



## Analisis Konsentrasi Partikulat di Kota Makassar Periode 2019-2023

Husnul Fahma<sup>1</sup> dan Sri Suryani<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

Email: [husnulfahma22@gmail.com](mailto:husnulfahma22@gmail.com)

\*Corresponding Author

---

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi partikulat, khususnya PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub> di Kota Makassar selama periode 2019 hingga 2023. Kualitas udara di Makassar menjadi perhatian karena dampak signifikan dari polusi udara terhadap kesehatan masyarakat, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan penderita penyakit kronis. Metode yang digunakan adalah analisis data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup Daerah (DLHD) Kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan fluktuasi konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub>, dengan penurunan signifikan selama pandemi pada 2020–2021 dan lonjakan konsentrasi pada 2022–2023. Rata-rata tahunan PM<sub>10</sub> terendah tercatat pada 2021 sebesar 10,54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan tertinggi pada 2023 sebesar 16,28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sementara itu, PM<sub>2.5</sub> terendah tercatat pada 2021 sebesar 11,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan tertinggi pada 2023 sebesar 17,83  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Faktor musiman seperti hujan, serta pemulihan ekonomi dan peningkatan kendaraan bermotor menjadi kontributor utama perubahan konsentrasi partikulat. Temuan ini menekankan perlunya kebijakan pengendalian polusi udara yang lebih adaptif.

**Kata Kunci:** Kota Makassar, Kualitas Udara, Partikulat, Polusi Udara.

### Abstract

*This study aims to analyze the concentration of particulate matter, specifically PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, in Makassar City during the period from 2019 to 2023. Air quality in Makassar has become a growing concern due to the significant impact of air pollution on public health, especially among vulnerable groups such as children, the elderly, and individuals with chronic illnesses. The method used in this study is a secondary data analysis obtained from the Makassar City Environmental Agency (DLHD). The results show fluctuations in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> concentrations, with a significant decline during the COVID-19 pandemic (2020–2021) and a sharp increase in 2022–2023. The lowest annual average concentration of PM<sub>10</sub> was recorded in 2021 at 10.54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , while the highest occurred in 2023 at 16.28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . For PM<sub>2.5</sub>, the lowest concentration was recorded in 2021 at 11.05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , and the highest in 2023 at 17.83  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Seasonal factors such as rainfall, along with economic recovery and the increase in motor vehicle use, are identified as the main contributors to changes in particulate concentrations. These findings highlight the need for more adaptive air pollution control policies.*

**Keywords:** Air Pollution, Air Quality, Makassar City, Particulate Matter.

## 1. PENDAHULUAN

Kualitas udara merupakan indikator utama kesehatan lingkungan yang secara langsung memengaruhi kehidupan manusia, ekosistem, dan perubahan iklim. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Prawira Adi Putra (2011), *Particulate Matter* (PM) adalah campuran partikel kecil dan tetesan cairan yang terdiri dari berbagai komponen seperti asam nitrat, asam sulfat, senyawa organik kimia, logam dan debu. Ukuran partikel sangat memengaruhi kesehatan manusia. Partikel berdiameter 10 mikron atau kurang dapat masuk ke paru-paru karena tidak dapat disaring oleh sistem pernapasan. Dalam konteks global, peningkatan polusi udara, terutama partikulat halus seperti PM10 dan PM2.5 menjadi perhatian utama karena dampaknya yang signifikan terhadap kesehatan manusia. Partikel halus ini dapat masuk ke dalam sistem pernapasan, menyebabkan gangguan kesehatan jangka panjang seperti penyakit pernapasan kronis, penyakit kardiovaskular, dan meningkatkan risiko kematian dini, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan penderita penyakit kronis [1, 2]. Menurut WHO pada tahun 2018, partikel yang lebih berbahaya adalah PM2.5, yang dapat menembus paru-paru dan masuk ke aliran darah. Paparan jangka panjang partikel ini meningkatkan risiko penyakit jantung, pernapasan, dan kanker paru-paru.

Kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia mengalami fluktuasi konsentrasi partikulat yang dipengaruhi oleh faktor musiman. Pada musim kemarau, rendahnya curah hujan tidak cukup untuk mengurangi konsentrasi polutan di atmosfer yang diperparah dengan peningkatan aktivitas industri dan transportasi. Di beberapa wilayah, kebakaran hutan yang sering terjadi selama musim kemarau juga menjamin emisi partikulat yang signifikan menyebabkan kabut asap lalu lintas batas yang memengaruhi kualitas udara di negara-negara tetangga. Selain itu, pola angin musiman yang membawa polutan dari satu daerah ke daerah lain memperburuk situasi, terutama di wilayah perkotaan yang sudah memiliki emisi lokal yang tinggi [3]. Studi di wilayah tropis menunjukkan bahwa daerah dengan urbanisasi pesat memiliki tingkat polusi udara lebih tinggi dibandingkan negara-negara maju [4].

Menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, atau komponen lain ke dalam udara ambien akibat aktivitas manusia, yang menyebabkan penurunan kualitas udara hingga tidak dapat memenuhi fungsinya. Artinya, polusi udara terjadi ketika kandungan polutan di udara melebihi batas yang dapat diterima sehingga berdampak negatif terhadap kesehatan manusia, lingkungan, dan ekosistem. Regulasi ini bertujuan untuk mengendalikan polusi dengan menetapkan baku mutu udara, standar emisi, serta langkah-langkah pengendalian guna menjaga kualitas udara tetap bersih dan layak untuk kehidupan.

Permasalahan utama yang dihadapi Makassar terkait kualitas udara adalah emisi dari kendaraan bermotor, industri, dan pembakaran sampah. Dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat, jumlah kendaraan bermotor meningkat, yang memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan konsentrasi partikulat di udara. Selain itu, faktor cuaca dengan geografi juga memengaruhi akumulasi polutan di atmosfer, sehingga mengganggu kondisi kualitas udara [5].

Salah satu kota terbesar di Indonesia, Makassar menghadapi masalah kualitas udara yang serius akibat peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi, dan aktivitas ekonomi. Seiring

dengan pertumbuhan populasi, jumlah kendaraan bermotor dan aktivitas industri meningkat, menjadikan transportasi dan sektor industri sebagai kontributor utama emisi partikulat [6]. Data dari Dinas Lingkungan Hidup Daerah (DLHD) Kota Makassar menunjukkan adanya fluktuasi konsentrasi PM10 dan PM2.5 selama periode 2019–2023. Tren ini menunjukkan perubahan signifikan pada wilayah dengan kepadatan lalu lintas tinggi, di mana emisi dari kendaraan bermotor menjadi sumber utama polutan. Fenomena ini diperburuk pada musim kemarau, di mana aktivitas transportasi dan industri meningkat secara signifikan, sedangkan curah hujan yang rendah tidak cukup membantu menurunkan kadar polutan. Selain itu, pembakaran sampah terbuka yang masih banyak dilakukan oleh masyarakat sekitar juga berkontribusi pada tingginya konsentrasi partikulat, terutama di kawasan pinggir kota [7]. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa polusi udara di Makassar memiliki dampak langsung terhadap kesehatan penduduk, terutama kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia. Dalam studi oleh Malik et al., (2023) dan Amin et al., (2023), ditemukan bahwa konsentrasi PM2.5 yang tinggi berkorelasi dengan peningkatan insiden penyakit kardiovaskular dan gangguan pernapasan di kota-kota besar dengan pola urbanisasi yang serupa [17, 18].

Kota Makassar sebagai salah satu kota besar di Indonesia, menghadapi tantangan serius terkait kualitas udara. Dalam periode 2019 hingga 2023, analisis konsentrasi partikulat khususnya *Particulate Matter* (PM2.5 dan PM10), menunjukkan bahwa kualitas udara di kota ini sering kali berada pada tingkat yang memengaruhinya. Indeks Kualitas Udara (AQI) di Makassar sering kali mendekati kategori “tidak sehat” dan bahkan “sangat tidak sehat”, yang menunjukkan bahwa polusi udara menjadi masalah yang mendesak untuk ditangani terutama pada jam-jam sibuk dan di lokasi-lokasi dengan aktivitas tinggi [5].

Menurut pedoman kualitas udara yang ditetapkan oleh berbagai organisasi internasional, termasuk WHO, nilai ambang batas untuk PM2.5 adalah  $10^{\mu\text{g}}/\text{m}^3$  untuk rata-rata tahunan. Namun, data menunjukkan bahwa Makassar sering kali melampaui nilai ini, dengan konsentrasi PM2.5 yang mencapai angka yang jauh lebih tinggi, sehingga mengindikasikan bahwa kualitas udara di kota ini tidak memenuhi standar yang direkomendasikan (Kualitas Udara-BMKG). Nilai panduan kualitas udara untuk PM10 juga di Kota Makassar menunjukkan tantangan serius dalam pengelolaan kualitas udara. Sesuai dengan pedoman WHO, nilai ambang batas tahunan untuk PM10 adalah  $20^{\mu\text{g}}/\text{m}^3$ . Namun, data yang diperoleh dari pemantauan kualitas udara sering kali menunjukkan konsentrasi PM10 yang jauh melebihi nilai tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas udara di Makassar tidak hanya tidak memenuhi standar nasional tetapi juga berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat [8].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren rata-rata konsentrasi partikulat di Kota Makassar serta faktor-faktor yang memengaruhi perubahannya selama periode 2019 hingga 2023. Pemilihan periode tersebut dimaksudkan untuk menangkap dinamika kualitas udara sebelum, selama, dan setelah pandemi COVID-19. Tahun 2019 merepresentasikan kondisi pra-pandemi, 2020–2021 mencerminkan masa pembatasan aktivitas, sedangkan 2022–2023 menunjukkan fase pemulihan ekonomi dan peningkatan mobilitas masyarakat. Dengan menggunakan data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup Daerah (DLHD) Kota

Makassar, penelitian ini memberikan gambaran komprehensif mengenai kualitas udara dan tren perubahannya dalam lima tahun terakhir. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif untuk mengendalikan polusi udara, meningkatkan kualitas hidup masyarakat, dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1 Alat dan Bahan**

Pada penelitian ini, alat yang digunakan meliputi Laptop yang dilengkapi Microsoft Excel untuk pengolahan dan visualisasi data. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data konsentrasi partikulat (PM10 dan PM2.5) di Kota Makassar periode tahun 2019-2023.

### **2.2 Pengambilan Data dari DLHD**

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup Daerah (DLHD) Kota Makassar terkait konsentrasi partikulat (PM10 dan PM2.5) di Kota Makassar, khususnya di wilayah Karebosi dan sekitarnya. Data yang diperoleh mencakup konsentrasi beberapa parameter kualitas udara di wilayah tersebut, namun dalam penelitian ini difokuskan pada parameter partikulat (PM10 dan PM2.5) selama lima tahun terakhir, yaitu dari tahun 2019 hingga 2023. Analisis yang dilakukan pada data ini meliputi identifikasi tren atau pola tahunan untuk memahami konsentrasi partikulat setiap tahunnya, termasuk apakah terdapat perubahan yang signifikan dari waktu ke waktu. Selain itu, penelitian ini juga memunculkan faktor-faktor yang memengaruhi konsentrasi PM10 dan PM2.5 di wilayah tersebut serta dampaknya terhadap kualitas udara dan kehidupan masyarakat di sekitarnya.

### **2.3 Analisis Tren Tahunan**

Proses analisis tren tahunan dilakukan untuk memahami perubahan konsentrasi partikulat (PM10 dan PM2.5) di Kota Makassar periode tahun 2019 hingga 2023. Data diperoleh dari laporan tahunan Dinas Lingkungan Hidup Daerah Kota Makassar, dimana lokasi pengamatannya berada di Karebosi. Tahapan analisis dimulai dengan pengumpulan data mentah, kemudian dibersihkan untuk mengatasi nilai yang hilang atau outlier. Data yang telah dibersihkan diorganisasikan berdasarkan waktu pengamatan untuk mempermudah pemahaman rata-rata tahunan. Hasil analisis kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik gabungan yang menunjukkan rata-rata konsentrasi partikulat per tahun serta tren perubahan konsentrasi selama periode waktu yang diamati.

### **2.4 Analisis Tren Musiman**

Analisis data pada penelitian juga mempertimbangkan perbedaan musiman, yaitu musim hujan (November - April) dan musim kemarau (Mei - Oktober), di lokasi pengamatan Karebosi. Data yang telah diperbaiki dari nilai hilang dan *outlier* kemudian dikelompokkan berdasarkan musim hujan dan kemarau tiap tahun. Rata-rata konsentrasi PM10 dan PM2.5 dihitung untuk masing-masing musim guna melihat variasi musiman. Visualisasi data

dilakukan menggunakan grafik gabungan yang menampilkan konsentrasi partikulat antar musim, dilengkapi dan tren tahunan untuk setiap musim.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

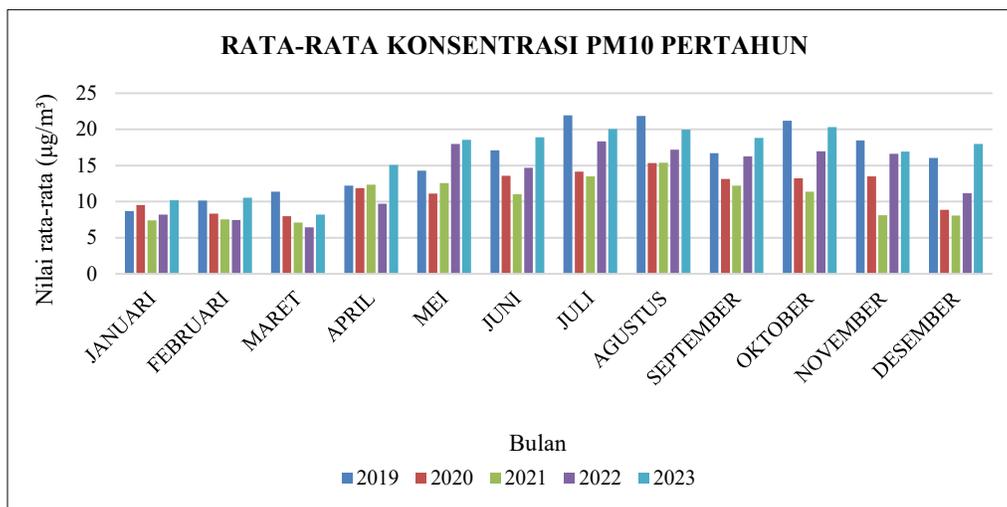
#### 3.1 Analisis Tren Tahunan PM10 dari Tahun 2019-2023

Berdasarkan Tabel 1 yang menampilkan rata-rata PM10 di Kota Makassar, terlihat adanya peningkatan konsentrasi partikulat yang mencerminkan memburuknya kualitas udara, dengan nilai terendah pada tahun 2021 sebesar  $10,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Penurunan pada 2020–2021 diperkirakan akibat menurunnya aktivitas selama pandemi COVID-19 [9]. Namun, peningkatan konsentrasi pada tahun 2023 mencerminkan dampak pemulihan aktivitas ekonomi pasca-pandemi, urbanisasi, serta peningkatan penggunaan kendaraan bermotor [10].

**Tabel 1.** Rata-rata konsentrasi PM10 dari tahun 2019-2023

RATA-RATA KONSENTRASI PM10 PERTAHUN ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
BULAN	2019	2020	2021	2022	2023
Januari	8,68	9,52	7,41	8,20	10,19
Februari	10,13	8,33	7,54	7,45	10,54
Maret	11,37	8,00	7,09	6,42	8,19
April	12,23	11,85	12,33	9,68	15,06
Mei	14,26	11,09	12,58	17,96	18,54
Juni	17,11	13,57	11,00	14,68	18,90
Juli	21,93	14,14	13,48	18,35	20,06
Agustus	21,85	15,33	15,38	17,19	19,96
September	16,71	13,14	12,23	16,24	18,83
Oktober	21,17	13,23	11,35	16,96	20,29
November	18,47	13,47	8,10	16,62	16,93
Desember	16,05	8,85	8,09	11,16	17,96
<b>Mean</b>	15,83	11,71	10,54	13,40	16,28

Berdasarkan gambar 1 Konsentrasi PM10 tertinggi tercatat pada Juli 2019 ( $21,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan terendah pada Maret 2022 ( $6,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), dipengaruhi oleh pembatasan pandemi yang menurunkan emisi pada 2022 dan konsentrasi partikulat udara di Makassar pada Juli 2019 tingginya aktivitas transportasi pada pagi hari, fenomena inversi suhu, serta kondisi musim kemarau yang menyebabkan stagnasi udara dan minimnya pencucian polutan oleh hujan [11].



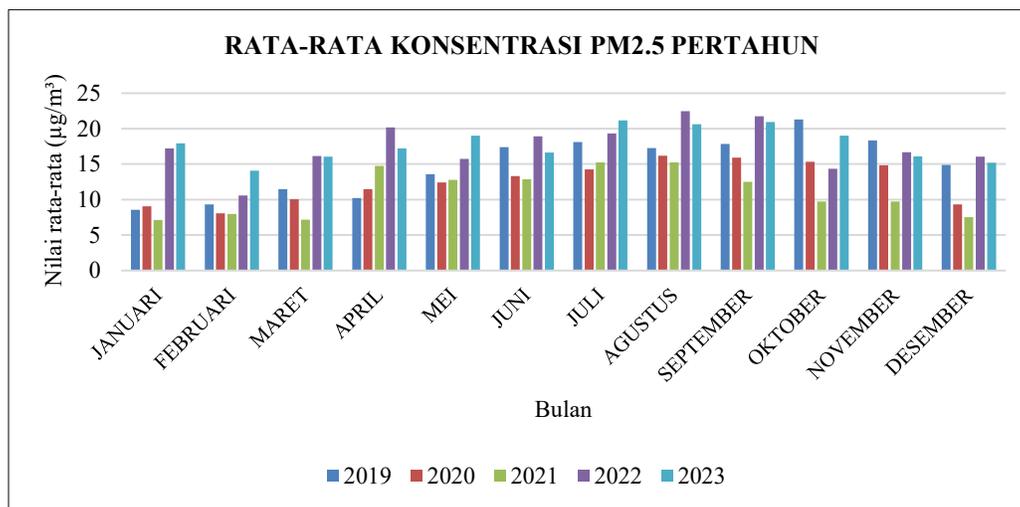
Gambar 1 Grafik rata-rata PM10 perbulan dari tahun 2019-2023

### 3.2 Analisis Tren Tahunan PM2.5 dari Tahun 2019-2023

Berdasarkan tabel 2 yang menampilkan rata-rata PM2.5 tertinggi di Kota Makassar tercatat pada tahun 2023 ( $17,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Penurunan signifikan pada tahun 2021 dapat dikaitkan dengan perekonomian sosial dan ekonomi selama pandemi COVID-19, yang mengurangi emisi dan transportasi dan industri [9]. Sebaliknya, peningkatan pada tahun 2023 mencerminkan pemulihan aktivitas ekonomi, urbanisasi, dan peningkatan transportasi bermotor pasca pandemi [10].

Tabel 2. Rata-rata PM2.5 dari tahun 2019-2023

RATA-RATA KONSENTRASI PM2.5 PERTAHUN ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
BULAN	2019	2020	2021	2022	2023
Januari	8,57	9,04	7,12	17,20	17,93
Februari	9,33	8,09	8,00	10,58	14,06
Maret	11,47	10,05	7,16	16,12	16,06
April	10,21	11,47	14,76	20,16	17,22
Mei	13,57	12,42	12,77	15,75	19,03
Juni	17,41	13,33	12,86	18,91	16,64
Juli	18,12	14,28	15,25	19,33	21,16
Agustus	17,28	16,19	15,23	22,45	20,64
September	17,85	15,90	12,50	21,75	20,93
Oktober	21,31	15,33	9,74	14,33	19,00
November	18,36	14,85	9,71	16,70	16,09
Desember	14,89	9,33	7,51	16,04	15,22
<b>Mean</b>	<b>14,86</b>	<b>12,52</b>	<b>11,05</b>	<b>17,44</b>	<b>17,83</b>



**Gambar 2.** Grafik rata-rata PM10 perbulan dari tahun 2019-2023

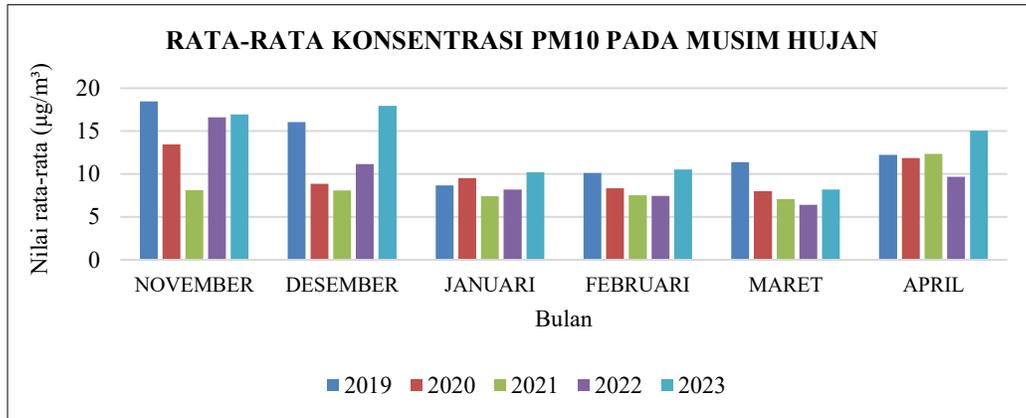
Konsentrasi PM2.5 tertinggi tercatat pada bulan Agustus 2022 ( $22,45 \mu g/m^3$ ) dan terendah pada bulan Januari 2021 ( $7,12 \mu g/m^3$ ), dipengaruhi oleh komunikasi pandemi yang menurunkan emisi pada tahun 2021 dan pemulihan aktivitas ekonomi pada tahun 2022.

### 3.3 Trendline Musim Hujan PM10

Berdasarkan tabel 3 yang menampilkan rata-rata konsentrasi PM10 selama musim hujan bulan November hingga bulan April di Kota Makassar manusia dari tahun 2019 hingga 2023, terlihat adanya variasi antar bulan dan antar hujan. Konsentrasi rata-rata PM10 pada musim hujan terendah terjadi pada tahun 2021 ( $8,43 \mu g/m^3$ ) dan tertinggi pada tahun 2023 ( $13,15 \mu g/m^3$ ). Penurunan pada tahun 2021 kemungkinan besar terkait dengan penurunan aktivitas transportasi dan industri selama pandemi COVID-19 [9], sementara kenaikan pada tahun 2023 mencerminkan peningkatan aktivitas pasca pandemi [10].

**Tabel 3.** Konsentrasi PM10 pada musim hujan

RATA-RATA KONSENTRASI MUSIM HUJAN (PM10) ( $\mu g/m^3$ )					
Bulan	2019	2020	2021	2022	2023
November	18,47	13,47	8,10	16,62	16,93
Desember	16,05	8,85	8,09	11,16	17,96
Januari	8,68	9,52	7,41	8,20	10,19
Februari	10,13	8,33	7,54	7,45	10,54
Maret	11,37	8,00	7,09	6,42	8,19
April	12,23	11,85	12,33	9,68	15,06
<b>Mean</b>	12,82	10,00	8,43	9,92	13,15



**Gambar 3.** Grafik rata-rata PM10 pada musim hujan dari tahun 2019-2023

Pada awal musim hujan konsentrasi PM10 cenderung tinggi, seperti pada bulan November 2019 ( $18,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan bulan Desember 2023 ( $17,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Pada bulan November dan Desember 2019 konsentrasi PM10 tinggi akibat kebakaran hutan dan lahan (karhutla), angin yang membawa polutan, serta kondisi cuaca kering dan fenomena El Niño yang memperparah akumulasi polutan [12]. Desember 2023 tinggi akibat fenomena El Niño dan IOD positif yang menyebabkan cuaca kering, stabilitas atmosfer yang menghambat dispersi polutan [13], dan kemungkinan disebabkan oleh akumulasi polutan sebelum intensitas hujan meningkat [14].

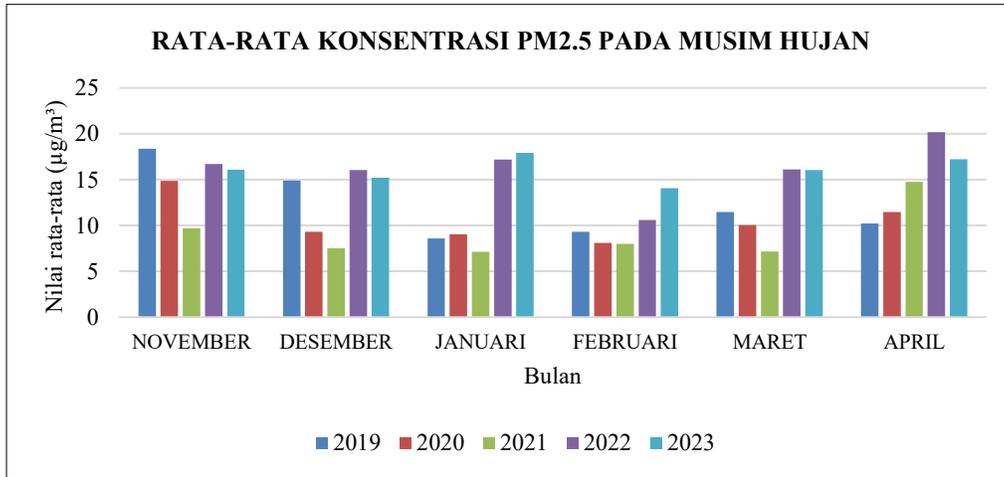
### 3.4 Trendline Musim Hujan PM2.5

Berdasarkan data rata-rata konsentrasi PM2.5 selama musim hujan bulan November hingga bulan April di Kota Makassar, terlihat adanya variasi antartahun dan antarbulan. Konsentrasi tahunan rata-rata PM2.5 terendah selama musim hujan tercatat pada Januari 2021 ( $7,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sedangkan yang tertinggi terjadi pada bulan April 2022 ( $20,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Penurunan yang signifikan pada tahun 2021 dapat dikaitkan dengan aktivitas masyarakat selama pandemi COVID-19, yang secara global terbukti mengurangi emisi partikel halus [9].

**Tabel 4.** Konsentrasi PM2.5 pada musim hujan

RATA-RATA KONSENTRASI PM2.5 PADA MUSIM HUJAN ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
BULAN	2019	2020	2021	2022	2023
November	18,36	14,85	9,71	16,70	16,09
Desember	14,89	9,33	7,51	16,04	15,22
Januari	8,57	9,04	7,12	17,20	17,93
Februari	9,33	8,09	8,00	10,58	14,06
Maret	11,47	10,05	7,16	16,12	16,06
April	10,21	11,47	14,76	20,16	17,22

Sebaliknya, peningkatan tajam pada tahun 2022 menunjukkan dampak dari pemulihan aktivitas ekonomi dan urbanisasi pasca pandemi [10].



**Gambar 4.** Grafik rata-rata PM2.5 pada musim hujan dari tahun 2019-2023

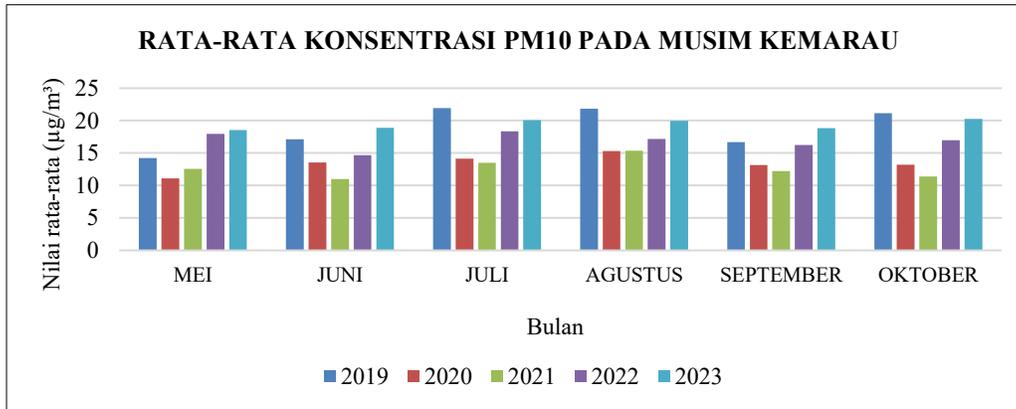
Konsentrasi PM2.5 cenderung tinggi pada awal musim hujan, dengan puncak pada bulan April 2022 ( $20,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan bulan November 2019 ( $18,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Polusi terakumulasi sebelum hujan kemungkinan besar menyebabkan tingginya konsentrasi pada bulan-bulan ini [14].

### 3.5 Trendline Musim Kemarau PM10

Berdasarkan data rata-rata konsentrasi PM10 selama musim kemarau pada bulan Mei hingga bulan Oktober di Kota Makassar, terlihat variasi antartahun dan antarbulan. Konsentrasi rata-rata PM10 selama musim kemarau menunjukkan nilai terendah pada tahun 2021 dan tertinggi pada tahun 2023. Penurunan yang signifikan pada tahun 2021 dapat dikaitkan dengan aktivitas masyarakat selamat pandemi COVID-19, yang secara global terbukti mengurangi emisi partikel halus [9]. Sebaliknya, peningkatan tajam pada tahun 2023 menunjukkan dampak dari pemulihan aktivitas ekonomi dan urbanisasi pasca pandemi [10].

**Tabel 5.** Konsentrasi PM10 pada musim kemarau

RATA-RATA KONSENTRASI PM10 PADA MUSIM KEMARAU ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
BULAN	2019	2020	2021	2022	2023
Mei	14,26	11,09	12,58	17,96	18,54
Juni	17,11	13,57	11,00	14,68	18,90
Juli	21,93	14,14	13,48	18,35	20,06
Agustus	21,85	15,33	15,38	17,19	19,96
September	16,71	13,14	12,23	16,24	18,83
Oktober	21,17	13,23	11,37	16,96	20,29



**Gambar 5.** Grafik rata-rata PM10 pada musim kemarau dari tahun 2019-2023

Konsentrasi PM10 cenderung meningkat pada awal musim kemarau, dengan puncak pada bulan Juni 2023 ( $18,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Hal ini mungkin disebabkan oleh peningkatan aktivitas industri dan transportasi setelah berakhirnya musim hujan [14]. Bulan Juli dan Agustus menunjukkan konsentrasi PM10 yang tinggi, terutama pada bulan Juli 2019 ( $21,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan bulan Agustus ( $21,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan aktivitas pembakaran lahan atau biomassa yang sering terjadi selama periode ini [15]. Pada akhir musim kemarau, konsentrasi PM10 tetap tinggi, seperti pada bulan Oktober 2019 ( $21,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan bulan Oktober 2023 ( $20,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Hal ini disebabkan oleh akumulasi polutan di atmosfer akibat kurangnya curah hujan yang dapat membersihkan partikel-partikel tersebut [16].

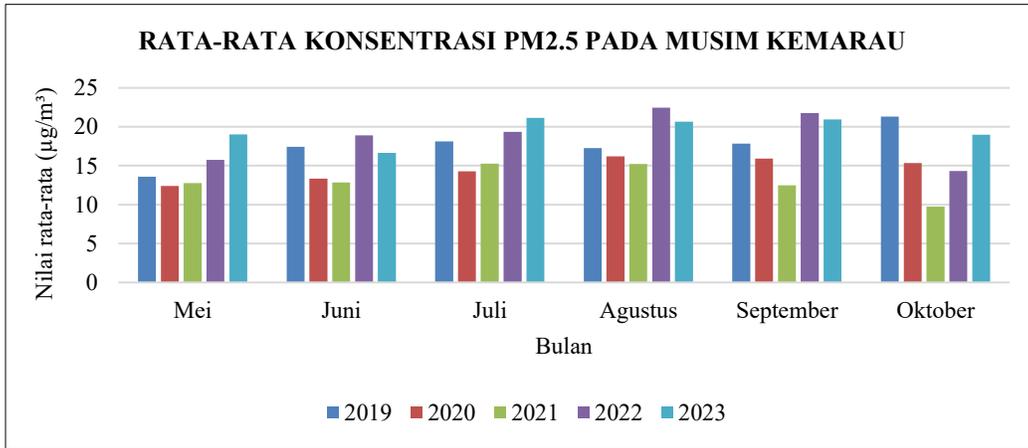
### 3.6 Trendline Musim Kemarau PM2.5

**Tabel 6.** Konsentrasi PM2.5 pada musim kemarau

RATA-RATA KONSENTRASI PM2.5 PADA MUSIM KEMARAU ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
BULAN	2019	2020	2021	2022	2023
Mei	13,57	12,42	12,77	15,75	19,03
Juni	17,41	13,33	12,86	18,91	16,64
Juli	18,12	14,28	15,25	19,33	21,16
Agustus	17,28	16,19	15,23	22,45	20,64
September	17,85	15,90	12,50	21,75	20,93
Oktober	21,31	15,33	9,74	14,33	19,00

Berdasarkan data rata-rata konsentrasi PM2.5 selama musim kemarau pada bulan Mei hingga bulan Oktober di Kota Makassar, terdapat variasi konsentrasi yang signifikan antarbulan dan antartahun. Tahun 2021 mencatat konsentrasi rata-rata PM2.5 terendah selama musim kemarau, seperti terlihat pada bulan Oktober ( $9,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Penurunan ini

sejalan dengan kebijakan sosial akibat pandemi COVID-19, yang secara global berdampak pada penurunan emisi partikel halus dari transportasi dan industri [9].



**Gambar 6.** Grafik rata-rata PM2.5 pada musim kemarau dari tahun 2019-2023

Konsentrasi PM2.5 pada bulan Mei cenderung rendah, kecuali pada tahun 2023 ( $19,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), yang mencerminkan rendahnya intensitas curah hujan awal musim kemarau, sehingga memungkinkan polutan tetap bertahan di atmosfer [14]. Pada bulan juni hingga Agustus, konsentrasi PM2.5 meningkat secara signifikan. Pada bulan Agustus 2022 mencatat nilai tertinggi ( $29,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh peningkatan aktivitas transportasi, pembakaran biomassa, dan kondisi atmosfer yang mendukung akumulasi polutan [15]. Konsentrasi PM2.5 tetap tinggi pada bulan September dan bulan Oktober. Seperti pada bulan September 2022 mencatat nilai ( $25,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Polutan pada bulan-bulan ini akhirnya terperangkap di atmosfer karena kondisi meteorologi seperti inversi suhu, yang mencegah penyebaran polutan [16].

#### 4. SIMPULAN

Simpulan penelitian ini adalah tren rata-rata konsentrasi partikulat terdapat fluktuasi yang signifikan dalam konsentrasi PM10 dan PM2.5 selama periode penelitian. Secara tahunan, terjadi penurunan konsentrasi PM10 dan PM2.5 selama masa pandemi COVID-19, dengan nilai terendah masing-masing tercatat pada tahun 2021, yaitu  $10,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk PM10 dan  $11,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk PM2.5. Setelah pandemi, tren mengalami peningkatan tajam pada tahun 2022 dan 2023, yang mencerminkan dampak pemulihan aktivitas ekonomi, urbanisasi, serta peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Secara musiman, konsentrasi partikulat cenderung lebih rendah pada musim hujan akibat curah hujan yang membantu menurunkan polutan melalui deposisi atmosfer. Sebaliknya, pada musim kemarau terjadi peningkatan konsentrasi yang signifikan, dipengaruhi oleh intensitas aktivitas manusia,

minimnya hujan, serta dukungan kondisi atmosfer yang stabil. Fenomena iklim seperti El Niño dan IOD positif turut memperburuk akumulasi polutan pada periode kering. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pengendalian emisi dan kebijakan lingkungan berbasis musim serta tren jangka panjang guna menjaga kualitas udara dan kesehatan masyarakat perkotaan.

Hasil penelitian ini memberikan landasan penting dalam perumusan kebijakan pengendalian kualitas udara di wilayah perkotaan. Peningkatan signifikan konsentrasi partikulat pasca-pandemi menunjukkan urgensi penguatan regulasi terhadap emisi kendaraan dan aktivitas industri, khususnya pada musim kemarau saat hujan sebagai pembersih alami udara sangat minim. Hal ini sejalan dengan temuan Chidumebi (2025), yang merekomendasikan pengetatan regulasi dan peningkatan kesadaran publik untuk mengurangi dampak kesehatan akibat paparan PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub>. Selain itu, kajian biaya–manfaat menunjukkan bahwa sekitar 70% intervensi pengendalian udara berdampak positif terhadap kesehatan, dengan nilai manfaat yang melebihi biaya implementasinya [20]. Oleh karena itu, strategi mitigasi berbasis musim dan sistem pemantauan kualitas udara yang berkelanjutan perlu diintegrasikan ke dalam perencanaan tata kelola lingkungan kota. Mengingat tingginya risiko kesehatan, khususnya bagi kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan penderita penyakit kronis, hasil penelitian ini juga penting bagi sektor kesehatan masyarakat dalam menyusun program pencegahan dan respons berbasis data polusi udara yang akurat dan terkini [1, 2].

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terwujud berkat dukungan berbagai pihak yang tak ternilai. Apresiasi bantuan mendalam disampaikan kepada orang tua penulis atas kontribusi finansial yang diberikan. Kontribusi berharga Prof. Sri Suryani, DEA. selaku pembimbing, mengingat arahan beliau yang membantu kelancaran selama penelitian. Penulis juga menghaturkan ucapan terima kasih kepada rekan-rekan seperjuangan yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian berlangsung.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Naimi, N., Sarkhosh, M., Nabavi, B. F., Najafpoor, A., & Musa Farkhani, E. (2024). Estimating the burden of diseases attributed to PM<sub>2.5</sub> using the AirQ+ software in Mashhad during 2016-2021. *Scientific Reports*, 14(1), 24462. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74328-1>.
- [2] Cho, E., Kang, Y., & Cho, Y. (2022). Effects of Fine Particulate Matter on Cardiovascular Disease Morbidity: A Study on Seven Metropolitan Cities in South Korea. *International Journal of Public Health*, 67(5), 1–9. <https://doi.org/10.3389/ijph.2022.1604389>.
- [3] Syuhada, G., Akbar, A., Hardiawan, D., Pun, V., Darmawan, A., Heryati, S. H. A., Siregar, A. Y. M., Kusuma, R. R., Driejana, R., Ingole, V., Kass, D., & Mehta, S. (2023). Impacts of Air Pollution on Health and Cost of Illness in Jakarta, Indonesia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4).

- <https://doi.org/10.3390/ijerph20042916>.
- [4] Tabaghi, S., Sheibani, M., Khaheshi, I., Miri, R., Haji Aghajani, M., Safi, M., Eslami, V., Pishgahi, M., Alipour Parsa, S., Namazi, M. H., Beyranvand, M. R., Sohrabifar, N., Hassanian-Moghaddam, H., Pourmotahari, F., Khaiat, S., & Akbarzadeh, M. A. (2023). Associations between short-term exposure to fine particulate matter and acute myocardial infarction: A case-crossover study. *Clinical Cardiology*, 46(11), 1319–1325. <https://doi.org/10.1002/clc.24111>.
- [5] Wahyudi, R., Annas, S., & Rais, Z. (2023). Analisis Support Vector Regression (Svr) Untuk Meramalkan Indeks Kualitas Udara Di Kota Makassar. *Variansi Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 5(3), 104–117. <https://doi.org/10.35580/variansiunm107>.
- [6] Wellid, I., Simbolon, L. M., Falahuddin, M. A., Nurfitriani, N., Sumeru, K., Bin Sukri, M. F., & Yuningsih, N. (2024). Evaluasi Polusi Udara PM2.5 dan PM10 di Kota Bandung serta Kaitannya dengan Infeksi Saluran Pernafasan Akut. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(2), 128–136. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.2.128-136>.
- [7] Bolan, S., Padhye, L. P., Jasemizad, T., Govarthanam, M., Karmegam, N., Wijesekara, H., Amarasiri, D., Hou, D., Zhou, P., Biswal, B. K., Balasubramanian, R., Wang, H., Siddique, K. H. M., Rinklebe, J., Kirkham, M. B., & Bolan, N. (2024). Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. *Science of the Total Environment*, 909(October 2023). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168388>.
- [8] Cheng, Y., & Xu, Z. (2023). Fiscal centralization and urban industrial pollution emissions reduction: Evidence from the vertical reform of environmental administrations in China. *Journal of Environmental Management*, 347(June), 119212. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119212>.
- [9] Chen, K., Wang, M., Huang, C., Kinney, P. L., & Anastas, P. T. (2020). Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China. *The Lancet Planetary Health*, 4(6), e210–e212. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30107-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30107-8).
- [10] Li, C., van Donkelaar, A., Hammer, M. S., McDuffie, E. E., Burnett, R. T., Spadaro, J. V., Chatterjee, D., Cohen, A. J., Apte, J. S., Southerland, V. A., Anenberg, S. C., Brauer, M., & Martin, R. V. (2023). Reversal of trends in global fine particulate matter air pollution. *Nature Communications*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41086-z>.
- [11] A. R. Priambodo., R. R. N. Sari. (2019 Agustus 9). Efek Musim Kemarau, Kualitas Udara Kian Menurun. *Suara.com*. <https://www.suara.com/news/2019/08/05/153033/efek-musim-kemarau-kualitas-udara-kian-menurun>.
- [12] G. Christinawaty., (2019 Desember 18). Karhutla 2019 dan Cuaca Panas Ekstrem. *news.detik.com*. <https://news.detik.com/kolom/d-4827285/karhutla-2019-dan-cuaca-panas-ekstrem?>
- [13] V. Adryamarthanino., I. E. Pratiwi. (2024 Januari 17). Polusi Udara di Indonesia Meningkat pada 2023, Disebabkan El Niño dan IOD. *Kompas.com*.

- [http://kompas.com/tren/read/2024/01/17/123000565/polusi-udara-di-indonesia-meningkat-pada-2023-disebabkan-el-nino-dan-iod#google\\_vignette](http://kompas.com/tren/read/2024/01/17/123000565/polusi-udara-di-indonesia-meningkat-pada-2023-disebabkan-el-nino-dan-iod#google_vignette).
- [14] Irawadi, R., & Razif, M. (2023). Keterkaitan Curah Hujan Terhadap PM2.5 dan PM10 di Pos Pengamatan Kualitas Udara Cibereum, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Envirotek*, 15(1), 22–26. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v15i1.216>.
- [15] Reyes, F., Ahumada, S., Rojas, F., Oyola, P., Vásquez, Y., Aguilera, C., Henriquez, A., Gramsch, E., Kang, C. M., Saarikoski, S., Teinilä, K., Aurela, M., & Timonen, H. (2021). Impact of biomass burning on air quality in temuco city, chile. *Aerosol and Air Quality Research*, 21(11). <https://doi.org/10.4209/AAQR.210110>.
- [16] Hutauruk, R. C. H., Rahmanto, E., & Pancawati, M. C. (2020). Variasi Musiman dan Harian PM2.5 di Jakarta Periode 2016 – 2019. *Buletin GAW Bariri*, 1(1), 20–28. <https://doi.org/10.31172/bgb.v1i1.7>.
- [17] Malik, S. P. H., Zakaria, R., & Harusi, N. M. R. (2023). Analyzing Total Suspended Particulate at AP Pettarani Street in Makassar City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1272(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1272/1/012024>.
- [18] Amin, M., Ramadhani, A. A. T., Zakaria, R., Hanami, Z. A., Putri, R. M., Torabi, S. E., Phairuang, W., Hata, M., & Masami, F. (2023). Carbonaceous component of Total Suspended Particulate (TSP) in Makassar City, Sulawesi Island, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1199(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1199/1/012021>.
- [19] Chidumebi, U. (2025). The Public Health Impact of Airborne Particulate Matter: Risks, Mechanisms, and Mitigation Strategies, *Communication in Physical Sciences*, 12(2), 600-619. <https://dx.doi.org/10.4314/cps.v12i2.25>.
- [20] Siyuan, W., Roang, S., Zhiwei, X., Mingsheng, C., Gian, L. D. T., Laura, D., Stephen, J., and Lei, S. (2024). The Costs, Health and Economic Impact of Air Pollution Control Strategies: A Systematic Review, *Global Health Research and Policy*, 9(30), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s41256-024-00373-y>