

**VARIASI KONSENTRASI PARTICULATE MATTER 2.5
(PM 2.5) SERTA HUBUNGANNYA DENGAN CURAH HUJAN
DI WILAYAH KOTA BENGKULU**
*THE PARTICULATE MATTER (PM 2.5) CONCENTRATION
VARIATION AND ITS RELATIONSHIP WITH RAINFALL
IN THE CITY OF BENGKULU*

Saif Akmal¹⁾* dan Anieta Carolina²⁾

¹⁾²⁾ Stasiun Klimatologi Bengkulu, Jl. Ir. Rustandi Sugianto, Kota Bengkulu, 38216

* Email : saifakmal1999@gmail.com

ABSTRAK

Particulate Matter 2.5 (PM 2.5) merupakan salah satu parameter penting dalam kualitas udara yang memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat konsentrasi PM 2.5 serta menemukan hubungannya dengan curah hujan di wilayah Kota Bengkulu. Data konsentrasi PM 2.5 dan curah hujan dikumpulkan selama tahun 2022 dan dianalisis berdasarkan statistika deskriptif untuk menemukan variasi konsentrasi PM 2.5 serta hubungannya dengan curah hujan. Hasil analisis menunjukkan variasi temporal konsentrasi PM 2.5 di Kota Bengkulu yang cenderung lebih tinggi pada periode tertentu, seperti saat periode kurang hujan dan cuaca stagnan pada jam pagi hari. Hubungan antara konsentrasi PM 2.5 dan curah hujan menunjukkan efek relasi negatif yang menarik antara faktor cuaca dan polusi udara. Curah hujan memiliki pengaruh pada penurunan konsentrasi PM 2.5 hingga 40% dengan adanya fenomena pembersihan udara dari partikel-partikel kecil. Penelitian ini memberikan wawasan tentang pola variabilitas konsentrasi PM 2.5 dan dampaknya terhadap kualitas udara di Kota Bengkulu yang juga memberikan kontribusi pada pemahaman tentang dinamika polusi udara dalam berbagai kondisi cuaca.

Kata kunci: kualitas udara, PM 2.5, curah hujan

ABSTRACT

Particulate Matter 2.5 (PM 2.5) is an important parameter in air quality which has a significant impact on human health and the environment. This study aims to analyze the concentration level of PM 2.5 and find its relationship with rainfall in the city of Bengkulu. PM 2.5 concentration and rainfall data were collected for 2022 and analyzed based on descriptive statistics to find variations in PM 2.5 concentrations and their relationship to rainfall. The results of the analysis show that the temporal variation of PM 2.5 concentrations in Bengkulu City tends to be higher at certain periods, such as during periods of less rain and stagnant weather in the morning hours. The relationship between PM 2.5 concentration and rainfall shows an interesting negative effect relationship between weather factors and air pollution. Rainfall has an effect on reducing the concentration of PM 2.5 until 40% with the phenomenon of cleaning the air from small particles. This study provides insight into the variability patterns of PM 2.5 concentrations and their impact on air quality in Bengkulu City which also contributes to understanding of the dynamics of air pollution under various weather conditions.

Keywords: air quality, PM 2.5, rainfall

1. Pendahuluan

Udara menjadi salah satu faktor penting dalam keberlangsungan kehidupan makhluk hidup di bumi. Namun, seiring berjalannya waktu terjadi kenaikan populasi manusia, pembangunan fisik kota-kota di dunia, pusat industri, serta transportasi semakin pesat pada era modern ini, menyebabkan kualitas udara mengalami perubahan akibat pencemaran udara [1]. Pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya unsur atau bahan kimia berbahaya ke atmosfer bumi yang dapat menyebabkan efek buruk bagi manusia dan lingkungan [2]. Saat ini, pencemaran udara menjadi salah satu masalah lingkungan yang sangat penting dan menjadi tantangan terhadap kesehatan masyarakat global yang perlu mendapatkan perhatian serius [3].

Salah satu polutan udara yang berdampak besar terhadap kesehatan adalah *Particulate Matter* (PM). Dampak PM lebih berbahaya bagi kesehatan manusia daripada ozon permukaan ataupun polutan udara lainnya, seperti karbon monoksida [4]. PM 2.5 merupakan partikel udara yang berukuran lebih kecil dari 2.5 μm (mikrometer) [5]. Partikel ini apabila terhirup tidak dapat disaring dalam sistem pernapasan bagian atas dan akan menembus bagian terdalam paru-paru [6]. Polusi udara dari PM 2.5 dapat mengakibatkan Infeksi Saluran Pernapasan (ISPA), penyakit kardiovaskular, kanker paru-paru, kematian dini dan penyakit paru-paru obstruktif kronis [7]. Tingkat konsentrasi PM 2.5 yang tinggi juga telah terbukti mengakibatkan berkurangnya visibilitas yang dapat mempengaruhi keamanan sistem transportasi [8].

Faktor meteorologi memainkan peran penting dalam produksi,

dekomposisi (penguraian), dan dispersi (penyebaran) polutan udara [9]. Faktor meteorologi dapat mempengaruhi variasi temporal dan spasial suatu polutan di suatu wilayah [10]. Studi tentang pengaruh potensi kondisi meteorologi dan kaitannya dengan PM membutuhkan pengetahuan tentang komposisi fisiokimia, ukuran, distribusi dalam waktu, ruang, dan waktu bertahannya atmosfer dari partikulat [11].

Kota Bengkulu merupakan ibukota dari Provinsi Bengkulu yang berhadapan langsung dengan Samudera Indonesia. Lokasi Kota Bengkulu di pesisir pantai menyebabkan Kota Bengkulu memiliki suhu udara yang relatif sama sepanjang tahun [12]. Kota Bengkulu memiliki kondisi iklim panas dan lembab. Suhu udara rata-rata tahun 2022 mencapai 27.7°C dengan suhu tertinggi dan terendah adalah 34.6°C dan 21.2°C. Rata-rata kelembaban udara mencapai 80,3%. Hujan turun sepanjang tahun di Kota Bengkulu dengan curah hujan rata-rata 372.1 mm selama tahun 2022 [13].

Studi mengenai informasi terkait tren dan variabilitas PM 2.5 diperlukan untuk mengetahui pengaruh jangka panjangnya, sehingga dapat diketahui pola-polanya baik harian maupun musiman [14]. Penelitian ini bertujuan untuk menilai tingkat konsentrasi PM 2.5 secara pola variasinya di wilayah Kota Bengkulu serta bagaimana kontribusi faktor meteorologi curah hujan terhadap konsentrasi PM 2.5 tersebut. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi pemerintah maupun masyarakat dalam melakukan pertimbangan pengaturan kualitas udara untuk mencegah dampak negatifnya.

2. Data dan Metode

2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kualitas udara PM 2.5 per-jam dari Shelter Pemantau PM 2.5 dan parameter curah hujan per-jam dari penakar hujan Hellman yang telah dikoreksi. Alat pemantau kualitas udara dan curah hujan tersebut berasal dari Stasiun Klimatologi Bengkulu dengan periode data selama 1 Januari 2022 – 31 Desember 2022. Stasiun Klimatologi Bengkulu terletak pada $-4^{\circ} 8' 5.4''$ Lintang Selatan dan $102^{\circ} 18' 43.44''$ Bujur Timur dengan ketinggian 8.5 meter di atas permukaan laut.

2.2 Metode Penelitian Analisis statistika deskriptif

Statistika deskriptif adalah bagian statistika mengenai pengumpulan data, penyajian, penentuan nilai-nilai statistika, pembuatan diagram atau gambar mengenai sesuatu hal [15]. Statistik deskriptif merupakan bagian dari statistik yang mempelajari cara pengumpulan data dan penyajian data sehingga mudah dipahami [16]. Analisis temporal (deret waktu) ini akan digunakan analisis deskriptif untuk melihat konsentrasi data PM 2.5. Analisis ini dilakukan untuk melihat fluktuasi data PM 2.5 selama periode data tahun 2022.

Distribusi frekuensi

Distribusi frekuensi merupakan susunan data menurut kelas interval tertentu atau menurut kategori tertentu dalam sebuah daftar beserta bagian-bagiannya seperti histogram frekuensi. Distribusi frekuensi PM 2.5 digunakan untuk mengetahui frekuensi maksimum nilai konsentrasi PM 2.5 terletak pada nilai ambang batas PM 2.5 atau tidak.

Untuk membuat daftar distribusi frekuensi terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan :

- Menentukan rentang, yaitu data terbesar dikurangi data terkecil.
- Menentukan banyak kelas interval yang diperlukan berdasarkan aturan Sturges, banyak kelas dapat diambil berdasarkan rumus

$$K = 1 + 3,3 \log n \quad (1)$$

Keterangan :

K = Banyak kelas

N = Jumlah pengamatan

- Menentukan rentang / jangkauan dengan rumus

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (2)$$

Keterangan :

R = Rentang

X_{max} = Data terbesar

X_{min} = Data terkecil

- Panjang kelas interval (P), menggunakan rumus

$$P = \frac{R}{K} \quad (3)$$

Pada penelitian ini, pengolahan distribusi frekuensi didasarkan pada Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditentukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebagai lembaga yang berwenang dalam informasi dan pengkajian kualitas udara. NAB PM 2.5 adalah sebagai berikut [5]:

Tabel 1. NAB Konsentrasi PM 2.5.

NAB	Konsentrasi ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)
Baik	0–15,5
Sedang	15.6–55.4
Tidak Sehat	55.5–150.4
Sangat Tidak Sehat	150.5–250.4
Berbahaya	>250.4

Nilai rata-rata

Penghitungan rata-rata dilakukan dengan menjumlahkan seluruh nilai data suatu kelompok sampel, kemudian dibagi dengan jumlah sampel tersebut. Perhitungan rata-rata dilakukan pada parameter konsentrasi PM 2.5 per jam menjadi

konsentrasi PM 2.5 per periode waktu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (X_1 + X_2 + \dots + X_n) \quad (4)$$

Keterangan :

\bar{x} = nilai rata-rata data

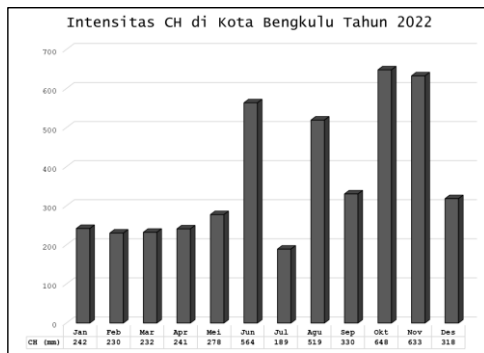
n = banyak data

X_i = data ke-i, dengan $i = 1, 2, \dots, n$

Pada penelitian ini analisis temporal dilakukan dengan kontrol kualitas data menganalisis selama tahun 2022 untuk konsentrasi PM 2.5 dan melihat kecenderungan curah hujan untuk memberi efek pada konsentrasi PM 2.5.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis hujan

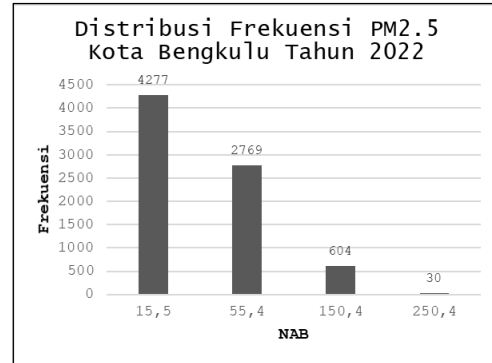


Gambar 1. Intensitas CH Bengkulu 2022.

Intensitas curah hujan di Stasiun Klimatologi Bengkulu selama tahun 2022 menggambarkan nilai hujan sepanjang tahun dengan rata-rata sebesar 369 mm. Curah hujan tersebut membentuk pola ekuatorial dengan distribusi hujan bulanan bimodial dengan puncaknya pada Juni dan Oktober. Pola ini banyak dipengaruhi oleh pergeseran ke utara atau selatan dari *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ) dan efek titik kulminasi matahari. Curah hujan tertinggi di Stasiun Klimatologi Bengkulu selama tahun 2022 jatuh pada bulan Oktober dengan intensitas sebesar 648 mm

sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan Juli dengan total curah hujan sebesar 189 mm.

Distribusi frekuensi PM2.5



Gambar 2. Distribusi PM2.5 Bengkulu 2022.

Distribusi frekuensi adalah pengaturan data ke dalam kategori atau rentang nilai-nilai yang berbeda, dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola dan distribusi data tersebut. Shelter Pemantau PM 2.5 dengan *Beta Attenuation Monitoring* (BAM) di Stasiun Klimatologi Bengkulu baru beroperasi sejak akhir tahun 2021. BAM secara otomatis mengukur dan mencatat tingkat konsentrasi partikel di udara menggunakan prinsip atenuasi sinar beta. Dari pengolahan data PM 2.5 selama tahun 2022 di Stasiun Klimatologi Bengkulu, didapatkan informasi mengenai frekuensi distribusi terbanyak adalah konsentrasi 0-15.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan persentase sebesar 55.69%. Artinya adalah lebih dari separuh konsentrasi PM 2.5 yang diukur berada pada Nilai Ambang Batas (NAB) baik menurut kategori BMKG. Konsentrasi batas sedang 15.6 – 55.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan persentase sebanyak 36.05% diikuti dengan batas tidak sehat sebanyak 7.86% dan sangat tidak sehat dengan persentase sebanyak 0.39%. Selama tahun 2022, tidak didapatkan

konsentrasi PM 2.5 pada kategori berbahaya.

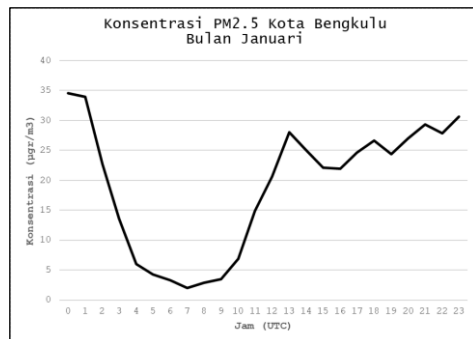
Tabel distribusi frekuensi PM 2.5 dan persentasenya adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Persentase Konsentrasi PM 2.5.

NAB	Konsentrasi ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)	%
Baik	0–15,5	55.69
Sedang	15.6–55.4	36.05
Tidak Sehat	55.5–150.4	7.86
Sangat Tidak Sehat	150.5–250.4	0.39
Berbahaya	>250.4	0

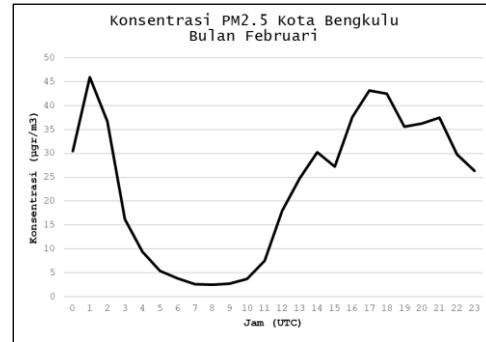
Nilai ini mengindikasikan keadaan kualitas udara di wilayah Kota Bengkulu secara umum masih dalam keadaan dapat diterima oleh manusia secara umum. Namun juga terdapat keadaan tidak sehat hingga sangat tidak sehat pada waktu-waktu tertentu.

Variasi temporal PM 2.5



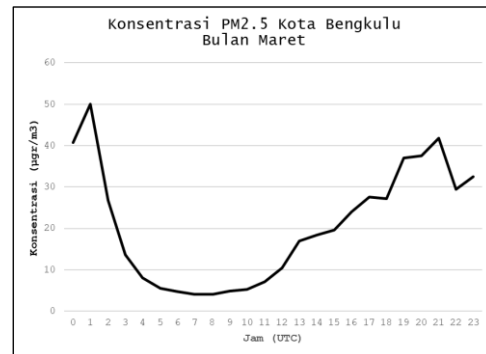
Gambar 3. Variasi PM 2.5 bulan Januari.

Selama bulan Januari, dapat dilihat bahwa konsentrasi PM 2.5 memiliki nilai rata-rata tertinggi sebesar $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jam 00 UTC (07.00 WS) yang kemudian terus turun hingga nilai minimumnya sebesar $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jam 07 UTC (14.00 WS). Kemudian konsentrasi perlahan menaik pada sore hari hingga malam hari.



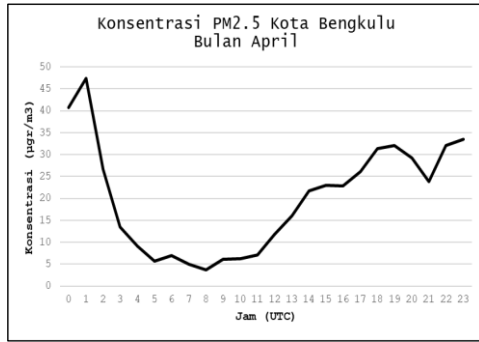
Gambar 4. Variasi PM 2.5 bulan Februari.

Pada bulan Februari, nilai konsentrasi PM 2.5 tertinggi sebesar $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terjadi pada jam 01 UTC (08.00 WS). Nilai ini kemudian terus turun hingga nilai minimumnya sebesar $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jam 08 UTC (15.00 WS). Kemudian konsentrasi perlahan menaik pada sore hari dan mengalami fluktuasi hingga dini hari.



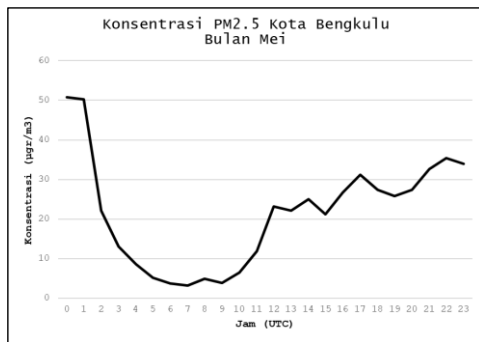
Gambar 5. Variasi PM 2.5 bulan Maret.

Pada bulan Maret, nilai konsentrasi PM 2.5 tertinggi sebesar $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terjadi pada jam 01 UTC (08.00 WS). Nilai ini kemudian terus turun hingga nilai minimumnya sebesar $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jam 08 UTC (15.00 WS). Kemudian konsentrasi perlahan menaik pada sore hari dan mengalami fluktuasi hingga dini hari.



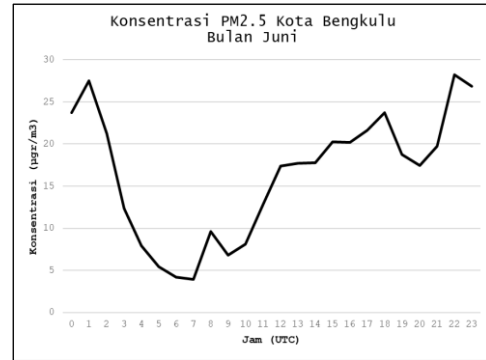
Gambar 6. Variasi PM 2.5 bulan April.

Nilai konsentrasi PM 2.5 tertinggi selama bulan April adalah sebesar $47.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terjadi pada jam 01 UTC (08.00 WS). Nilai ini kemudian terus turun hingga nilai minimumnya sebesar $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jam 08 UTC (15.00 WS). Kemudian konsentrasi terus naik mengalami fluktuasi hingga dini hari.



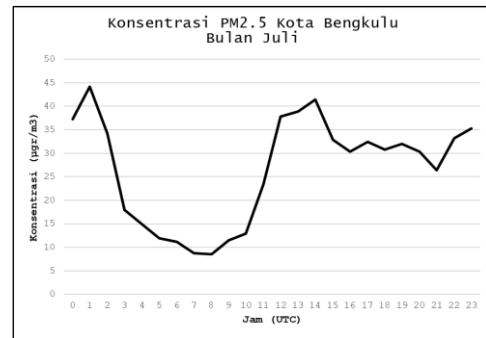
Gambar 7. Variasi PM 2.5 bulan Mei.

Pada bulan Mei, dapat didapatkan informasi bahwa konsentrasi PM 2.5 memiliki nilai tertinggi sebesar $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jam 00 UTC (07.00 WS) yang kemudian terus turun hingga nilai minimumnya sebesar $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada jam 07 UTC (14.00 WS). Kemudian konsentrasi perlahan menaik pada sore hari hingga dini hari.



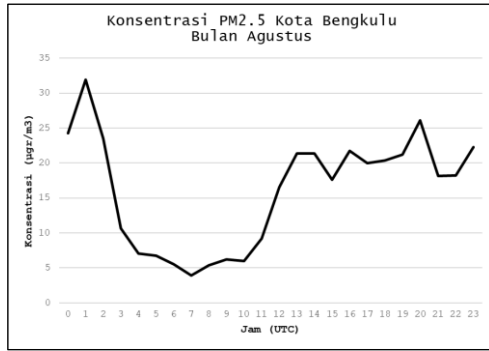
Gambar 8. Variasi PM 2.5 bulan Juni.

Nilai konsentrasi PM 2.5 maksimum selama bulan Juni adalah sebesar $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada 22 UTC (05.00 WS). Nilai maksimum ini memiliki nilai yang lebih sedikit dari bulan-bulan sebelumnya. Hal ini bersesuaian dengan kondisi curah hujan bulan Juni yang memiliki nilai curah hujan sebanyak 564 mm yang juga lebih banyak dari bulan-bulan sebelumnya. Sedangkan nilai minimum PM 2.5 selama Juni adalah $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada 07 UTC (14.00 WS).



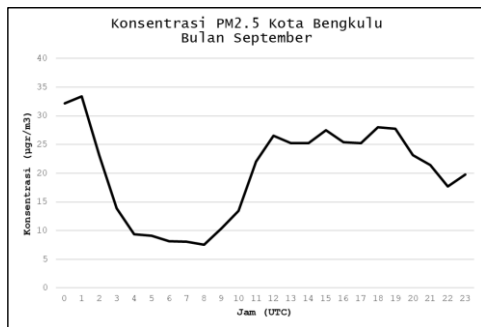
Gambar 9. Variasi PM 2.5 bulan Juli.

Tingkat konsentrasi PM 2.5 pada bulan Juli terbesar adalah $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada 01 UTC (05.00 WS) dan memiliki nilai minimum sebesar $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada 08 UTC (15.00 WS). Nilai minimum ini lebih banyak 2 kali lipat dari bulan-bulan sebelumnya yang berada pada rentang 2 – $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini bersesuaian dengan keadaan curah hujan bulan Juli yang menjadi nilai terendah selama 2022 yaitu sebesar 189 mm.



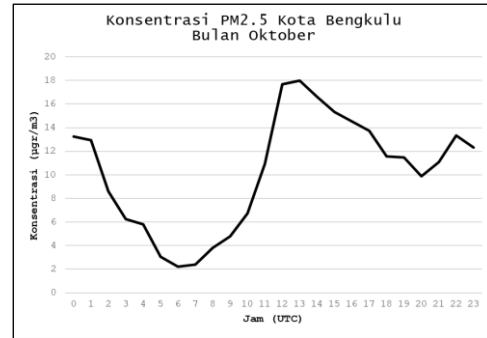
Gambar 10. Variasi PM 2.5 bulan Agustus.

Pada bulan Agustus, nilai konsentrasi tertinggi adalah sebesar 32 µg/m³ yang terjadi pada 01 UTC (08.00 WS) yang kemudian terus turun dan menuju nilai terendah pada 07 UTC (14.00 WS) yaitu sebesar 3.9 µg/m³. Nilai konsentrasi kemudian cenderung naik dan mengalami fluktuasi saat malam hari hingga dini hari.



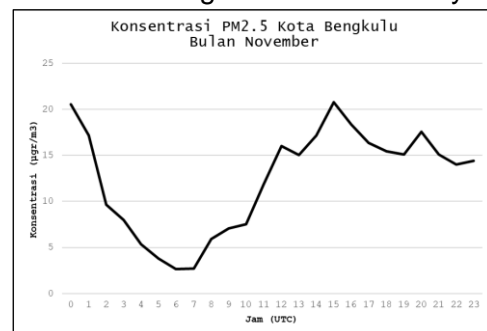
Gambar 11. Variasi PM 2.5 bulan September.

Nilai konsentrasi PM 2.5 maksimum pada bulan September adalah sebesar 28 µg/m³ yang terjadi pada 01 UTC (08.00 WS). Sedangkan untuk nilai minimum konsentrasi PM 2.5 selama September adalah 6.4 µg/m³ yang terjadi pada 08 UTC (15.00 WS). Nilai konsentrasi kemudian berangsur meningkat dan mengalami fluktuasi pada malam hingga dini hari.



Gambar 12. Variasi PM 2.5 bulan Oktober.

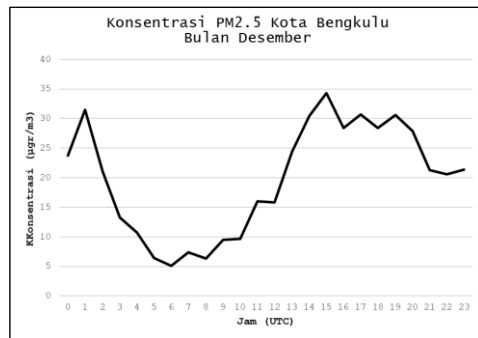
Pada bulan Oktober, pola diurnal dari konsentrasi PM 2.5 cenderung berbeda dengan bulan-bulan sebelumnya. Nilai puncak dari konsentrasi PM_{2.5} terjadi pada jam 12 – 13 UTC (19.00 – 20.00 WS) dengan konsentrasi sebesar 18 µg/m³. Nilai maksimum ini menjadi nilai paling kecil dibandingkan dengan nilai maksimum pada bulan-bulan sebelumnya. Hal ini bersesuaian dengan kondisi curah hujan bulan Oktober yang menjadi curah hujan tertinggi selama tahun 2022 dengan intensitas sebesar 648 mm. Adapun nilai rata-rata minimum selama bulan ini adalah sebesar 2.2 µg/m³ yang terjadi pada jam 06 UTC (13.00 WS). Nilai ini kemudian naik dan menuju puncaknya pada malam hari dan berangsur turun setelahnya.



Gambar 13. Variasi PM 2.5 bulan November.

Konsentrasi PM 2.5 pada bulan November memiliki nilai maksimumnya sebesar 20 µg/m³ yang terjadi pada 00 UTC (07.00 WS)

dan 15 UTC (22.00 WS). Nilai minimumnya adalah sebesar 2.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terjadi pada 06 UTC (13.00 WS). Pada bulan November, intensitas curah hujan juga memiliki nilai yang besar yaitu sebanyak 633 mm yang berdampak pada nilai konsentrasi PM 2.5 seperti halnya bulan Oktober.



Gambar 14. Variasi PM 2.5 bulan Desember.

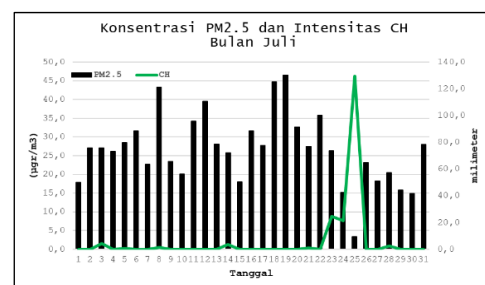
Pola diurnal konsentrasi PM 2.5 pada bulan Desember cenderung sama dengan bulan November dengan nilai maksimum yang terjadi pada jam 15 UTC (22.00 WS) dengan konsentrasi sebesar 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Adapun nilai minimumnya terjadi pada jam 06 UTC (13.00 WS) dengan konsentrasi sebesar 5.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Secara umum, konsentrasi PM 2.5 perjam mencapai puncaknya pada pagi hari antara jam 07 – 08 WS. Ini sangat berlawanan dengan anggapan masyarakat yang lebih memilih untuk beraktivitas luar ruangan di pagi hari, sedangkan tinjauan kualitas udara adalah tidak disarankan karena konsentrasi PM 2.5 sedang berada pada puncaknya. Hal ini patut diwaspadai karena PM 2.5 adalah partikel berukuran kecil yang tidak dapat disaring oleh tubuh dan menyebabkan resiko penyakit pernafasan. Adapun nilai konsentrasi yang memuncak pada pagi hari dapat disebabkan oleh letak geografis Kota

Bengkulu yang berada di dekat ekuator yang banyak dipengaruhi oleh gerak matahari sehingga banyak memunculkan gejala stabilitas atmosfer. Menjelang pagi hari, suhu mencapai minimum dan keadaan atmosfer yang stabil menyebabkan massa polutan udara lebih berat untuk jatuh dan terkonsentrasi di dekat permukaan. Disisi lain, aktivitas antropogenik seperti banyaknya kendaraan akibat jam berangkat kerja atau sekolah memicu naiknya konsentrasi polutan di jam jam tersebut. Pada siang hari, suhu udara mencapai nilai maksimum yang menyebabkan massa udara menjadi lebih ringan dan terangkat akibat adanya gerak vertikal udara.

Pengaruh hujan terhadap PM 2.5

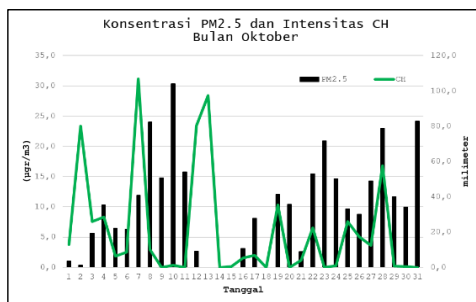
Kondisi lingkungan tidak jarang memberikan pengaruh terhadap komponen biotik maupun abiotik yang ada. Dalam hal ini, unsur iklim berupa curah hujan diuji mengenai bagaimana interaksinya dengan PM 2.5. Sampel yang ditampilkan dalam penelitian diambil pada keadaan curah hujan paling sedikit yaitu pada bulan Juli dan dengan keadaan saat intensitas curah hujan terbanyak yaitu pada bulan Oktober.



Gambar 15. Pola harian PM2.5 dan CH bulan Juli.

Dapat kita lihat pada grafik, bahwa fluktuasi konsentrasi harian PM 2.5 bulan Juli memiliki rata-rata konsentrasi sebesar 26.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Konsentrasi tertingginya adalah 46.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan konsentrasi terendah adalah 3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Selama bulan Juli, banyak deret hari tanpa hujan yang ditandai dengan konsentrasi PM 2.5 berada pada batas sedang. Kemudian keadaan konsentrasi terendah PM 2.5 yaitu terjadi bersamaan dengan curah hujan harian tertinggi, yaitu pada tanggal 25 Juli. Pada tanggal ini, curah hujan maksimum terjadi dengan intensitas sebesar 129.6 mm. Hal ini menjadi indikasi adanya relasi negatif antara PM 2.5 dan curah hujan. Saat hujan turun, partikel-partikel PM 2.5 akan terendapkan ke tanah, menyebabkan penurunan konsentrasi polusi udara. Oleh karena itu, curah hujan berpotensi menjadi faktor alami yang membantu mengurangi polusi udara di wilayah Kota Bengkulu.



Gambar 16. Pola harian PM2.5 dan CH bulan Oktober.

Pada bulan Oktober, deret hari hujan banyak terjadi dengan variasi intensitas ringan hingga lebat. Pada bulan ini, rata-rata konsentrasi PM 2.5 adalah sebesar 11.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai ini lebih kecil 2 kali lipat dibandingkan dengan rata-rata konsentrasi PM 2.5 di bulan Juli. Nilai konsentrasi maksimum pada bulan Oktober ini adalah 30.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dapat dilihat pada grafik, ketika tanggal 02 Oktober terjadi hujan sebesar 80 mm terdapat nilai konsentrasi PM 2.5 sebesar 0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini berbeda dengan kejadian tanggal 10 Oktober

saat terjadi hujan intensitas ringan sebesar 1.2 mm memiliki konsentrasi PM 2.5 yang cukup tinggi yaitu sebesar 30.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini menjadi indikasi adanya hubungan yang cukup kuat antara intensitas hujan dengan konsentrasi PM 2.5. Secara keseluruhan, didapatkan hasil matematis bahwa adanya hujan di wilayah Kota Bengkulu memiliki efek penurunan konsentrasi PM 2.5 hingga 18 % dari rata-rata konsentrasi hariannya. Efek penurunan konsentrasi PM 2.5 dapat meningkat hingga 40% dengan intensitas hujan diatas 50 mm.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pola hujan di wilayah Kota Bengkulu selama tahun 2022 menunjukkan pola ekuatorial dengan puncak pada bulan Juni dan Oktober. Periode hujan dan cuaca memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap fluktuasi konsentrasi PM 2.5.
2. Rata-rata nilai konsentrasi PM 2.5 di wilayah Kota Bengkulu selama tahun 2022 berada pada ambang batas baik dan dapat diterima masyarakat secara umum.
3. Nilai konsentrasi PM 2.5 mencapai nilai maksimum saat cuaca stabil pada pagi hari antara 07 – 08 WS dan memiliki nilai minimum pada kisaran jam 14 – 15 WS.
4. Hujan dapat mereduksi polusi dengan memberikan efek penurunan pada konsentrasi PM 2.5 di wilayah Kota Bengkulu hingga sebanyak 18 %.
5. Efek penurunan konsentrasi PM 2.5 saat intensitas hujan diatas 50 mm dapat meningkat hingga 40 %.

Daftar Pustaka

- [1] Marlita, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor, *JMTransLog*, 01(03), 241–247.
- [2] Tiwary, A., dan Williams, I. (2018). Air Pollution. Florida: *CRC Press*.
- [3] Cahyadi, W., Achmad, B., Suhartono, E., dan Razie, F. (2016). Pengaruh Faktor Meteorologis dan Konsentrasi Partikulat (PM10) Terhadap Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) (Studi Kasus Kecamatan Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru Tahun 2014-2015), *Enviroscientiae*, 12(3), 302–311.
- [4] Kim, K. H., Kabir, E., dan Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter, *Environment International*, 74, 136–143.
- [5] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2015. Informasi Konsentrasi PM2.5. <https://www.bmkg.go.id/kualitas-udara/informasi-partikulat-pm25.bmkg>, diakses pada 18 Juni 2023.
- [6] Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., Speizer, F. E., (1993). An Association Between Air Pollution and Mortality in Six US Cities, *New England journal of medicine*, 329, 1753-1759.
- [7] WHO. (2002). The World Health Organization Report 2002: reducing risks, promoting healthy life. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 232.
- [8] Shendrikar, A. dan Steinmetz, W. K., (2003). Integrating Nephelometer Measurements for the Airborne Fine Particulate Matter (PM2.5) Mass Concentrations, *Atmospheric Environment*, 37, 1383-1392.
- [9] Gautam, S., Patra, A. K., dan Kumar, P. (2018). Status and chemical characteristics of ambient PM2.5 pollutions in China: a review, *Development and Sustainability*, 21(4), 1649–1674.
- [10] Colette, A., Granier, C., Hodnebrog, Ø., Jakobs, H., Maurizi, A., Nyiri, A., Physics. (2012). Future Air Quality in Europe: A Multi-model Assessment of Projected Exposure to Ozone, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12, 10613-10630.
- [11] Houghton, J. T., Albritton, D., Meira Filho, L., Cubasch, U., Dai, X., Ding, Y., Karl, T., (2001). Technical Summary of Working Group 1. Cambridge: *Cambridge University Press*.
- [12] Profil Geografis Kota Bengkulu. (2022). <https://profilkotabengkulu.go.id/>, diakses pada 7 Maret 2023.
- [13] BPS Kota Bengkulu. (2023). Kota Bengkulu Dalam Angka 2023.
- [14] Hutauruk, R. C. H., Rahmanto, E., dan Pancawati, M. C. (2020). Variasi Musiman dan Harian PM2.5 di Jakarta Periode 2016-2019, *Buletin GAW Bariri*, 1(1), 20–28.
- [15] Subagyo, P., (2003). Statistik Deskriptif. Yogyakarta: *BP FE UGM*.
- [16] Hasan, I., 2001, Pokok-Pokok Materi Statistik 1 (Statistik Deskriptif). Vol 2. Jakarta: *PT. Bumi Aksara*.