

## Analisis *Time Trend* Kualitas Udara Ambien dan Peningkatan ISPA di Kota Kendari

### *Time Trend Analysis of Ambient Air Quality and Increased ARI in Kendari City*

Muh. Taufik Hidayat<sup>1</sup>, Erwin Azizi Jayadipraja<sup>2</sup>, Muhammad Asrullah<sup>3</sup>, Kadek Wiana Astawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Gadjah Mada, <sup>2</sup>Universitas Mandala Waluya, Wegeningen University and Research<sup>3</sup>  
(erwinazizijayadipraja@gmail.com, No.085241518709)

#### ABSTRAK

Tingkat kualitas udara yang buruk akan meningkatkan risiko ISPA. Polusi udara khususnya untuk parameter  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$  yang disebabkan oleh kegiatan transportasi ini dapat masuk ke sistem pernapasan manusia hingga ke aveoli dapat meningkatkan risiko ISPA. Paparan polusi udara dapat mempengaruhi fungsi sistem pernapasan dan sistem imun sehingga membuat individu lebih mudah terhadap ISPA. Penelitian ini bertujuan mengetahui *time trend* dan hubungan antara kualitas udara ambien dan peningkatan kasus ISPA di Kota Kendari. Penelitian ini menggunakan data sekunder dengan studi ekologi berdasarkan waktu (*time trend analysis*), korelasi dan analisis non linear dengan *Generalized Additive Model* (GAM). Hasil dari penelitian ini adalah hubungan kualitas udara ambien dengan jumlah kasus ISPA tahun 2020-2022 menunjukkan bahwa  $SO_2$  pada bulan yang sama hingga 3 bulan sebelumnya ( $lag_0 - lag_3$ ) memiliki berhubungan positif dengan jumlah kasus ISPA  $\leq 5$  Tahun maupun ISPA  $> 5$  Tahun dan  $PM_{2.5}$  pada bulan yang sama ( $lag_0$ ) dan 1 bulan sebelumnya ( $lag_1$ ) memiliki berhubungan negatif dengan jumlah kasus ISPA  $> 5$  Tahun. Analisis multivariat menunjukkan kualitas udara ambien yang paling berhubungan dengan jumlah kasus ISPA yaitu  $SO_2$  pada bulan yang sama. Kesimpulan dari penelitian ini adalah Variabel  $SO_2$  pada bulan yang sama, kelembaban pada 1 bulan sebelumnya paling dominan memiliki pengaruh terhadap kejadian ISPA di Kota Kendari.

**Kata Kunci:** Trend, udara, ISPA

#### ABSTRACT

Poor air quality levels will increase the risk of ARI. Air pollution, especially for  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  parameters caused by transportation activities, can enter the human respiratory system and reach the aveoli, increasing the risk of ARI. Exposure to air pollution can affect the function of the respiratory system and immune system, making individuals more susceptible to ARI. This research aims to determine the time trend and relationship between ambient air quality and the increase in ISPA cases in Kendari City. This research uses secondary data with ecological studies based on time (*time trend analysis*), correlation and non-linear analysis with the *Generalized Additive Model* (GAM). The results of this research are the relationship between ambient air quality and the number of ISPA cases in 2020-2022, showing that  $SO_2$  in the same month to the previous 3 months ( $lag_0 - lag_3$ ) has a positive relationship with the number of ARI cases  $\leq 5$  years and ISPA  $> 5$  years and  $PM_{2.5}$  in the same month ( $lag_0$ ) and 1 month before ( $lag_1$ ) has a negative relationship with the number of ARI cases  $> 5$  years. Multivariate analysis shows that ambient air quality is most related to the number of ARI cases, namely  $SO_2$  in the same month. The conclusion of this research is that the  $SO_2$  variable in the same month, humidity in the previous month has the most dominant influence on the incidence of ARI in Kendari City.

**Keywords:** Trend, air, ARI

#### Article Info:

Received: 4 Juni 2024 | Revised form: 12 Juni 2024 | Accepted: 27 Juni 2024 | Published online: Juni 2024

## PENDAHULUAN

Udara adalah kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup dan perkembangan semua kehidupan di bumi yang mempengaruhi kesehatan dan perkembangan ekonomi. Saat ini, karena perkembangan industrialisasi, peningkatan jumlah kendaraan, dan pengoperasian dari Pembangkit Listrik Tenaga UAP (PLTU) sehingga kualitas udara menurun dengan polusi udara yang semakin serius. Ada banyak polutan di atmosfer, seperti  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $PM_{2.5}$ , dan  $PM_{10}$ .<sup>1</sup>

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) merupakan infeksi yang menyerang bagian atas atau bawah saluran pernapasan. Penyakit ini mudah menular dan bisa menimbulkan berbagai macam kondisi, mulai dari tanpa gejala atau ringan hingga parah dan mematikan. Tingkat keparahannya tergantung pada jenis kuman penyebab, kondisi lingkungan, dan daya tahan tubuh penderitanya. Gejalanya meliputi demam, batuk, sakit tenggorokan, pilek, sesak napas, atau kesulitan bernapas.<sup>2</sup>

Berdasarkan data dari Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tenggara menunjukkan bahwa penyakit akibat gangguan pernapasan seperti Infeksi Saluran Pernapasan Akut menjadi penyakit yang memiliki kasus terbanyak yaitu 115.331 kasus.<sup>3</sup> Berdasarkan data dari Dinas Kesehatan Kota Kendari menunjukkan bahwa jumlah penderita Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) sebesar 21.193.<sup>4</sup>

Tingkat kualitas udara yang buruk akan meningkatkan risiko ISPA. Polusi udara khususnya untuk parameter  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$  yang disebabkan oleh kegiatan transportasi ini dapat

masuk ke sistem pernapasan manusia hingga ke aveoli dapat meningkatkan risiko ISPA. Paparan polusi udara dapat mempengaruhi fungsi sistem pernapasan dan sistem imun sehingga membuat individu lebih mudah terhadap ISPA. Paparan polutan diudara seperti zat kimia berbahaya juga mempengaruhi peningkatan risiko ISPA seperti nitrogen dioksida ( $NO_2$ ), Karbon monoksida ( $CO$ ), Sulfur dioksida ( $SO_2$ ) dan *Particular Matter* (PM) dapat menurunkan daya tahan tubuh.<sup>5</sup>

Data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Kendari menunjukkan bahwa parameter  $SO_2$  telah mendekati nilai baku mutu dalam beberapa tahun terakhir, dengan rata-rata tahunan mencapai  $40 \mu g/m^3$  pada tahun 2022. Selain itu, laporan harian Kementerian Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia per September 2023 menunjukkan bahwa nilai Indeks Pencemaran Standar Udara (ISPU) di Kota Kendari mencapai 46, dengan parameter kritis Karbon Monoksida ( $CO$ ). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui *time trend* dan hubungan antara kualitas udara ambien dan peningkatan kasus ISPA di Kota Kendari.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian observasional dengan desain studi ekologi berdasarkan waktu (*time trend analysis*). Lokasi penelitian di Kota Kendari yang dilakukan pada bulan maret 2024. Penelitian ini menggunakan data sekunder. Data ISPA diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Kendari dari tahun 2020-2022, sedangkan data kualitas udara diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Kendari dari tahun 2020-2022. Analisis data dilakukan dalam beberapa

tahap yaitu Merekap data ISPA dan kualitas udara dalam satu tabel di Microsoft excel; melakukan uji normalitas data menggunakan aplikasi STATA; melakukan uji korelasi dengan uji *Spearman Rho* untuk melihat hubungan variabel bebas dan variabel terikat; melakukan uji multivariat dengan metode *Generalized Additive Model (GAM.)* untuk melihat variabel apa yang paling berpengaruh dan membuat grafik *time trend* menggunakan aplikasi *R-Studio* untuk melihat hubungan variabel bebas dan variabel terikat yang dilihat secara grafik

**HASIL**

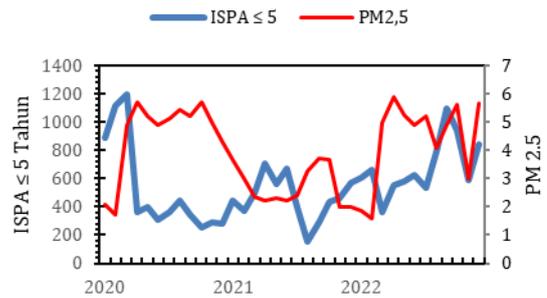
Pada analisis data univariat, digambarkan distribusi frekuensi variabel udara tahun 2020 sampai tahun 2020. Untuk melihat karakteristik masing-masing variabel penelitian maka ditampilkan hasil pengolahan data secara deskriptif yang disajikan dalam tabel berikut ini:

**Tabel 1. Distribusi Frekuensi Variabel Penelitian**

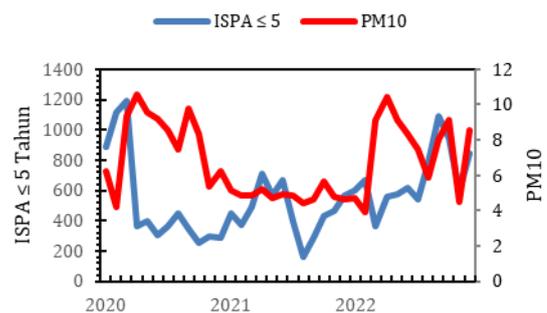
Variabel	Mean	Min	Max
ISPA, kelompok usia ≤ 5 Tahun	908,83	121	2389
ISPA, kelompok usia > 5 Tahun	1546,98	257	5608
PM <sub>2,5</sub>	3,85	1,61	5,90
PM <sub>10</sub>	6,59	3,93	10,43
SO <sub>2</sub>	21,70	3,60	44,50
CO	558,83	2,65	2803,07
NO <sub>2</sub>	17,64	3,52	52,26

Berdasarkan tabel 1 menggambarkan pengukuran kualitas udara, rata-rata konsentrasi bulanan polutan menunjukkan nilai sebagai berikut: PM<sub>2,5</sub> dengan nilai 3,85 µg/m<sup>3</sup> (maksimum 5,9 µg/m<sup>3</sup>, minimum 1,6 µg/m<sup>3</sup>), PM<sub>10</sub> dengan nilai 6,59 µg/m<sup>3</sup> (maksimum 10,43 µg/m<sup>3</sup>,

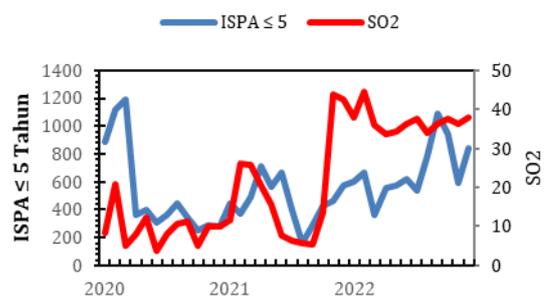
minimum 3,9 µg/m<sup>3</sup>), SO<sub>2</sub> dengan nilai 21,70 µg/m<sup>3</sup> (maksimum 44,5 µg/m<sup>3</sup>, minimum 3,6 µg/m<sup>3</sup>), CO dengan nilai 558,83 µg/m<sup>3</sup> (maksimum 2803,07 µg/m<sup>3</sup>, minimum 2,65 µg/m<sup>3</sup>), dan NO<sub>2</sub> dengan nilai 17,64 µg/m<sup>3</sup> (maksimum 52,26 µg/m<sup>3</sup>, minimum 3,52 µg/m<sup>3</sup>).



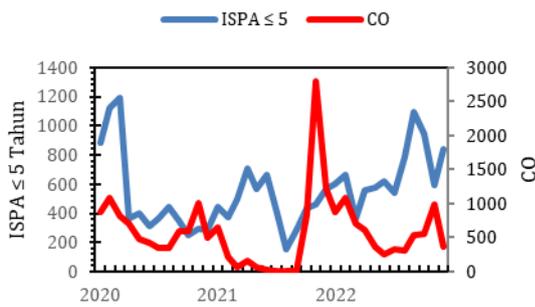
**Gambar 1. Grafik Hubungan PM<sub>2,5</sub> dengan Jumlah Kasus ISPA ≤ 5 Tahun**



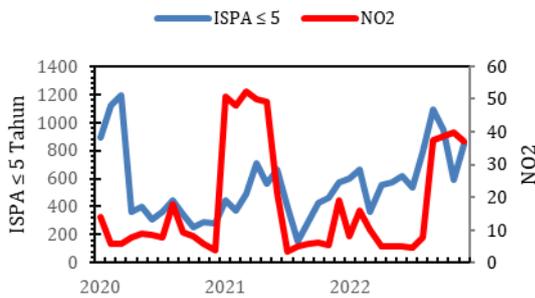
**Gambar 2. Grafik Hubungan PM<sub>10</sub> dengan Jumlah Kasus ISPA ≤ 5 Tahun**



**Gambar 3. Grafik Hubungan SO<sub>2</sub> dengan Jumlah Kasus ISPA ≤ 5 Tahun**



**Gambar 4. Grafik Hubungan CO dengan Jumlah Kasus ISPA ≤ 5 Tahun**



**Gambar 5. Grafik Hubungan NO<sub>2</sub> dengan Jumlah Kasus ISPA ≤ 5 Tahun**

Berdasarkan pada Gambar 1 menunjukkan pola hubungan PM<sub>2.5</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang positif antara PM<sub>2.5</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun, yang mana grafik PM<sub>2.5</sub> diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren penurunan, PM<sub>2.5</sub> pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren peningkatan, PM<sub>2.5</sub> pada bulan yang sama mengalami peningkatan. Tetapi pada tahun 2020 memiliki grafik yang cenderung berbeda antara PM<sub>2.5</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun, dikarenakan dari kedua grafik tersebut memiliki fluktuasi yang berbeda.

Berdasarkan pada Gambar 2 menunjukkan pola hubungan PM<sub>10</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤

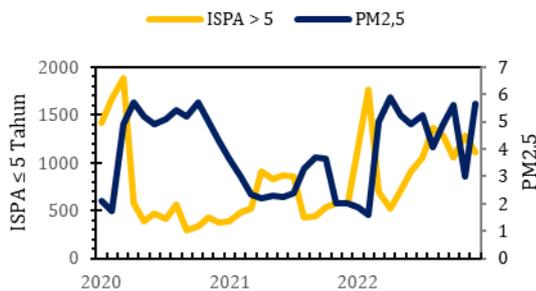
5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang positif antara PM<sub>10</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun, yang mana grafik PM<sub>10</sub> diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren penurunan, PM<sub>10</sub> pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren peningkatan, PM<sub>10</sub> pada bulan yang sama mengalami peningkatan.

Berdasarkan pada Gambar 3 menunjukkan pola hubungan SO<sub>2</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang positif antara SO<sub>2</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun, yang mana grafik SO<sub>2</sub> diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren penurunan, SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren peningkatan, SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama mengalami peningkatan.

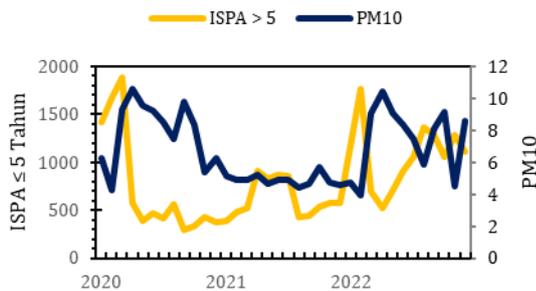
Berdasarkan pada Gambar 4 menunjukkan pola hubungan CO dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang positif antara CO dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun, yang mana grafik CO diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren penurunan, CO pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren peningkatan,

CO pada bulan yang sama mengalami peningkatan.

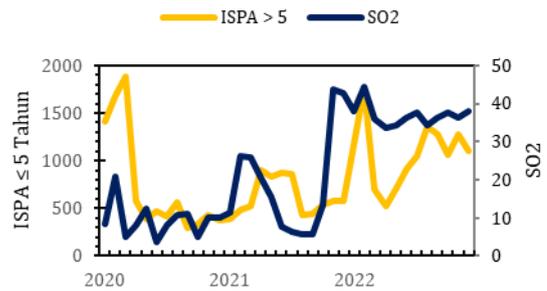
Berdasarkan pada Gambar 5 menunjukkan pola hubungan NO<sub>2</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang positif antara NO<sub>2</sub> dengan jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun, yang mana grafik NO<sub>2</sub> diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren penurunan, NO<sub>2</sub> pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren peningkatan, NO<sub>2</sub> pada bulan yang sama mengalami peningkatan.



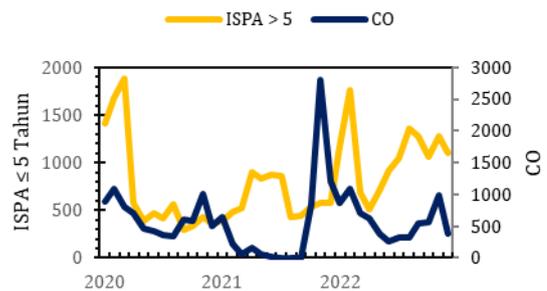
Gambar 6. Grafik Hubungan PM<sub>2,5</sub> dengan Jumlah Kasus ISPA > 5 Tahun



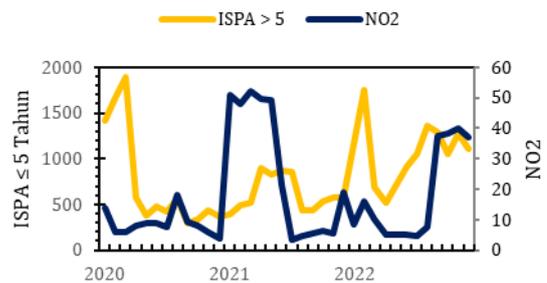
Gambar 7. Grafik Hubungan PM<sub>10</sub> dengan Jumlah Kasus ISPA > 5 Tahun



Gambar 8. Grafik Hubungan SO<sub>2</sub> dengan Jumlah Kasus ISPA > 5 Tahun



Gambar 9. Grafik Hubungan CO dengan Jumlah Kasus ISPA > 5 Tahun



Gambar 10. Grafik Hubungan NO<sub>2</sub> dengan Jumlah Kasus ISPA > 5 Tahun

Berdasarkan pada Gambar 6 menunjukkan pola hubungan PM<sub>2,5</sub> dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang positif antara PM<sub>2,5</sub> dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun, yang mana grafik PM<sub>2,5</sub> diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA ≤ 5 Tahun menunjukkan tren penurunan, PM<sub>2,5</sub> pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan tren

peningkatan,  $PM_{2.5}$  pada bulan yang sama mengalami peningkatan. Tetapi pada tahun 2020 memiliki grafik yang cenderung berbeda antara  $PM_{2.5}$  dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun, dikarenakan dari kedua grafik tersebut memiliki fluktuasi yang berbeda.

Berdasarkan pada Gambar 7 menunjukkan pola hubungan  $PM_{10}$  dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang positif antara  $PM_{10}$  dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun, yang mana grafik  $PM_{10}$  diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan tren penurunan,  $PM_{10}$  pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan trend peningkatan,  $PM_{10}$  pada bulan yang sama mengalami peningkatan.

Berdasarkan pada Gambar 8 menunjukkan pola hubungan  $SO_2$  dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang positif antara  $SO_2$  dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun, yang mana grafik  $SO_2$  diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan tren penurunan,  $SO_2$  pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan tren peningkatan,  $SO_2$  pada bulan yang sama mengalami peningkatan.

Berdasarkan pada Gambar 9 menunjukkan pola hubungan CO dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola

hubungan yang positif antara CO dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun, yang mana grafik CO diikuti dengan grafik jumlah kasus. Hal tersebut sama jika dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan tren penurunan, CO pada bulan yang sama mengalami penurunan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan tren peningkatan, CO pada bulan yang sama mengalami peningkatan.

Berdasarkan pada Gambar 10 menunjukkan pola hubungan  $NO_2$  dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun. Secara umum grafik menggambarkan pola hubungan yang negatif antara  $NO_2$  dengan jumlah kasus ISPA > 5 Tahun, yang mana grafik  $NO_2$  tidak diikuti dengan grafik jumlah kasus pada tahun 2020 dan 2022. Hal tersebut dapat dilihat dari pola fluktuasinya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan tren penurunan tetapi  $NO_2$  pada bulan yang sama mengalami peningkatan. Dan sebaliknya ketika jumlah kasus ISPA > 5 Tahun menunjukkan tren peningkatan tetapi  $NO_2$  pada bulan yang sama mengalami penurunan.

Analisis normalitas data menggunakan metode *saphiro-wilk*. Hasil uji normalitas terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data**

Variabel	<i>Shapiro-Wilk</i>	Normalitas
ISPA $\leq$ 5 Tahun	0,05535	Normal
ISPA > 5 Tahun	0,00000	Tidak Normal
$PM_{2.5}$	0,00123	Tidak Normal
$PM_{10}$	0,00093	Tidak Normal
$SO_2$	0,00035	Tidak Normal
$NO_2$	0,00002	Tidak Normal

Hasil uji menunjukkan bahwa pada variabel ISPA  $\leq$  5 Tahun mempunyai  $p > \alpha$  (0,05), artinya

H0 diterima sehingga variabel ISPA  $\leq 5$  Tahun tidak berbeda dengan kurva normal ideal dengan kata lain sebaran variabel data tersebut normal. Sedangkan ISPA  $> 5$  Tahun, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> didapat  $p < \alpha$  (0,05), artinya H0 ditolak, sehingga variabel ISPA  $> 5$  Tahun, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> berbeda dengan kurva normal ideal atau dengan kata lain, sebaran data variabel tersebut tidak normal.

Berdasarkan hasil analisis normalitas data, ISPA  $> 5$  Tahun sebagai variabel terikat memiliki sebaran data tidak normal, sehingga analisis kasus ISPA berdasarkan Kualitas udara ambien di Kota Kendari dilakukan dengan menggunakan uji korelasi *Spearman-rho*.

**Tabel 3. Analisis Korelasi Variabel Kualitas Udara Ambien Terhadap Kejadian ISPA  $\leq 5$  Tahun**

<i>Time-lag</i>	<i>P-Value</i>	<b>R</b>
PM <sub>2,5</sub> Lag 0	0.0913	-0.2856
PM <sub>2,5</sub> Lag 1	0.1720	-0.2327
PM <sub>2,5</sub> Lag 2	0.6793	-0.0713
PM <sub>2,5</sub> Lag 3	0.7538	0.7538
PM <sub>10</sub> Lag 0	0.6851	-0.0700
PM <sub>10</sub> Lag 1	0.4882	-0.1193
PM <sub>10</sub> Lag 2	0.5677	0.0985
PM <sub>10</sub> Lag 3	0.4605	0.1270
SO <sub>2</sub> Lag 0	0.0023*	0.4920
SO <sub>2</sub> Lag 1	0.0023*	0.5750
SO <sub>2</sub> Lag 2	0.0005*	0.5512
SO <sub>2</sub> Lag 3	0.0006*	0.5467
CO Lag 0	0.2775	0.1860
CO Lag 1	0.2403	0.2008
CO Lag 2	0.2462	0.1983
CO Lag 3	0.3733	0.1529
NO <sub>2</sub> Lag 0	0.0699	0.3056
NO <sub>2</sub> Lag 1	0.1868	0.2251
NO <sub>2</sub> Lag 2	0.3507	0.1602
NO <sub>2</sub> Lag 3	0.8581	-0.0309

\*Signifikan ( $p\text{-value} < 0.05$ )

Tabel 3 menunjukkan bahwa SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama hingga 3 bulan sebelumnya (lag0 – lag3) berhubungan signifikan dengan kasus ISPA

$\leq 5$  Tahun. Nilai korelasi menunjukkan arah positif dengan kekuatan hubungan yang sedang (rlag0 = 0.4920, rlag1 = 0.5750, rlag2 = 0.5512 dan rlag3 = 0.5467). Hal ini berarti bahwa semakin tinggi konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara maka kasus ISPA  $\leq 5$  Tahun juga semakin tinggi.

**Tabel 4. Analisis Korelasi Variabel Kualitas Udara Ambien terhadap kejadian ISPA  $> 5$  Tahun**

<i>Time-lag</i>	<i>P-Value</i>	<b>R</b>
PM <sub>2,5</sub> Lag 0	0.0319*	-0.3584
PM <sub>2,5</sub> Lag 1	0.0368*	-0.3493
PM <sub>2,5</sub> Lag 2	0.2295	-0.2054
PM <sub>2,5</sub> Lag 3	0.7947	-0.0449
PM <sub>10</sub> Lag 0	0.2335	-0.2037
PM <sub>10</sub> Lag 1	0.2100	-0.2140
PM <sub>10</sub> Lag 2	0.9578	-0.0091
PM <sub>10</sub> Lag 3	0.4941	0.1177
SO <sub>2</sub> Lag 0	0.0054*	0.4543
SO <sub>2</sub> Lag 1	0.0001*	0.5947
SO <sub>2</sub> Lag 2	0.0000*	0.6334
SO <sub>2</sub> Lag 3	0.0001*	0.6200
CO Lag 0	0.2622	0.1919
CO Lag 1	0.2363	0.2025
CO Lag 2	0.3075	0.1749
CO Lag 3	0.3237	0.1693
NO <sub>2</sub> Lag 0	0.4804	0.1215
NO <sub>2</sub> Lag 1	0.3144	0.1725
NO <sub>2</sub> Lag 2	0.3621	0.1265
NO <sub>2</sub> Lag 3	0.7781	0.0487

\*Signifikan ( $p\text{-value} < 0.05$ )

Tabel 4 menunjukkan bahwa PM<sub>2,5</sub> pada bulan yang sama (lag0) dan 1 bulan sebelumnya (lag1) berhubungan signifikan dengan kasus ISPA  $> 5$  Tahun. Nilai korelasi menunjukkan arah negatif dengan kekuatan hubungan yang lemah (rlag0 = -0.3584 dan rlag1 = -0.3493). Hal ini berarti bahwa semakin rendah konsentrasi PM<sub>2,5</sub> di udara maka kasus ISPA  $\leq 5$  Tahun semakin tinggi.

SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama hingga 3 bulan sebelumnya (lag0 – lag3) berhubungan signifikan dengan kasus ISPA  $> 5$  Tahun. Nilai korelasi menunjukkan arah positif dengan kekuatan

hubungan yang sedang hingga kuat ( $rlag0 = 0.4543$ ,  $rlag1 = 0.5947$ ,  $rlag2 = 0.6334$  dan  $rlag3 = 0.6200$ ). Hal ini berarti bahwa semakin tinggi konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara maka kasus ISPA > 5 Tahun juga semakin tinggi.

**Tabel 5. Model 1 antara kualitas udara ambien dengan kasus ISPA ≤ 5 Tahun**

<i>ISPA ≤ 5 Tahun</i>	<i>Lag 0</i> <i>p-value</i>	<i>Lag 1</i> <i>p-value</i>	<i>Lag 2</i> <i>p-value</i>	<i>Lag 3</i> <i>p-value</i>	<i>R-sq</i>
PM <sub>2.5</sub>	0,3458	0,0170*	0,9443	0,2538	
PM <sub>10</sub>	0,2914	0,3445	0,3917	0,1529	
SO <sub>2</sub>	0,0107*	0,0545	0,0861	0,7772	0,68
CO	0,0148*	0,0307*	0,5706	0,0421*	
NO <sub>2</sub>	0,7332	0,5465	0,0473*	0,3966	

Tabel 5 menunjukkan bahwa PM<sub>2.5</sub> pada 1 bulan sebelumnya (*lag 1*), SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama (*lag 0*), CO pada bulan yang sama, 1 bulan sebelumnya dan 3 bulan sebelumnya (*lag 0*, *lag 1* dan *lag 3*) dan NO<sub>2</sub> pada 2 bulan sebelumnya (*lag 2*) memiliki hubungan yang signifikan dengan kasus ISPA ≤ 5 Tahun. Nilai R square sebesar 0.68, yang artinya kemampuan variabel bebas menjelaskan variabel terikat yaitu sebesar 68%.

**Tabel 6. Model 2 antara kualitas udara ambien dengan kasus ISPA ≤ 5 Tahun**

<i>ISPA ≤ 5 Tahun</i>	<i>Lag</i>	<i>P-Value</i>	<i>R-sq</i>
PM <sub>2.5</sub>	<i>Lag 1</i>	0.246	
SO <sub>2</sub>	<i>Lag 0</i>	0.048*	
CO	<i>Lag 0</i>	0.413	0,144
	<i>Lag 1</i>	0.556	
NO <sub>2</sub>	<i>Lag 3</i>	0.800	
	<i>Lag 1</i>	0.287	

\*Signifikan ( $p\text{-value} < 0.05$ )

Tabel 6 menunjukkan variabel SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama (*lag 0*) yang paling berhubungan dengan kasus ISPA ≤ 5 Tahun dengan nilai yang signifikan yang kuat. Nilai R square sebesar 0.144, yang artinya kemampuan variabel bebas menjelaskan variabel terikat yaitu hanya sebesar

14.4%.

**Tabel 7. Model 1 antara kualitas udara ambien dengan kasus ISPA > 5 Tahun**

<i>ISPA &gt; 5 Tahun</i>	<i>Lag 0</i> <i>p-value</i>	<i>Lag 1</i> <i>p-value</i>	<i>Lag 2</i> <i>p-value</i>	<i>Lag 3</i> <i>p-value</i>	<i>R-sq</i>
PM <sub>2.5</sub>	0,901	0,112	0,970	0,330	
PM <sub>10</sub>	0,313	0,317	0,677	0,209	
SO <sub>2</sub>	0,133	0,258	0,268	0,525	0,01
CO	0,106	0,281	0,925	0,214	
NO <sub>2</sub>	0,568	0,666	0,992	0,774	

\*Signifikan ( $p\text{-value} < 0.05$ )

Tabel 7 menunjukkan bahwa seluruh variabel terikat tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kasus ISPA ≤ 5 Tahun. Nilai p-value dari model 1 diatas menunjukkan nilai yang melebihi 0,05 yang artinya tidak terdapat bukti yang cukup kuat untuk menolak hipotesis nol (H<sub>0</sub>).

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji statistik hubungan kualitas udara ambien dengan kasus ISPA ≤ 5 Tahun tahun 2020-2022 menunjukkan bahwa adanya hubungan signifikan dengan arah positif antara SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama hingga 3 bulan sebelumnya (*lag 0 – lag 3*) berhubungan signifikan dengan kasus ISPA ≤ 5 Tahun. Sementara itu, analisis kualitas udara ambien dengan kasus ISPA > 5 Tahun tahun 2020-2022 menunjukkan bahwa adanya hubungan signifikan dengan arah negatif antara PM<sub>2.5</sub> pada bulan yang sama (*lag 0*) dan 1 bulan sebelumnya (*lag 1*) dengan ISPA > 5 Tahun. adanya hubungan signifikan dengan arah positif antara SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama hingga 3 bulan sebelumnya (*lag 0 – lag 3*) dengan kasus ISPA > 5 Tahun.

Berdasarkan hasil analisis korelasi statistik SO<sub>2</sub> terhadap kejadian ISPA akan semakin

signifikansi dan nilai koefisien korelasi akan semakin kuat apabila dihubungkan dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama hingga 3 bulan sebelumnya (*lag0* – *lag3*) dengan kekuatan nilai korelasi bersifat sedang dengan arah positif.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Pekanbaru menunjukkan adanya korelasi statistik SO<sub>2</sub> terhadap kejadian ISPA akan semakin signifikan dan nilai koefisien korelasi akan semakin kuat apabila dihubungkan dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> pada satu bulan sebelumnya (*lag1*) dengan kekuatan nilai korelasi bersifat lemah dengan arah positif.<sup>6</sup> Penelitian yang dilakukan Linares, *et.al.*, di Salamanca, Meksiko didapatkan hubungan yang signifikan antara SO<sub>2</sub> dengan gejala penyakit pernapasan yaitu ISPA (OR=1,052) pada setiap kenaikan konsentrasi sebesar 10 µg/m<sup>3</sup>.<sup>7</sup> Di Palemo Italia, penelitian membuktikan bahwa SO<sub>2</sub> dapat meningkatkan resiko kesehatan terutama pada saluran pernapasan sebesar 4,4%.<sup>8</sup>

Sulfur dioksida dihasilkan oleh setiap kegiatan industri yang menggunakan bahan yang mengandung belerang untuk menghasilkan listrik, meskipun juga dapat diproduksi oleh kendaraan melalui pembakaran bahan bakar. Hampir semua emisi sulfur dioksida di dunia dihasilkan oleh aktivitas manusia. Kurang dari 2 persen emisi berasal dari sumber alami.<sup>9</sup>

Jalur utama paparan SO<sub>2</sub> ke tubuh manusia adalah melalui pernapasan. SO<sub>2</sub> dapat mengakibatkan iritasi pada saluran pernapasan dengan menyebabkan pembengkakan pada membran mukosa, serta menghambat aliran udara dalam saluran pernapasan. Selain melalui

pernapasan, gas SO<sub>2</sub> juga dapat meresap ke dalam tubuh manusia melalui kulit dan mata, terutama dalam kondisi lingkungan yang lembab.<sup>10</sup>

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan di Indonesia pada 234 kabupaten/kota selama periode waktu 3 tahun (2009-2011). Pada penelitian ini menjelaskan bahwa tidak ada hubungan SO<sub>2</sub> dengan jumlah kasus ISPA pada balita di Indonesia periode waktu 2009 hingga 2011 tetapi penelitian ini menunjukkan untuk SO<sub>2</sub> mungkin lebih dipengaruhi oleh kesalahan klasifikasi paparan dan hasil ini dapat dijelaskan oleh pengukuran polusi udara terutama yang mencakup daerah padat penduduk dengan lalu lintas tinggi.<sup>11</sup>

Berdasarkan hasil analisis korelasi statistik PM<sub>2.5</sub> terhadap kejadian ISPA akan semakin signifikan dan nilai koefisien korelasi akan semakin kuat apabila dihubungkan dengan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> pada bulan yang sama (*lag0*) dan 1 bulan sebelumnya (*lag1*) dengan kekuatan nilai korelasi bersifat lemah dengan arah negatif. Berdasarkan analisis secara grafik dapat dilihat bahwa tidak terdapat hubungan searah antara peningkatan PM<sub>2.5</sub> dan peningkatan kejadian ISPA > 5 Tahun setiap kenaikan kasus ISPA > 5 Tahun tidak diikuti oleh kenaikan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> begitupun sebaliknya setiap kenaikan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> tidak diikuti oleh kenaikan kasus ISPA > 5 Tahun.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Jinan, Cina yang menunjukkan bahwa polutan udara ambien PM<sub>2.5</sub> secara signifikan terkait dengan rawat inap anak-anak di rumah sakit untuk penyakit pernapasan di Jinan, Cina.<sup>12</sup> Pada penelitian lainnya menunjukkan bahwa

peningkatan 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dalam  $\text{PM}_{2,5}$  pada jeda waktu 0 hari secara signifikan terkait dengan peningkatan infeksi saluran pernapasan bagian atas sebesar 0,19% (95% CI, 0,04%-0,35%) di Beijing.<sup>13</sup> Li et al., (2018) menemukan bahwa peningkatan konsentrasi  $\text{PM}_{2,5}$  sebesar 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pada jeda waktu 3 hari berhubungan dengan peningkatan 0,25% (95% CI, - 0,15%-0,35%) pada infeksi saluran pernapasan bagian atas.<sup>14</sup>

Secara khusus, anak-anak memiliki risiko yang lebih besar untuk dirawat di rumah sakit karena penyakit pernapasan akibat paparan  $\text{PM}_{2,5}$  pada laki-laki dan kelompok pelajar (usia 6-17 tahun). Selain itu, estimasi risiko juga signifikan pada penyakit infeksi bagian atas. Hasil penelitian ini menekankan pentingnya dan urgensi pengendalian polusi udara. Selain itu, mengingat risiko ini terkait dengan aktivitas anak-anak di luar ruangan, ketika konsentrasi polutan di atmosfer meningkat, orang-orang harus menjaga anak-anak di dalam ruangan untuk mengurangi paparan di luar ruangan.<sup>12</sup>  $\text{PM}_{2,5}$  dan  $\text{PM}_{10}$  adalah partikel yang mengandung berbagai senyawa seperti sulfat, nitrat, karbon, amonium, ion hidrogen, senyawa organik, dan partikel yang terikat air. Pengaruh partikel di udara ini bergantung pada ukurannya. Partikel dengan ukuran kurang dari 5  $\mu\text{m}$  bisa masuk dan menetap di alveoli. Sementara itu, partikel dengan ukuran lebih dari 5  $\mu\text{m}$  bisa mengganggu saluran pernapasan atas dan menyebabkan iritasi mata, terutama jika sudah bereaksi dengan  $\text{SO}_2$ .<sup>2,15</sup>

Pada penelitian ini tidak terdapat hubungan antara  $\text{PM}_{10}$  secara statistik tetapi secara grafik memiliki hubungan dengan kejadian ISPA  $> 5$

Tahun. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan di wilayah Jakarta Barat yang menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara  $\text{PM}_{10}$  dengan peningkatan kasus ISPA karena jika konsentrasi  $\text{PM}_{10}$  tinggi maka akan diikuti kasus ISPA akan tinggi.<sup>16</sup>  $\text{PM}_{10}$  adalah partikel polutan udara yang berukuran sangat kecil yaitu kurang dari 10 mikrometer. Ukurannya yang kecil ini membuatnya mudah terhirup dan masuk ke dalam sistem pernapasan, bahkan hingga ke paru-paru. Partikel  $\text{PM}_{10}$  ini pun dapat bertahan di dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama.<sup>17;18;19</sup>

Pada penelitian ini tidak terdapat hubungan antara CO dengan kejadian ISPA secara statistik. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Kabupaten Banjar yang menunjukkan bahwa tidak ada hubungan secara statistik pencemaran karbon monoksida dengan kejadian ISPA di Desa Sungai Alat Kabupaten Banjar dikarenakan hasil analisis mempunyai nilai  $p > 0,05$ . Penelitian ini juga menjelaskan bahwa kisaran nilai CO antara 0,19 – 1,62  $\text{mg}/\text{m}^3$  adalah hasil pengukuran sesaat tanpa mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti kepadatan lalu lintas di desa, jarak rumah dari jalan, dan kebiasaan merokok penghuni rumah. Faktor-faktor tersebut secara teoritis akan mempengaruhi tingkat CO dalam ruangan.<sup>20</sup>

Pada penelitian ini tidak terdapat hubungan antara  $\text{NO}_2$  dengan kejadian ISPA secara statistik. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Depok yang menunjukkan bahwa polutan  $\text{NO}_2$  tidak berisiko pada semua kelompok umur di Kelurahan Depok walaupun paru-paru merupakan organ tubuh yang paling rentan terhadap dampak pencemaran gas  $\text{NO}_2$ . Jika paru-paru terpapar gas

NO<sub>2</sub>, mereka akan mengalami pembengkakan yang mengakibatkan kesulitan bernafas yang berpotensi fatal. Gas NO<sub>2</sub> juga sangat reaktif dan telah diketahui dapat menyebabkan bronkitis, pneumonia, serta meningkatkan risiko terhadap infeksi pernapasan.<sup>21</sup>

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kualitas udara di Kota Kendari selama tahun 2020-2022 mengalami fluktuasi yang dimana tahun 2021 beberapa parameter mengalami penurunan nilai seperti PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> itu disebabkan adanya pandemi covid-19 sehingga banyak Masyarakat lebih memilih tinggal dirumah sehingga jumlah emisi dari kendaraan berkurang. Variabel SO<sub>2</sub> pada bulan yang sama, kelembaban pada 1 bulan sebelumnya paling dominan memiliki pengaruh terhadap kejadian ISPA di Kota Kendari. Perlu penelitian lanjutan menggunakan durasi data yang lebih lama khususnya untuk kualitas udara ambien dalam mengembangkan model prediksi kejadian ISPA berdasarkan variabel kualitas udara ambien sehingga didapat suatu model yang mampu memprediksi kejadian ISPA kedepannya. Karena penelitian ini bersifat spesifik pada wilayah Kota Kendari, tentu perlu kajian yang mendalam mengenai kejadian ISPA ditempat lain yang dihubungkan dengan karakteristik kualitas udara ambien pada daerah tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bai L, Wang J, Ma X, Lu H. Air pollution forecasts: An overview. *International journal of environmental research and public health*. 2018;15(4):780.
2. Febriyani F, Syahrir M, Dwicahya B, Sakati SN, Kanan M. Hubungan Kondisi Rumah dengan Kejadian Ispa pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Baturube: Relationship Conditions of House with The Event of Arrives in Children In The Working Area Of Puskesmas Baturube. *Jurnal Kesmas Untika Luwuk: Public Health Journal*. 2020;11(2):49-55.
3. Dinkes Prov. Sultra. *Profil Kesehatan Provinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2020*. Kendari, 2020.
4. Dinkes Kota Kendari. *Profil Kesehatan Kota Kendari Tahun 2020*. Kendari. 2020.
5. World Health Organization. *Ambient (outdoor) air pollution*. 2022. [https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
6. Irawan A, Sutomo AH, Sukandarrumidi S. Indeks standar pencemaran udara, faktor meteorologi dan infeksi saluran pernapasan akut di Pekanbaru. *Berita Kedokteran Masyarakat*. 2017;33(5):225-32.
7. Linares B, Guizar JM, Amador N, Garcia A, Miranda V, Perez JR, Chapela R. Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study. *BMC Pulmonary Medicine*. 2010;10(1):1-9.
8. Tramuto F, Cusimano R, Cerame G, Vultaggio M, Calamusa G, Maida CM, Vitale F. Urban air pollution and emergency room admissions for respiratory symptoms: a case-

- crossover study in Palermo, Italy. *Environmental Health*. 2011;10(2):1-1.
9. IQAir Staff. Sulfur dioksida. IQAir. 2015. <https://www.iqair.com/id/newsroom/sulphur-dioxide>
  10. Zhang F, Zhang H, Wu C, Zhang M, Feng H, Li D, Zhu W. Acute effects of ambient air pollution on clinic visits of college students for upper respiratory tract infection in Wuhan, China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021;28(8):20-30.
  11. Suryadhi MA, Abudureyimu K, Kashima S, Yorifuji T. Nitrogen dioxide and acute respiratory tract infections in children in Indonesia. *Archives of Environmental & Occupational Health*. 2020;75(5):274-80.
  12. Liu J, Li Y, Li J, Liu Y, Tao N, Song W, Cui L, Li H. Association between ambient PM 2.5 and children's hospital admissions for respiratory diseases in Jinan, China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019;26(241):12-20.
  13. Xu Q, Li X, Wang S, Wang C, Huang F, Gao Q, Wu L, Tao L, Guo J, Wang W, Guo X. Fine particulate air pollution and hospital emergency room visits for respiratory disease in urban areas in Beijing, China, in 2013. *PLoS one*. 2016;11(4):1-17.
  14. Li YR, Xiao CC, Li J, Tang J, Geng XY, Cui LJ, Zhai JX. Association between air pollution and upper respiratory tract infection in hospital outpatients aged 0–14 years in Hefei, China: a time series study. *Public health*. 2018;15(6):92-100.
  15. Xing YF, Xu YH, Shi MH, Lian YX. The impact of PM2.5 on the human respiratory system. *Journal of thoracic disease*. 2016;8(1):6-9.
  16. Hidayati R, Anggiani ST, Maufikoh I. Incidence Analysis of an Acute Respiratory Infection due to Climate Conditions and PM10 Concentration in West Jakarta Region. *Agromet*. 2017;31(2):62-70.
  17. de Gois JS, Almeida TS, Alves JC, Araujo RG, Borges DL. Assessment of the halogen content of Brazilian inhalable particulate matter (PM10) using high resolution molecular absorption spectrometry and electrothermal vaporization inductively coupled plasma mass spectrometry, with direct solid sample analysis. *Environmental Science & Technology*. 2016;50(6):3031-8.
  18. Satsangi PG, Yadav S, Pipal AS, Kumbhar N. Characteristics of trace metals in fine (PM2.5) and inhalable (PM10) particles and its health risk assessment along with in-silico approach in indoor environment of India. *Atmospheric Environment*. 2014;9(2):384-93.
  19. Tiwari S, Hopke PK, Pipal AS, Srivastava AK, Bisht DS, Tiwari S, Singh AK, Soni VK, Attri SD. Intra-urban variability of particulate matter (PM2.5 and PM10) and its relationship with optical properties of aerosols over Delhi, India. *Atmospheric Research*. 2015;16(6):223-32.
  20. Santoso I, Darmiah D. Hubungan Pencemaran Karbon Monoksida dalam Rumah dengan Kejadian ISPA di Desa Sungai Alat Kabupaten Banjar. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik*

- Kesehatan Lingkungan. 2015;12(1):238-42.
21. Ludyaningrum RM. Driving Behavior and mileage with the Incidence of ISPA in Students UNAIR Surabaya. *Jurnal Berkala Epidemiologi*.2017;4(3):371-83.