, dengan pola serupa juga teramati pada awal tahun 2026. Secara musiman, konsentrasi CO tertinggi terjadi pada musim kemarau (JJA 2025), sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada musim hujan (DJF 2025-2026).

Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan bahwa suhu udara dan kecepatan angin berkorelasi negatif dengan kekuatan sedang terhadap konsentrasi CO, sedangkan curah hujan memiliki hubungan positif yang lemah. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan model yang signifikan secara simultan dan parsial, di mana seluruh parameter cuaca berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi CO. Berdasarkan nilai koefisien beta terstandarisasi, suhu udara merupakan parameter dengan pengaruh paling dominan, diikuti oleh kecepatan angin dan curah hujan. Temuan ini mengindikasikan bahwa kondisi meteorologi, khususnya suhu udara yang memengaruhi perkembangan lapisan batas atmosfer dan kecepatan angin yang mengendalikan ventilasi horizontal, memegang peranan utama dalam mengatur proses dispersi dan akumulasi konsentrasi CO di Stasiun Meteorologi Kemayoran.

Karakteristik pola angin lokal berdasarkan analisis windrose menunjukkan bahwa musim kemarau (JJA) didominasi oleh angin dari sektor timur hingga tenggara dengan kecepatan rata-rata rendah dan persentase kondisi angin lemah (calm) yang tinggi, sedangkan musim hujan (DJF) didominasi oleh angin dari sektor barat dengan kecepatan rata-rata lebih tinggi dan persentase kondisi tenang yang lebih rendah. Hasil analisis transpor massa udara menggunakan HYSPLIT menunjukkan pola lintasan yang konsisten dengan hasil windrose pada masing-masing musim. Kombinasi kedua analisis ini menunjukkan bahwa rendahnya kecepatan angin dan tingginya persentase kondisi tenang pada musim kemarau membatasi kapasitas dispersi atmosfer, sehingga berkontribusi terhadap akumulasi konsentrasi CO yang lebih tinggi dibandingkan musim hujan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan izin, bantuan,

dukungan, dan kerja sama selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini

Referensi

- Agista, P. I., Gusdini, N., & Maharani, M. D. D. (2020). Analisis kualitas udara dengan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan sebaran kadar polutannya di Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 2, 39-57.
- Agustina, D. P., Annisa, N., Riduan, R., & Prasetya, H. (2021). Konsentrasi karbon monoksida dan nitrogen dioksida di Jalan Kuin, Banjarmasin. *Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan*, 4(1), 21-32.
- Apriliana, D. N., Nurjazuli, & Joko, T. (2016). Analisis risiko kesehatan lingkungan paparan gas karbon monoksida (CO) pada petugas pengumpul tol di Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5, 367-375.
- Catleya, F., Yustiani, Y. M., & Hasbiah, A. W. (2021). Tingkat pencemaran udara CO akibat lalu lintas dengan model prediksi udara skala mikro di Jalan Sudirman Jakarta. *Infomatek*, 23(1), 55-68. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v23i1.4016>
- Hasairin, A., & Siregar, R. (2018). Deteksi kandungan gas karbon monoksida (CO) hubungannya dengan kepadatan lalu lintas di Medan Sunggal, Kota Medan. *Jurnal Biosains*, 4(1), 62-68.
- Ilahi, I. F. N., Ferdiansyah, E., & Arifianto, F. (2024). Pendugaan PM2.5 menggunakan metode Geographically Temporally Weighted Regression di DKI Jakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(6), 1435-1440. <https://doi.org/10.14710/jil.22.6.1435-1440>
- Istiqomah, S., Santikayasa, I. P., & Turyanti, A. (2025). Transboundary trajectory patterns of PM2.5 in the lower troposphere of Jakarta region. *Jurnal Agrometeorologi*, 39(2), 107-119. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.39.2.107-119>
- Jumadil, J. (2023). Analisis kualitas udara (nilai parameter PM2.5 dan karbon monoksida) di sekitar kampus Universitas Bosowa Makassar. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 23(1), 164-171. <https://doi.org/10.35965/eco.v23i1.2514>
- Muslim, B., Dahliati, G., Suksmerri, S., Irfan, A., Adriyanti, S. L., & Sugriarta, E. (2024). Hubungan jumlah kendaraan bermotor dengan kadar karbon monoksida (CO) di udara pada jalan depan pasar Bandar Buat Kota Padang. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 24(2), 290-295. <https://doi.org/10.32382/sulo.v24i2.888>
- Racic, N., Petric, V., Mureddu, F., Portin, H., Niemi, J. V., Hussein, T., & Lovric, M. (2025). A proxy model for traffic related air pollution indicators based on traffic count. *Atmospheric Environment*.
- Rufatin, A. M. A., Yananto, A., & Pandoe, W. W. (2024). Karakteristik angin wilayah pesisir utara Pulau Jawa berdasarkan variabilitas monsun. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 20-30.
- Sasmita, A., Reza, M., Elystia, S., & Adriana, S. (2022). Analisis pengaruh kecepatan dan volume kendaraan terhadap emisi dan konsentrasi karbon monoksida di Jalan

- Jenderal Sudirman, Kota Pekanbaru. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 16(4), 269-279.
- Stein, A. F., Draxler, R. R., Rolph, G. D., Stunder, B. J. B., Cohen, M. D., & Ngan, F. (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96, 2059-2078. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>
- Sudiadnyana, I. W., Aryana, I. K., & Sali, I. W. (2022). Hubungan faktor meteorologis dan kepadatan lalu lintas dengan kualitas udara di Kota Tabanan. *Jurnal Ecotrophic*, 12(2), 93-98.
- Sukmawati, P. D., & Warisaura, A. D. (2023). Analisis pengaruh faktor meteorologi terhadap konsentrasi gas monoksida dan particulate matter. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(3), 6561-6566.
- Tchepel, O., & Borrego, C. (2010). Frequency analysis of air quality time series for traffic related pollutants. *Journal of Environmental Monitoring*, 12, 544-550. <https://doi.org/10.1039/b913797a>
- Tritamtama, K. A., Erick, F., Sembiring, S., Choiruddin, A., & Patria, H. (2023). Analysis of air pollution (SO₂) at some point of congestion in DKI Jakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 17(1), 82-92.
- Warner, J., Comer, M. M., Barnet, C. D., McMillan, W. W., Wolf, W., Maddy, E., & Sachse, G. (2007). A comparison of satellite tropospheric carbon monoxide measurements from AIRS and MOPITT during INTEX-A. *Journal of Geophysical Research*, 112, D12S17. <https://doi.org/10.1029/2006JD007925>
- Worden, H. M., Deeter, M. N., Frankenberg, C., George, M., Nichituu, F., Worden, J., Aben, I., & Bowman, K. W. (2013). Decadal record of satellite carbon monoxide observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 837-850. <https://doi.org/10.5194/acp-13-837-2013>
- World Health Organization. (2019). *Air pollution and child health: Prescribing clean air*. Geneva: World Health Organization.