Analisis Korelasi dan Regresi Parameter Meteorologis dengan Indeks Kualitas Udara di Yogyakarta

Adam Rus Nugroho[1,2*], Winda Melya[1]

[1] Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584
[2] Laboratorium Kualitas Udara, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584

*Korespondensi: adam.rusn@uii.ac.id

Abstrak. Meskipun banyak referensi yang menyatakan terdapat hubungan antara parameter-parameter meteorologis terhadap parameter-parameter kualitas udara, belum ada bukti ilmiah untuk menyatakan hubungan tersebut di atmosfer Yogyakarta. Oleh sebab itu, penelitian ini mencoba mengeksplorasi hubungan antara data kualitas udara dengan data parameter meteorologi di daerah Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hubungan antara parameter meteorologis (suhu, curah hujan, dan kelembapan) terhadap Indeks Kualitas Udara (AQI) dan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) di wilayah Yogyakarta dan Sleman menggunakan analisis korelasi dan regresi linier. Data yang digunakan merupakan data sekunder bulanan dari stasiun pemantauan kualitas udara dan badan meteorologi setempat selama periode 2022 hingga 2024. Analisis korelasi menunjukkan bahwa parameter curah hujan lebih cenderung berkorelasi negatif secara signifikan dengan parameter partikulat, baik PM_{10} (R = -0,601) maupun $PM_{2.5}$ (R = -0,604). Sementara itu, parameter suhu lebih cenderung berkorelasi secara signifikan dengan parameter gas, yakni SO_2 (R = 0,509), CO (R = -0,496), dan O_3 (R = 0,583). Di sisi lain, parameter kelembapan memiliki korelasi yang signifikan terhadap parameter partikulat, NO_2, dan AQI, namun korelasi semua parameter tersebut tergolong lemah (R < 0,45). Hasil evaluasi model regresi linier menunjukkan bahwa parameter meteorologis dapat menjelaskan sebagian variasi dalam data AQI dan ISPU, dengan koefisien determinasi (R^2) berada pada rentang 0,092–0,365 dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) pada rentang 5,62–17,77. Berdasarkan evaluasi model, disimpulkan bahwa tingkat akurasi tertinggi dicapai oleh model ISPU PM_{10} yang diprediksi oleh curah hujan, dengan nilai R^2 = 0,361 dan RMSE = 5,62.

Kata Kunci: analisis korelasi, indeks kualitas udara, parameter meteorologis, regresi linier

1. PENDAHULUAN

Kondisi udara di sebuah area berdampak langsung pada tingkat kesejahteraan manusia dan organisme lain. Penurunan kualitas udara akibat polusi terjadi karena dua faktor utama yaitu alamiah dan antropogenik. Penyebab alami polusi udara meliputi debu yang terbawa angin, emisi kendaraan dan aktivitas gunung berapi. Sementara itu, kontributor utama dari sisi manusia adalah sektor transportasi dan industri yang terus berkembang seiring dengan meningkatnya jumlah populasi (Agista et al., 2020).

Di Indonesia, khususnya di wilayah urban seperti Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta, pertumbuhan populasi, pertumbuhan ekonomi, dan industrialisasi telah menyebabkan peningkatan signifikan dalam konsumsi energi dan aktivitas transportasi. Hasilnya adalah peningkatan emisi gas rumah kaca dan partikulat udara setiap tahunnya. Kota Yogyakarta dan sekitarnya mengalami pertumbuhan populasi yang cukup tinggi serta menjadi pusat kegiatan pendidikan, pariwisata, dan ekonomi, sehingga tekanan terhadap kualitas udara pun meningkat.

Pemantauan kualitas udara menjadi sangat krusial sebagai langkah awal pengendalian pencemaran udara. Indeks Kualitas Udara (IKU) dan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) merupakan parameter penting yang digunakan untuk menggambarkan tigkat pencemaran di atmosfer. IKU sering digunakan oleh platform global seperti AQI, sementara ISPU digunakan secara resmi oleh Pemerintah Indonesia dan mencakup parameter PM_{10}, $PM_{2.5}$, CO, SO_2, NO_2, dan O_3. Kedua indeks tersebut bisa menunjukkan dinamika polusi yang berbeda tergantung pada kondisi cuaca dan lokasi geografis.

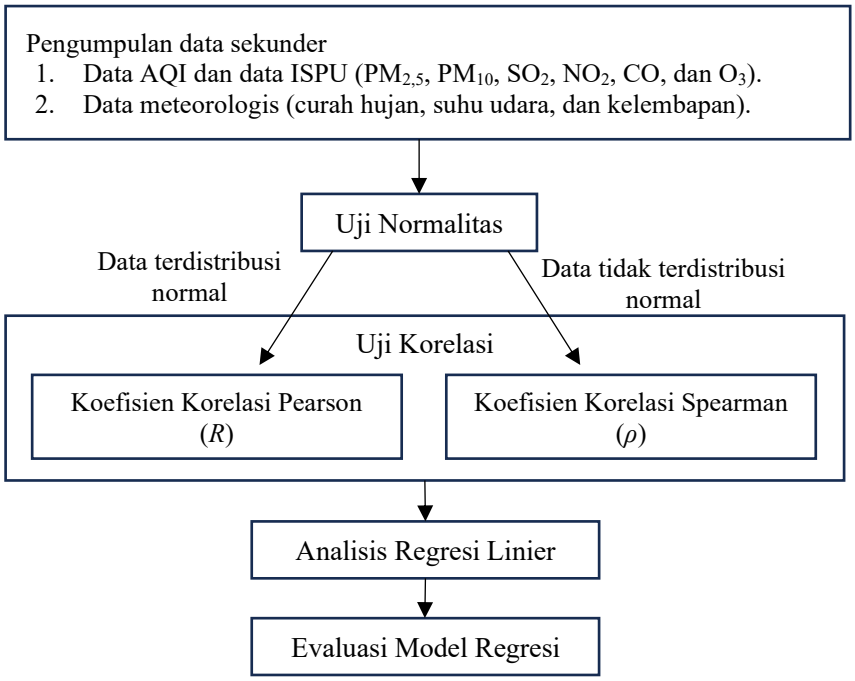
Parameter meteorologis seperti suhu, kelembapan, kecepatan angin, dan curah hujan memiliki peran signifikan dalam menentukan konsentrasi polutan udara. Suhu yang tinggi dapat mempercepat reaksi kimia yang menghasilkan polutan sekunder seperti ozon (O_3), sementara kelembapan yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi partikel $PM_{2.5}$ dan PM_{10} (Zhang et al., 2019). Selain itu, terdapat korelasi positif yang kuat antara suhu atmosfer dengan konsentrasi pencemar udara seperti ozon (Yildizhan et al., 2024) dan antara kelembapan udara dengan konsentrasi $PM_{2,5}$ (Wang et al., 2015).

Pentingnya memahami hubungan antara parameter meteorologis dan kualitas udara berkaitan dengan strategi mitigasi pencemaran udara di perkotaan. Jika didapatkan hubungan yang kuat, model prediksi yang akurat pun dapat dibuat, sehingga prediksi tingkat kualitas udara dapat dilakukan sebelum menentukan strategi yang tepat untuk menanganinya. Penelitian terdahulu oleh Gusmaranti (2024) dan Janah (2024) menunjukkan bahwa parameter meteorologis seperti kelembapan, udara, suhu, curah hujan, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi SO_2 dan NO_2 di Yogyakarta. Namun, parameter yang digunakan oleh keduanya terbatas pada SO_2 dan NO_2 saja. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan indeks kualitas udara dengan berbagai parameter untuk mengeksplrasi potensi keterhubungannya dengan parameter meteorologis, sehingga hasilnya bisa mendapatkan model regresi hubungan parameter meteorologis yang paling dominan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Penelitian

Studi ini secara garis besar dilakukan dengan melakukan uji korelasi antara parameter kualitas udara dengan parameter meteorologi, lalu dilanjutkan dengan analisis regresi. Sebelum melakukan uji korelasi, ditentukan dulu apakah data terdistribusi normal atau tidak. Jika data terdistribusi normal maka dilakukan uji korelasi Pearson, sedangkan jika data tidak terdistribusi normal dilakukan uji korelasi Spearman. Pasangan parameter kualitas udara dan parameter meteorologi yang berkorelasi kuat dan signifikan dilanjutkan ke tahapan analisis regresi menggunakan persamaan regresi liner. Hasil model regresi liner kemudian dievaluasi menggunakan perhitungan *root mean squared error* (RMSE). Tahapan penelitian secara lengkap diilustrasikan oleh diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2 Data

Studi ini menggunakan parameter kualitas udara dan parameter meteorologis bulanan selama periode Januari 2022 hingga Desember 2024. Parameter kualitas udara diwakili oleh Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Air Quality Index (AQI). Parameter ISPU mencakup $PM_{2.5}$, PM_{10}, Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO_2), Sulfur Dioksida (SO_2), dan Ozon (O_3). Parameter meteorologis mencakup suhu udara, kelembapan, dan curah hujan. Sementara itu, parameter AQI merupakan indeks agregat yang dihitung menggunakan metode US EPA dari enam parameter kualitas udara kunci, yaitu $PM_{2.5}$, PM_{10}, CO, SO_2, NO_2, dan O_3.

Data ISPU diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Yogyakarta yang memantaunya menggunakan alat pemantauan otomatis (SPKUA atau AQMS). Data AQI didapat dari situs web https://www.aqi.in/ (AQI India). Sementara itu, data meteorologis diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Indonesia dan database Jogja Dataku.

Untuk parameter ISPU dan meteorologis, jumlah data skala bulanan yang didapatkan adalah sebagai berikut. Data parameter ISPU $PM_{2.5}$, ISPU PM_{10}, suhu, dan kelembapan yang digunakan ada 36 data bulanan. Data parameter ISPU SO_2, ISPU CO, dan ISPU O_3 terdapat 35 data bulanan. Sementara itu, parameter ISPU NO_2 dan curah hujan masing-masing (secara berurutan) hanya terdapat 34 dan 33 data. Terakhir, data AQI yang didapatkan ada 34 data bulanan. Beberapa parameter tidak dapat memenuhi kelengkapan 36 data untuk kurun waktu 3 tahun disebabkan karena adanya data yang hilang pada sumber data.

2.3 Analisis Data

2.3.1 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengidentifikasi suatu data terdistribusi normal atau tidak. Jika hasil uji menunjukkan bahwa suatu set data tidak terdistribusi normal, maka set data tersebut akan menggunakan analisis korelasi Spearman. Sementara itu, jika data terdistribusi normal, analisis korelasi akan menggunakan analisis korelasi Pearson. Dalam studi ini, digunakan uji normalitas Kolmogrov-Smirnov dengan membandingkan distribusi data yang diamati dengan distribusi teoritis yang diharapkan (Destercke et al., 2014) untuk menentukan apakah data terdistribusi normal atau tidak.

2.3.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk menemukan hubungan asosiatif antara dua set data. Karena hasil uji normalitas pada penelitian ini menemukan bahwa seluruh data set terdistribusi normal, maka analisis korelasi dilakukan menggunakan perhitungan koefisien korelasi Pearson. Perhitungan koefisien korelasi Pearson (R) dilakukan dengan rumus berikut (Sudjana, 2005).

$$R = \frac{n\sum x_i\, y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (1)$$

Keterangan:
R = koefisien korelasi
x_i = variabel x dalam skala interval
y_i = variabel y dalam skala interval
n = total jumlah seluruh data

2.3.3 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah suatu metode statistik yang digunakan untuk mempelajari antara satu atau lebih variabel independen (prediktor) dengan satu variabel dependen (respon). Tujuan analisis ini adalah untuk memodelkan, mengestimasi, dan memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen (Ghozali, 2018). Dalam studi ini dilakukan regresi linier sederhana. Regresi linier sederhana digunakan ketika hanya terdapat satu variabel independen yang diduga mempengaruhi variabel dependen.

2.3.4 Evaluasi Model Regresi

Model regresi linier yang sudah dibuat kemudian dievaluasi tingkat akurasinya berdasarkan koefisien determinasi (R^2) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Semakin besar nilai R^2 dan semakin kecil nilai RMSE, maka semakin baik pula kualitas model tersebut. Secara sederhana, Rumus untuk menghitung RMSE berdasarkan Pardoe (2021) sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(X_t - F_t)^2}{n-k}} \quad (2)$$

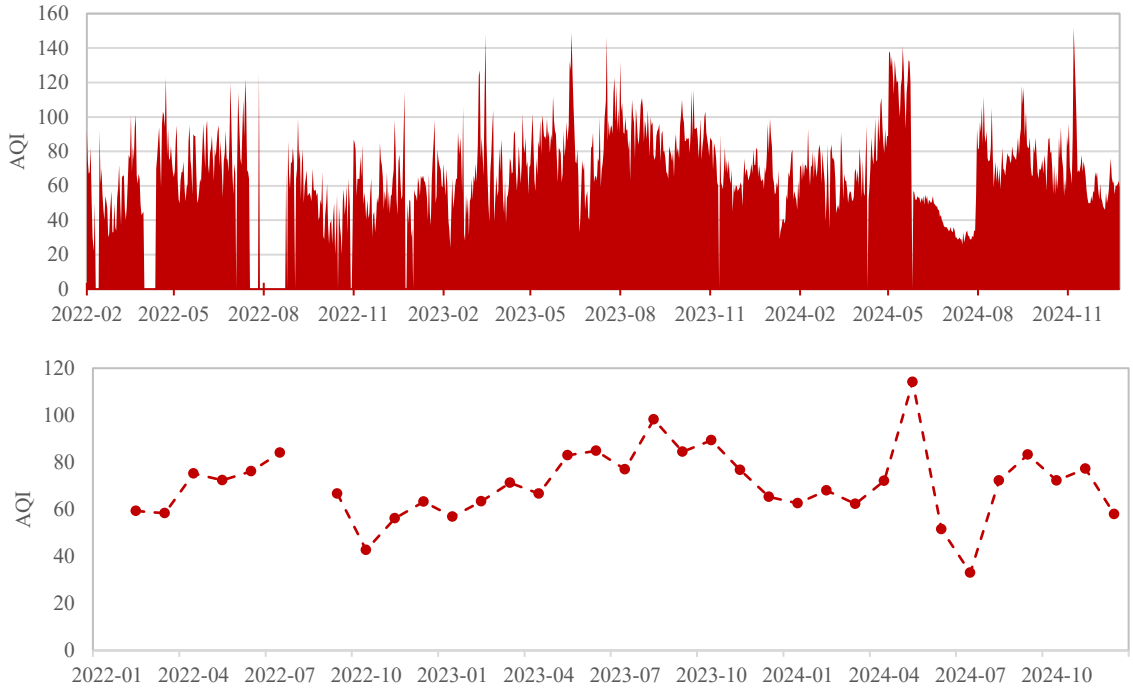
Keterangan:
X_t = data aktual pada periode (t) tertentu
F_t = nilai peramalan pada periode (t) tertentu

T = periode peramalan
n = jumlah data
k = jumlah parameter yang diperkirakan dalam model (termasuk intercept)
$n - k$ = *degree of freedom (df)* untuk residual

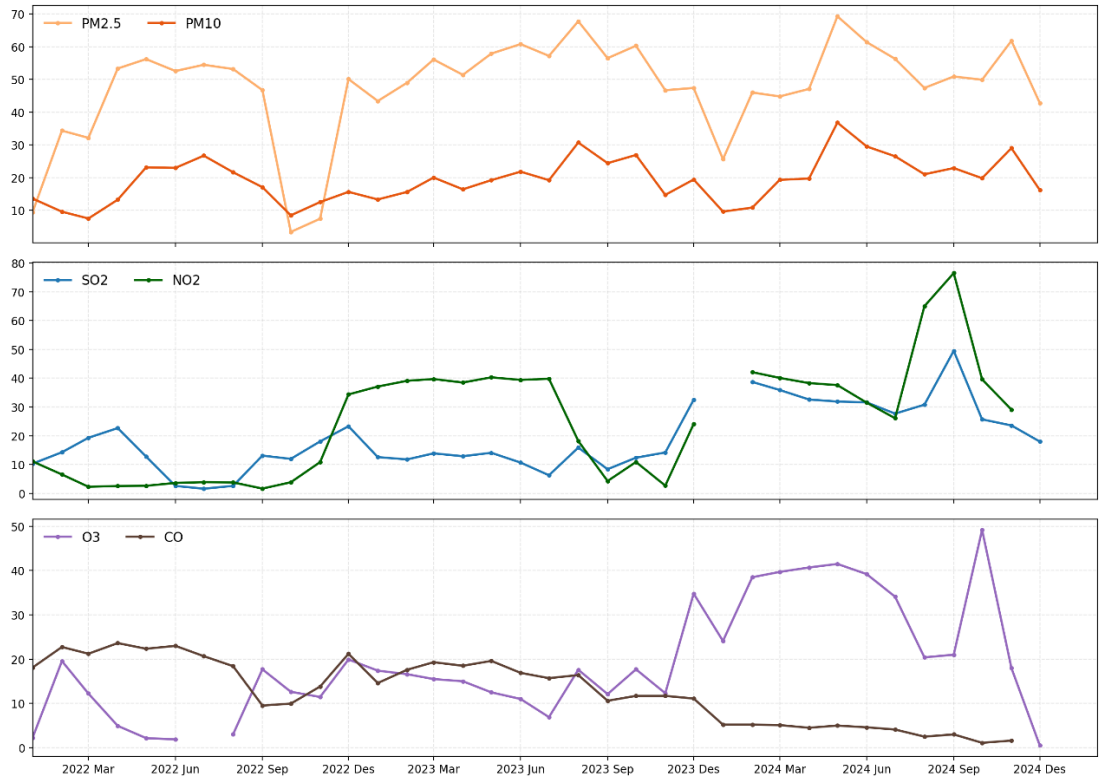
3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Data *Time-Series*

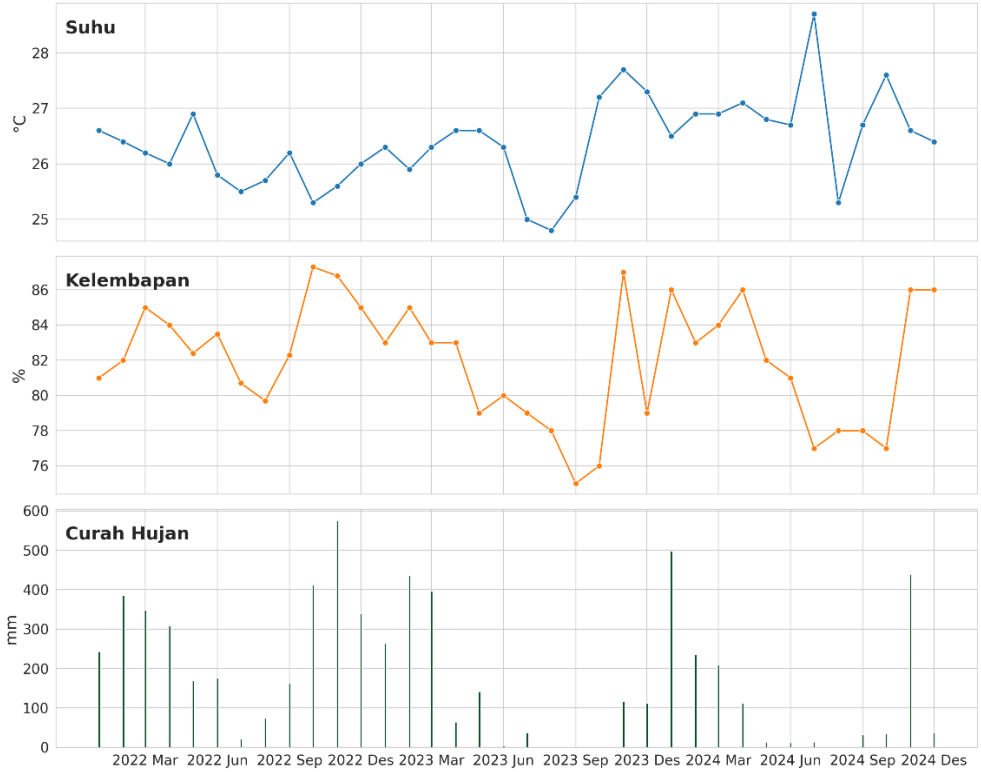
Data AQI (Gambar 2) menunjukkan pola musiman serupa, dengan nilai tertinggi tercatat pada Mei 2024, sebesar 114,16, dan terendah pada Juli 2024, sebesar 33,00. Sebaran data ISPU (Gambar 3) menunjukkan fluktuasi musiman dengan nilai $PM_{2,5}$ dan PM_{10} tertinggi terjadi saat musim kemarau, terutama pada bulan Mei–Agustus. Sebaliknya, nilai ISPU cenderung menurun selama musim hujan. Peningkatan ekstrem pada bulan Mei 2024 kemungkinan berasal dari peningkatan pembakaran sampah imbas penutupan TPA Piyungan pada Maret 2024. Sementara itu, data parameter meteorologis (Gambar 4) menunjukkan variasi rentang nilai untuk suhu udara adalah di antara 24° C hingga 28° C, untuk kelembapan adalah di antara 75% hingga 87%, dan untuk curah hujan adalah di antara 1,5 mm hingga 628 mm. Dari karakteristik fluktuasi datanya, parameter meteorologis yang tinggi variansnya sehingga mudah untuk diregresikan agar mendapat hasil model yang baik hanyalah parameter curah hujan.



Gambar 2. Grafik *time-series* yang menunjukkan nilai AQI kualitas udara di Yogyakarta dalam skala harian (atas) dan skala bulanan (bawah)



Gambar 3. Nilai ISPU kualitas udara di Yogyakarta periode 2022 hingga 2024



Gambar 4. Nilai parameter meteorologis di Yogyakarta periode 2022 hingga 2024

3.2 Hasil Analisis Korelasi

Hasil uji korelasi parameter curah hujan (suhu, kelembapan, dan curah hujan) terhadap parameter ISPU (PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, CO, O_3, dan NO_2) dan AQI dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil uji korelasi, ketiga parameter meteorologis berkorelasi signifikan terhadap berbagai parameter ISPU dan AQI. Pertama-tama, parameter suhu menunjukkan hubungan positif yang sedikit kuat terhadap parameter SO_2 (R = 0,509), dan O_3 (R = 0,583), serta hubungan negatif yang sedikit kuat terhadap parameter CO (R = -0,496). Kemudian, parameter kelembapan menunjukkan hubungan yang lemah terhadap parameter PM_{10} (R = -0,434), $PM_{2.5}$ (R = -0,432), NO_2 (R = -0,335), dan AQI (-0,303). Terakhir, curah hujan menunjukkan hubungan negatif yang lumayan kuat terhadap parameter PM_{10} (R = -0,601) dan $PM_{2.5}$ (R = -0,604), serta hubungan yang lemah terhadap parameter AQI (R = -0,422).

Kelembapan dan curah hujan menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan dengan parameter PM_{10} dan $PM_{2.5}$. Hal ini disebabkan oleh mekanisme deposisi basah, yaitu saat kelembapan udara tinggi, partikel-partikel uap air cenderung menyerap partikulat. Partikulat yang terserap umumnya turun sebagai hujan sehingga polutan di udara terpindahkan ke permukaan bumi, menyebabkan penurunan konsentrasi di udara dan peningkatan debu di permukaan bumi.

Di sisi lain, parameter suhu lebih berkorelasi dengan parameter gas (SO_2, CO, dan O_3) dibanding dengan parameter partikulat (PM_{10} dan $PM_{2,5}$). Hal ini sesuai dengan karakteristik gas yang dapat berubah konsentrasinya disebabkan oleh perubahan suhu, sesuai dengan Hukum Gas Ideal. Persamaan gas ideal dikenal secara umum sebagai tekanan udara (P) dikalikan volume gas (V) sama dengan mol gas (n) dikalikan konstanta gas (R) dan suhu gas (T).

Parameter AQI memiliki nilai koefisien korelasi paling rendah dengan parameter suhu. Meskipun korelasinya dengan kelembapan dan curah hujan signifikan, namun nilainya tidak dapat dianggap kuat. Hal ini mungkin disebabkan oleh entitas parameter AQI yang merupakan agregasi dari berbagai parameter kualitas udara. Pada AQI, campuran dari beberapa pola varians dari beberapa parameter kualitas udara menyebabkan korelasi secara statistik tidak berhasil didapatkan dengan baik. Di sisi lain, ISPU merupakan parameter yang dikhususkan untuk satu jenis parameter kualitas udara, sehingga potensi mendapatkan korelasi yang lebih kuat dan signifikan menjadi lebih tinggi daripada AQI.

Tabel 1. Koefisien korelasi (R) Pearson antara ISPU dan AQI dengan parameter meteorologis

Parameter Meteorologis / Parameter Kualitas Udara	Suhu	Kelembapan	Curah Hujan
ISPU PM_{10}	0,171	−0,434**	−0,601**
ISPU $PM_{2.5}$	0,219	−0,432**	−0,604*
ISPU SO_2	0,509**	−0,119	−0,180
ISPU CO	−0,496**	0,127	0,288
ISPU O_3	0,583**	−0,194	−0,298
ISPU NO_2	0,216	−0,335*	−0,293
AQI	0,077	−0,303*	−0,422**

Keterangan: ** = korelasi bersifat signifikan pada tingkat kepercayaan 99% (α = 0,01)
* = korelasi bersifat signifikan pada tingkat kepercayaan 95% (α = 0,05)

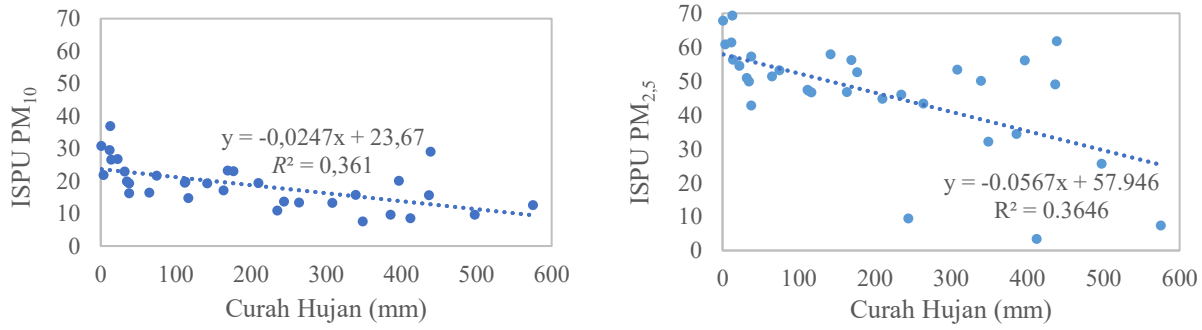
3.3 Hasil Analisis Regresi

Analisis regresi dilakukan hanya untuk pasangan parameter yang berkorelasi secara signifikan (Tabel 1). Persamaan regresi yang diperoleh beserta nilai koefisien determinasi (R^2) dan *root mean square error* (RMSE)-nya dapat dilihat pada Tabel 2. Sebagian besar nilai R^2 tergolong sedang hingga rendah (Tabel 2), yang menunjukkan bahwa selain suhu, kelembapan, dan curah hujan, masih banyak faktor lain yang berkontribusi terhadap tingginya konsentrasi polutan, seperti emisi kendaraan, aktivitas industri, dan kondisi topografi wilayah (Gurjar et al., 2008).

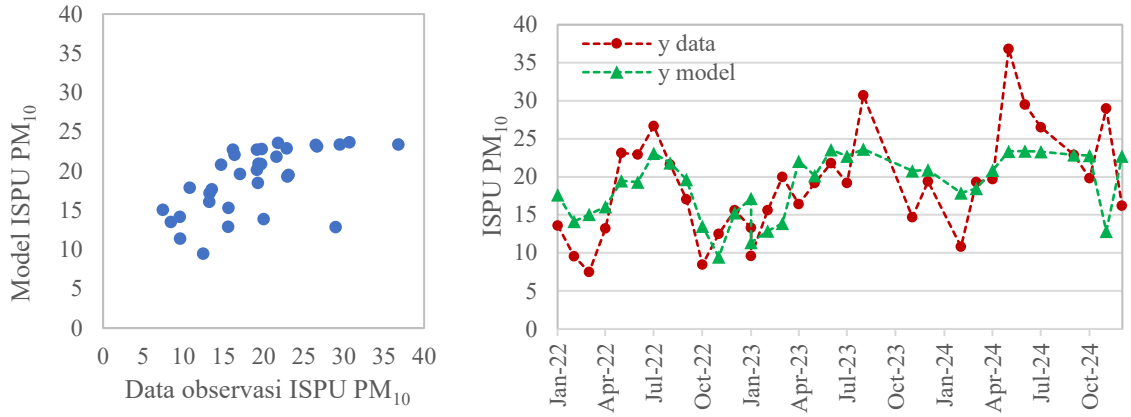
Dua nilai R^2 tertinggi, 0,365 dan 0,361, dihasilkan oleh regresi data curah hujan terhadap data $PM_{2,5}$ dan PM_{10}, secara berturut-turut. Meskipun R^2 model $PM_{2,5}$ lebih tinggi dari PM_{10}, model regresi yang dibentuk prediktor curah hujan untuk PM_{10} dinilai lebih baik kemampuan prediksinya daripada model regresi $PM_{2,5}$ yang dibentuk prediktor curah hujan. Hal ini disebabkan nilai galat RMSE yang didapatkan dari model PM_{10} hanya 5,62, jauh lebih kecil daripada nilai RMSE model $PM_{2,5}$ yang nilainya 12,81 (Tabel 2). Diagram *scatterplot* pada Gambar 5 menunjukkan perkiraan garis regresi yang didapatkan dari *plotting* data ISPU parameter partikulat (PM_{10} dan $PM_{2,5}$) dengan data parameter curah hujan.

Tabel 2. Persamaan regresi, nilai koefisien determinasi (R^2), dan nilai RMSE dari model regresi

Variabel Prediksi (y)	Variabel Prediktor (x)	Persamaan Regresi Linear	R^2	RMSE
ISPU PM_{10}	Kelembapan	$y = -1{,}026x + 103{,}35$	0,188	5,94
	Curah Hujan	$y = -0{,}0247x + 23{,}67$	0,361	5,62
	Kelembapan (x_1) & Curah Hujan (x_2)	$y = -0{,}302x_1 - 0{,}021x_2 + 47{,}714$	0,337	5,66
ISPU $PM_{2.5}$	Kelembapan	$y = -2{,}14x + 222{,}94$	0,187	13,73
	Curah Hujan	$y = -0{,}0567x + 57{,}946$	0,365	12,81
	Kelembapan (x_1) & Curah Hujan (x_2)	$y = -0{,}420x_1 - 0{,}049x_2 + 90{,}715$	0,347	12,94
ISPU SO_2	Suhu	$y = 6{,}195x - 144{,}86$	0,259	10,11
ISPU O_3	Suhu	$y = 9{,}201x - 224{,}12$	0,340	6,78
ISPU CO	Suhu	$y = -0{,}146x + 106{,}41$	0,246	11,18
ISPU NO_2	Kelembapan	$y = -2{,}049x + 193{,}82$	0,112	17,77
AQI	Kelembapan	$y = -1{,}575x + 198{,}97$	0,092	14,29
	Curah Hujan	$y = -0{,}039x + 78{,}354$	0,178	15,02
	Kelembapan (x_1) & Curah Hujan (x_2)	$y = 1{,}224x_1 - 0{,}058x_2 - 18{,}046$	0,192	14,41



Gambar 5. *Scatterplot* data ISPU PM_{10} (kiri) dan $PM_{2,5}$ (kanan) dengan data curah hujan di Yogyakarta



Gambar 6. Perbandingan nilai ISPU PM_{10} dari model (regresi PM_{10}-Curah Hujan) dengan data observasi dalam grafik *scatter-plot* (kiri) dan *time-series* (kanan)

Dari hasil uji regresi didapatkan model regresi yang bisa memprediksi nilai ISPU dari parameter meteorologis. Pada Gambar 6, perbandingan antara hasil prediksi nilai ISPU PM_{10} (dari model regresi antara ISPU PM_{10} dengan curah hujan) dengan data ISPU PM_{10} (dari Dinas Lingkungan Hidup Yogyakarta) ditampilkan dengan diagram *scatterplot* dan grafik garis berbentuk *time-series*. Kedua diagram tersebut menunjukkan bahwa akurasi model belum terlalu akurat meskipun sebagian nilai prediksi sudah cukup mendekati nilai data observasi.

Hal ini menunjukkan bahwa hubungan yang diasumsikan dalam bentuk linier (karena menggunakan regresi linier) sepertinya kurang tepat. Banyak faktor lain yang dapat menyebabkan hubungan menjadi tidak linier. Misalnya, berbagai kegiatan manusia yang menyebabkan pencemaran udara seperti pembakaran sampah dan transportasi kendaraan bermotor, dipengaruhi banyak dimensi dan aspek. Faktor lainnya adalah perubahan iklim yang ekstrem, sehingga cuaca menjadi tidak seperti biasanya, dan menyebabkan perubahan pada aspek *transport* polutan udara. Peristiwa seperti dapat menyebabkan nilai *error* naik secara signifikan. Tingkat *error* model yang ditunjukkan oleh nilai RMSE yang tinggi bisa menjadi indikasi bahwa model belum menangkap keseluruhan pola variasi data. Ketika faktor-faktor lainnya tidak dimasukkan ke dalam parameter model, maka variansi data tidak bisa dijelaskan sepenuhnya oleh model yang sederhana, sehingga galat atau *error* meningkat.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan uji korelasi dan analisis regresi parameter meteorologis (suhu, kelembapan, dan curah hujan) terhadap beberapa parameter pencemar udara yang diwakili oleh nilai ISPU masing-masing parameter (PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, CO, O_3, dan NO_2). Analisis korelasi menunjukkan bahwa parameter curah hujan lebih cenderung berkorelasi negatif secara signifikan dengan parameter partikulat, baik PM_{10} (R = -0,601) maupun $PM_{2.5}$ (R = -0,604). Hal ini mengindikasikan mekanisme deposisi basah yang berjalan di Yogyakarta. Sementara itu, parameter suhu lebih cenderung berkorelasi secara signifikan dengan parameter gas, yakni SO_2 (R = 0,509), CO (R = -0,496), dan O_3 (R = 0,583). Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu berasosiasi dengan kenaikan tingkat SO_2 dan O_3, serta penurunan tingkat CO. Di sisi lain, parameter kelembapan memiliki korelasi yang signifikan terhadap parameter partikulat, NO_2, dan AQI, namun korelasi semua parameter tersebut tergolong lemah (R < 0,45).

Berdasarkan hasil analisis regresi linier, curah hujan diidentifikasi sebagai faktor meteorologis yang paling dominan dalam memengaruhi indeks kualitas udara terutama parameter partikulat dengan parameter PM_{10} lebih baik akurasinya daripada $PM_{2,5}$, ditunjukkan oleh nilai RMSE PM_{10} (5,62) yang berada dua kali lipat di bawah dari RMSE $PM_{2,5}$ (12,81).

Penelitian ini memperkuat temuan bahwa kelembapan dan curah hujan cukup dominan dalam menurunkan tingkat pencemaran partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$) serta tingkat pencemaran udara secara umum (AQI). Hal ini sejalan dengan konsep deposisi basah, di mana hujan dan kelembapan tinggi membantu membersihkan udara dari partikel polutan. Namun demikian, rendahnya R^2 dan tingginya RMSE mengindikasikan bahwa masih terdapat faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap kualitas udara namun belum dipertimbangkan dalam model.

Penelitian terkait selanjutnya disarankan untuk meningkatkan jumlah data dari aspek periode waktu, terutama untuk parameter kualitas udara. Hal ini ditujukan agar dapat meningkatkan keterwakilan hubungan yang sebenarnya dengan meningkatkan variansi data suatu parameter. Selain itu, metode pemodelan stokastik yang mengakomodasi hubungan non-linier, seperti regresi polinomial perlu dicoba untuk mendapatkan model prediksi yang lebih akurat.

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 SEOI, 2*(2), 39–57.

Destercke, S., Strauss, O., Test, K., & Data, I. (2014). Kolmogorov–Smirnov test for interval data. *HAL Archive*. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01045013

Ghozali, I. (2018). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 25*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

Gurjar, B. R., Butler, T. M., Lawrence, M. G., & Lelieveld, J. (2008). Evaluation of emissions and air quality in megacities. *Atmospheric Environment, 42*(7), 1593–1606. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.10.048

Gusmaranti, A. H. (2024). *Studi relasi antara parameter meteorologis dengan tingkat pencemaran udara secara temporal di Kota Yogyakarta* (Skripsi). [Universitas Islam Indonesia].

Janah, M. S. N. (2024). *Studi relasi parameter meteorologis dengan tingkat pencemaran udara secara spasial di Kota Yogyakarta* (Skripsi). [Universitas Islam Indonesia].

Kartikasari, D. (2020). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi level polusi udara dengan metode regresi logistik biner. *MATHunesa Jurnal Ilmiah Matematika, 8*(1), 55–59. https://doi.org/10.26740/mathunesa.v8n1.p55-59

Pardoe, I. (2021). *Applied regression modeling* (Edisi ke-3). Wiley.

Sudjana, N. (2005). *Metode statistika* (Ed. Revisi). Tarsito.

Wang, J., Zhang, X., Zhang, L., & Li, G. (2015). Effects of meteorological conditions on $PM_{2.5}$ concentrations. *Environmental Health Perspectives*, 123(6), 604-609. https://doi.org/10.1289/ehp.1408916

Yildizhan, H., Uzun, S., Öztürk, S., & Dönmez, F. (2024). Observational study of ground-level ozone and climatic factors. *Scientific Reports*, 14(1), 11128. https://doi.org/10.1038/s41598-024-77989-0

Zhang, Y., Li, M., & Wang, X. (2019). Impact of meteorological factors on air quality in urban areas. *Environmental Science and Technology, 53*(8), 4567–4575.