



JURUSAN  
TEKNIK LINGKUNGAN

## **TUGAS AKHIR**

### **Analisis Hubungan Antara Parameter Meteorologis dengan Indeks Kualitas Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara di Yogyakarta**

**Winda Melya**

**21513132**

**Dosen Pembimbing:**

**Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.**

**Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana**

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

**Universitas Islam Indonesia**

**2025**



DEPARTMENT  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

***BACHELOR THESIS***

***Analysis of the Relationship Between Meteorological  
Parameters and Air Quality Index and Air Pollution Standard  
Index in Yogyakarta.***

**Winda Melya**

**21513132**

***Supervisor:***

**Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.**

***Environmental Engineering Bachelor Program***

***Faculty of Civil Engineering and Planning***

***Universitas Islam Indonesia***

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**Analisis Hubungan Antara Parameter Meteorologis dengan Indeks  
Kualitas Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara di Yogyakarta**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

**Winda Melya  
21513132**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 8 Juli dan disetujui oleh:

  
Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

(Pembimbing)

  
Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D

(Penguji 1)

  
Ikrom Mustofa, S.Si., M.Sc.

(Penguji 2)

Mengesahkan,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana  
  
Any Juliati, S.T., M.Sc. (Res. Eng.), Ph.D.

## PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
  - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
  - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.

6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



Winda Melya  
21513132

## **PRAKATA**

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,*

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “Analisis Hubungan Antara Parameter Meteorologis dengan Indeks Kualitas Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara di Yogyakarta”. Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini banyak sekali hambatan dan rintangan yang saya hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan, bantuan, serta dukungan dari banyak pihak baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Papa Heru Wiyatno dan Mama Mistuti Dewi, yang selalu memanjatkan doa dan memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang juga turut memberikan bimbingan serta masukan dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dhandhun Wacano, S.Si., M. Sc., Ph.D. dan Bapak Ikrom Mustofa, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Keluarga Besar Hj. Hanimah dan Keluarga Besar Noso Santawi atas segala doa, dukungan dan bantuan yang telah diberikan.
6. Kedua kakak dan satu abang penulis, Indah Suci Ramadhani, Heriyanti Dwi Adha, dan Taufik Hidayat Nugraha Anwar yang telah membantu memberikan dukungan dan doa untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Teman dekat penulis semasa SMA, Zelyn, Nindy, Oryza, Yezi, dan Luthfiah. Terimakasih atas dukungan, semangat dan tempat berkeluh kesah dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Teman dekat penulis semasa berkuliah, Yaca, Nailun, Putri, Irena, Zhafira, Rangga, Rizal, dan Bay.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan, kasih sayang, perhatian serta dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Akhirnya penulis berharap semoga amal baik dari semua pihak yang telah membantu dalam Tugas Akhir dan penyusunan laporan ini mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT. Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak. *Aamiin ya Rabbal a'lam.*

Sleman, Juli 2025

Winda Melya

# **Analisis Hubungan Antara Parameter Meteorologis dengan Indeks Kualitas Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara di Yogyakarta**

Mahasiswa : Winda Melya  
NIM : 21513132  
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana  
Pembimbing : Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Kualitas udara merupakan permasalahan krusial baik ditingkat nasional maupun daerah karena berpengaruh langsung terhadap kesehatan masyarakat. Penelitian ini menyajikan analisis komprehensif data kualitas udara, dengan fokus pada parameter utama seperti AQI, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan O<sub>3</sub>, di samping faktor meteorologis termasuk suhu, curah hujan, dan kelembapan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara parameter meteorologis terhadap Indeks Kualitas Udara (AQI) dan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) di wilayah Yogyakarta dan Sleman selama periode 2022 hingga 2024. Data yang digunakan merupakan data sekunder bulanan dari stasiun pemantauan kualitas udara dan badan meteorologi setempat. Analisis dilakukan menggunakan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, uji korelasi Pearson, serta regresi linear untuk mengidentifikasi pengaruh signifikan antar variabel. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa kelembapan dan curah hujan memiliki hubungan negatif signifikan dengan PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, dan AQI. Sementara suhu memiliki hubungan positif terhadap SO<sub>2</sub> dan O<sub>3</sub>. Model regresi yang dikembangkan menunjukkan bahwa kombinasi faktor meteorologis dapat menjelaskan sebagian variasi dalam data AQI dan ISPU, dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) tertinggi sebesar 0,397 dan nilai RMSE terendah sebesar 5,62. Analisis RMSE mengkonfirmasi bahwa model dengan curah hujan sebagai prediktor PM<sub>10</sub> memiliki tingkat akurasi tinggi. Hasil ini mengindikasikan bahwa faktor meteorologis, khususnya kelembapan dan curah hujan, memiliki peran penting dalam pengendalian kualitas udara di wilayah penelitian.

Kata kunci: Indeks Kualitas Udara, Indeks Standar Pencemar Udara, Kelembapan, Curah Hujan, Suhu

## ***Analysis of the Relationship Between Meteorological Parameters and Air Quality Index and Air Pollution Standard Index in Yogyakarta.***

*Student* : Winda Melya  
*Student Number* : 21513132  
*Study Program* : Environmental Engineering – Bachelor Program  
*Supervisor* : Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

### **ABSTRACT**

*Air quality is a critical issue at both national and regional levels due to its direct impact on public health. This study presents a comprehensive analysis of air quality data, focusing on key parameters such as AQI, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub>, alongside meteorological factors including temperature, rainfall, and humidity. The objective of this research is to analyze the relationship between meteorological parameters and the Air Quality Index (AQI) and Air Pollution Standard Index (ISPU) in the Yogyakarta and Sleman regions during the period from 2022 to 2024. The data used are monthly secondary data obtained from air quality monitoring stations and local meteorological agencies. The analysis was conducted using the Kolmogorov-Smirnov normality test, Pearson correlation tests, as well as linear regression to identify significant relationships among variables. The correlation results indicate that humidity and rainfall have a significant negative relationship with PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and AQI, while temperature has a positive correlation with SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>. The regression models developed show that a combination of meteorological factors can partially explain the variation in AQI and ISPU data, with the highest coefficient of determination (R<sup>2</sup>) reaching 0.397 and the lowest RMSE value being 5.62. The RMSE analysis confirms that the model using rainfall as a predictor for PM<sub>10</sub> yields a high level of accuracy. These findings suggest that meteorological factors, particularly humidity and rainfall, play an important role in managing air quality in the study area.*

*Key words: Air Quality Index, Air Pollution Standard Index, Humidity, Rainfall, Temperature*

## DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pencemaran Udara.....	5
2.2 Parameter Pencemaran Udara.....	6
2.2.1 PM <sub>2.5</sub> .....	6
2.2.2 PM <sub>10</sub> .....	6
2.2.3 CO.....	7
2.2.4 SO <sub>2</sub> .....	7
2.2.5 NO <sub>2</sub> .....	7
2.2.6 O <sub>3</sub> .....	7
2.3 Faktor Meteorologis.....	8
2.3.1 Curah Hujan.....	8
2.3.2 Kelembapan.....	9
2.3.3 Suhu Udara.....	9
2.4 Air Quality Index (AQI).....	10
2.5 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).....	11
2.6 Dampak Pencemaran Udara.....	12
2.6.1 Dampak terhadap Kesehatan Manusia.....	12

2.6.2 Dampak terhadap Lingkungan .....	12
2.7 Penelitian Terdahulu .....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	15
3.2 Pengumpulan Data .....	15
3.3 Analisis Data .....	16
3.3.1 Uji Normalitas .....	17
3.3.2 Analisis Korelasi .....	17
3.3.3 Analisis Regresi .....	20
3.3.4 Evaluasi Model .....	21
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Eksplorasi Data .....	23
4.1.1 Data Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) .....	23
4.1.2 Data <i>Air Quality Index</i> (AQI) .....	31
4.1.3 Data Meteorologis .....	33
4.2 Analisis Korelasi .....	38
4.2.1 Uji Normalitas .....	38
4.2.2 Korelasi antara Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Faktor Meteorologis .....	39
4.2.3 Korelasi antara <i>Air Quality Index</i> (AQI) dan Faktor Meteorologis .....	41
4.3 Analisis Regresi Linear .....	43
4.4 Analisis Root Mean Squared Error (RMSE) .....	46
4.5 Hasil Perbandingan Analisis dari Data AQI dan ISPU .....	49
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan .....	52
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>57</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>75</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala AQI .....	11
Tabel 2.2 Kategori Angka Rentang ISPU .....	12
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu .....	13
Tabel 3.1 Tingkat Nilai Korelasi.....	18
Tabel 4.1 Data Nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) .....	24
Tabel 4.2 Data Nilai Air Quality Index (AQI).....	31
Tabel 4.3 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov Data ISPU .....	39
Tabel 4.4 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov Data AQI.....	39
Tabel 4.5 Uji Korelasi Pearson ISPU dengan Faktor Meteorologis .....	40
Tabel 4.6 Interpretasi Hasil Korelasi Pearson antara Parameter ISPU dan Faktor Meteorologis .....	41
Tabel 4.7 Uji Korelasi Pearson AQI dengan Faktor Meteorologis .....	42
Tabel 4.8 Interpretasi Hasil Korelasi Pearson antara Nilai AQI dan Faktor Meteorologis .....	42
Tabel 4.9 Hasil Analisis Regresi ISPU .....	43
Tabel 4.10 Hasil Analisis Regresi AQI.....	43
Tabel 4.11 Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Menggunakan Data ISPU .....	44
Tabel 4.12 Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Menggunakan Data AQI .....	45
Tabel 4.13 Nilai Root Mean Squared Error (RMSE) Hasil Regresi Linear Menggunakan Data ISPU .....	46
Tabel 4.14 Nilai Root Mean Squared Error (RMSE) Hasil Regresi Linear Menggunakan Data AQI.....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Data .....	16
Gambar 4.1 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter PM <sub>10</sub> Tahun 2022 – 2024 .....	25
Gambar 4.2 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter PM <sub>2.5</sub> Tahun 2022 – 2024 .....	26
Gambar 4.3 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter SO <sub>2</sub> Tahun 2022 – 2024 .....	27
Gambar 4.4 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter CO Tahun 2022 – 2024	28
Gambar 4.5 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter O <sub>3</sub> Tahun 2022 - 2024 .	29
Gambar 4.6 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter NO <sub>2</sub> Tahun 2022 – 2024 .....	30
Gambar 4.7 Air Quality Index (AQI) Tahun 2022 – 2024 .....	32
Gambar 4.8 Suhu (°C) di Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman.....	33
Gambar 4.9 Suhu (°C) di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta .....	34
Gambar 4.10 Suhu (°C) di Tahun 2022 – 2024 .....	34
Gambar 4.11 Kelembapan (%) di Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman.....	35
Gambar 4.12 Kelembapan (%) di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta .....	36
Gambar 4.13 Kelembapan (%) di Tahun 2022 – 2024 .....	36
Gambar 4.14 Curah Hujan (mm) di Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman .....	37
Gambar 4.15 Curah Hujan (mm) di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta.....	37
Gambar 4.16 Curah Hujan (mm) di Tahun 2022 – 2024 .....	38
Gambar 4.17 Scatter Plot PM <sub>10</sub> – Curah Hujan .....	44
Gambar 4.18 Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> ) Menggunakan Data ISPU .....	45
Gambar 4.19 Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> ) Menggunakan Data AQI.....	45
Gambar 4.20 Perbandingan Hasil Model Regresi (SO <sub>2</sub> - Suhu) Pada Data ISPU .....	46
Gambar 4.21 Nilai Root Mean Squared Error (RSME) Hasil Regresi Linear Menggunakan Data ISPU .....	47
Gambar 4.22 Nilai Root Mean Squared Error (RSME) Hasil Regresi Linear Menggunakan Data AQI.....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Meteorologis .....	57
Lampiran 2 Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov .....	60
Lampiran 3 Contoh Perhitungan Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov .....	62
Lampiran 4 Grafik Analisis Regresi .....	65
Lampiran 5 Perbandingan Hasil Model Regresi .....	69
Lampiran 6 Contoh Perhitungan Root Mean Square Error (RMSE) .....	74

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

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 tingkat pencemaran di atmosfer. Data dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman menunjukkan bahwa pada tahun 2023, tercatat 73 hari dengan status “Sedang” dan 12 hari dengan status “Tidak Sehat”. Kondisi tersebut terjadi pada bulan-bulan dengan curah hujan rendah dan suhu udara tinggi. Hal ini mengindikasikan adanya keterkaitan antara faktor meteorologi dengan kualitas udara di kawasan tersebut (Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman, 2023).

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Indeks Kualitas Udara (IKU) memiliki peran yang saling melengkapi dalam memberikan gambaran mengenai kualitas udara. ISPU digunakan secara resmi oleh Pemerintah Indonesia dan mencakup parameter  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , CO,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , dan  $O_3$ , sementara IKU yang

sering digunakan oleh platform global seperti AQI. 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, curah hujan juga memengaruhi kualitas udara dengan cara mencuci partikel polutan dari atmosfer. Rendahnya curah hujan menyebabkan konsentrasi polutan udara dapat meningkat, sedangkan tingginya curah hujan menyebabkan penurunan konsentrasi polutan udara.

Pentingnya memahami hubungan antara parameter meteorologi dan kualitas udara tidak hanya untuk kepentingan akademis, tetapi juga untuk pengambilan kebijakan dalam pengelolaan lingkungan. Studi yang dilakukan oleh Kusuma et al., (2020) di Kota Yogyakarta menunjukkan adanya korelasi positif antara suhu dan konsentrasi ozon, serta korelasi negatif antara kelembapan dan konsentrasi  $PM_{2.5}$ . Selain itu, pada penelitian Gusmaranti (2024) hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor meteorologis seperti kelembapan, udara, suhu, curah hujan, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi  $SO_2$  dan  $NO_2$ . Pada penelitian Janah (2024) suhu menjadi faktor signifikan pengaruh antara faktor meteorologis dan konsentrasi  $NO_2$ . Dengan demikian, penelitian ini akan mengkaji secara statistik bagaimana variabel meteorologis berkontribusi terhadap perubahan indeks kualitas udara di Yogyakarta.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hubungan antara parameter meteorologis dengan Indeks Kualitas Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara di Yogyakarta?

2. Variabilitas parameter meteorologis manakah yang paling berpengaruh terhadap Indeks Kualitas Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara di Yogyakarta?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan parameter meteorologis yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap Indeks Kualitas Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara.
2. Mendapatkan model regresi hubungan parameter meteorologis yang paling dominan dengan Indeks Kualitas Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara.
2. Menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya dalam bidang kualitas udara dan meteorologis.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian berada di Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Data indeks kualitas udara yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari database AQI India selama 3 tahun dari 2022 hingga 2024.
3. Data indeks standar pencemar udara didapatkan melalui data sekunder yang diperoleh dari basis data lingkungan hidup Kota Yogyakarta selama 3 tahun dari 2022 hingga 2024.
4. Parameter meteorologis yang dianalisis adalah suhu udara, kelembapan, dan curah hujan.

5. Indeks Standar Pencemar Udara yang dianalisis mencakup parameter  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ , dan  $O_3$ .
6. Analisis statistik menggunakan metode korelasi dan regresi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Udara**

Udara merupakan campuran gas pada lapisan yang mengelilingi bumi atau atmosfer, dengan komposisi yang berubah-ubah setiap saat. Udara merupakan komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan, sehingga perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya. Udara yang setiap saat kita hirup adalah udara ambien yang berada di lingkungan sekitar. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan atmosfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang ditetapkan. Pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya atau tercampurnya zat berbahaya ke dalam udara, yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia.

Menurut Colbeck dan Lazaradis (2010), pencemaran udara secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu pencemaran udara primer dan sekunder. Pencemaran udara primer merupakan polutan yang langsung diemisikan dari sumbernya, seperti partikulat (PM), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), dan karbon monoksida (CO). Sedangkan pencemaran udara sekunder merupakan polutan yang terbentuk akibat reaksi kimia di atmosfer, seperti ozon ( $\text{O}_3$ ) yang terbentuk melalui reaksi fotokimia antara  $\text{NO}_x$  dan senyawa organik volatil (VOC) dengan adanya sinar matahari.

Pencemaran udara merupakan faktor risiko lingkungan terbesar bagi kesehatan manusia. Setiap tahun, diperkirakan 7 juta kematian prematur di seluruh

dunia dikaitkan dengan pencemaran udara, baik pencemaran udara ambien maupun pencemaran udara dalam ruangan (WHO,2021).

## **2.2 Parameter Pencemaran Udara**

### **2.2.1 PM<sub>2.5</sub>**

*Particulate Matter* (PM) merupakan klasifikasi fisik umum partikel yang ditemukan di udara, seperti debu, kotoran, jelaga, dan asap. PM bukan merujuk pada entitas kimia tertentu tetapi merupakan campuran partikel dari sumber yang berbeda dengan berbagai ukuran, komposisi, dan sidat (Vallero, 2014). Definisi PM<sub>2.5</sub> adalah konsentrasi massa dari PM untuk partikel yang melewati inlet atau pipa saringan selektif yang memiliki efisiensi 50% pada diameter aerodinamik sebesar 2,5  $\mu\text{m}$ . Ukuran PM<sub>2.5</sub> yang sangat kecil dan berbahaya dapat masuk ke dalam alveoli paru-paru dan memasuki sistem sirkulasi darah (Sibarani et al., 2021).

Secara alamiah sumber PM<sub>2.5</sub> berasal dari debu tanah kering yang terbawa angin, abu dan vulkanik yang terlempar ke udara akibat letusan gunung berapi, dan semburan uap panas di dekat sumber panas bumi. Sementara sumber PM<sub>2.5</sub> akibat kegiatan manusia sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar minyak, pembakaran batu bara, kegiatan industri, serta kebakaran hutan dan lahan (Ahmad, 2017).

### **2.2.2 PM<sub>10</sub>**

PM<sub>10</sub> adalah partikel dengan diameter aerodinamik kurang dari atau sama dengan 10 $\mu\text{m}$ . PM<sub>10</sub> mencakup partikel halus dan kasar, termasuk PM<sub>2.5</sub>. Partikel kasar umumnya berasal dari erosi tanah, jalan, konstruksi, dan aktivitas industri (Harrison et al., 2012). Meskipun tidak dapat menembus alveoli paru-paru seperti PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> tetap dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan atas dan memperburuk kondisi penderita asma dan penyakit pernapasan lainnya.

### **2.2.3 CO**

Karbon monoksida (CO) adalah gas tidak berbau, tidak berwarna dan tidak berasa yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar yang mengandung karbon. Sumber utama CO di lingkungan perkotaan adalah emisi kendaraan bermotor (Raub et al., 2000). CO bersifat sangat beracun karena kemampuannya untuk berikatan dengan hemoglobin dalam darah, membentuk karbonhemoglobin (COHb), sehingga mengurangi kapasitas darah untuk mengangkut oksigen ke jaringan tubuh.

### **2.2.4 SO<sub>2</sub>**

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) adalah gas tidak berwarna dengan bau tajam yang dipancarkan dari pembakaran bahan bakar fosil di pembangkit listrik dan fasilitas industri lainnya yang mengandung sulfur. Industri pembangkit listrik dan peleburan logam merupakan sumber utama emisi SO<sub>2</sub> (Seinfeld dan Pandis, 2016). SO<sub>2</sub> dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan berperan dalam pembentukan hujan asam serta partikulat sekunder di atmosfer.

### **2.2.5 NO<sub>2</sub>**

Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) adalah gas berwarna coklat kemerahan dengan bau tajam yang dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi, seperti pada mesin kendaraan bermotor dan pembangkit listrik. NO<sub>2</sub> merupakan prekursor dalam pembentukan ozon troposferik dan berperan dalam pembentukan partikulat sekunder (Kampa dan Castanas, 2008). Paparan NO<sub>2</sub> dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan memperburuk kondisi penderita asma.

### **2.2.6 O<sub>3</sub>**

Ozon (O<sub>3</sub>) di lapisan troposfer merupakan gas yang terbentuk ketika dua jenis polutan (nitrogen dioksida dan senyawa organik yang mudah menguap) bereaksi dengan adanya sinar matahari (Monks et al., 2015). Berbeda dengan ozon di lapisan stratosfer yang berfungsi melindungi bumi dari radiasi ultraviolet, ozon troposferik bersifat iritasi dan dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan, serta kerusakan pada tanaman dan material.

### **2.3 Faktor Meteorologis**

Menurut Zhang et al (2015). dalam Sibarani et al (2021), parameter meteorologis adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas udara perkotaan. Suhu udara, kelembapan relatif, serta kecepatan dan arah angin dianggap sebagai faktor utama karena dapat mempengaruhi proses dispersi, mekanisme penghapusan, dan pembentukan partikel atmosfer. Selain itu menurut Shukla et al (2008), parameter hujan juga dapat mempengaruhi konsentrasi polutan udara karena dapat menghilangkan polusi gas dan pengendapan partikulat melalui proses kimia atmosfer (Sibarani et al., 2021)

#### **2.3.1 Curah Hujan**

Curah hujan adalah elemen cuaca yang diukur menggunakan alat penakar hujan untuk menentukan jumlahnya dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan 1 mm menunjukkan jumlah air hujan yang jatuh dipermukaan persatuan luas (m) dengan catatan tidak ada yang menguap, meresap atau mengalir. Dengan kata lain, curah hujan 1 mm setara dengan 1 liter/m<sup>2</sup> (Sujalu et al., 2020)

Curah hujan memiliki peran penting dalam proses pembersihan polutan di atmosfer melalui mekanisme pengendapan basah, yaitu pengangkutan polutan dari atmosfer ke permukaan bumi oleh butiran hujan (Seinfeld dan Pandis, 2016). Pada penelitian Jayamuruganet al., (2013), menemukan korelasi negatif yang kuat antara curah hujan dan konsentrasi SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan PM<sub>10</sub>. Di Chennai, India curah hujan mengurangi konsentrasi polutan melalui proses pencucian dan pembersihan. Selain itu, pada penelitian Hu et al., (2015), menunjukkan bahwa efektivitas curah hujan dalam mengurangi konsentrasi PM<sub>2.5</sub> bergantung pada intensitas dan durasi hujan, dengan pengurangan hingga 80% setelah hujan berkelanjutan.

Namun, pengaruh curah hujan terhadap ozon bersifat kompleks. Meskipun hujan dapat menurunkan konsentrasi prekursor ozon seperti NO<sub>x</sub> dan VOC, hujan juga dapat mengurangi radiasi matahari yang diperlukan untuk reaksi fotokimia pembentukan ozon. Akibatnya, hubungan antara curah hujan

dan konsentrasi  $O_3$  sering kali tidak linier dan dipengaruhi oleh faktor lain seperti intensitas radiasi dan suhu udara (Camalier et al., 2007).

### **2.3.2 Kelembapan**

Kelembapan adalah persentase kandungan uap air di udara dibanding uap air jenuh pada suhu yang sama. Kelembapan erat kaitannya dengan suhu, namun tidak selalu berbanding lurus antara suhu dengan kelembapan (Cahyono, 2017)

Kelembapan udara mempengaruhi berbagai parameter kualitas udara melalui beberapa mekanisme. Pada penelitian Wang dan Ogawa (2015) menunjukkan bahwa kelembapan relatif berkorelasi positif dengan konsentrasi  $PM_{2.5}$  dan  $PM_{10}$  pada musim dingin di Tokyo, namun berkorelasi negatif pada musim panas.

Pada penelitian Chen et al., (2012), menemukan bahwa kelembapan tinggi dapat meningkatkan laju pengubahan  $SO_2$  menjadi sulfat melalui reaksi heterogen di permukaan partikel. Sementara itu, pada penelitian Zhao et al., (2019), menunjukkan bahwa kelembapan relatif berkorelasi negatif dengan konsentrasi  $O_3$  troposferik, karena kelembapan tinggi berhubungan dengan berkurangnya radiasi matahari dan peningkatan proses penghilangan radikal OH yang berperan dalam pembentukan  $O_3$ .

Pada penelitian Lu et al., (2018), menunjukkan bahwa untuk  $NO_2$  dan CO, pengaruh kelembapan udara cenderung tidak langsung dan dimediasi oleh faktor meteorologi lain seperti suhu dan kecepatan angin. Dan pada kelembapan tinggi, konversi  $NO_2$  menjadi  $HNO_3$  melalui reaksi heterogen dapat meningkat, menyebabkan berkurangnya konsentrasi  $NO_2$  di udara ambien.

### **2.3.3 Suhu Udara**

Parameter fisik udara yang paling penting dalam kehidupan sehari-hari adalah suhu udara, yang didefinisikan sebagai panas atau dinginnya udara di atmosfer atau di suatu tempat yang berhubungan dengan faktor lain, salah satunya adalah kelembapan udara (Cahyono, 2017).

Pengaruh suhu terhadap berbagai parameter kualitas udara bervariasi. Untuk ozon, suhu tinggi secara signifikan meningkatkan laju pembentukan ozon melalui reaksi fotokimia. Pada penelitian Bloomer et al., (2009), menemukan bahwa peningkatan suhu sebesar 1°C dikaitkan dengan peningkatan konsentrasi O<sub>3</sub> sebesar 2-3 ppb di wilayah timur Amerika Serikat.

Penelitian oleh Novirsa dan Fahmi (2012) dalam Alviani (2022), menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dipengaruhi oleh pengambilan sampel yang dilakukan pada siang hari. Hal tersebut dikarenakan suhu bumi yang cukup panas pada siang hari, serta perubahan suhu yang berbeda pada daerah perbukitan dikarenakan setiap ketinggian 100 meter suhu akan menurun 1°C. Penelitian oleh Sari et al., (2019) dalam Alviani (2022) menemukan bahwa sebaran PM<sub>2.5</sub> lebih tinggi pada malam hari dibandingkan dengan siang hari. Ini disebabkan oleh suhu yang lebih rendah pada malam hari dibandingkan dengan siang hari, yang menyebabkan penurunan difusi partikel, yang mengakibatkan peningkatan konsentrasi PM<sub>2.5</sub>. Karena perbedaan suhu dan tekanan ini, partikulat akan jatuh ke daerah yang suhu dan tekanan yang berbeda. Selain itu, dalam penelitian Serlina et al., (2023) menemukan bahwa tingkat suhu memengaruhi konsentrasi PM<sub>2.5</sub> sebesar 87%. Artinya, tingkat suhu yang lebih tinggi menunjukkan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> yang lebih rendah, sedangkan tingkat suhu yang lebih rendah menunjukkan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> yang lebih tinggi.

Untuk polutan primer seperti CO dan NO<sub>2</sub>, peningkatan suhu cenderung meningkatkan dispersi vertikal melalui konveksi termal, menyebabkan penurunan konsentrasi di permukaan (He et al., 2017). Pada penelitian Wang et al. (2014) menemukan bahwa suhu tinggi meningkatkan konversi SO<sub>2</sub> menjadi sulfat, menyebabkan penurunan konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara ambien.

#### **2.4 Air Quality Index (AQI)**

*Air Quality Index* (AQI) merupakan parameter yang digunakan untuk mengkomunikasikan tingkat pencemaran udara kepada masyarakat dengan cara yang mudah dipahami (US EPA, 2018). AQI dihitung berdasarkan konsentrasi

polutan udara seperti PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub>. Setiap polutan memiliki subindeks yang dihitung berdasarkan fungsi linier dari konsentrasi polutan, dan AQI keseluruhan ditentukan oleh subindeks tertinggi. Rentang indeks pada AQI dibagi menjadi enam kategori, dengan masing-masing warna dan angka yang sesuai dengan jumlah polusi di udara dan potensi dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.

Tabel 2.1 Skala AQI

<b>Skala</b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Warna</b>
0 – 50	<i>Good</i>	Hijau
51 – 100	<i>Moderate</i>	Kuning
101 – 150	<i>Poor</i>	Orange
151 – 200	<i>Unhealthy</i>	Merah
201 – 250	<i>Severe</i>	Ungu
251 - 300	<i>Hazardous</i>	Merah Tua

## **2.5 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)**

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah sistem pengukuran udara yang mengkonversi konsentrasi polutan ke dalam skala numerik untuk memudahkan pemantauan dan komunikasi risiko kepada masyarakat. ISPU digunakan secara global dengan variasi nama, seperti *Air Quality Index* (AQI) di Amerika Serikat atau *Pollution Standards Index* (PSI) di Singapura (EPA, 2021; KLHK 2019). Kategori ISPU dibagi menjadi lima kategori dari kategori baik hingga berbahaya berdasarkan nilai rentang masing-masing.

Tabel 2.2 Kategori Angka Rentang ISPU

<b>Kategori</b>	<b>Status Warna</b>	<b>Angka Rentang</b>
Baik	Hijau	1 – 50
Sedang	Biru	51 – 100
Tidak Sehat	Kuning	101 – 200
Sangat Tidak Sehat	Merah	201 – 300
Berbahaya	Hitam	$\geq 301$

## 2.6 Dampak Pencemaran Udara

### 2.6.1 Dampak terhadap Kesehatan Manusia

Pencemaran udara memiliki dampak yang signifikan terhadap kesehatan manusia, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Partikel PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub> dapat menembus saluran pernapasan dan masuk ke dalam paru-paru, bahkan aliran darah, menyebabkan iritasi, peradangan, dan kerusakan jaringan. Paparan jangka panjang terhadap partikel ini dapat meningkatkan risiko penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), asma, dan kanker paru-paru (Zhang et al., 2019).

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, memperburuk gejala asma, dan meningkatkan risiko infeksi pernapasan. Ozon (O<sub>3</sub>) di permukaan tanah, meskipun bermanfaat di lapisan stratosfer, tetapi dapat menyebabkan iritasi mata, batuk, dan gangguan pernapasan, serta memperburuk kondisi seperti bronkitis dan emfisema (WHO, 2021).

### 2.6.2 Dampak terhadap Lingkungan

Pencemaran udara tidak hanya berdampak pada kesehatan manusia, tetapi juga menyebabkan kerusakan lingkungan yang signifikan. Salah satu dampak utama adalah hujan asam, yang terjadi ketika sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) bereaksi dengan uap air di atmosfer membentuk asam sulfat dan asam nitrat. Hujan asam dapat merusak ekosistem perairan,

mengurangi kesuburan tanah, dan merusak vegetasi tanaman pertanian (KLHK, 2021).

Pencemaran udara juga berkontribusi terhadap perubahan iklim. Gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan dari aktivitas manusia dapat meningkatkan suhu global, menyebabkan pemanasan global, pencairan es kutub, dan kenaikan permukaan laut. Selain itu, polutan udara seperti ozon (O<sub>3</sub>) dan partikel hitam juga berkontribusi terhadap perubahan iklim dengan memengaruhi radiasi matahari dan proses kimia di atmosfer (WHO, 2021).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 menyajikan informasi mengenai penelitian terdahulu yang dijadikan acuan bagi peneliti untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang perkembangan temuan yang telah ada sebelumnya.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

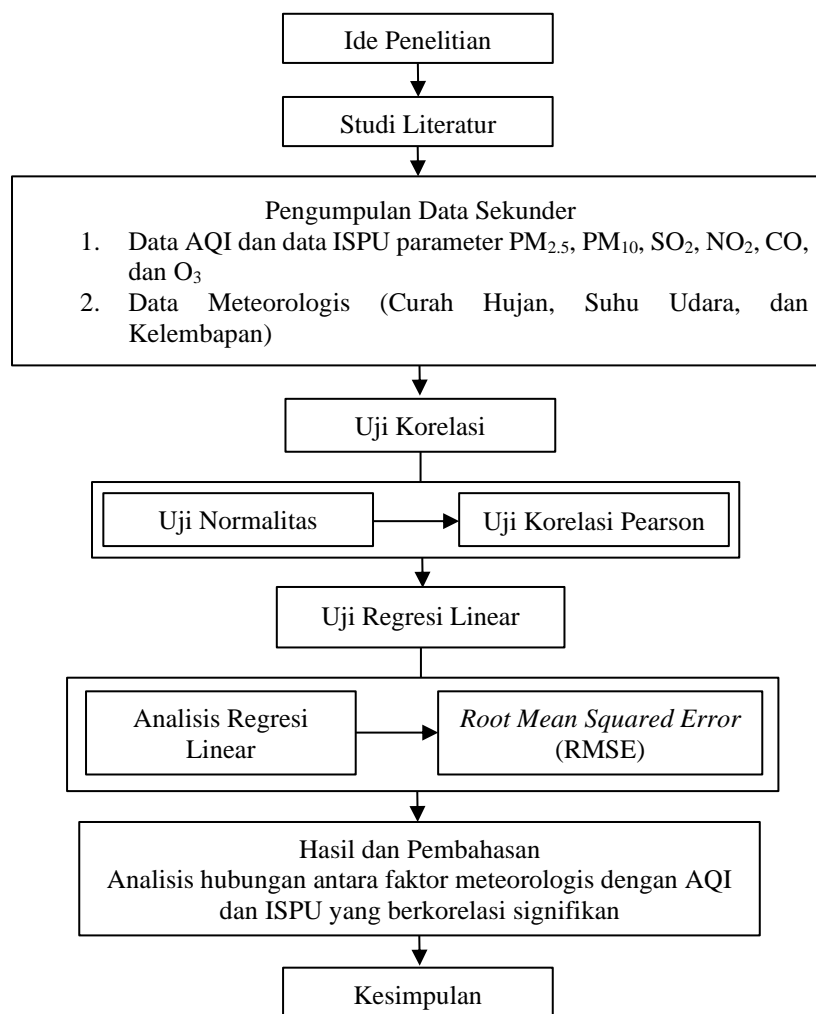
Judul dan Nama Penelitian	Metode Penelitian
<i>Spatiotemporal Distribution, Meteorological Influence, and Potential Sources of Air Pollution over Hainan Island, China I</i> (Yu et al., 2024)	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi temporal dan spasial polutan di tiga kota utama Hainan dan mengetahui pengaruh parameter meteorologi seperti suhu, angin, dan kelembapan dengan analisis korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan bahwa polusi udara di Hainan dipengaruhi oleh faktor meteorologi (terutama angin monsoon) dan transportasi lintas batas, dengan sumber dominan berasal dari emisi lokal dan polutan regional.
Analisis Konsentrasi <i>Particulate Matter 2.5</i> di Udara Ambien dan Rekomendasi Tanaman Pereduksi PM <sub>2.5</sub> di Perumahan Unand Blok B, Ulu Gadut, Kota Padang (Serlina dkk, 2023)	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi PM <sub>2.5</sub> dan mengkasi korelasi PM <sub>2.5</sub> dengan faktor meteorologis seperti suhu, kelembapan, dan angin menggunakan analisis statistik (uji-t dan korelasi Pearson). Hasil analisis korelasi antara kondisi meteorologis dan konsentrasi PM <sub>2.5</sub> menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan berbanding terbalik, dengan koefisien korelasi berkisar antara -0,90481 hingga -0,93514. Faktor seperti suhu udara, tekanan atmosfer, kelembapan, dan kecepatan angin terbukti

Judul dan Nama Penelitian	Metode Penelitian
	mempengaruhi konsentrasi PM <sub>2.5</sub> secara signifikan.
Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Level Polusi Udara Dengan Metode Regresi Logistik Biner (Kartikasari, 2020)	Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh faktor meteorologis seperti kecepatan angin, suhu, radiasi matahari, tekanan, arah angin, dan kelembapan relatif) terhadap ISPU parameter O <sub>3</sub> . Penelitian ini menggunakan metode MLE dan uji signifikansi parameter (uji Wald dan uji-G). Metode regresi logistik biner digunakan untuk mengetahui pengaruh signifikan dari faktor meteorologis terhadap ISPU parameter O <sub>3</sub> . Hasil menunjukkan bahwa kecepatan angin, suhu udara, radiasi matahari, tekanan udara, dan kelembapan relatif memiliki pengaruh yang signifikan terhadap level ISPU O <sub>3</sub> , dengan suhu sebagai faktor dominan (OR = 1,43).
<i>Analyzing and Interpreting Air Quality Monitoring Data in Surabaya</i> (Syafei, 2014)	Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi konsentrasi kualitas udara seperti NO, NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , dan CO di Surabaya menggunakan model deret waktu dan <i>Generalized Least Squares</i> (GLS) yang melibatkan variabel meteorologis serta analisis PCA dan ICA. Beberapa model seperti AR(1), ARIMA, Bayesian Markov Switching (BMS) dan Modified BMS (MBMS) dibandingkan untuk mengevaluasi akurasi prediksi. Hasilnya menunjukkan bahwa model MBMS memberikan performa terbaik, terutama di lokasi dengan fluktuasi polutan yang rendah. Penelitian menyimpulkan bahwa integrasi variabel eksogen dan komponen bebas dari ICA/PCA dapat meningkatkan akurasi prediksi kualitas udara.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian, mulai dari ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data, analisis data, hingga penarikan kesimpulan. Diagram alir dari proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



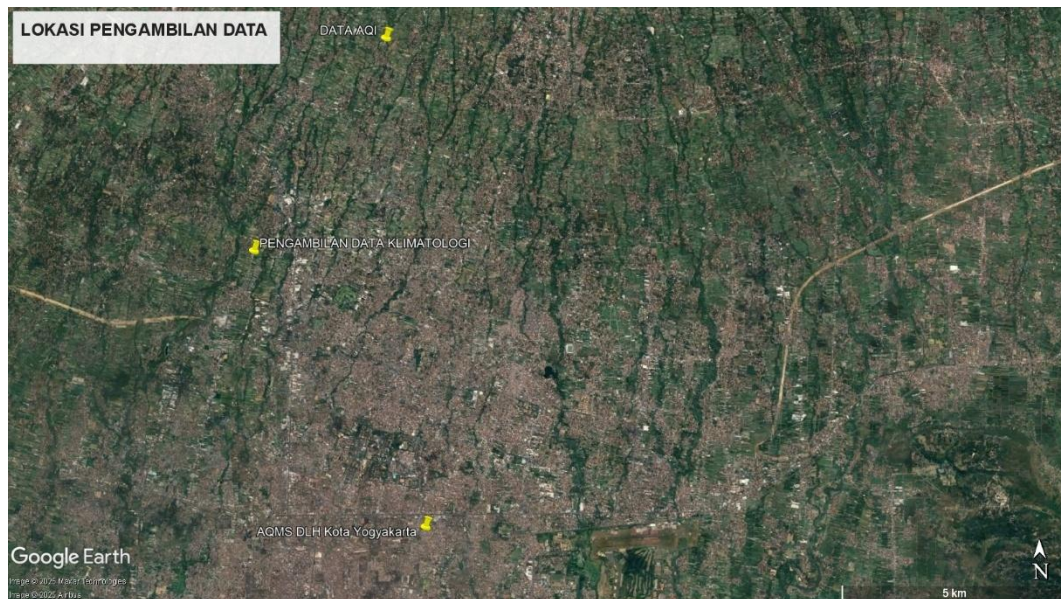
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data memiliki peranan yang sangat penting dalam penelitian ini, karena data tersebut berfungsi sebagai dasar untuk melaksanakan penelitian yang

lebih efektif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif berupa data bulanan kualitas udara dan data meteorologis yang dikumpulkan selama periode 3 tahun, yaitu dari bulan Januari 2022 hingga bulan Desember 2024. Masing-masing variabel dicatat secara bulanan, sehingga jumlah data untuk setiap parameter mencapai 36 data selama periode tiga tahun.

Data kualitas udara mencakup parameter utama pencemar udara seperti  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida ( $NO_2$ ), Sulfur Dioksida ( $SO_2$ ), dan Ozon ( $O_3$ ), yang diperoleh dari database lingkungan hidup Kota Yogyakarta dan situs pemantauan daring AQI India. Sementara itu, data meteorologis yang digunakan mencakup suhu, kelembapan, dan curah hujan yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Indonesia dan database Jogja Dataku.



Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Data  
Sumber: Google Earth

### 3.3 Analisis Data

Analisis data yang akan dilakukan yaitu uji normalitas, uji korelasi, uji regresi linear, dan *Root Mean Squared Error (RMSE)*.

### 3.3.1 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengevaluasi distribusi normal atau tidak normal dari variabel independen dan variabel dependen dalam model regresi. Jika hasil uji menunjukkan bahwa variabel tidak memiliki distribusi normal, maka hasil uji statistik akan menurun (Ghozali, 2016). Hasil uji yang menunjukkan distribusi normal dapat mempengaruhi keputusan metode analisis yang tepat. Terdapat banyak teknik statistik klasik yang dapat digunakan jika data berdistribusi normal. Namun, metode statistik non-parameterik harus dipertimbangkan jika data tidak normal.

Menurut Destercke et al (2014) uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov (K-S) digunakan untuk mendeteksi perbedaan antara dua distribusi. Metode ini menghitung selisih maksimum antara dua distribusi probabilitas kumulatif yang direpresentasikan dengan D. Dalam penerapannya, uji K-S dilakukan dengan membandingkan distribusi data yang diamati dengan distribusi teoritis yang diharapkan. Prosedurnya meliputi pengumpulan data ( $X_i$ ) sebelum dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan Uji Kolmogorov-Smirnov berikut:

$$Z \text{ skor} = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Di mana:

$\bar{x}$  = rata-rata

$\sigma$  = simpangan baku

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Pengambilan keputusan pada pengujian ini menggunakan data sebagai berikut.

Jika  $D_{\max} < D_{\text{kriteria}}$ , maka data berdistribusi normal

Jika  $D_{\max} > D_{\text{kriteria}}$ , maka data tidak berdistribusi normal

### 3.3.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk menemukan hubungan antara dua data yang dicari sehingga ditemukan persamaan antara keduanya. Analisis korelasi

membantu dalam mengidentifikasi pola atau tren dalam data. Analisis korelasi berguna dalam penelitian dan analisis data untuk menemukan hubungan yang mungkin tidak terlihat secara langsung. Hasil dari analisis korelasi juga dapat menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut, seperti analisis regresi, yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai variabel berdasarkan variabel lain. Dalam penelitian, analisis korelasi merupakan salah satu teknik analisis data yang digunakan untuk menentukan apakah ada atau tidaknya hubungan atau korelasi, serta beberapa faktor yang signifikan dari hubungan tersebut. Tabel 3.1 menunjukkan tingkat nilai korelasi (Sugiyono, 2012).

Data yang akan dikorelasikan adalah data *Air Quality Index* (AQI) dan data Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dengan faktor meteorologis meliputi suhu, kelembapan dan curah hujan. Dengan menganalisis korelasi AQI dan ISPU dengan faktor meteorologis, kita dapat memahami bagaimana kondisi cuaca mempengaruhi kualitas udara.

Tabel 3.1 Tingkat Nilai Korelasi

<b>r (+/-)</b>	<b>Korelasi</b>
0,01 – 0,19	Sangat Lemah
0,20 – 0,39	Lemah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 -1,00	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono (2012)

Korelasi Pearson yang dikembangkan oleh Karl Pearson merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengukur hubungan antara dua variabel yang memiliki skala data atau interval atau rasio. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui sejauh mana keterkaitan antara satu variabel dengan variabel lainnya (Oktavia, 2021). Perhitungan koefisien korelasi Pearson (r) dapat dilakukan menggunakan rumus berikut (Sudhana, 2005).

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Di mana :

r = koefisien korelasi

$x_i$  = variabel x dalam skala interval

$y_i$  = variabel y dalam skala interval

$n$  = total jumlah seluruh data

Koefisien korelasi berada antara -1 dan +1, yaitu  $-1 \leq r \leq +1$ .

- a. Jika nilai  $r = -1$ , maka korelasi bernilai negatif (berlawanan arah); yang berarti ada hubungan sempurna negatif antara variabel X dan variabel Y.
- b. Jika nilai  $r = +1$ , maka korelasi bernilai positif (searah); yang berarti ada hubungan sempurna positif antara variabel X dan variabel Y.
- c. Nilai  $r = 0$ , maka variabel tidak berkorelasi secara linear; yang berarti tidak ada hubungan antara variabel X dengan variabel Y.

Carl Spearman menemukan uji Spearman pada tahun 1904. Metode ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar keeratan antara dua variabel. Tidak diketahui apakah kondisi kedua variabel sama, dan keduanya tidak harus mengikuti distribusi normal. Jika pengukuran kuantitatif secara eksak tidak mungkin, korelasi rank akan diperlukan. Persamaan koefisien korelasi rank ( $\rho$ ) berikut ini.

$$\rho = 1 - \frac{n \sum b_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Di mana:

$\rho$  = koefisien korelasi Spearman

$b_i$  = perbedaan setiap pasang rank

$n$  = jumlah pasangan rank

Hipotesis  $H_0$  akan diuji, yang menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara dua variabel yang diuji karena masing-masing bersifat independen. Kriteria yang digunakan untuk membuat keputusan adalah sebagai berikut.

$H_0$  diterima  $\rho_{\text{hitung}} \leq \rho_{\text{tabel}}$

$H_0$  ditolak apabila  $\rho_{\text{hitung}} > \rho_{\text{tabel}}$

Tabel Spearman dapat digunakan untuk menampilkan  $\rho_{\text{tabel}}$ . Untuk nilai  $n \geq 10$  dapat menggunakan tabel t, di mana nilai t sampel dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$t = \rho \sqrt{\frac{n-2}{1-\rho^2}}$$

Bila  $t$  hitung  $\leq t$  tabel maka  $H_0$  diterima

Bila  $t$  hitung  $> t$  tabel maka  $H_0$  ditolak

Uji Pearson digunakan untuk data dengan skala interval atau rasio, sedangkan uji Spearman lebih sesuai untuk data berskala ordinal. Meskipun teknik yang digunakan berbeda, keduanya bertujuan untuk mengukur tingkat keterkaitan antara dua variabel. Jika data tidak memenuhi syarat untuk pengujian parametrik, penerapan kedua metode secara bersamaan dapat memberikan wawasan yang lebih menyeluruh mengenai hubungan korelasional antar variabel.

### 3.3.3 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).

Regresi sederhana digunakan ketika hanya terdapat satu variabel independen yang diduga mempengaruhi variabel dependen. Bentuk umum dari persamaan regresi sederhana adalah:

$$Y = a + bX + \varepsilon$$

Di mana:

$Y$  = variabel dependen

$X$  = variabel independen

$a$  = konstanta (intersep)

$b$  = koefisien regresi (slope)

$\varepsilon$  = galat (error) atau residual

Ketika sebuah penelitian memiliki lebih dari satu variabel bebas, regresi linear berganda menjadi pilihan metode analisis yang tepat. Teknik analisis ini memungkinkan peneliti untuk mempelajari arah hubungan dan mengukur

magnitudo pengaruh dari sejumlah variabel independen terhadap variabel dependen. Dalam studi pencemaran udara, analisis ini akan mengevaluasi bagaimana faktor meteorologi secara simultan mempengaruhi tingkat polusi udara. Mengingat kompleksitas interaksi antara berbagai parameter meteorologis dengan pencemaran udara, penggunaan regresi linear berganda menjadi sangat relevan (Mattjik et al., 2002). Secara matematis, model regresi linier berganda dapat dipresentasikan melalui persamaan (Gujarati & Porter, 2009):

$$Y_i = a + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i$$

Di mana:

$Y_i$  = konsentrasi pencemar

$a$  = intersep

$X_i$  = faktor meteorologis

$\beta$  = slope/gradien

$\varepsilon_i$  = error ke-i

Analisis regresi tidak hanya memberikan informasi tentang kekuatan dan arah hubungan antar variabel, tetapi juga digunakan untuk prediksi dan evaluasi model, seperti melalui nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE).

### 3.3.4 Evaluasi Model

Menilai tingkat akurasi model prediksi menggunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). RMSE digunakan untuk mencari keakuratan hasil peramalan dengan data *history* dengan menggunakan rumus. Semakin kecil nilai RMSE, semakin baik kualitas model tersebut. Secara sederhana, RMSE merupakan metode untuk menghitung bisa dalam model peramalan (Aindhae, 2019). Rumus untuk menghitung RMSE adalah sebagai berikut (Pardoe, 2021).

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

Di mana:

$X_t$  = 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

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Eksplorasi Data**

##### **4.1.1 Data Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)**

Sistem Pemantauan Kualitas Udara (SPKUA) atau *Air Quality Monitoring System* (AQMS) merupakan alat pemantau otomatis yang merekam data kualitas udara secara berkelanjutan. Alat ini dilengkapi dengan sensor untuk mengukur konsentrasi berbagai polutan udara seperti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, dan NO<sub>2</sub>. Data yang dihasilkan dari alat ini sangat penting karena digunakan sebagai dasar perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), yang menjadi acuan dalam menilai tingkat pencemaran udara dan mendukung kebijakan pengendalian lingkungan.

Keberadaan SPKUA sangat penting karena data yang dihasilkan tidak hanya digunakan sebagai dasar perhitungan ISPU, tetapi juga sebagai acuan dalam penyusunan kebijakan pengendalian pencemaran udara. Di Kota Yogyakarta, alat SPKUA dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) dan dipasang di kawasan kantor DLH Kota Yogyakarta. Berdasarkan observasi, alat ini dalam kondisi aktif dan berfungsi dengan baik. Lokasinya berada di lingkungan perkantoran terbuka dan dekat dengan jalan raya, sehingga representatif untuk memantau kondisi udara di area sekitarnya, dengan jangkauan pemantauan efektif sekitar 5 km.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak DLH, alat SPKUA tersebut telah beroperasi sejak tahun 2019. Selama penggunaannya, alat ini pernah mengalami gangguan teknis seperti sensor yang sensitif terhadap kelembapan tinggi dan kendala jaringan saat proses kalibrasi. Untuk menjaga performa alat tetap optimal, dilakukan perawatan rutin setiap 3 – 4 bulan, serta kalibrasi tahunan. Sebelum data dari SPKUA dipublikasikan, DLH akan melakukan pengecekan terlebih dahulu. Jika terdapat data yang tidak normal seperti nilai yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, maka data tersebut tidak akan dikirim ke Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). Data hanya akan dipublikasikan jika memenuhi batas kelengkapan minimal, yaitu sebesar 75% dari total data

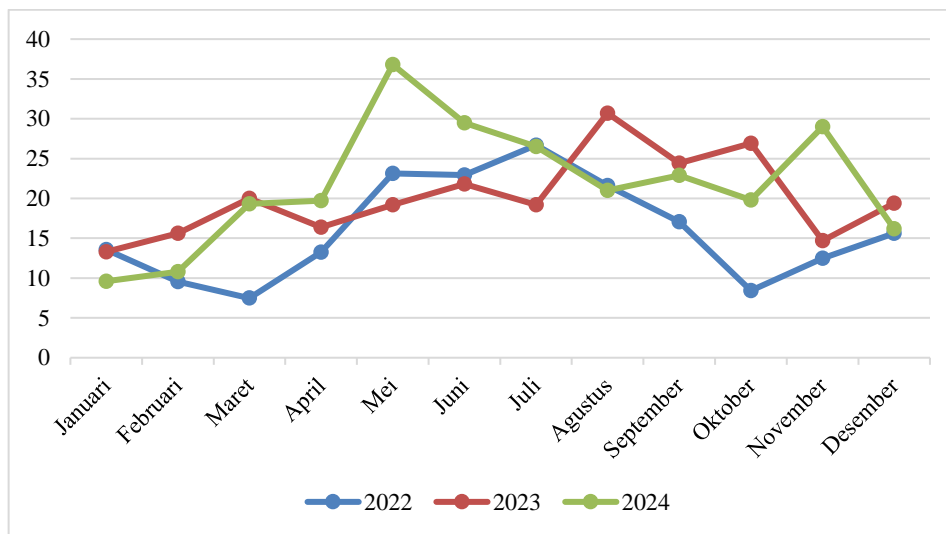
harian. Dari sisi lingkungan sekitar, tidak terdapat aktivitas industri atau kegiatan masyarakat yang berlangsung secara rutin dan berpengaruh signifikan terhadap data SPKUA. Namun, pernah terjadi lonjakan nilai pencemar udara yang tercatat oleh alat ketika TPA piyungan ditutup sementara, sehingga masyarakat melakukan pembakaran sampah secara mandiri di sekitar area pemantauan.

Penelitian ini menggunakan data Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) skala bulanan dari tahun 2022 – 2024. Data ISPU tersebut akan dianalisis untuk mengkaji hubungan tingkat pencemaran udara dengan faktor-faktor meteorologis yang memengaruhinya. Berikut merupakan tabel data ISPU yang digunakan pada penelitian ini. Pada bulan Juli di tahun 2022 serta bulan Januari dan Desember di tahun 2024 tidak dianalisis karena datanya tidak ada.

Tabel 4.1 Data Nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Tahun	Bulan	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
2022	Januari	13,6	9,5	10,3	18,1	2,3	11,1
	Februari	9,6	34,3	14,3	22,7	19,6	6,6
	Maret	7,5	32,1	19,3	21,2	12,2	2,3
	April	13,2	53,3	22,7	23,6	4,9	2,6
	Mei	23,1	56,2	12,8	22,4	2,2	2,7
	Juni	23	52,6	2,6	23	1,9	3,6
	Agustus	21,6	53,2	2,6	18,4	3	3,8
	September	17,1	46,7	13,1	9,5	17,7	1,7
	Oktober	8,4	3,4	12	10	12,6	3,9
	November	12,5	7,4	18,1	13,8	11,5	10,9
	Desember	15,6	50,1	23,3	21,2	19,9	34,4
	2023	Januari	13,3	43,4	12,6	14,6	17,4
Februari		15,6	49	11,8	17,6	16,6	39,1
Maret		20	56,1	13,9	19,3	15,5	39,7
April		16,4	51,4	12,9	18,5	15	38,5
Mei		19,2	57,9	14,1	19,6	12,5	40,3
Juni		21,8	60,8	10,7	16,9	11	39,4
Juli		19,2	57,2	6,3	15,7	6,9	39,8
Agustus		30,7	67,8	15,9	16,4	17,6	18,2
September		24,4	56,5	8,4	10,6	12,1	4,3
Oktober		26,9	60,3	12,4	11,7	17,7	10,9
November		14,7	46,7	14,2	11,7	12,3	2,7
Desember		19,4	47,4	32,5	11,1	34,8	24,1
2024	Februari	10,8	46	38,7	5,2	38,5	42,1
	Maret	19,3	44,8	35,9	5,1	39,7	40,1

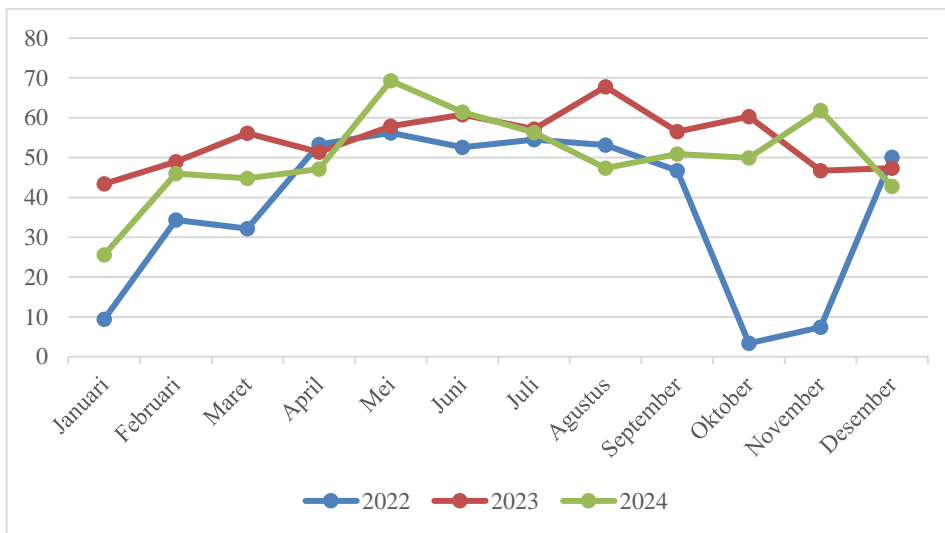
Tahun	Bulan	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
	April	19,7	47,1	32,6	4,5	40,7	38,3
	Mei	36,8	69,3	31,9	5	41,5	37,6
	Juni	29,5	61,4	31,6	4,6	39,2	31,5
	Juli	26,5	56,3	27,7	4,1	34,1	26,1
	Agustus	21	47,4	30,8	2,5	20,4	65
	September	22,9	50,9	49,5	3	21	76,5
	Oktober	19,8	49,9	25,7	1,1	49,2	39,6
	November	29	61,8	23,6	1,6	18	29,1



Gambar 4.1 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter PM<sub>10</sub> Tahun 2022 – 2024

Pada Gambar 4.1 sebaran bulanan konsentrasi PM<sub>10</sub> selama tahun 2022 hingga 2024, terlihat adanya fluktuasi nilai yang cukup signifikan antar bulan dan tahun. Pada tahun 2022, konsentrasi PM<sub>10</sub> cenderung rendah di awal tahun, terutama pada bulan Maret, kemudian meningkat tajam mulai bulan April hingga mencapai puncaknya pada bulan Mei dan Juni. Setelah itu, nilai PM<sub>10</sub> relatif menurun hingga mencapai titik terendah kembali pada bulan November. Pola serupa juga terlihat di tahun 2023, meskipun fluktuasinya lebih stabil, dengan lonjakan tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan Oktober. Sementara itu, pada tahun 2024 terjadi lonjakan yang sangat signifikan pada bulan Mei, yang merupakan nilai tertinggi dari keseluruhan data tiga tahun, kemudian diikuti oleh penurunan bertahap sehingga September dan kembali meningkat di bulan November.

Fluktuasi ini secara umum dipengaruhi oleh pola musimam di wilayah Yogyakarta. Pada awal tahun, yang merupakan musim hujan, konsentrasi  $PM_{10}$  cenderung rendah karena partikel-partikel debu dan polutan tersapu oleh curah hujan. Sebaliknya, pada musim kemarau yang berlangsung sekitar Mei hingga Agustus, konsentrasi  $PM_{10}$  cenderung meningkat akibat kondisi udara yang kering, meningkatnya aktivitas masyarakat di luar ruangan, dan debu yang lebih mudah terangkat ke atmosfer. Kenaikan ekstrem pada bulan Mei 2024 diduga kuat berkaitan dengan penutupan sementara TPA Piyungan yang menyebabkan masyarakat melakukan pembakaran sampah secara mandiri, sehingga memicu peningkatan kadar  $PM_{10}$  yang terekam oleh alat. Selain itu, lokasi alat SPKUA yang berada dekat dengan jalan raya juga berkontribusi terhadap tinggi nilai  $PM_{10}$ , terutama pada bulan-bulan dengan lalu lintas. Dengan demikian, variasi musiman, aktivitas lokal, serta kondisi lingkungan sekitar alat menjadi faktor utama yang memengaruhi fluktuasi konsentrasi  $PM_{10}$  selama periode pengamatan.

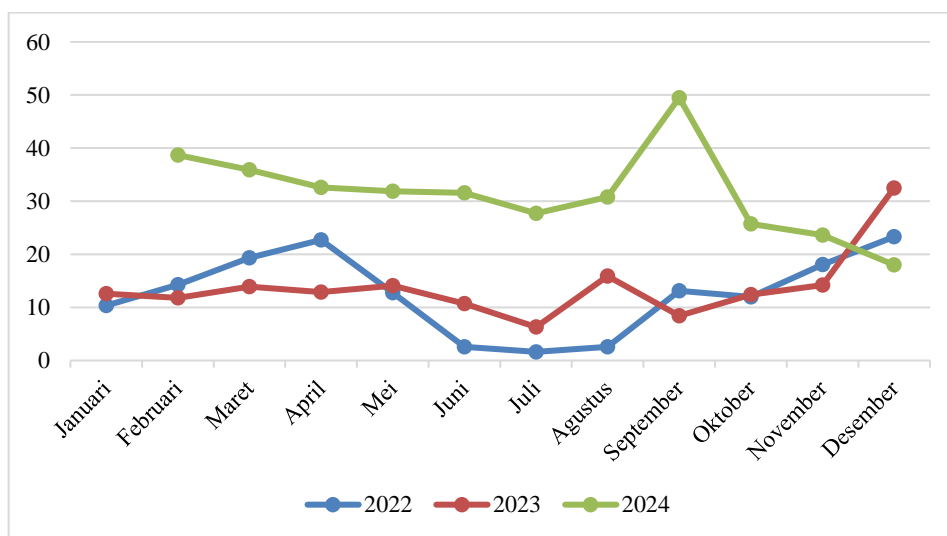


Gambar 4.2 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter  $PM_{2.5}$  Tahun 2022 – 2024

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa konsentrasi  $PM_{2.5}$  cenderung tinggi pada pertengahan tahun, terutama selama musim kemarau (sekitar Mei – Agustus), dan menurun drastis pada musim hujan, khususnya di Oktober dan November. Tahun 2022 menunjukkan pola yang sangat mencolok, di mana konsentrasi  $PM_{2.5}$  meningkat tajam dari Januari ke Mei, stabil di tengah tahun, kemudian

anjlok secara drastis pada Oktober dan November sebelum naik kembali di Desember. Tahun 2023 memperlihatkan tren yang lebih stabil, dengan puncak pada Agustus dan konsentrasi cukup tinggi di sepanjang tahun. Sementara itu, tahun 2024 memperlihatkan pola serupa, dengan puncak tertinggi terjadi pada Mei dan penurunan di Agustus, lalu naik lagi di November.

Pola ini sangat dipengaruhi oleh musim. Musim hujan menyebabkan partikel  $PM_{2.5}$  terbawa hujan sehingga konsentrasinya menurun. Sebaliknya, saat musim kemarau, udara lebih kering dan aktivitas masyarakat meningkat, sehingga debu dan partikel halus lebih mudah terangkat dan bertahan di udara. Kenaikan pada bulan Mei 2024 kemungkinan besar berkaitan dengan aktivitas pembakaran sampah saat penutupan TPA Piyungan, yang juga memengaruhi nilai  $PM_{2.5}$ . Lokasi alat SPKUA yang dekat dengan jalan raya turut berkontribusi terhadap tingginya nilai  $PM_{2.5}$ , terutama saat kondisi cuaca mendukung penyebaran partikel halus di udara.

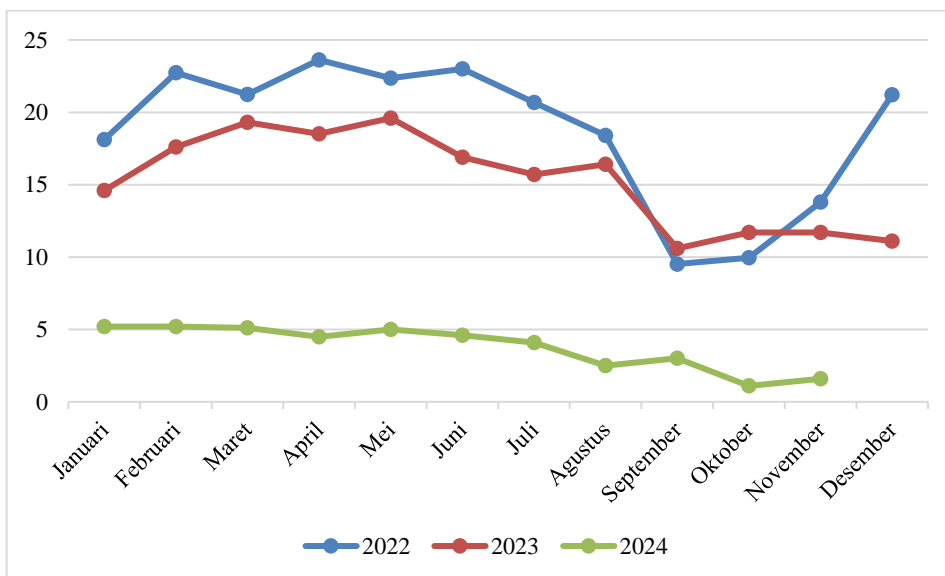


Gambar 4.3 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter  $SO_2$  Tahun 2022 – 2024

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa pola fluktuasi yang cukup berbeda setiap tahunnya untuk parameter  $SO_2$ . Pada tahun 2022, nilai  $SO_2$  cenderung rendah dan sempat menurun drastis pada bulan Juni hingga September, dengan nilai terendah pada bulan Juli. Tahun 2023 memperlihatkan tren yang lebih stabil, dengan sedikit peningkatan pada Agustus dan Desember. Sementara itu, tahun 2024 menunjukkan pola yang cukup tinggi di sepanjang tahun, dengan puncak

lonjakan yang sangat signifikan terjadi pada bulan September, mencapai nilai di atas 50, yang masuk ke dalam kategori sedang hingga mendekati tidak sehat untuk kelompok sensitif.

Peningkatan tajam pada bulan September 2024 kemungkinan besar disebabkan oleh pembakaran sampah secara terbuka, yang meningkat saat TPA Piyungan ditutup sementara. Pembakaran tersebut menghasilkan gas  $\text{SO}_2$  dalam jumlah besar yang berdampak langsung pada kualitas udara. Selain itu, faktor cuaca kering di musim kemarau juga mendukung akumulasi gas polutan di udara karena tidak adanya hujan yang dapat membantu menyebarkan atau mengendapkan polutan. Lokasi alat SPKUA yang berada dekat dengan jalan raya juga memungkinkan kontribusi emisi dari kendaraan bermotor masuk dalam pengukuran. Sebaliknya, nilai yang cenderung rendah di tahun 2022 dan 2023 mencerminkan kondisi lingkungan yang lebih stabil, tanpa gangguan besar atau lonjakan aktivitas pencemar.

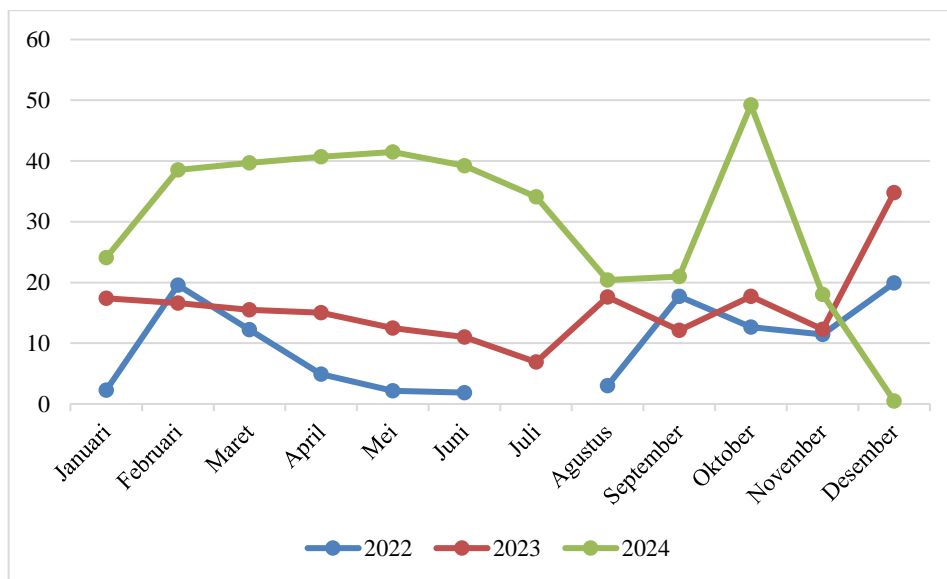


Gambar 4.4 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter CO Tahun 2022 – 2024

Pada gambar 4.4 nilai CO menunjukkan variasi yang cukup jelas antar tahun. Pada tahun 2022, nilai CO tergolong tinggi dibandingkan dua tahun lainnya, dengan puncak terjadi pada bulan April dan Juni. Tahun 2023 menunjukkan pola yang lebih stabil, dengan nilai yang hampir sama sepanjang

tahun, dan sedikit penurunan di akhir tahun. Sementara itu, tahun 2024 menunjukkan nilai yang jauh lebih rendah dibandingkan dua tahun sebelumnya, dan menyentuh titik terendah pada September dan November.

Perbedaan pola ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Tingginya nilai CO pada tahun 2022 kemungkinan disebabkan oleh peningkatan aktivitas transportasi dan pembakaran, khususnya di bulan-bulan kemarau saat emisi dari kendaraan dan sampah tidak mudah terdispersi. Sebaliknya, penurunan tajam pada September dan Oktober 2022 bisa berkaitan dengan masuknya musim hujan yang membantu menurunkan konsentrasi CO di udara. Nilai yang lebih stabil pada tahun 2023 menunjukkan kondisi lingkungan dan cuaca yang relatif tidak ekstrem, serta tidak adanya gangguan besar seperti pembakaran terbuka.

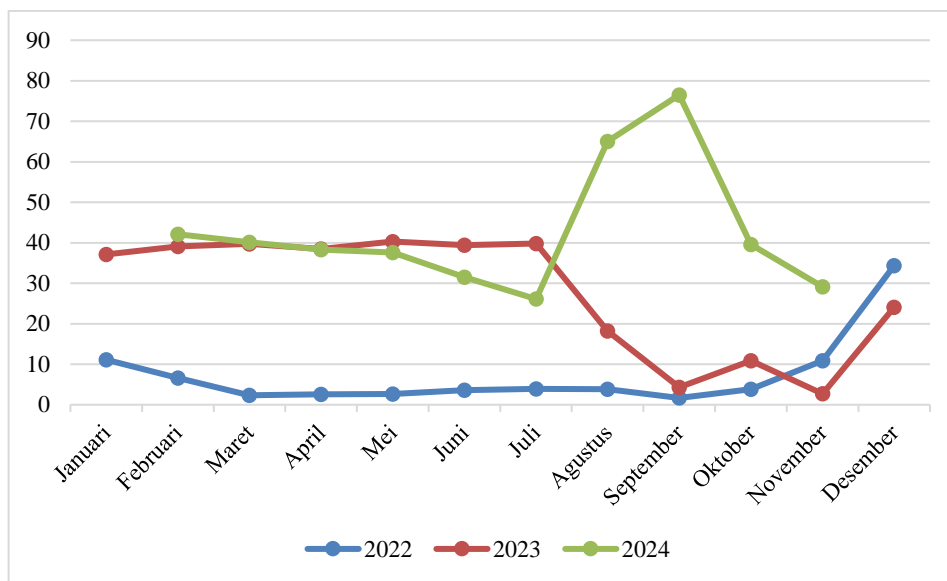


Gambar 4.5 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter O<sub>3</sub> Tahun 2022 - 2024

Pada gambar 4.5 nilai O<sub>3</sub> menunjukkan variasi yang cukup mencolok antar tahun. Pada tahun 2022, nilai O<sub>3</sub> cenderung rendah dan fluktuatif, dengan kenaikan pada bulan Februari, penurunan tajam pada bulan Maret hingga Juni, dan sedikit peningkatan di bulan September dan Oktober. Tahun 2023 menunjukkan tren yang relatif stabil, dan mengalami lonjakan yang cukup signifikan pada bulan Desember. Sementara itu, tahun 2024 terlihat bahwa nilai

O<sub>3</sub> merupakan nilai tertinggi di antara ketiganya, terutama pada bulan November, kemudian tiba-tiba turun drastis hingga mendekati nol pada bulan Desember.

Peningkatan nilai O<sub>3</sub> biasanya terjadi saat intensitas sinar matahari tinggi, karena ozon terbentuk melalui reaksi fotokimia antara senyawa prekursor (seperti NO<sub>x</sub> dan VOC) di atmosfer dengan bantuan sinar ultraviolet. Oleh karena itu, nilai ozon cenderung meningkat saat musim kemarau dan cuaca cerah. Lonjakan tajam pada bulan Oktober 2024 kemungkinan besar disebabkan oleh akumulasi polutan serta intensitas matahari yang masih cukup tinggi, atau bahkan bisa dipengaruhi oleh gangguan alat jika nilai ekstrem tersebut tidak konsisten dengan tren sebelumnya.



Gambar 4.6 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter NO<sub>2</sub> Tahun 2022 – 2024

Pada Gambar 4.6 nilai NO<sub>2</sub> menunjukkan pola yang sangat bervariasi antara tahun 2022, 2023, dan 2024. Tahun 2022 memiliki tren NO<sub>2</sub> yang relatif stabil dan mengalami peningkatan di akhir tahun. Pada tahun 2023, tren cenderung stabil dari Januari hingga Juli, namun mengalami penurunan tajam mulai Agustus dan mencapai titik terendah pada bulan September. Sementara itu, tahun 2024 menunjukkan pola yang kontras, dengan lonjakan signifikan

dimulai pada Agustus, mencapai puncak tertinggi di September dan Oktober, lalu menurun kembali pada bulan November dan Desember.

Kenaikan tajam pada tahun 2024, khususnya dibulan September dan Oktober, kemungkinan besar disebabkan oleh peningkatan aktivitas emisi dari kendaraan bermotor atau pembakaran sampah terbuka. NO<sub>2</sub> sendiri merupakan gas yang banyak dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil, terutama dari kendaraan bermotor dan pembakaran tidak sempurna. Selain itu, kondisi cuaca yang kering dan minim hujan di periode tersebut dapat menyebabkan akumulasi polutan di atmosfer karena tidak ada hujan yang membantu mengendapkannya. Penurunan nilai di bulan-bulan berikutnya yaitu pada bulan November dan Desember, mencerminkan masuknya musim hujan yang mulai membantu menurunkan konsentrasi polutan. Sementara itu, tren rendah dan stabil pada tahun 2022 mengindikasikan tidak adanya peristiwa pencemaran besar, dan tingginya nilai di awal tahun 2023 mencerminkan aktivitas kendaraan dan cuaca yang memungkinkan pembentukan dan akumulasi NO<sub>2</sub>, sebelum kemudian menurun akibat pergantian musim.

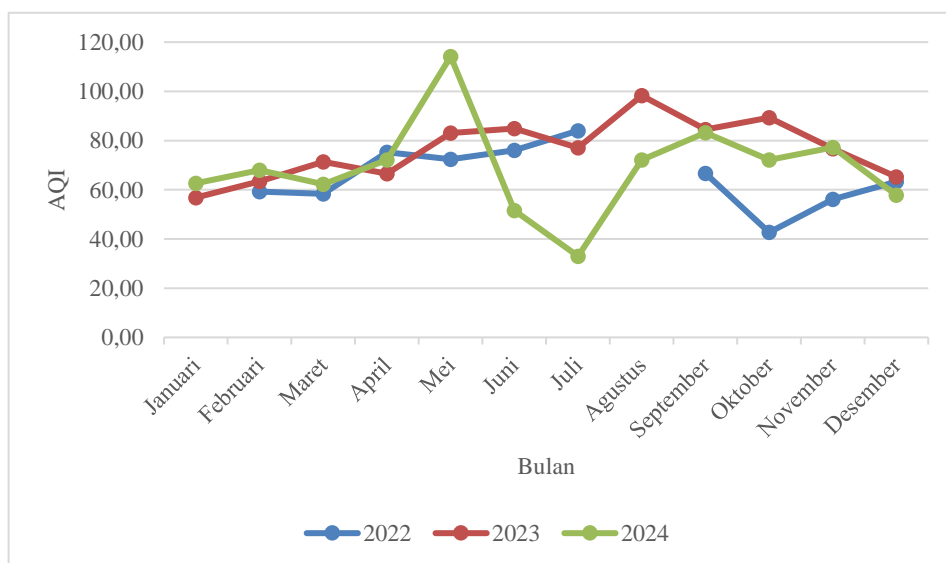
#### 4.1.2 Data *Air Quality Index* (AQI)

Penelitian ini menggunakan data *Air Quality index* (AQI) skala bulanan dari tahun 2022 – 2024, yang diperoleh dari situs pemantauan daring AQI India, khususnya pada stasiun pemantauan udara di Kabupaten Sleman. Berikut merupakan tabel data AQI yang digunakan pada penelitian ini. Pada bulan Januari dan Agustus di tahun 2022, bulan September dan Oktober di tahun 2023 serta bulan Agustus di tahun 2024 tidak dianalisa karena tidak adanya ketersediaan data.

Tabel 4.2 Data Nilai *Air Quality Index* (AQI)

<b>Tahun</b>	<b>Bulan</b>	<b>AQI</b>
2022	Februari	59,24
	Maret	58,30
	April	75,22
	Mei	72,42
	Juni	76,10

Tahun	Bulan	AQI
	Juli	84,00
	September	66,61
	Oktober	42,67
	November	56,18
	Desember	63,27
2023	Januari	56,83
	Februari	63,43
	Maret	71,32
	April	66,60
	Mei	83,01
	Juni	84,90
	Juli	77,03
	Oktober	98,26
	November	76,66
	Desember	65,23
2024	Januari	62,58
	Februari	68,00
	Maret	62,23
	April	72,14
	Mei	114,16
	Juni	51,59
	Juli	33,00
	September	83,20
	Oktober	72,16
	November	77,23
	Desember	57,87

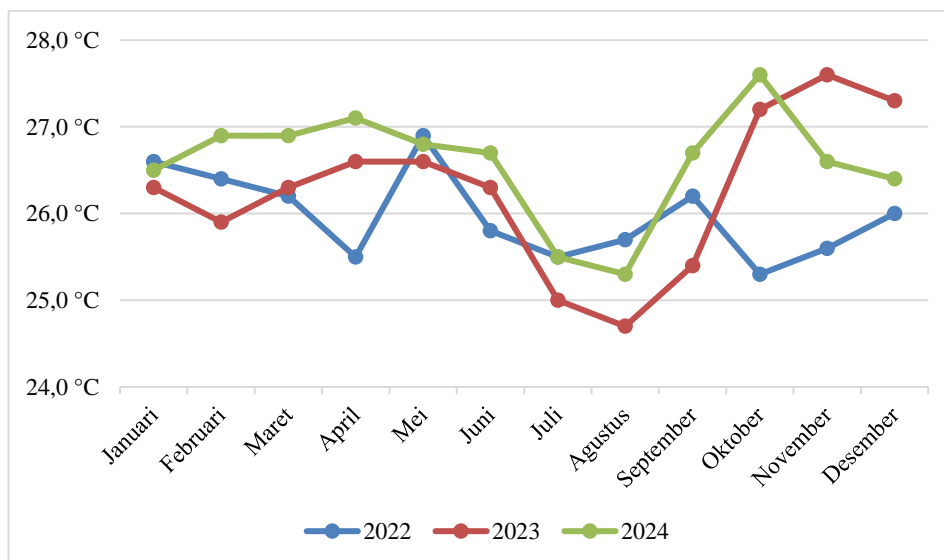


Gambar 4.7 Air Quality Index (AQI) Tahun 2022 – 2024

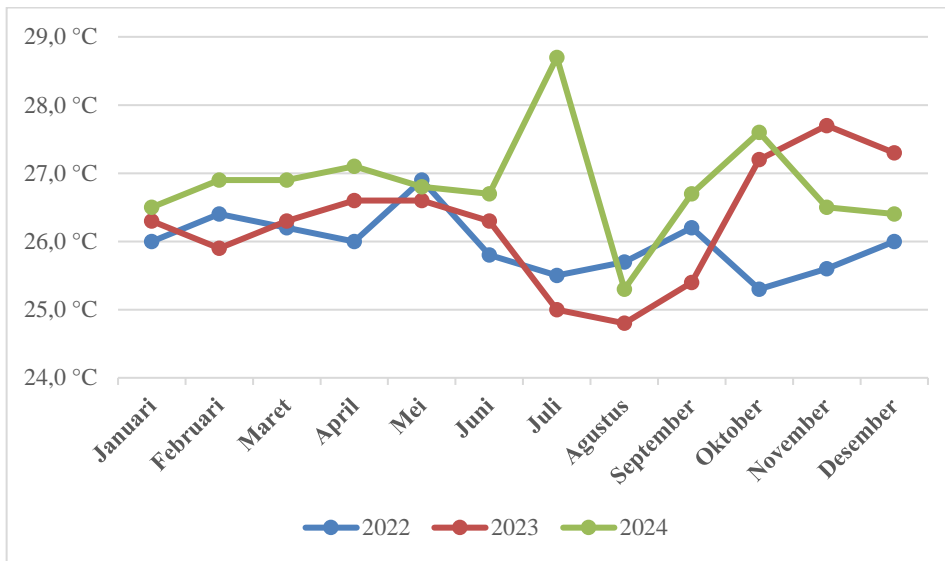
Pada Gambar 4.7 menunjukkan fluktuasi bulanan AQI di Kabupaten Sleman dari tahun 2022 hingga 2024. Secara umum, nilai AQI berkisar antara kategori sedang hingga tidak sehat bagi kelompok sensitif, dengan beberapa lonjakan dan penurunan yang mencolok pada bulan-bulan tertentu. Pada tahun 2022, AQI cenderung stabil dikisaran 60-80 sepanjang tahun, dengan sedikit penurunan pada bulan Oktober. Tahun 2023 memperlihatkan tren yang lebih tinggi, dengan lonjakan signifikan pada bulan Agustus. Sementara itu, tahun 2024 menunjukkan lonjakan tajam pada bulan Mei yang merupakan titik tertinggi dari seluruh grafik, diikuti oleh penurunan drastis pada Juni dan Juli, kemudian naik kembali di Bulan Agustus.

#### 4.1.3 Data Meteorologis

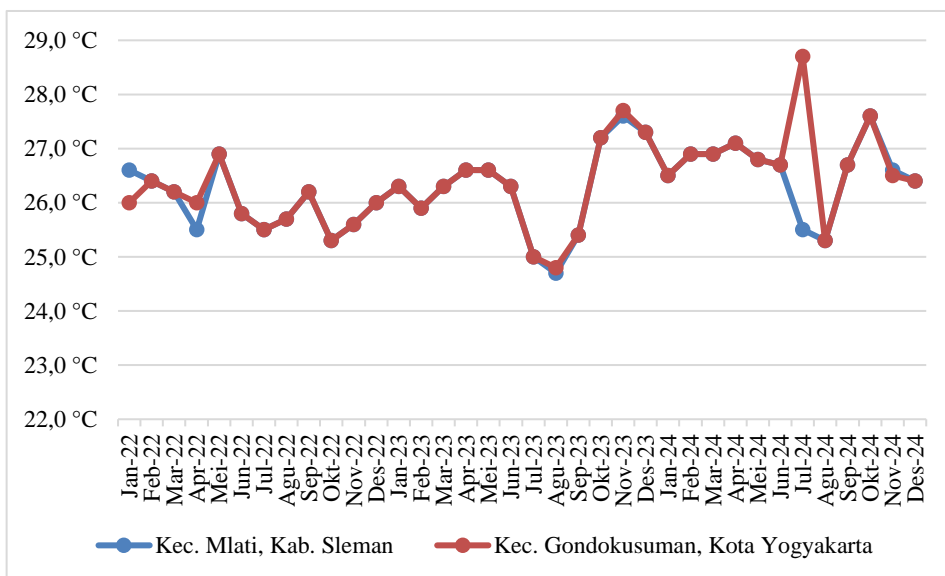
Data meteorologis yang digunakan berupa data rata-rata curah hujan bulanan dalam milimeter (mm), data rata-rata suhu bulanan dalam derajat celcius, dan data rata-rata kelembapan bulanan dalam persen dari Stasiun Klimatologi Yogyakarta. Periode data berlangsung dari tahun 2022 – 2024. Berikut merupakan grafik curah hujan, kelembapan, dan suhu.



Gambar 4.8 Suhu (°C) di Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman



Gambar 4.9 Suhu (°C) di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta

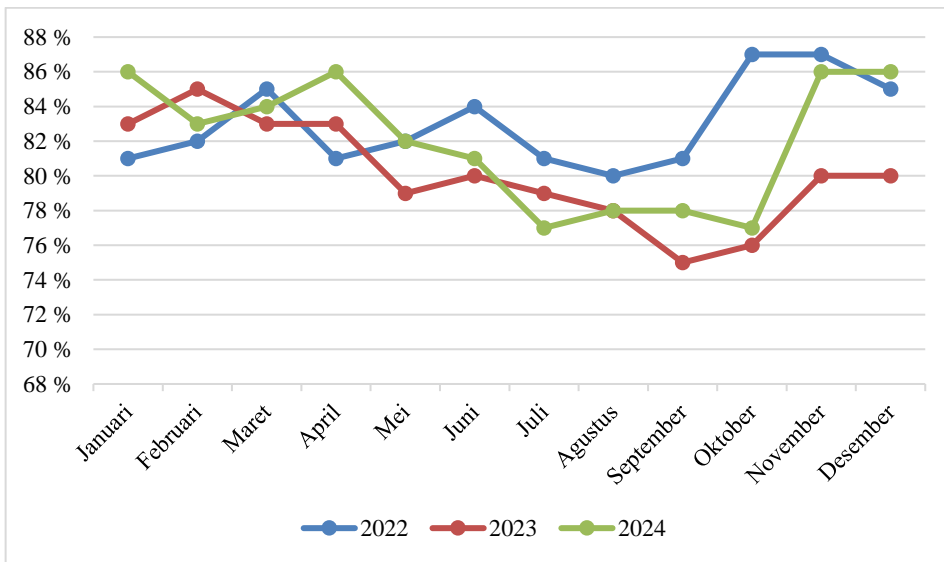


Gambar 4.10 Suhu (°C) di Tahun 2022 – 2024

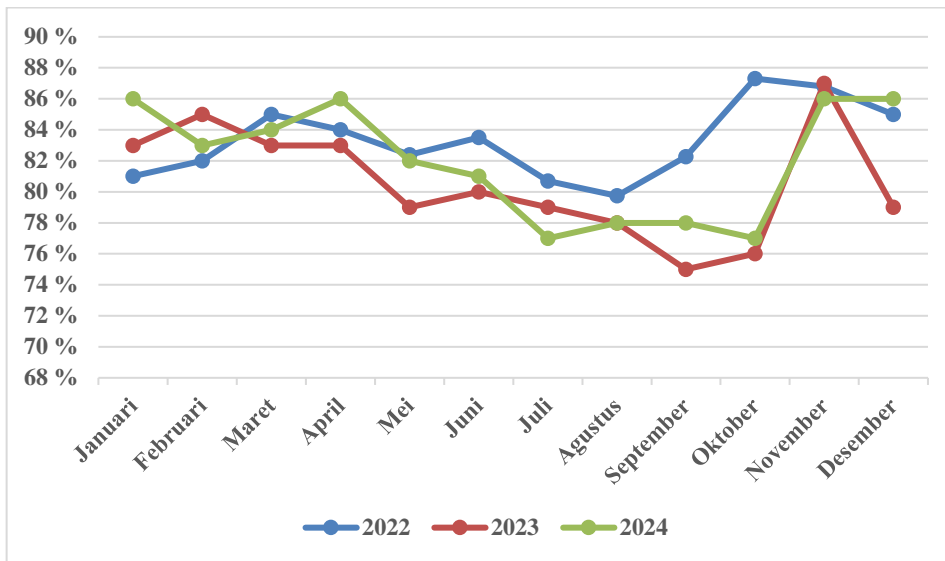
Pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9, grafik menunjukkan bahwa suhu rata-rata mengalami penurunan pada pertengahan tahun (Juni-Agustus) dan peningkatan kembali menjelang akhir tahun (Oktober-Desember) selama periode 2022-2024. Pola ini dipengaruhi oleh siklus musiman wilayah tropis, di mana musim kemarau menyebabkan pendinginan malam hari lebih intens akibat rendahnya kelembapan dan minimnya tutupan awan. Suhu tertinggi

pada peralihan musim yaitu pada bulan November, saat kelembapan tinggi tetapi curah hujan belum optimal menurunkan suhu.

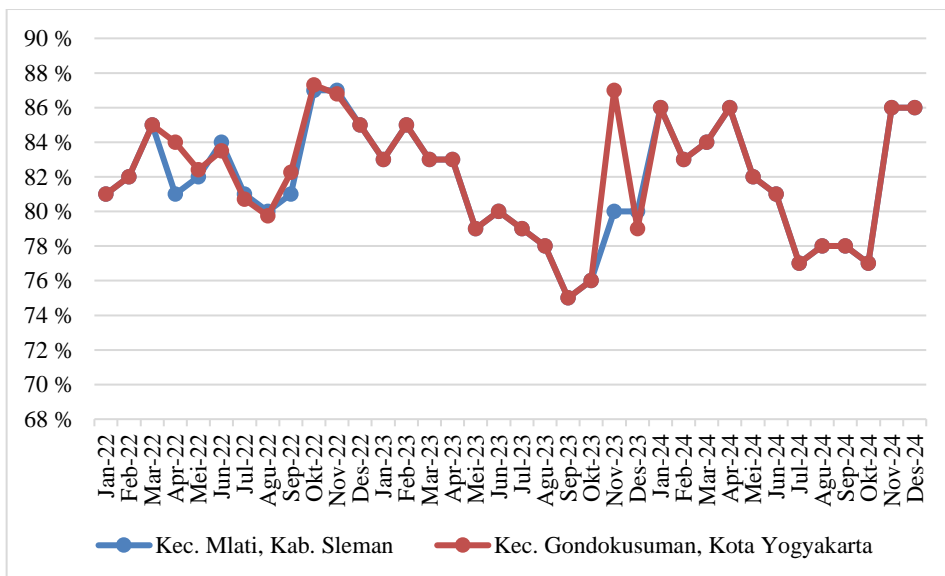
Pada Gambar 4.10, grafik menunjukkan bahwa suhu di Kecamatan Gondokusuman cenderung lebih tinggi dibandingkan Kecamatan Mlati sepanjang periode pengamatan. Hal ini dapat dijelaskan oleh karakteristik wilayah Gondokusuman yang lebih urban, dengan kepadatan bangunan dan aktivitas manusia yang tinggi, sehingga memicu efek *urban heat island*, yang meningkatkan suhu permukaan (Hadi et al., 2020). Sebaliknya, Mlati yang lebih terbuka dan memiliki lebih banyak ruang hijau mengalami suhu yang sedikit lebih rendah dan fluktuasi yang lebih terasa, terutama saat peralihan musim. Perbedaan mencolok terjadi pada bulan Juli 2024, saat suhu di Gondokusuman melonjak tajam dibandingkan Mlati. Kenaikan ini kemungkinan besar disebabkan oleh kondisi cuaca cerah berkepanjangan di tengah musim kemarau serta berkurangnya kelembapan yang memperparah pemanasan permukaan di wilayah perkotaan.



Gambar 4.11 Kelembapan (%) di Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman



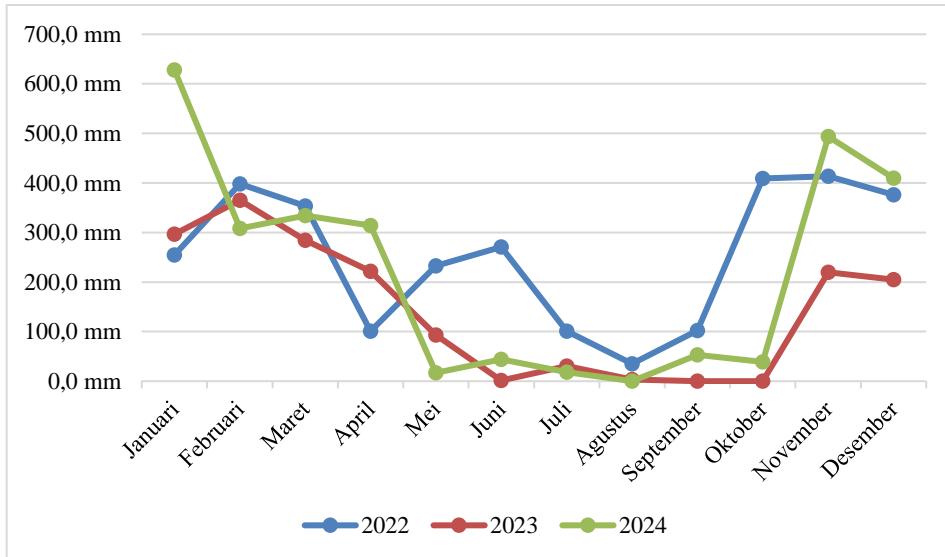
Gambar 4.12 Kelembapan (%) di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta



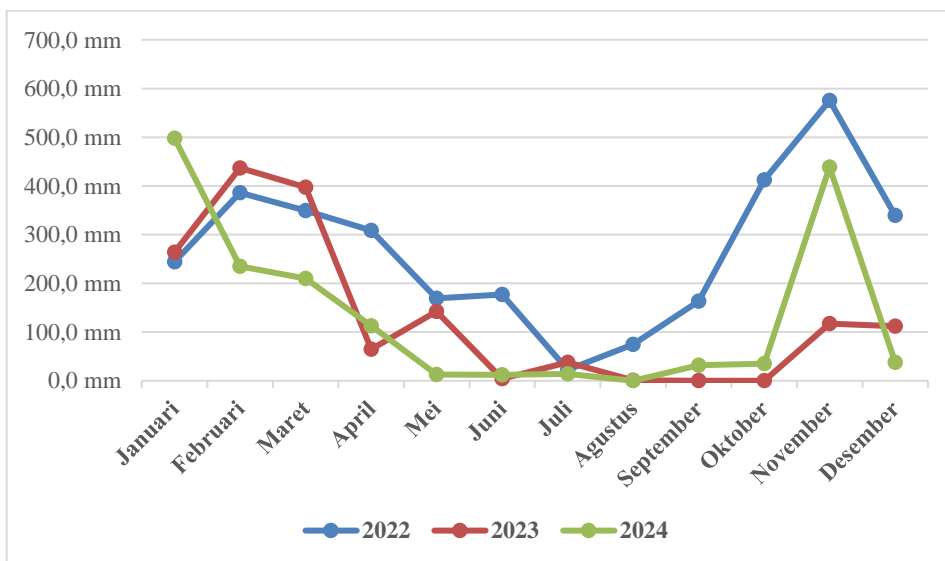
Gambar 4.13 Kelembapan (%) di Tahun 2022 – 2024

Pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12, grafik menunjukkan tren kelembapan tertinggi tercatat pada awal dan akhir tahun yakni bulan Januari hingga April, serta November hingga Desember yang bertepatan dengan musim hujan. Sebaliknya, nilai terendah terjadi pada pertengahan tahun (Mei-September), yang merupakan musim kemarau di wilayah tersebut. Pola ini sesuai dengan siklus musiman di wilayah tropis seperti Yogyakarta, di mana

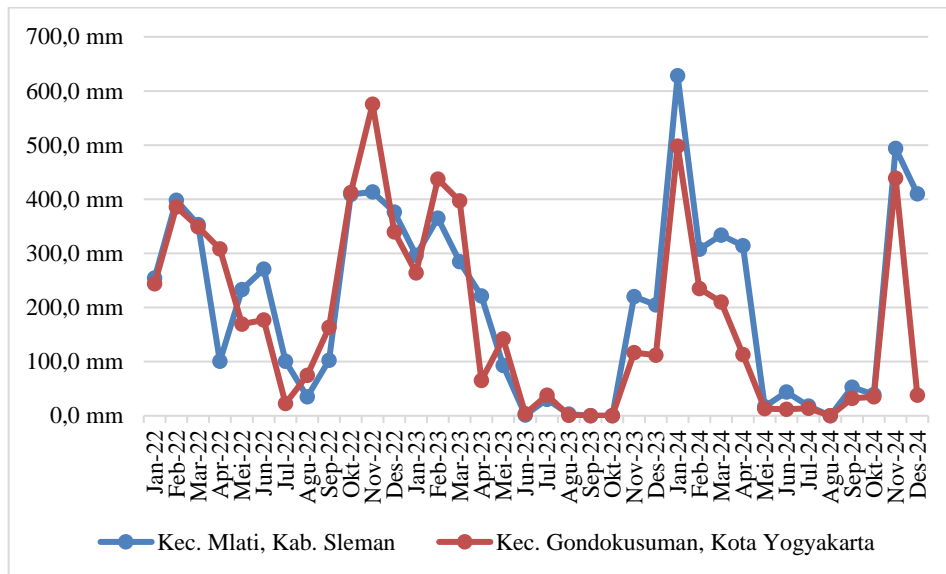
kelembapan tinggi terjadi saat musim hujan, sementara musim kemarau menyebabkan udara menjadi lebih kering.



Gambar 4.14 Curah Hujan (mm) di Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman



Gambar 4.15 Curah Hujan (mm) di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta



Gambar 4.16 Curah Hujan (mm) di Tahun 2022 – 2024

Pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15, secara umum pola curah hujan mengikuti siklus musiman khas wilayah tropis, yaitu tinggi pada awal dan akhir tahun (musim hujan) dan rendah di pertengahan tahun (musim kemarau). Pada Gambar 4.16 terlihat perbedaan pola curah hujan antara Kecamatan Mlati dan Kecamatan Gondokusuman, tetapi masih menunjukkan kecenderungan musiman yang sama, yaitu tinggi pada awal dan akhir tahun, serta rendah di pertengahan tahun. Perbedaan curah hujan antara Kecamatan Mlati dan Kecamatan Gondokusuman disebabkan oleh faktor topografi dan tingkat urbanisasi. Kecamatan Mlati, yang lebih dekat dengan lereng Merapi dan memiliki lebih banyak ruang terbuka hijau, cenderung menerima curah hujan lebih tinggi karena pengaruh orografis dan kelembapan lokal yang lebih besar. Meskipun pola musimannya serupa, intensitas dan curah hujan di kedua wilayah dapat berbeda secara signifikan karena pengaruh mikrolimat lokal (Nurjaya et al., 2019).

## 4.2 Analisis Korelasi

### 4.2.1 Uji Normalitas

Uji normalitas perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana distribusi data yang digunakan mendekati distribusi normal. Pengujian untuk

membuktikan normal atau tidaknya suatu data menggunakan analisis Kolmogorov-Smirnov. Pengujian ini menggunakan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$ : Sampel berdistribusi normal

$H_1$ : Sampel tidak berdistribusi normal

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 di bawah dapat diketahui bahwa nilai  $D_{max}$  lebih kecil dari  $D_{tabel}$ . Artinya, distribusi data tidak berbeda signifikan dari distribusi normal, sehingga  $H_0$  diterima. Ini menandakan bahwa data memenuhi syarat normalitas dan layak digunakan dalam analisis statistik parametrik. Dengan demikian, pengujian hubungan antar variabel dapat dilanjutkan menggunakan uji Pearson, yang mensyaratkan distribusi data normal untuk menghasilkan interpretasi yang valid dan akurat.

Tabel 4.3 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov Data ISPU

Data	Kolmogorov-Smirnov		Keterangan
	$D_{max}$	$D_{tabel}$	
PM <sub>10</sub>	0,141	0,242	Terdistribusi normal
PM <sub>2,5</sub>	0,201	0,242	Terdistribusi normal
SO <sub>2</sub>	0,187	0,242	Terdistribusi normal
CO	0,166	0,242	Terdistribusi normal
O <sub>3</sub>	0,194	0,242	Terdistribusi normal
NO <sub>2</sub>	0,151	0,242	Terdistribusi normal
Suhu	0,112	0,242	Terdistribusi normal
Kelembapan	0,095	0,242	Terdistribusi normal
Curah Hujan	0,120	0,242	Terdistribusi normal

Tabel 4.4 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov Data AQI

Data	Kolmogorov-Smirnov		Keterangan
	$D_{max}$	$D_{tabel}$	
AQI	0,113	0,244	Terdistribusi normal
Suhu	0,076	0,244	Terdistribusi normal
Kelembapan	0,087	0,244	Terdistribusi normal
Curah Hujan	0,164	0,244	Terdistribusi normal

#### 4.2.2 Korelasi antara Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Faktor Meteorologis

Dalam penelitian ini, uji korelasi antar parameter ISPU dengan parameter faktor meteorologis menggunakan uji korelasi Pearson karena pada tahap uji

normalitas telah didapatkan bahwa distribusi data sampelnya adalah berdistribusi normal. Hasil analisis korelasi parameter ISPU dengan faktor meteorologis untuk melihat kekuatan dan arah hubungan dua variabel.

Dari hasil uji korelasi Pearson pada Tabel 4.5 telah didapatkan nilai Sig. yang mana jika nilai Sig. <0,05 maka variabel memiliki hubungan yang kuat. Berdasarkan hasil analisis yang melibatkan nilai koefisien korelasi Pearson untuk parameter PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, dan NO<sub>2</sub> dengan faktor meteorologis didapatkan bahwa suhu menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap parameter SO<sub>2</sub>, CO dan O<sub>3</sub>, kelembapan menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap parameter PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2.5</sub> dan NO<sub>2</sub>, serta curah hujan menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap parameter PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>.

Uji korelasi Pearson menggunakan uji hipotesis satu arah (*one-tailed test*) yang memiliki dugaan atau ekspektasi yang jelas mengenai arah hubungan antar variabel. Penggunaan uji satu arah dipilih karena memberikan kekuatan statistik yang lebih tinggi terhadap efek yang diuji secara spesifik dan mencegah interpretasi hasil yang ambigu.

Tabel 4.5 Uji Korelasi Pearson ISPU dengan Faktor Meteorologis

		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
<b>Suhu</b>	<b>r</b>	0,171	0,219	0,509**	-0,496**	0,583**	0,216
	<b>P value</b>	0,183	0,123	<0,002	0,003	<0,001	0,125
<b>Kelembapan</b>	<b>r</b>	-0,434**	-0,432**	-0,119	0,127	-0,194	-0,335*
	<b>P value</b>	0,008	0,009	0,265	0,251	0,152	0,035
<b>Curah Hujan</b>	<b>r</b>	-0,576**	-0,588**	-0,180	0,288	-0,298	-0,293
	<b>P value</b>	<0,001	<0,001	0,171	0,061	0,055	0,058

\*\* Korelasi signifikan pada tingkat 0,01

\* Korelasi signifikan pada tingkat 0,05

Kelembapan dan curah hujan menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan dengan polutan partikulat seperti PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2.5</sub>. Hal ini disebabkan oleh mekanisme pengikatan dan pengendapan partikel polutan oleh air. Saat kelembapan udara tinggi, partikel-partikel polutan cenderung menyerap uap air sehingga menjadi lebih berat dan mudah jatuh ke permukaan tanah melalui proses deposisi basah. Selain itu, curah hujan langsung

membersihkan partikel-partikel polutan dari atmosfer melalui proses pencucian udara, sehingga konsentrasi polutan partikulat di udara menurun. Oleh karena itu, peningkatan kelembapan dan curah hujan berkontribusi dalam mengurangi tingkat pencemaran partikulat di udara.

Tabel 4.6 Interpretasi Hasil Korelasi Pearson antara Parameter ISPU dan Faktor Meteorologis

<b>Faktor Meteorologis</b>	<b>Parameter ISPU</b>	<b>Arah</b>	<b>Kekuatan</b>	<b>Interpretasi Hubungan</b>
Suhu	SO <sub>2</sub>	Positif	Sedang	Suhu berkorelasi cukup kuat dengan peningkatan konsentrasi SO <sub>2</sub> .
	CO	Negatif	Sedang	Semakin tinggi suhu, konsentrasi CO cenderung menurun.
	O <sub>3</sub>	Positif	Kuat	Suhu berpengaruh kuat terhadap peningkatan kadar O <sub>3</sub> .
Kelembapan	PM <sub>10</sub>	Negatif	Sedang	Kelembapan yang tinggi membantu menurunkan PM <sub>10</sub> di udara.
	PM <sub>2.5</sub>	Negatif	Sedang	Kelembapan yang tinggi membantu menurunkan PM <sub>2.5</sub> di udara.
	NO <sub>2</sub>	Negatif	Lemah-Sedang	Kelembapan cukup berperan menurunkan NO <sub>2</sub> di udara.
Curah Hujan	PM <sub>10</sub>	Negatif	Kuat	Curah hujan efektif menurunkan PM <sub>10</sub> karena mencuci partikel dari udara.
	PM <sub>2.5</sub>	Negatif	Kuat	Hujan secara signifikan menurunkan konsentrasi PM <sub>2.5</sub> .

#### 4.2.3 Korelasi antara *Air Quality Index* (AQI) dan Faktor Meteorologis

Uji korelasi Pearson dilakukan untuk mengetahui sejauh mana hubungan antara *Air Quality Index* (AQI) dengan tiga parameter meteorologis seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan. Penggunaan uji ini didasarkan pada data yang

telah memenuhi asumsi distribusi normal serta skala pengukuran yang sesuai (interval/rasio). Selain itu, pengujian menggunakan hipotesis *one-tailed* karena secara teoritis telah diasumsikan arah hubungan, yakni bahwa peningkatan atau penurunan suatu variabel meteorologis berpotensi menurunkan atau meningkatkan nilai AQI.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dari ketiga variabel meteorologis yang dianalisis, kelembapan dan curah hujan menunjukkan hubungan yang signifikan dengan AQI. Keduanya menunjukkan hubungan negatif, di mana peningkatan kelembapan dan curah hujan berkontribusi pada penurunan nilai AQI (menandakan peningkatan kualitas udara). Sementara, suhu tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan AQI, sehingga tidak berperan penting dalam fluktuasi kualitas udara.

Tabel 4.7 Uji Korelasi Pearson AQI dengan Faktor Meteorologis

		<b>AQI</b>
<b>Suhu</b>	<b>r</b>	0,077
	<b>P value</b>	0,34
<b>Kelembapan</b>	<b>r</b>	-0,303*
	<b>P value</b>	0,049
<b>Curah Hujan</b>	<b>r</b>	-0,422**
	<b>P value</b>	0,009

\*\* Korelasi signifikan pada tingkat 0,01

\* Korelasi signifikan pada tingkat 0,05

Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan bahwa kelembapan dan curah hujan memiliki hubungan negatif signifikan dengan AQI, menandakan bahwa kelembapan dan curah hujan tinggi dapat menurunkan nilai AQI.

Tabel 4.8 Interpretasi Hasil Korelasi Pearson antara Nilai AQI dan Faktor Meteorologis

<b>Faktor Meteorologis</b>	<b>Arah</b>	<b>Kekuatan</b>	<b>Interpretasi Hubungan</b>
Kelembapan	Negatif	Lemah	Kelembapan yang lebih tinggi cenderung menurunkan nilai AQI secara signifikan.
Curah Hujan	Negatif	Sedang	Curah hujan memiliki pengaruh sedang dan signifikan dalam menurunkan nilai AQI.

### 4.3 Analisis Regresi Linear

Uji regresi linear digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel AQI dan parameter ISPU dengan faktor meteorologis secara lebih dalam. Data yang akan dipakai untuk uji regresi linear merupakan data yang signifikan dari hasil uji hipotesis Signifikan (*1-tailed*).

Tabel 4.9 Hasil Analisis Regresi ISPU

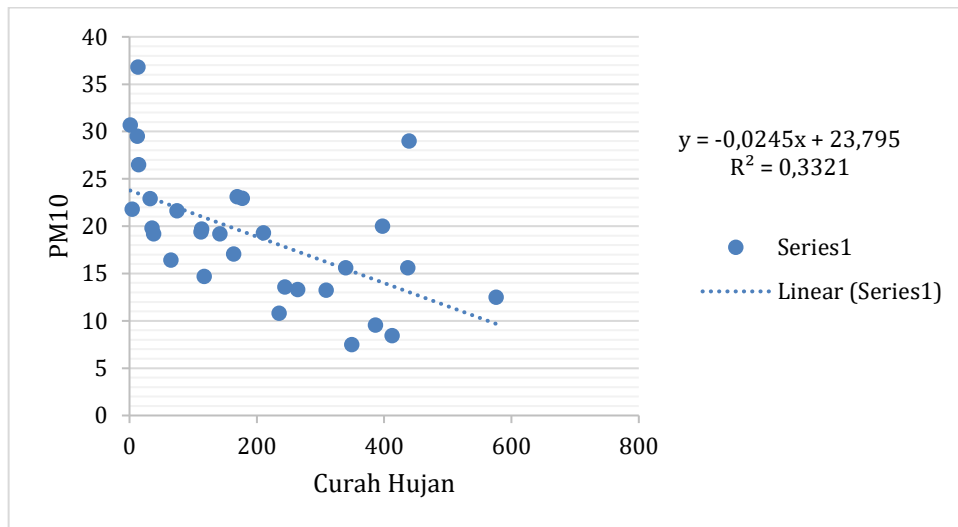
Variabel Regresi	Persamaan Regresi Linear
PM <sub>10</sub> – Kelembapan (x <sub>1</sub> ) dan Curah Hujan(x <sub>2</sub> )	$y = 47,714 - 0,302x_1 - 0,021x_2$
PM <sub>2.5</sub> – Kelembapan (x <sub>1</sub> ) dan Curah Hujan (x <sub>2</sub> )	$y = 90,715 - 0,420x_1 - 0,049x_2$
PM <sub>10</sub> – Kelembapan	$y = 103,35 - 1,0255x$
PM <sub>10</sub> – Curah Hujan	$y = 23,747 - 0,0249x$
PM <sub>2.5</sub> – Kelembapan	$y = 222,94 - 2,14x$
PM <sub>2.5</sub> – Curah Hujan	$y = 57.373 - 0,055x$
SO <sub>2</sub> – Suhu	$y = -144,86 + 6,1948x$
O <sub>3</sub> - Suhu	$y = -224,12 + 9,2008x$
CO – Suhu	$y = 106,41 - 0,146x$
NO <sub>2</sub> – Kelembapan	$y = 193,82 - 2,049x$

Tabel 4.10 Hasil Analisis Regresi AQI

Variabel Regresi	Persamaan Regresi Linear
AQI – Kelembapan (x <sub>1</sub> ) dan Curah Hujan (x <sub>2</sub> )	$y = -18,046 + 1,224x_1 - 0,058x_2$
AQI – Kelembapan	$y = 198,97 - 1,5745x$
AQI –Curah Hujan	$y = 78,354 - 0,0389x$

Secara keseluruhan, hasil analisis regresi memperlihatkan bahwa faktor meteorologis, terutama curah hujan dan kelembapan, berkontribusi signifikan dalam mempengaruhi parameter ISPU dan AQI. Hubungan negatif mendominasi, yang menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan dan kelembapan cenderung menurunkan tingkat pencemaran udara.

Pada Gambar 4.17 koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan dari grafik regresi sebesar 0,3321 yang berarti bahwa kontribusi pengaruh curah hujan terhadap PM<sub>10</sub> sebesar 33% sedangkan sisanya sebesar 67% berasal dari faktor lain seperti transportasi, suhu, dan kelembapan.

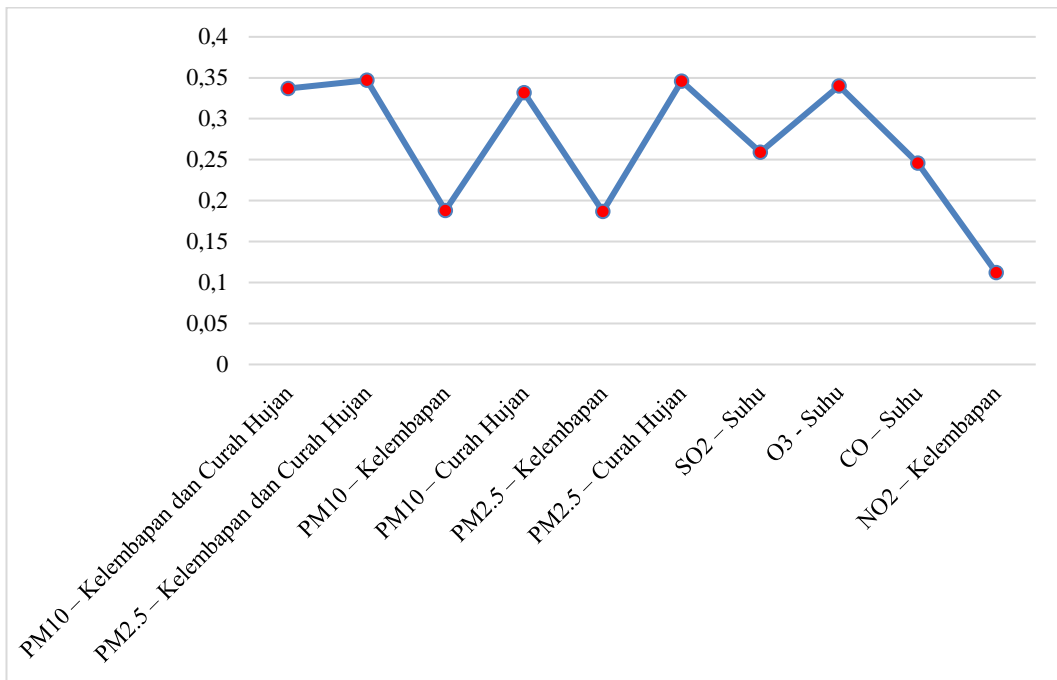


Gambar 4.17 Scatter Plot PM<sub>10</sub> – Curah Hujan

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) menunjukkan bahwa kontribusi faktor meteorologis terhadap kualitas udara bervariasi antar parameter. Nilai  $R^2$  semakin mendekati angka satu maka semakin berpengaruh faktor meteorologis terhadap nilai parameter ISPU dan AQI. Namun, sebagian besar nilai  $R^2$  tergolong sedang hingga rendah, 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).

Tabel 4.11 Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Menggunakan Data ISPU

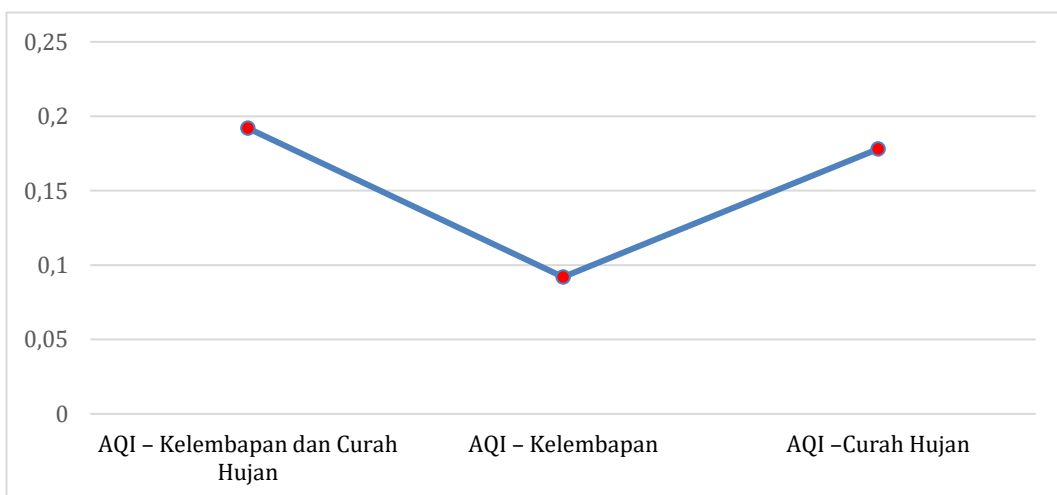
Variabel Regresi	Nilai $R^2$
PM <sub>10</sub> – Kelembapan dan Curah Hujan	0,337
PM <sub>2.5</sub> – Kelembapan dan Curah Hujan	0,347
PM <sub>10</sub> – Kelembapan	0,188
PM <sub>10</sub> – Curah Hujan	0,332
PM <sub>2.5</sub> – Kelembapan	0,187
PM <sub>2.5</sub> – Curah Hujan	0,346
SO <sub>2</sub> – Suhu	0,259
O <sub>3</sub> - Suhu	0,340
CO – Suhu	0,246
NO <sub>2</sub> – Kelembapan	0,112



Gambar 4.18 Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Menggunakan Data ISPU

Tabel 4.12 Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Menggunakan Data AQI

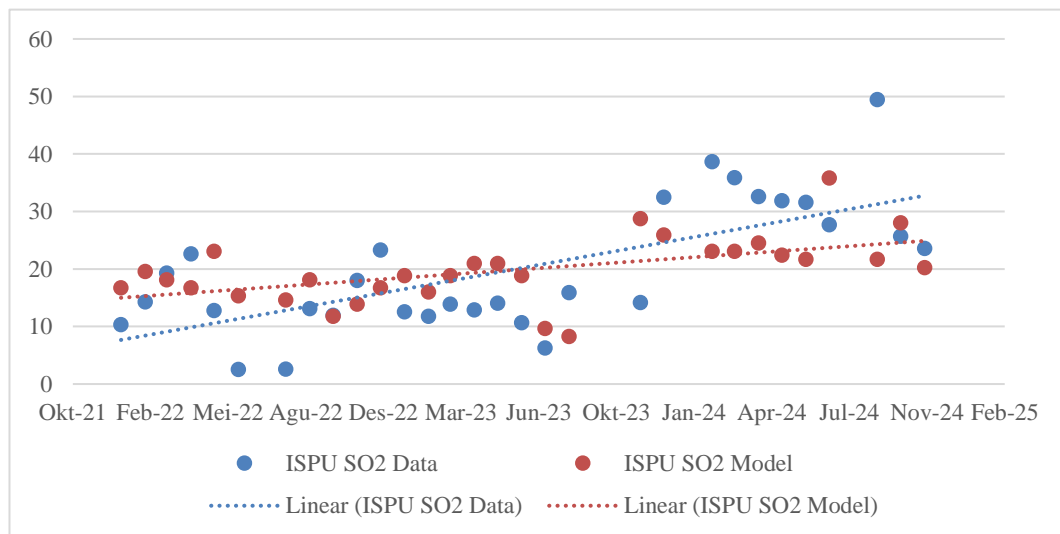
Variabel Regresi	Nilai R <sup>2</sup>
AQI – Kelembapan dan Curah Hujan	0,192
AQI – Kelembapan	0,092
AQI – Curah Hujan	0,178



Gambar 4.19 Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Menggunakan Data AQI

Dari uji regresi didapatkan model regresi nilai ISPU dengan faktor meteorologis, pada Gambar 4.20 dibawah ini merupakan perbandingan hasil dari

model regresi dengan data observasi yang telah didapatkan. Perbandingan hasil model regresi antara data sebelumnya dan data prediksi menunjukkan fluktuasi signifikan, perbedaan antara kedua data tersebut bisa disebabkan oleh sifat musiman dan terdapat faktor lainnya seperti kegiatan manusia yaitu pembakaran sampah.



Gambar 4.20 Perbandingan Hasil Model Regresi ( $\text{SO}_2$  - Suhu) Pada Data ISPU

#### 4.4 Analisis Root Mean Squared Error (RMSE)

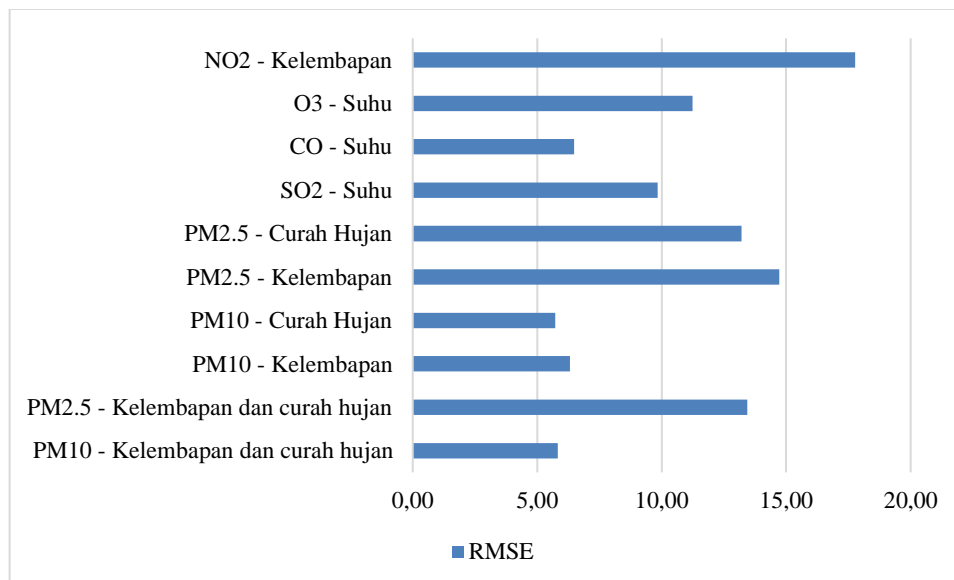
Analisis *Root Mean Squared Error* (RMSE) bertujuan untuk mengevaluasi seberapa baik model regresi yang didapatkan dari analisis regresi linear dan mengetahui seberapa besar penyimpangan prediksi model dengan data observasi yang telah dilakukan. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin baik model dalam memprediksi variabel dependen.

Tabel 4.13 Nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) Hasil Regresi Linear Menggunakan Data ISPU

Variabel	RMSE
PM <sub>10</sub> – Kelembapan dan Curah Hujan	5,66
PM <sub>2,5</sub> - Kelembapan dan curah hujan	12,94
PM <sub>10</sub> - Kelembapan	5,94
PM <sub>10</sub> - Curah Hujan	5,62
PM <sub>2,5</sub> - Kelembapan	13,73
PM <sub>2,5</sub> - Curah Hujan	12,81

Variabel	RMSE
SO <sub>2</sub> - Suhu	10,11
CO - Suhu	6,78
O <sub>3</sub> - Suhu	11,18
NO <sub>2</sub> - Kelembapan	17,77

Hasil RMSE pada variabel ISPU menunjukkan bahwa model untuk PM<sub>10</sub> dengan curah hujan (RMSE = 5,62) memberikan prediksi paling akurat dibandingkan model lainnya karena memiliki nilai kesalahan prediksi terkecil. Sebaliknya, model untuk PM<sub>2.5</sub> dengan kelembapan (RMSE = 13,73) memiliki kesalahan terbesar, yang menunjukkan prediksi kurang tepat dan kemungkinan adanya pengaruh kuat dari faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

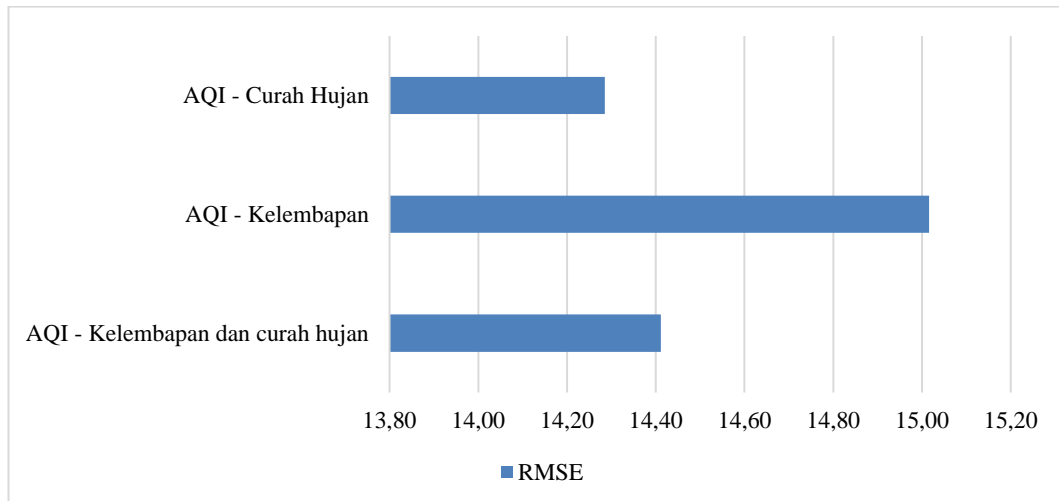


Gambar 4.21 Nilai *Root Mean Squared Error* (RSME) Hasil Regresi Linear Menggunakan Data ISPU

Tabel 4.14 Nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) Hasil Regresi Linear Menggunakan Data AQI

Variabel	RMSE
AQI – Kelembapan dan Curah Hujan	14,41
AQI - Kelembapan	15,02
AQI - Curah Hujan	14,29

Nilai RMSE menunjukkan bahwa model dengan curah hujan sebagai prediktor tunggal menghasilkan kesalahan prediksi paling kecil dibandingkan dua model lainnya. Namun, ketiganya menunjukkan nilai RMSE yang relatif tinggi, menandakan bahwa model regresi AQI secara umum masih memiliki keterbatasan dalam akurasi prediksi.



Gambar 4.22 Nilai *Root Mean Squared Error* (RSME) Hasil Regresi Linear Menggunakan Data AQI

Nilai RMSE yang masih tergolong besar dalam analisis regresi dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, kemungkinan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat tidak cukup kuat secara statistik. Jika korelasi antar variabel lemah, maka model regresi tidak mampu memprediksi nilai dengan akurat, sehingga menghasilkan error yang tinggi. Kedua, penggunaan model regresi linear yang terlalu sederhana juga dapat menyebabkan tingginya RMSE, terutama jika hubungan antar variabel sebenarnya bersifat non-linear atau dipengaruhi oleh banyak faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model, seperti aktivitas lalu lintas, arah angin, atau pembakaran sampah. Ketika parameter-parameter lainnya tidak dimasukkan ke dalam model, maka variansi data tidak bisa dijelaskan sepenuhnya oleh model yang sederhana, sehingga error meningkat.

Faktor lainnya adalah lonjakan ekstrem atau outlier dalam data, seperti pada pembakaran sampah saat TPA Piyungan tutup, atau perubahan musim yang drastis. Peristiwa seperti ini akan menyebabkan nilai prediksi jauh berbeda dari nilai aktual, yang pada akhirnya menaikkan nilai RMSE secara signifikan. Oleh karena itu,

RMSE yang terlalu tinggi tidak selalu menunjukkan bahwa model salah, tetapi bisa menjadi indikasi bahwa model belum menangkap keseluruhan pola variasi data secara menyeluruh.

#### **4.5 Hasil Perbandingan Analisis dari Data AQI dan ISPU**

*Air Quality Index* (AQI) dan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) merupakan indikator kualitas udara yang digunakan untuk mengukur tingkat pencemaran udara. Dalam penelitian ini, nilai ISPU dihitung berdasarkan enam parameter polutan, yaitu PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, dan NO<sub>2</sub> yang datanya diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. Sedangkan nilai AQI diambil dari sumber daring AQI India untuk wilayah Kabupaten Sleman, yang sudah merupakan hasil indeks tunggal kualitas udara.

Hasil analisis uji korelasi dan regresi linear menunjukkan bahwa faktor meteorologis seperti kelembapan dan curah hujan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap parameter ISPU dan AQI di wilayah Kota Yogyakarta dan Kabupaten Sleman selama periode 2022-2024. Hubungan yang dominan adalah negatif, yang sejalan dengan teori bahwa hujan dan kelembapan berperan dalam proses pencucian atau pengurangan konsentrasi polutan di atmosfer. Dengan kata lain, peningkatan kelembapan dan curah hujan cenderung menurunkan konsentrasi polutan serta nilai AQI, yang mengindikasikan peningkatan kualitas udara. Namun, kontribusi faktor meteorologis ini masih terbatas, yang terlihat dari nilai R<sup>2</sup> yang tidak terlalu tinggi dan besarnya nilai RMSE. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas udara tidak bisa hanya dipengaruhi oleh kondisi cuaca, tetapi juga oleh faktor antropogenik seperti transportasi dan aktivitas industri. Meskipun suhu berpengaruh terhadap beberapa parameter polutan seperti SO<sub>2</sub>, CO, dan O<sub>3</sub>, pengaruhnya terhadap nilai AQI tidak signifikan. Perbedaan ini menunjukkan bahwa ISPU yang mengukur parameter polutan secara lebih spesifik memungkinkan analisis hubungan yang lebih rinci dan akurat dengan faktor meteorologis, sementara AQI bersifat agregat memberikan gambaran umum mengenai kualitas udara secara keseluruhan.

Kelembapan udara yang tinggi dapat memengaruhi konsentrasi polutan terutama partikulat seperti  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$ . Kondisi kelembapan tinggi juga dapat meningkatkan kemungkinan terbentuknya embun atau kabut yang mampu menangkap polutan di udara sehingga konsentrasi partikulat berkurang. Pada ISPU, penurunan paling signifikan terlihat pada parameter  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$ , yang menunjukkan korelasi negatif dengan tingkat kelembapan yang bervariasi dari sedang hingga kuat. Hal ini tercermin pada pola tahunan, di mana bulan-bulan dengan kelembapan tinggi (musim hujan) menunjukkan nilai ISPU yang lebih rendah. Sedangkan itu, AQI sebagai indeks agregat juga menurun selama periode kelembapan tinggi, namun pengaruh kelembapan bisa kurang tampak apabila polutan dominan yang memengaruhi AQI bukan berupa partikulat.

Pada penelitian Prasetyo et al. (2020), menemukan bahwa ISPU di Surabaya berkorelasi signifikan dengan suhu dan kelembapan, di mana kelembapan tinggi berkontribusi dalam menurunkan konsentrasi  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$ . Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana kelembapan menunjukkan hubungan negatif yang signifikan dengan parameter ISPU, khususnya pada  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$ .

Curah hujan juga berperan dalam mengurangi polutan di atmosfer melalui proses *wet deposition*, yaitu proses di mana tetesan hujan menyapu polutan dari udara dan menurunkannya ke permukaan tanah. Polutan baik dalam bentuk gas maupun partikulat lebih mudah tersapu oleh hujan lebat dan frekuensi hujan yang tinggi. Baik AQI maupun ISPU menunjukkan tren penurunan selama periode dengan curah hujan tinggi. Namun, ISPU mampu menggambarkan dengan lebih rinci parameter mana yang paling terpengaruh. Misalnya, apabila  $SO_2$  atau  $O_3$  menjadi dominan saat musim kemarau, maka curah hujan mungkin tidak terlalu efektif dalam menurunkan konsentrasinya dibandingkan dengan  $PM_{10}$ .

Pada penelitian Rahmawati et al. (2019), menunjukkan bahwa curah hujan memiliki dampak signifikan dalam menurunkan konsentrasi polutan di udara, yang tercermin dari nilai AQI yang lebih rendah selama periode hujan. Temuan tersebut konsisten dengan hasil penelitian ini, di mana curah hujan berkontribusi pada penurunan nilai AQI dan ISPU.

Penelitian lainnya oleh Sari et al. (2021) yang menyimpulkan bahwa curah hujan dan kelembapan memainkan peran penting dalam proses pengendapan polutan udara, sehingga dapat menurunkan kadar partikulat  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$  di daerah perkotaan. Penelitian tersebut juga menegaskan bahwa musim hujan secara signifikan menurunkan tingkat pencemaran udara, yang sejalan dengan pola fluktuasi curah hujan dan kelembapan dalam penelitian ini. Selain itu, penelitian oleh Putra dan Nugroho (2020) di wilayah Jakarta menunjukkan adanya korelasi negatif yang kuat antara curah hujan dengan konsentrasi  $PM_{2.5}$ , yang mirip dengan hasil regresi linear dalam penelitian ini yang menunjukkan hubungan negatif antara curah hujan dan parameter  $PM_{2.5}$ .

Dalam konteks AQI, studi oleh Sharma et al. (2019) di India yang menggunakan data serupa juga menemukan bahwa kelembapan dan curah hujan secara signifikan menurunkan nilai AQI. Hal ini mendukung hasil uji korelasi Pearson dalam penelitian ini yang menunjukkan hubungan negatif signifikan antara kedua faktor meteorologis tersebut dengan nilai AQI. Perbedaan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang relatif rendah mengindikasikan bahwa selain faktor meteorologis, faktor lain seperti emisi kendaraan, aktivitas industri, serta kondisi topografi juga memiliki peran penting dalam menentukan kualitas udara.

Pengelolaan kualitas udara dari data yang sudah didapatkan dan dianalisis termasuk hasil perhitungan regresi, korelasi, dan tren tahunan dapat dilakukan melalui pendekatan terpadu antara kebijakan pemerintah, peran masyarakat, dan pengembangan sistem pemantauan. Pemerintah dapat melakukan pengelolaan dengan membuat kebijakan berbasis bukti seperti dengan menerapkan pembatasan kendaraan bermotor pada musim kemarau atau ketika prediksi polusi tinggi, membuat program pengendalian polusi seperti penghijauan kota, penyiraman jalan, pemantauan industri, dan larangan pembakaran terbuka. Peran masyarakat tidak kalah penting dengan pemerintah, masyarakat sendiri dapat mendorong perubahan perilaku seperti menggunakan transportasi publik, menghindari pembakaran sampah, dan meningkatkan vegetasi di lingkungan sekitar.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Ditemukan bahwa hubungan faktor meteorologis terhadap Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan *Air Quality Index* (AQI), adalah sebagai berikut.
  - a. Kelembapan dan curah hujan berkorelasi negatif kuat dan signifikan terhadap  $PM_{10}$  ( $r = -0,434$  dan  $-0,576$ ) serta  $PM_{2.5}$  ( $r = -0,432$  dan  $-0,588$ ). Suhu berkorelasi signifikan dengan  $SO_2$  dan  $O_3$  ( $r = 0,509$  dan  $0,583$ ), sementara CO menunjukkan korelasi negatif terhadap suhu ( $r = -0,496$ ), yang mengindikasikan bahwa peningkatan suhu cenderung diikuti oleh kenaikan kadar  $SO_2$  dan  $O_3$ , serta penurunan kadar CO.
  - b. Curah hujan merupakan parameter meteorologis yang memiliki pengaruh paling kuat terhadap AQI, dengan menunjukkan hubungan negatif yang signifikan pada tingkat korelasi sedang yaitu  $-0,422$ . Sementara itu, kelembapan juga berpengaruh signifikan terhadap AQI, namun dengan kekuatan hubungan yang lebih lemah dengan koefisien korelasi sebesar  $-0,303$ .
2. Curah hujan diidentifikasi sebagai faktor meteorologis yang paling dominan dalam memengaruhi nilai AQI ( $y = 78,354 - 0,0389x$ ) dan ISPU ( $y = 23,747 - 0,0249x$ ). Hal ini ditunjukkan oleh nilai galat (*error*) prediksi yang paling rendah, yang diukur menggunakan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Nilai RMSE ini menggambarkan selisih rata-rata kuadrat antara nilai hasil prediksi model regresi dengan data observasi. Pada parameter  $PM_{10}$  dalam data ISPU, RMSE yang dihasilkan sebesar 5,62, sedangkan pada data AQI, nilai RMSE sebesar 14,41. Nilai RMSE yang lebih rendah pada ISPU mengindikasikan bahwa curah hujan lebih efektif dalam menjelaskan variasi konsentrasi  $PM_{10}$ , dibandingkan pengaruhnya terhadap AQI secara keseluruhan.

## **5.2 Saran**

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan jumlah data periode pengumpulan, sehingga dapat mewakili hubungan yang sebenarnya antara variabel yang dianalisis. Kemudian menambahkan variabel meteorologis dan faktor-faktor pendukung lainnya seperti kepadatan lalu lintas. Selain itu, evaluasi model bisa dikembangkan dengan menggunakan metode lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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
- Ahmad, A. (2017). Studi reduksi PM<sub>2,5</sub> Udara Ambien oleh Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Industri PT Petrokimia Gresik. Institut Teknologi Sepuluh November
- Aldrian, E., & Susanto, R. D. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Alviani, M., Anggraini, F. J., & Rodhiyah, Z. (2022). Pemodelan PM<sub>2,5</sub> pada Musim Kemarau menggunakan Software Graz Lagrangian Model di Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi. *Jurnal TELUK Teknik Lingkungan UM Kendari*, 2(2), 005–009. <https://doi.org/10.51454/teluk.v2i2.529>
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta. (2025). *Data Dasar: Iklim*. Diakses pada 18 April 2025, dari [https://bapperida.jogjaprovo.go.id/dataku/data\\_dasar/index/710-iklim](https://bapperida.jogjaprovo.go.id/dataku/data_dasar/index/710-iklim)
- Badan Pusat Statistik. (2023). Kota Sorong dalam Angka. Kabupaten Sleman
- Camalier, C. R., Cox, W. M., & Dolwick, P. (2007). The Role of Meteorological Factors in Ozone Concentrations: A Study of the Complex Interactions. *Environmental Science & Technology*, 41(14), 5070-5075. doi:10.1021/es062391t.
- Chen, L., Zhang, Y., & Wang, Y. (2012). High Humidity Enhances the Conversion of SO<sub>2</sub> to Sulfate through Heterogeneous Reactions on Particle Surfaces. *Environmental Science & Technology*, 46(3), 1572-1578. doi:10.1021/es203156t.
- Colbeck, I., & Lazaridis, M. (2010). *Aerosol Science: Technology and Applications*. John Wiley & Sons.
- Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. (n.d.). Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Matakuliah Statistika.
- Ghozali, I. (2018). \*Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25\*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill.
- 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 Meteorologiss Dengan Tingkat Pencemaran Udara Secara Temporal di Kota Yogyakarta.
- Hadi, T. W., Sunarto, & Prabowo, T. (2020). Analisis Perubahan Suhu Permukaan di Wilayah Urban dan Suburban Yogyakarta. *Jurnal Sains Atmosfer dan Lingkungan*, 10(2), 85–93.

- Harrison, R. M., Yin, J., & Tilling, R. M. (2012). Measurement and Modeling of PM10 and PM2.5 in Urban Areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(1), 1-12.
- Janah, M. S. N. (2024). Studi Relasi Parameter Meteorologis Dengan Tingkat Pencemaran Udara Secara Spasial di Kota Yogyakarta.
- Jayamurugan, R., Kumaravel, B., Palanivelraja, S., & Chockalingam, M. P. (2013). Influence of Temperature, Relative Humidity and Seasonal Variability on Ambient Air Quality in a Coastal Urban Area. *International Journal of Atmospheric Sciences*, 2013, Article ID 264046.
- Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human Health Effects of Air Pollution. *Environmental Pollution*, 151(2), 362-367.
- 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>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK). (2021). "Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan dan Lingkungan."
- Lu, X., Li, J., & Zhang, H. (2018). The Indirect Effects of Humidity on NO2 and CO Concentrations Mediated by Meteorological Factors in Urban Areas. *Atmospheric Pollution Research*, 9(3), 454-461. doi:10.1016/j.apr.2017.11.002.
- Monks, P. S., Archibald, A. T., Colette, A., Cooper, O., Coyle, M., Derwent, R., ... & Stevenson, D. S. (2015). Tropospheric Ozone and Its Precursors from the Urban to the Global Scale from Air Quality to Short-Lived Climate Forcer. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(15), 8889-8973.
- Nurjaya, I. N., Tjahjono, S., & Diniyah, N. (2019). Pengaruh topografi terhadap curah hujan di wilayah tropis. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 20(2), 145–154. <https://doi.org/10.31172/jmg.v20i2.595>
- Pardoe, I. (2021). *Applied regression modeling* (3rd ed.). Wiley.
- Penyehatan Udara. (N.D.). Google Books
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Raub, J. A., Mathieu-Nolf, M., Hampson, N. B., & Thom, S. R. (2000). Carbon Monoxide Poisoning—A Public Health Perspective. *Toxicology*, 145(1), 1-14.
- S. Destercke, O. Strauss, S. Destercke, O. Strauss, K. Test, and I. Data, "Kolmogorov-Smirnov Test for Interval Data To cite this version : HAL Id : hal-01045013," 2014.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. John Wiley & Sons.
- Shukla, J. B., Misra, A. K., Sundar, S., & Naresh, R. (2008). Effect of rain on removal of a gaseous pollutant and two different particulate matters from the atmosphere of a city. *Math. Comput. Model*, 48(5-6): 832- 844. doi: 10.1016/j.mcm.2007.10.016

- Sibarani, R. M., Belgaman, H. A., Athoillah, I. & Wirahma, S. Analisis Hubungan Parameter Cuaca terhadap Konsentrasi Polutan (PM2.5 dan CO) di Wilayah Jakarta Selama Periode Work From Home (WFH) Maret 2020. *J. Sains Teknol.*
- Sudjana, N. (2005). *Metode Statistika. Edisi Revisi.* Bandung: Tarsito.
- Sujalu, A. P., Pulihasih, A. Y., & Biantary, M. P. (2020). Instrumentasi Klimatologi Dan Meteorologi. In Zahir Publishing (Cetakan I). Zahir Publishing
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D.* Bandung: Alfabeta.
- Syafei, A. D. (2014). Analyzing and interpreting air quality monitoring data in Surabaya. [https://ir.lib.hiroshimau.ac.jp/files/public/3/36462/20141203092007554372/k6531\\_3.pdf](https://ir.lib.hiroshimau.ac.jp/files/public/3/36462/20141203092007554372/k6531_3.pdf)
- US EPA. (2018). "Air Quality Index - A Guide to Air Quality and Your Health." Retrieved from [EPA website].
- Vallero, D. A. (2014). *Fundamentals of air pollution.*
- Wang, Y., & Ogawa, T. (2015). Influence of Relative Humidity on PM2.5 and PM10 Concentrations in Winter and Summer in Tokyo. *Atmospheric Environment*, 123, 1-10. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.10.012.
- World Health Organization (WHO). (2021). *Air Pollution and Health: Impact of Air Pollution on Human Health and the Environment.*
- Yu, Y., Zhou, H., Zhao, Z., Chang, Y., Wu, D., Li, Z., Wang, F., Fang, M., & Zhou, X. (2024). Spatiotemporal Distribution, Meteorological Influence, and Potential Sources of Air Pollution over Hainan Island, China. *Environmental Science.*
- 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.
- Zhao, B., Chen, R., & Wang, X. (2019). The Relationship Between Relative Humidity and Tropospheric Ozone Concentrations: Implications for Photochemical Reactions and Radical Chemistry. *Journal of Environmental Sciences*, 78, 1-9. doi:10.1016/j.jes.2018.06.017.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Data Meteorologis

Tabel 1 Kota Yogyakarta

Tahun	Bulan	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Hujan (mm)
2022	Januari	26	81	244
	Februari	26,4	82	386
	Maret	26,2	85	349
	April	26	84	308,6
	Mei	26,9	82,4	169,2
	Juni	25,8	83,5	176,8
	Juli	25,5	80,7	22,5
	Agustus	25,7	79,74	74,7
	September	26,2	82,26	163,5
	Oktober	25,3	87,31	412,5
	November	25,6	86,79	575,5
	Desember	26	85	339,5
2023	Januari	26,3	83	264
	Februari	25,9	85	437
	Maret	26,3	83	397
	April	26,6	83	65
	Mei	26,6	79	142
	Juni	26,3	80	4
	Juli	25	79	38
	Agustus	24,8	78	1
	September	25,4	75	0
	Oktober	27,2	76	0
	November	27,7	87	117
	Desember	27,3	79	112
2024	Januari	26,5	86	498
	Februari	26,9	83	235
	Maret	26,9	84	210
	April	27,1	86	113
	Mei	26,8	82	13
	Juni	26,7	81	12
	Juli	28,7	77	14
	Agustus	25,3	78	0

Tahun	Bulan	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Hujan (mm)
	September	26,7	78	32
	Oktober	26,5	77	35
	November	26,5	86	439
	Desember	26,4	86	38

Sumber: [https://bapperida.jogjaprovo.go.id/dataku/data\\_dasar/index/710-iklim](https://bapperida.jogjaprovo.go.id/dataku/data_dasar/index/710-iklim)

Tabel 2 Kabupaten Sleman

Tahun	Bulan	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Hujan (mm)
2022	Januari	26,6	81	254,5
	Februari	26,4	82	398
	Maret	26,2	85	353,2
	April	25,5	81	101
	Mei	26,9	82	233
	Juni	25,8	84	271
	Juli	25,5	81	101
	Agustus	25,7	80	35,2
	September	26,2	81	102,5
	Oktober	25,3	87	409,1
	November	25,6	87	413,6
	Desember	26	85	376,2
2023	Januari	26,3	83	296,4
	Februari	25,9	85	365,1
	Maret	26,3	83	284,5
	April	26,6	83	221,5
	Mei	26,6	79	93
	Juni	26,3	80	1,5
	Juli	25	79	30,5
	Agustus	24,7	78	3,2
	September	25,4	75	0
	Oktober	27,2	76	0
	November	27,6	80	220
	Desember	27,3	80	205
2024	Januari	26,5	86	628
	Februari	26,9	83	308
	Maret	26,9	84	334
	April	27,1	86	314

Tahun	Bulan	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Hujan (mm)
	Mei	26,8	82	17
	Juni	26,7	81	44
	Juli	25,5	77	18
	Agustus	25,3	78	0
	September	26,7	78	53
	Oktober	27,6	77	39
	November	26,6	86	494
	Desember	26,4	86	410

Sumber: BMKG

Lampiran 2 Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov

<b>n</b>	<b><math>\alpha = 0,2</math></b>	<b><math>\alpha = 0,1</math></b>	<b><math>\alpha = 0,05</math></b>	<b><math>\alpha = 0,02</math></b>	<b><math>\alpha = 0,01</math></b>
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,99
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,92
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,82
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,73
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,66
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,61
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,57
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,54
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,51
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,48
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,46
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,44
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,43
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,41
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,40
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,39
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,38
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,37
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,36
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,35
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,34
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,33
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,33
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,32
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,31
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,31
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,30
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,30
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,29
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,29
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,26
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,25
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,23
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,21
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,20
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,19
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,19
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,19
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,18
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,17
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,17
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,16

<b>n</b>	<b><math>\alpha = 0,2</math></b>	<b><math>\alpha = 0,1</math></b>	<b><math>\alpha = 0,05</math></b>	<b><math>\alpha = 0,02</math></b>	<b><math>\alpha = 0,01</math></b>
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,16
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,16
<b>Pendekatan</b>					
<b>n</b>	<b><math>1,07/\sqrt{n}</math></b>	<b><math>1,22/\sqrt{n}</math></b>	<b><math>1,35/\sqrt{n}</math></b>	<b><math>1,52/\sqrt{n}</math></b>	<b><math>1,63/\sqrt{n}</math></b>
200	0,076	0,086	0,096	0,107	0,115

Sumber: Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, FT UGM — Matakuliah Statistika

Lampiran 3 Contoh Perhitungan Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov

Langkah-langkah perhitungan uji normalitas K-S untuk nilai AQI yaitu :

- a. Mengurutkan data (X) dari yang terkecil hingga terbesar.

Tabel 3 Data AQI dan X

Data ke	AQI	X
1	59,24	33,00
2	58,30	42,67
3	75,22	51,59
4	72,42	56,18
5	76,10	56,83
6	84,00	57,87
7	66,61	58,30
8	42,67	59,24
9	56,18	62,23
10	63,27	62,58
11	56,83	63,27
12	63,43	63,43
13	71,32	65,23
14	66,60	66,60
15	83,01	66,61
16	84,90	68,00
17	77,03	71,32
18	98,26	72,14
19	76,66	72,16
20	65,23	72,42
21	62,58	75,22
22	68,00	76,10
23	62,23	76,66
24	72,14	77,03
25	114,16	77,23
26	51,59	83,01
27	33,00	83,20
28	83,20	84,43
29	72,16	89,35
30	77,23	98,26
31	57,87	114,16

- b. Kemudian menghitung frekuensi data (F), menghitung frekuensi relative (f(x)) dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{frekuensi relatif} = \frac{\text{frekuensi}}{\text{total jumlah data}}$$

- c. Menghitung frekuensi relative kumulatif ( $F(x)$ ), frekuensi kumulatif sebelum ( $F(x)$ -sb), menghitung rata-rata dan simpangan baku, mentransformasikan data ke skor baku ( $Z$ ). Berikut merupakan rumus skor baku.

$$Z = \frac{X - \text{mean}}{\text{standar deviasi}}$$

- d. Menghitung  $F(Z)$ ,  $D$ , dan mencari  $D_{\max}$ .  
 e. Membandingkan hasil  $D_{\max}$  dengan  $D_{\text{kritis}}$ .

Tabel 4 Perhitungan Uji Normalitas AQI

<b>X</b>	<b>F</b>	<b>f(x)</b>	<b>F(x)</b>	<b>Z</b>	<b>F(Z)</b>	<b>D =   F(X) - F(Z)  </b>	<b>Dmax</b>
33,00	1	0,0323	0,0323	-2,3498	0,0094	0,0229	0,113
42,67	1	0,0323	0,0645	-1,7256	0,0422	0,0223	
51,59	1	0,0323	0,0968	-1,1498	0,1251	0,0283	
56,18	1	0,0323	0,1290	-0,8535	0,1967	0,0677	
56,83	1	0,0323	0,1613	-0,8115	0,2085	0,0472	
57,87	1	0,0323	0,1935	-0,7444	0,2283	0,0348	
58,30	1	0,0323	0,2258	-0,7166	0,2368	0,0110	
59,24	1	0,0323	0,2581	-0,6559	0,2559	0,0021	
62,23	1	0,0323	0,2903	-0,4629	0,3217	0,0314	
62,58	1	0,0323	0,3226	-0,4403	0,3298	0,0073	
63,27	1	0,0323	0,3548	-0,3958	0,3461	0,0087	
63,43	1	0,0323	0,3871	-0,3855	0,3499	0,0372	
65,23	1	0,0323	0,4194	-0,2693	0,3939	0,0255	
66,60	1	0,0323	0,4516	-0,1808	0,4282	0,0234	
66,61	1	0,0323	0,4839	-0,1802	0,4285	0,0554	
68,00	1	0,0323	0,5161	-0,0905	0,4640	0,0522	
71,32	1	0,0323	0,5484	0,1239	0,5493	0,0009	
72,14	1	0,0323	0,5806	0,1768	0,5702	0,0105	
72,16	1	0,0323	0,6129	0,1781	0,5707	0,0422	
72,42	1	0,0323	0,6452	0,1949	0,5773	0,0679	
75,22	1	0,0323	0,6774	0,3756	0,6464	0,0310	
76,10	1	0,0323	0,7097	0,4324	0,6673	0,0424	
76,66	1	0,0323	0,7419	0,4686	0,6803	0,0616	
77,03	1	0,0323	0,7742	0,4925	0,6888	0,0854	
77,23	1	0,0323	0,8065	0,5054	0,6933	0,1131	
83,01	1	0,0323	0,8387	0,8785	0,8102	0,0286	
83,20	1	0,0323	0,8710	0,8907	0,8135	0,0575	
84,43	1	0,0323	0,9032	0,9701	0,8340	0,0692	

<b>X</b>	<b>F</b>	<b>f(x)</b>	<b>F(x)</b>	<b>Z</b>	<b>F(Z)</b>	<b>D =  F(X) - F(Z) </b>	<b>Dmax</b>
89,35	1	0,0323	0,9355	1,2877	0,9011	0,0344	
98,26	1	0,0323	0,9677	1,8629	0,9688	0,0010	
114,16	1	0,0323	1,0000	2,8893	0,9981	0,0019	

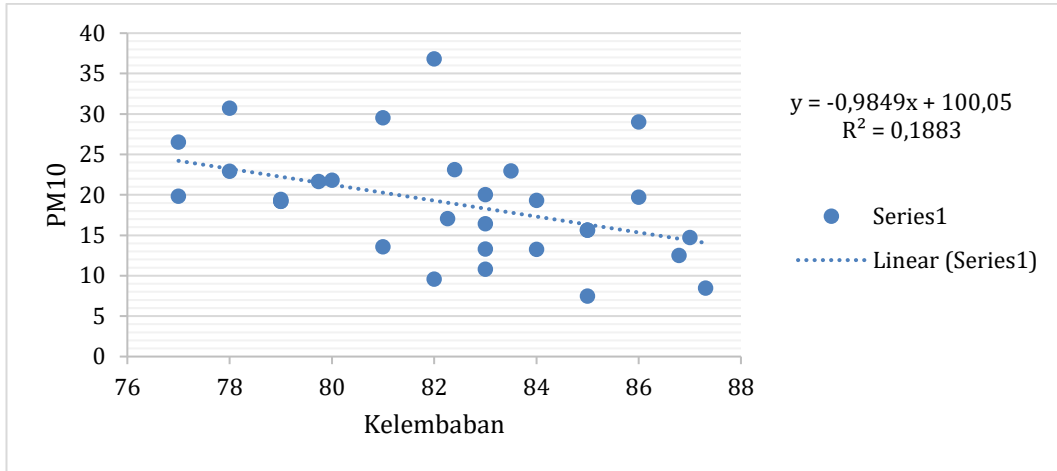
$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{2151,44}{31} \\ &= 69,40 \\ \sigma &= 15,49\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= \frac{33-69,40}{15,49} \\ &= -2,3498\end{aligned}$$

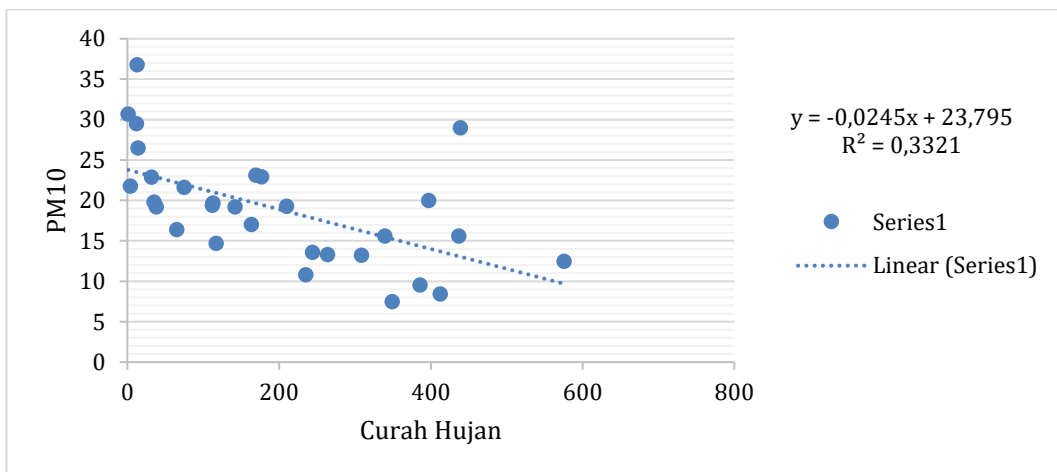
$$\begin{aligned}D &= 0,0323 - 0,0094 \\ &= 0,0229\end{aligned}$$

Setelah itu mencari nilai maksimal D. Didapatkan bahwa nilai  $D_{\max}$  adalah 0,133. Kemudian, mencari  $D_{\text{tabel}}$  dan didapatkan sebesar 0,244. Maka dapat disimpulkan bahwa  $D_{\max} < D_{\text{tabel}}$  maka terima  $H_0$  dan dapat data sampel berdistribusi normal.

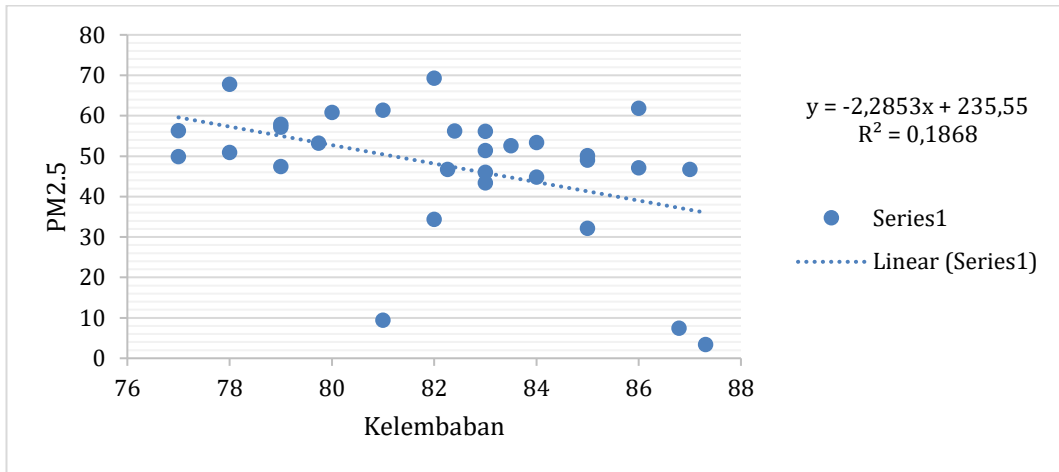
#### Lampiran 4 Grafik Analisis Regresi



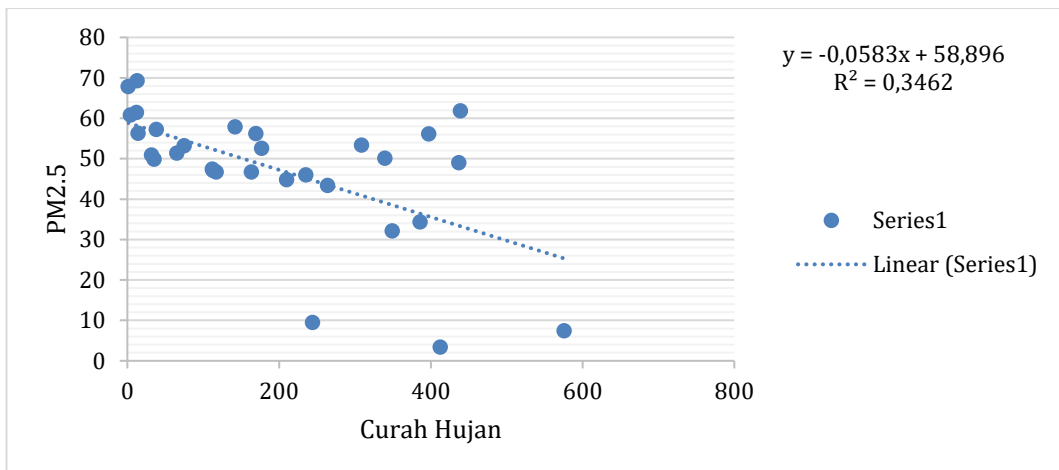
Gambar 1 Scatter Plot PM<sub>10</sub> ISPU - Kelembaban



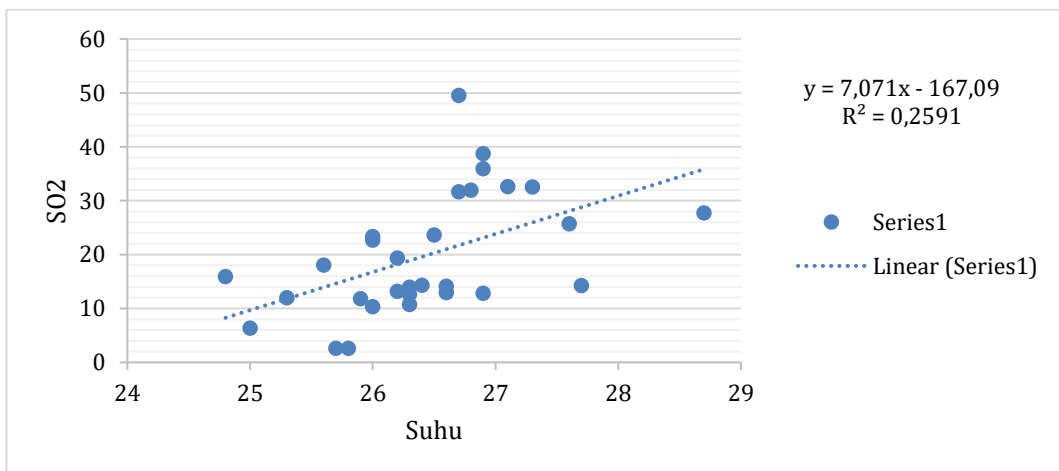
Gambar 2 Scatter Plot PM<sub>10</sub> ISPU – Curah Hujan



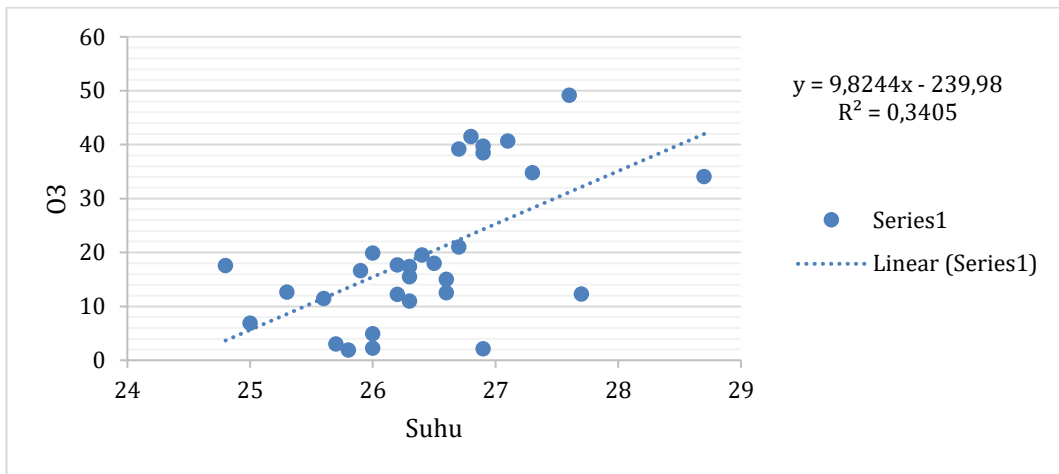
Gambar 3 Scatter Plot PM<sub>2.5</sub> ISPU - Kelembaban



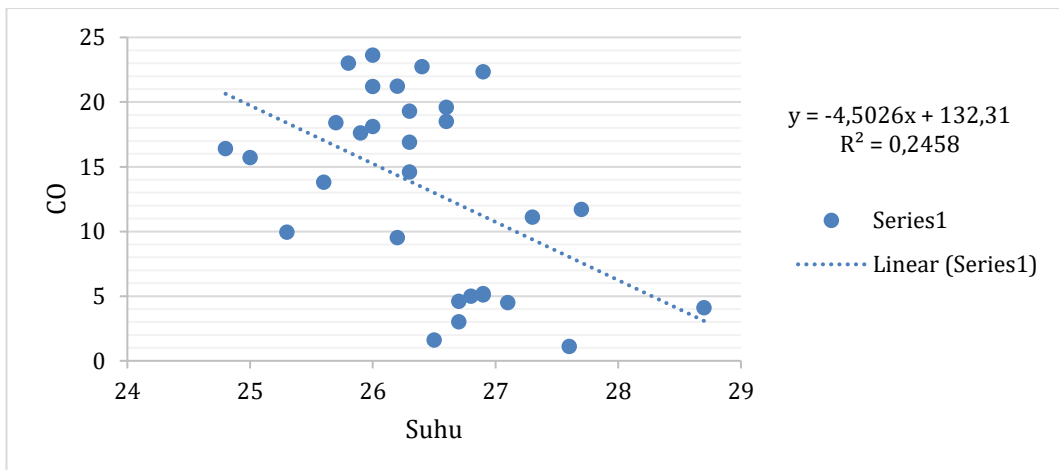
Gambar 4 Scatter Plot PM<sub>2.5</sub> ISPU – Curah Hujan



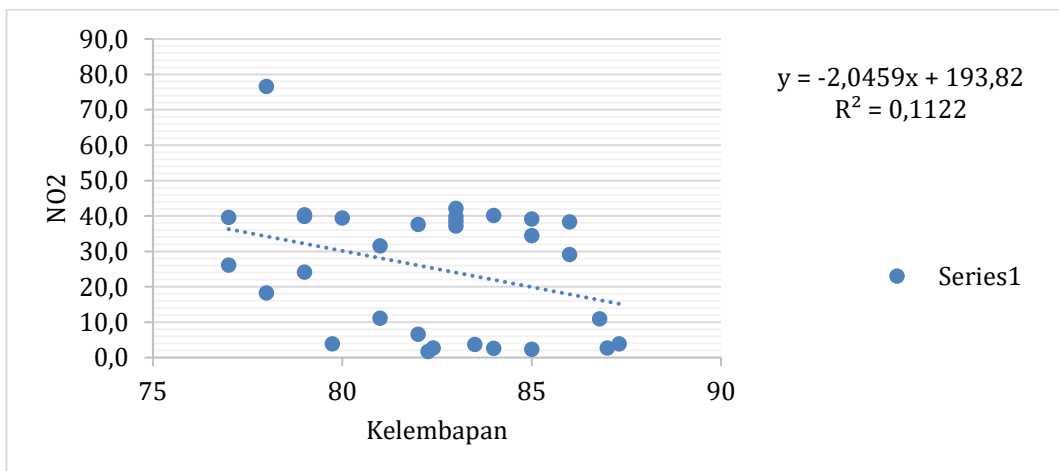
Gambar 5 Scatter Plot SO<sub>2</sub> ISPU – Suhu



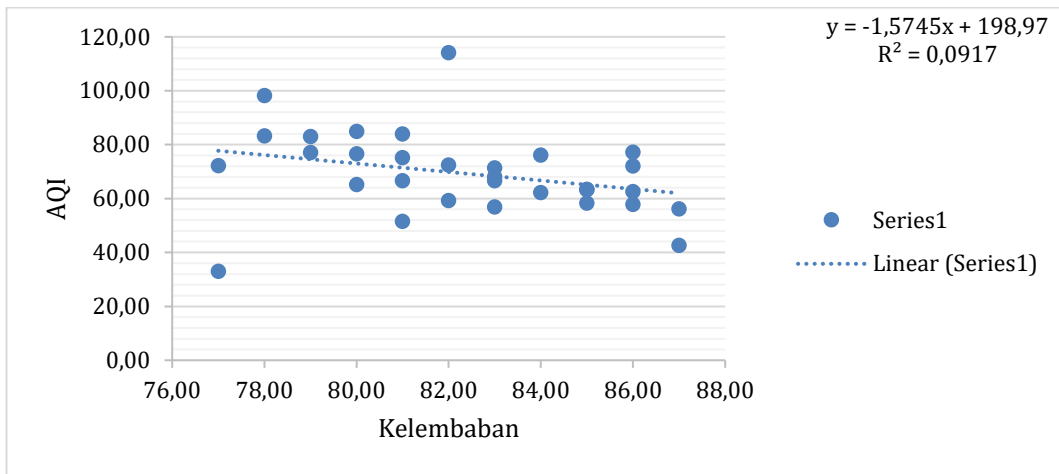
Gambar 6 Scatter Plot O<sub>3</sub> ISPU - Suhu



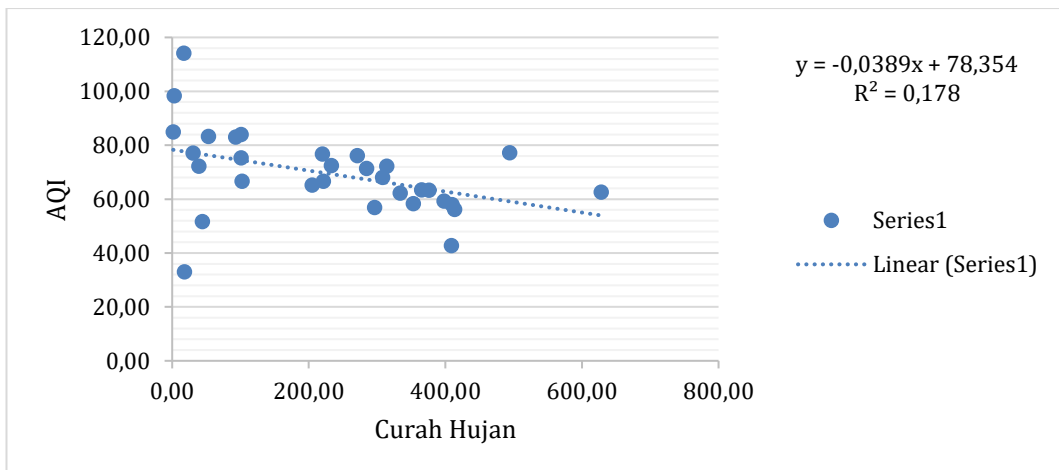
Gambar 7 Scatter Plot CO ISPU - Suhu



Gambar 8 Scatter Plot NO<sub>2</sub> ISPU – Kelembapan

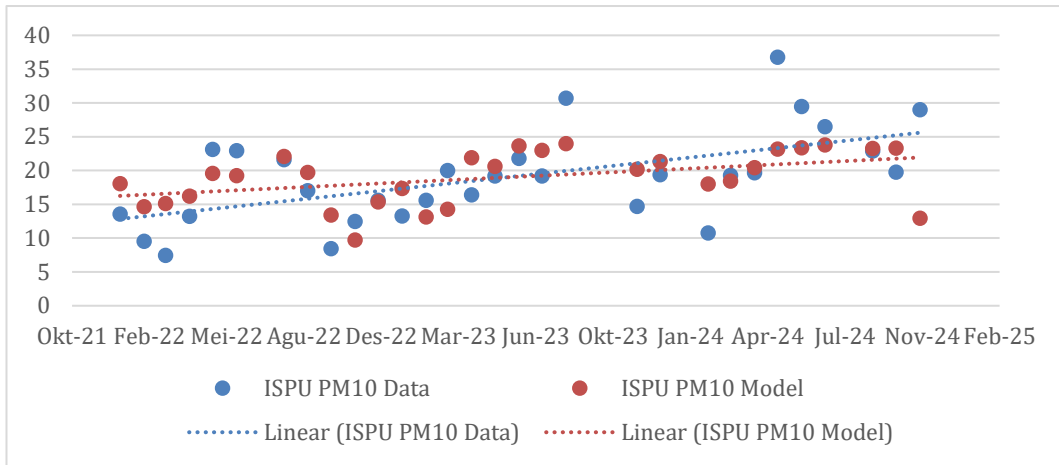


Gambar 9 Scatter Plot AQI - Kelembaban

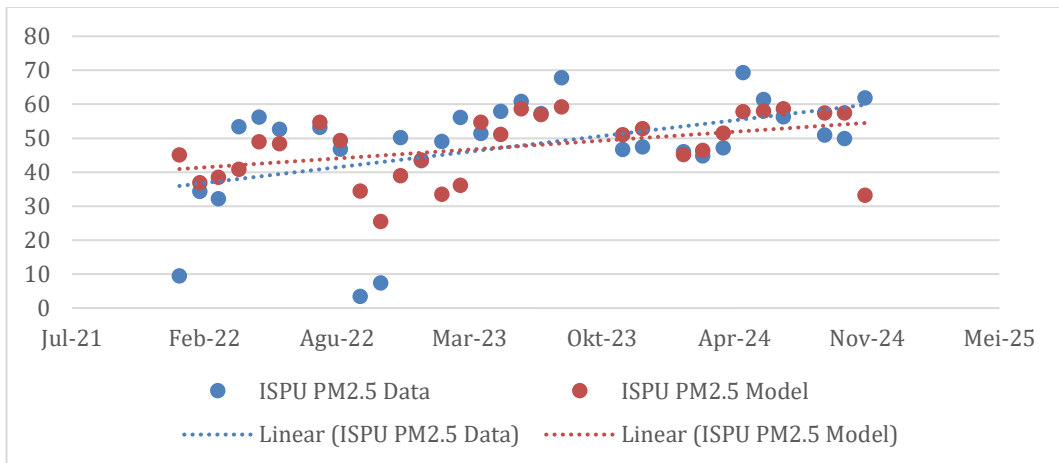


Gambar 10 Scatter Plot AQI – Curah Hujan

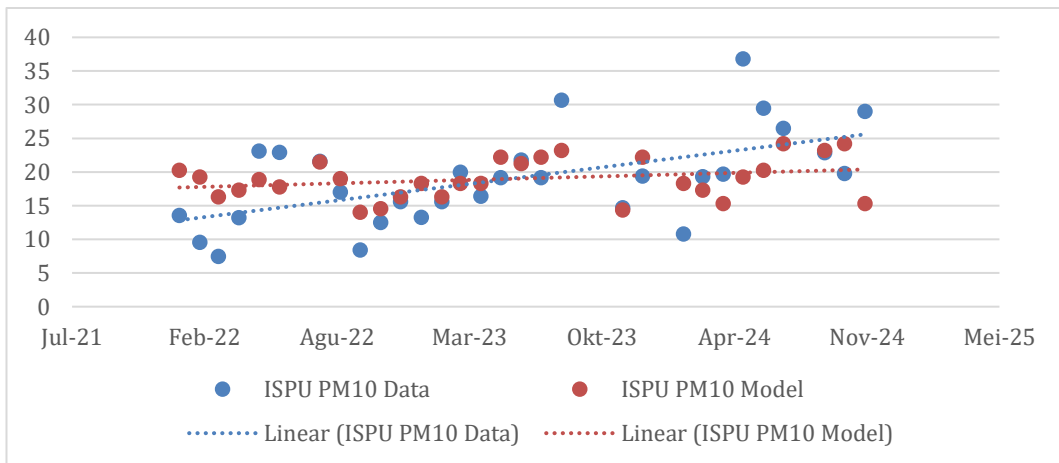
Lampiran 5 Perbandingan Hasil Model Regresi



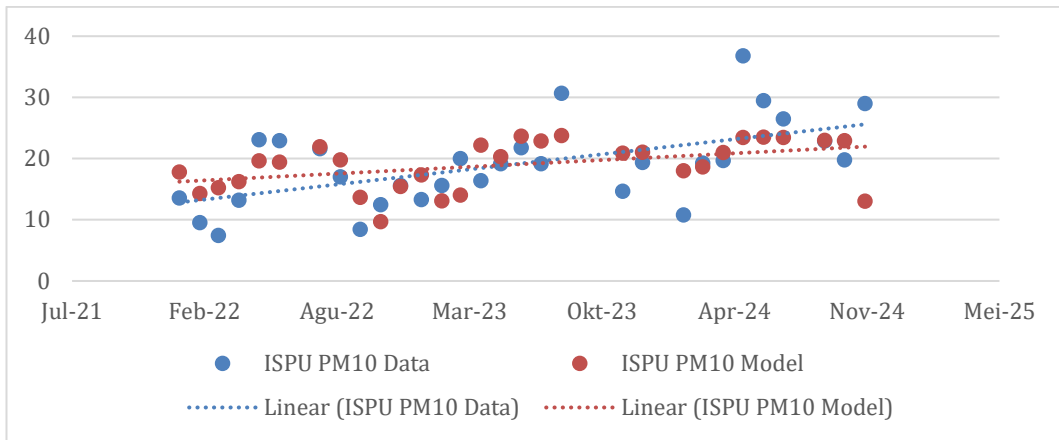
Gambar 11 Hasil Model Regresi PM<sub>10</sub> – Kelembapan dan Curah Hujan



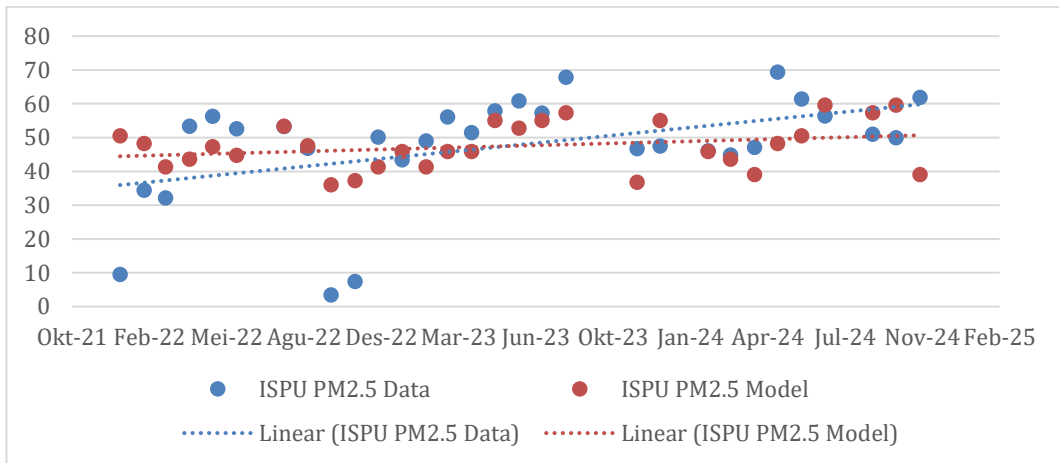
Gambar 12 Hasil Model Regresi PM<sub>2.5</sub> – Kelembapan dan Curah Hujan



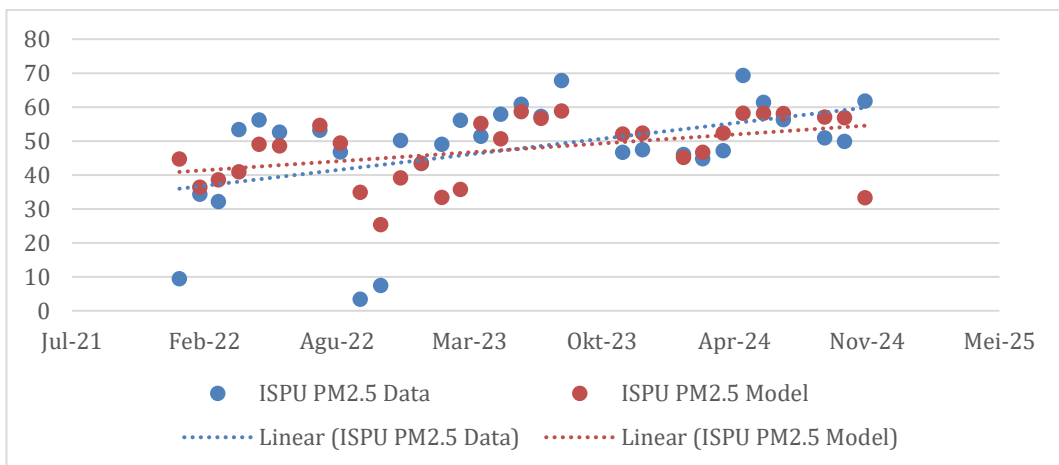
Gambar 13 Hasil Model Regresi PM<sub>10</sub> – Kelembapan



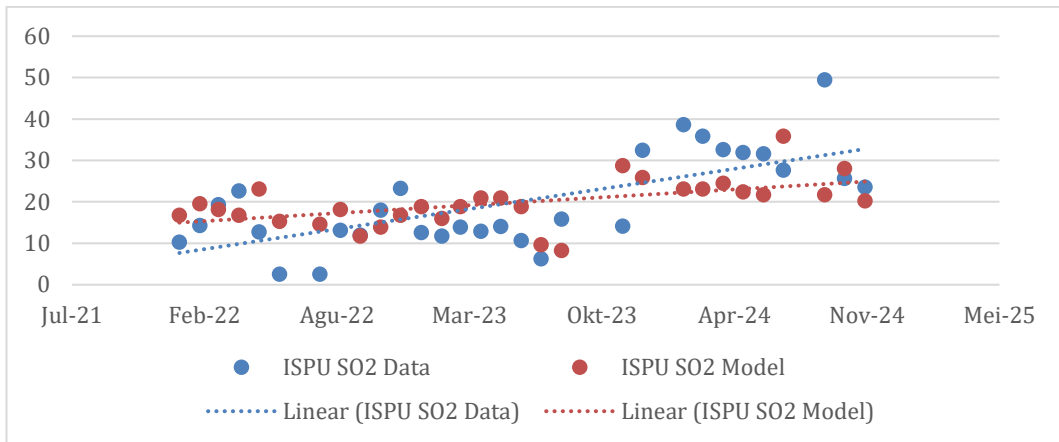
Gambar 14 Hasil Model Regresi  $PM_{10}$  – Curah Hujan



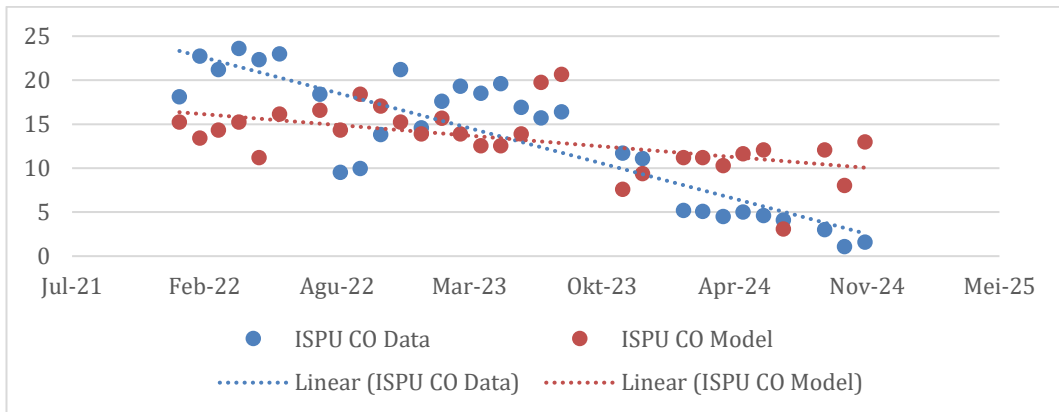
Gambar 15 Hasil Model Regresi  $PM_{2.5}$  – Kelembapan



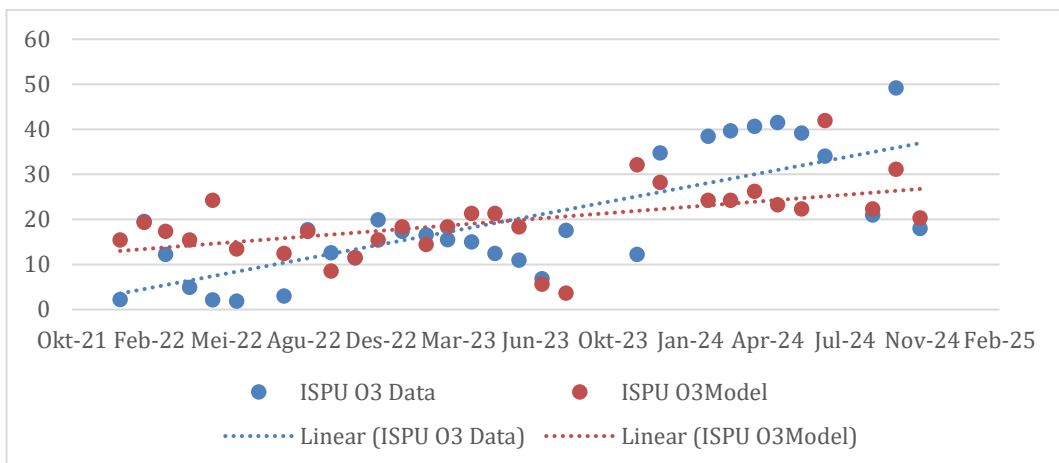
Gambar 16 Hasil Model Regresi  $PM_{2.5}$  – Curah Hujan



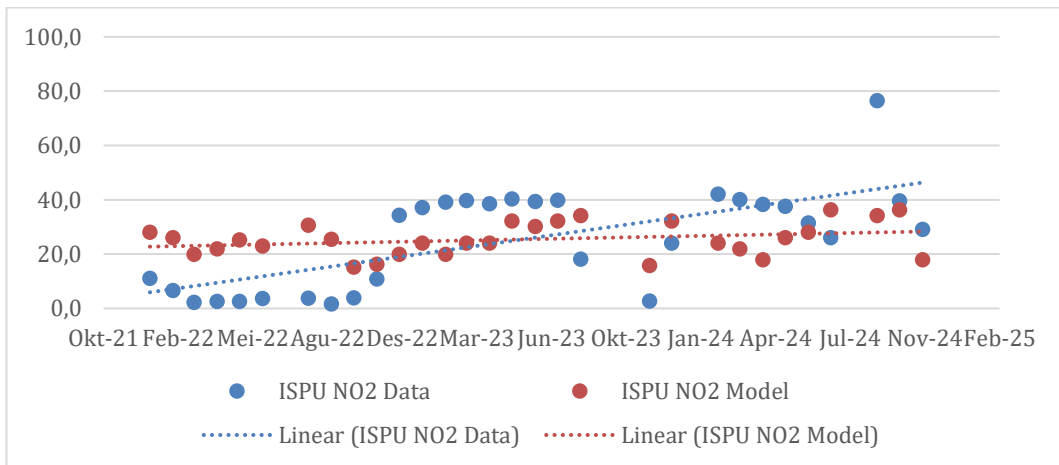
Gambar 17 Hasil Model Regresi SO<sub>2</sub> - Suhu



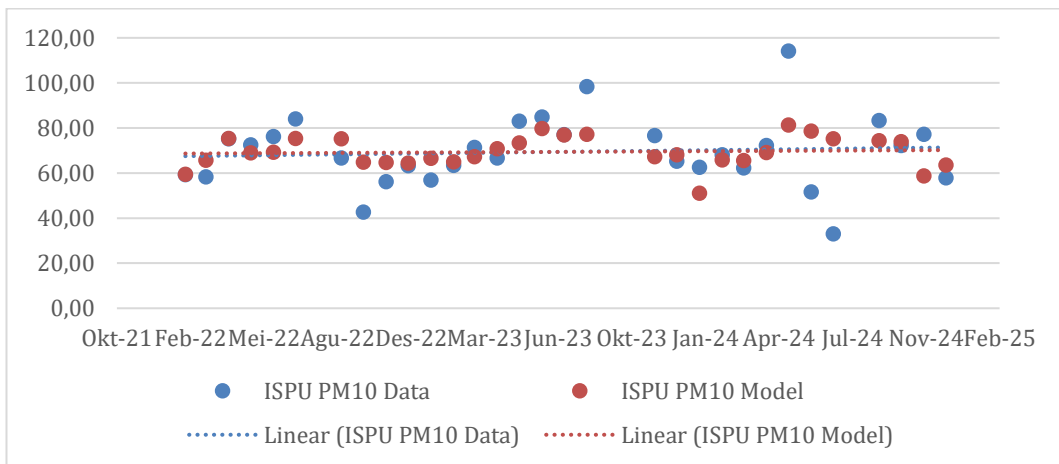
Gambar 18 Hasil Model Regresi CO - Suhu



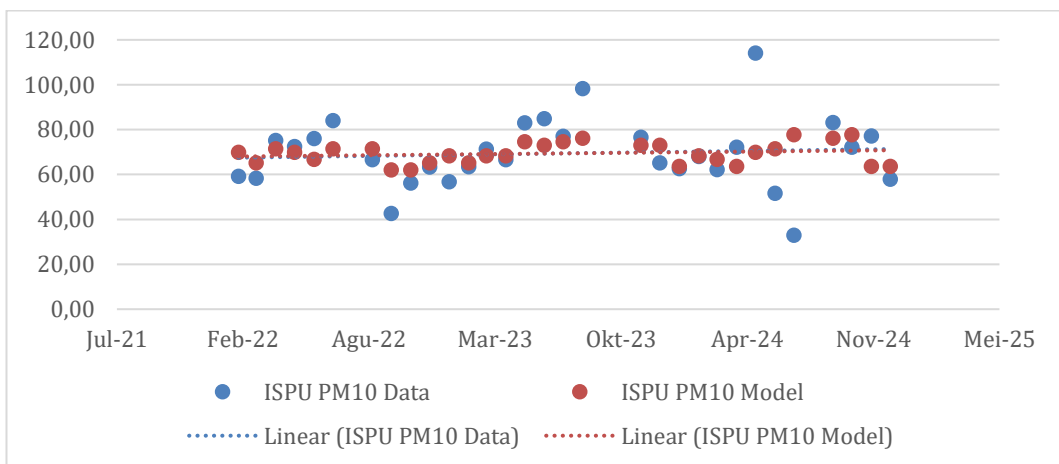
Gambar 19 Hasil Model Regresi O<sub>3</sub> - Suhu



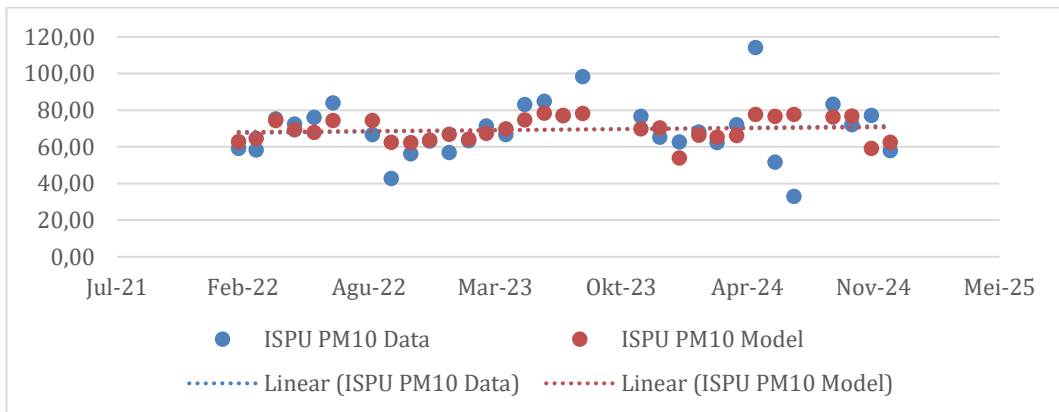
Gambar 20 Hasil Model Regresi NO<sub>2</sub> - Kelembapan



Gambar 21 Hasil Model Regresi AQI – Kelembapan dan Curah Hujan



Gambar 22 Hasil Model Regresi AQI – Kelembapan



Gambar 23 Hasil Model Regresi AQI – Curah Hujan

Lampiran 6 Contoh Perhitungan Root Mean Square Error (RMSE)

Tabel 5 Perhitungan RMSE PM<sub>10</sub> - Kelembaban

Kelembaban (X)	PM10 (Y)	Y'	Y-Y'	(Y-Y') <sup>2</sup>	df	n	RMSE
81	13,57	20,27	-6,70	44,91	2,00	30,00	6,31
82	9,56	19,29	-9,73	94,61			
85	7,48	16,33	-8,85	78,36			
84	13,23	17,32	-4,09	16,70			
82,4	23,12	18,89	4,23	17,87			
83,5	22,95	17,81	5,14	26,43			
79,74	21,62	21,51	0,11	0,01			
82,26	17,05	19,03	-1,98	3,92			
87,31	8,44	14,06	-5,62	31,55			
86,79	12,5	14,57	-2,07	4,28			
85	15,62	16,33	-0,71	0,51			
83	13,3	18,30	-5,00	25,02			
85	15,6	16,33	-0,73	0,54			
83	20	18,30	1,70	2,88			
83	16,4	18,30	-1,90	3,62			
79	19,2	22,24	-3,04	9,25			
80	21,8	21,26	0,54	0,30			
79	19,2	22,24	-3,04	9,25			
78	30,7	23,23	7,47	55,85			
87	14,7	14,36	0,34	0,11			
79	19,4	22,24	-2,84	8,07			
83	10,8	18,30	-7,50	56,28			
84	19,3	17,32	1,98	3,93			
86	19,7	15,35	4,35	18,95			
82	36,8	19,29	17,51	306,71			
81	29,5	20,27	9,23	85,16			
77	26,5	24,21	2,29	5,24			
78	22,9	23,23	-0,33	0,11			
77	19,8	24,21	-4,41	19,46			
86	29	15,35	13,65	186,40			
total				1116,28			

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-k}}$$

$$= \sqrt{\frac{1116,28}{30-3}} = 6,31$$

## RIWAYAT HIDUP



**Winda Melya**, atau akrab disapa Winda, lahir di Pematang Reba, Indragiri Hulu 12 Mei 2003. Penulis merupakan anak ke-tiga dari tiga bersaudara oleh pasangan Bapak Heru Wiyatno dan Ibu Mistuti Dewi. Penulis menyelesaikan jenjang sekolah menengah pertama di SMPN 2 Rengat tahun 2015-2018, sekolah menengah akhir di SMAN 1 Rengat Barat tahun 2018-2021, dan melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Indonesia Jurusan Teknik Lingkungan.

Selain berkuliah penulis juga mengikuti organisasi Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) Regional 3 sebagai sekretaris Departemen Pendidikan dan Keprofesian. Penulis pernah mengikuti program Kerja Praktik di Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara (PPU), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).