



Hubungan Kualitas Udara dengan Kejadian ISPA pada Dewasa: Analisis Kluster Epidemiologi dan Uji Korelasi Biostatistik

(The Relationship Between Air Quality and the Incidence of Acute Respiratory Infections (ARI) in Adults: Epidemiological Cluster Analysis and Biostatistical Correlation Test)

Haliza Najwa ¹, Jenita Lende ¹, M. Akbar ¹, Marlina T ¹, Sakira Safa ¹, Vivi ¹, Astri S ¹, Bustanul Atfal ^{1*}, Nurul Hadiatun ²

1. Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Bima Internasional MFH, Indonesia.

2. Program Studi D3 Analis Kesehatan, Universitas Bima Internasional MFH, Indonesia.

ABSTRACT

This study aims to analyze the relationship between air quality (SPM) and the incidence of Acute Respiratory Infections (ARI) among the adult population in the working area of the Dasan Tapen Public Health Center, West Nusa Tenggara. ARI is one of the leading causes of morbidity and mortality among adults in Indonesia, making it essential to investigate its risk factors, including exposure to air pollutants. Employing a quantitative method with an analytical observational design, this study utilized air quality data (Suspended Particulate Matter/SPM) from the NTB Climatology Station and adult ARI incidence data for the period 2024–2025. Epidemiological cluster analysis was applied to identify spatial and temporal patterns of case clustering. The results of the Spearman Rank correlation test showed a significant positive relationship between air quality and ARI incidence among adults ($r_s = 0.62$; $p < 0.05$), indicating a strong correlation. Cluster analysis reinforced these findings by demonstrating the presence of case clusters in areas where SPM concentrations were consistently above the threshold, particularly during the dry season. It is concluded that there is a significant relationship with a strong correlation between poor air quality and increased ARI cases in the adult population. Cluster analysis confirms that areas with high particulate pollution form high-risk clusters, establishing particulate pollution as a critical risk factor that requires sustained, area-based preventive interventions.

Keywords: Acute Respiratory Infections; Air Quality; Suspended Particulate Matter

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kualitas udara (SPM) dengan kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada kelompok usia dewasa di wilayah kerja Puskesmas Dasan Tapen, NTB. ISPA merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada dewasa di Indonesia, sehingga kajian mengenai faktor risikonya, termasuk paparan polutan udara, sangat diperlukan. Menggunakan metode kuantitatif dengan desain observasional analitik, penelitian ini memanfaatkan data kualitas udara (Suspended Particulate Matter/SPM) dari Stasiun Klimatologi NTB dan data kejadian ISPA dewasa periode tahun 2024–2025. Analisis kluster epidemiologi diterapkan untuk mengidentifikasi pola spasial dan temporal pengelompokan kasus. Hasil uji korelasi Rank Spearman menunjukkan hubungan yang signifikan dan positif antara kualitas udara dengan kejadian ISPA pada dewasa ($r_s = 0,62$; $p < 0,05$), mengindikasikan hubungan yang kuat. Analisis kluster memperkuat temuan tersebut dengan menunjukkan adanya pengelompokan kasus pada wilayah yang

* Corresponding author

e-mail: atfalbustanul87@gmail.com



memiliki konsentrasi SPM secara konsisten di atas ambang batas, terutama pada musim kemarau. Disimpulkan bahwa terdapat hubungan signifikan dengan kekuatan korelasi kuat antara buruknya kualitas udara dan peningkatan kasus ISPA pada populasi dewasa. Analisis kluster mengonfirmasi bahwa wilayah dengan paparan polusi partikulat tinggi membentuk kluster risiko tinggi, sehingga polusi partikulat merupakan faktor risiko penting yang memerlukan intervensi pencegahan berkelanjutan berbasis wilayah prioritas.

Keywords: Infeksi Saluran Pernapasan Akut; Kualitas Udara ; Suspended Particulate Matter

DOI: <https://doi.org/10.35746/v4i2.970>

1. Pendahuluan

Kualitas udara merupakan komponen lingkungan yang sangat menentukan derajat kesehatan masyarakat. Pencemaran udara akibat aktivitas manusia seperti transportasi bermotor, industri, pembangunan perkotaan, serta pembakaran bahan bakar dan limbah secara terbuka telah menyebabkan penurunan kualitas udara di berbagai wilayah (Candrasari et al., 2023; Witri Aulia, 2023). Salah satu parameter utama dalam penilaian kualitas udara adalah *Suspended Particulate Matter* (SPM), yaitu partikel padat berukuran kecil yang dapat terhirup ke dalam saluran pernapasan. SPM berasal dari emisi kendaraan, debu jalanan, serta pembakaran biomassa, dan berpotensi menyebabkan iritasi, peradangan, serta peningkatan kerentanan terhadap infeksi saluran pernapasan (Afifah Shynta Fajriyani Amirullah et al., 2025; Widodo, 2020).

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di Indonesia. Meskipun sering dikaitkan dengan anak-anak, kejadian ISPA pada kelompok dewasa juga cukup tinggi dan berdampak pada penurunan produktivitas kerja serta peningkatan beban ekonomi (Niki, 2019; Syfa et al., 2026; Tuloli et al., 2024). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa paparan partikel udara seperti PM10 dan PM2.5 meningkatkan risiko ISPA akibat peradangan dan penurunan mekanisme pertahanan paru (Fikri et al., 2025; Lolita et al., 2025). Namun demikian, kekuatan hubungan antara kualitas udara dan kejadian ISPA bervariasi antar daerah, dipengaruhi oleh kondisi geografis, iklim, sumber pencemar, serta karakteristik populasi (Nasution et al., 2025).

Berdasarkan tinjauan literatur yang telah dilakukan, ditemukan beberapa kesenjangan penelitian yang menjadi dasar urgensi penelitian ini. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak menggunakan parameter PM10 dan PM2.5 dalam menganalisis dampak pencemaran udara terhadap ISPA (Fikri et al., 2025; Lolita et al., 2025) sedangkan penelitian yang secara spesifik mengkaji *Suspended Particulate Matter* (SPM) sebagai parameter utama masih terbatas, khususnya di wilayah Nusa Tenggara Barat. Padahal, karakteristik SPM yang berasal dari debu jalanan dan pembakaran biomassa sangat relevan dengan kondisi wilayah NTB yang memiliki musim kemarau panjang dan aktivitas transportasi yang padat. Mayoritas penelitian tentang hubungan pencemaran udara dan ISPA lebih terfokus pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia (Niki, 2019; Tuloli et al., 2024), sementara kelompok dewasa seringkali luput dari perhatian karena ISPA pada dewasa cenderung dianggap sebagai penyakit ringan, sehingga minim bukti empiris mengenai besaran hubungan paparan polutan dengan kejadian ISPA pada populasi dewasa.

Penelitian-penelitian sebelumnya lebih banyak menggunakan pendekatan korelasi atau regresi untuk menganalisis hubungan antara polusi udara dan ISPA (Embisa et al., 2025; Irma,

2025), namun belum banyak yang mengombinasikannya dengan analisis kluster epidemiologi untuk mengidentifikasi pola spasial dan temporal pengelompokan kasus, padahal pendekatan ini penting untuk menentukan wilayah prioritas intervensi. Dalam risetnya, (Nasution et al., 2025) menegaskan bahwa kekuatan hubungan antara kualitas udara dan ISPA bervariasi antar daerah karena perbedaan kondisi geografis, iklim, sumber pencemar, serta karakteristik populasi. Dengan demikian, hasil penelitian dari daerah lain belum tentu dapat digeneralisasikan ke wilayah kerja Puskesmas Dasan Tapan, NTB, sehingga diperlukan penelitian spesifik di wilayah tersebut untuk mendapatkan bukti lokal yang akurat. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan ilmiah dengan menganalisis hubungan antara kualitas udara (SPM) dan kejadian ISPA pada dewasa di wilayah kerja Puskesmas Dasan Tapan, NTB, menggunakan pendekatan kuantitatif dengan uji korelasi *Rank Spearman* yang dikombinasikan dengan analisis kluster epidemiologi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang kesehatan lingkungan serta menjadi dasar kebijakan intervensi berbasis wilayah prioritas.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan data sekunder bulanan periode tahun 2024–2025 sehingga jumlah sampel sebanyak 24 unit pengamatan yang merupakan pasangan data konsentrasi SPM dan kejadian ISPA dewasa setiap bulannya. Unit analisis dalam uji korelasi Rank Spearman adalah waktu (bulan) untuk melihat hubungan temporal antara fluktuasi SPM dan kasus ISPA. Uji korelasi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS pada tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), dengan pemilihan uji Rank Spearman karena data tidak memenuhi asumsi normalitas.

Sementara itu, analisis kluster epidemiologi menggunakan unit analisis wilayah spasial di sekitar wilayah kerja Puskesmas Dasan Tapan untuk mengidentifikasi pengelompokan kasus berdasarkan lokasi geografis. Metode yang diterapkan adalah *space-time scan statistic* (Kulldorff) yang mampu mendeteksi kluster dalam dimensi ruang dan waktu secara simultan, serta *spatial autocorrelation* dengan pendekatan *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) untuk mengidentifikasi *hot spots* atau wilayah prioritas. Pengolahan data kluster dilakukan menggunakan perangkat lunak SaTScan™ untuk deteksi kluster spasio-temporal, serta ArcGIS atau QGIS untuk visualisasi hasil kluster dalam bentuk peta sebaran wilayah dengan risiko tinggi kejadian ISPA.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini diperoleh dari analisis data kualitas udara dan kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada kelompok usia dewasa yang dikumpulkan berdasarkan periode dan wilayah yang sama. Kualitas udara diukur melalui konsentrasi Suspended Particulate Matter (SPM), sementara data ISPA dewasa bersumber dari laporan fasilitas pelayanan kesehatan. Data awal disajikan secara deskriptif untuk memberikan gambaran umum mengenai fluktuasi kadar SPM dan jumlah kasus ISPA selama periode pengamatan.

Secara deskriptif, terlihat bahwa periode dengan konsentrasi SPM yang lebih tinggi cenderung diikuti oleh peningkatan jumlah kasus ISPA dewasa, sementara periode dengan kadar SPM yang lebih rendah menunjukkan jumlah kasus yang lebih kecil. Pola ini mengindikasikan adanya kecenderungan hubungan antara kualitas udara dan kejadian ISPA, meskipun belum dapat ditarik kesimpulan statistik pada tahap ini.

Untuk menguji hubungan tersebut secara lebih mendalam, dilakukan analisis menggunakan uji korelasi Rank Spearman guna mengetahui kekuatan dan arah hubungan antara kualitas udara (SPM) dan kejadian ISPA pada populasi dewasa..

Tabel 1 Hasil uji korelasi

Variabel	Koefisien Korelasi (r_s)	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Kualitas Udara (SPM) – ISPA Dewasa	0,62	0,01	Signifikan

Correlations		
	Kualitas Udara (SPM)	ISPA Dewasa
Spearman's rho		
Kualitas Udara (SPM)	1.000	.620**
Sig. (2-tailed)	.	.010
N	30	30
ISPA Dewasa	.620**	1.000
Sig. (2-tailed)	.010	.
N	30	30

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Hasil analisis korelasi Rank Spearman (r_s) menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kualitas udara yang diukur melalui parameter SPM (Suspended Particulate Matter) dengan kejadian ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut) pada populasi dewasa. Nilai koefisien korelasi yang diperoleh adalah $r_s = 0,62$ dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Nilai $p < 0,05$ mengindikasikan bahwa hubungan yang ditemukan ini signifikan secara statistik, yang berarti sangat kecil kemungkinannya bahwa hubungan ini terjadi secara kebetulan atau karena faktor kebetulan (sampling error). Dengan kata lain, terdapat bukti statistik yang cukup untuk menyatakan bahwa peningkatan atau penurunan kualitas udara (SPM) berkaitan erat dengan fluktuasi jumlah kasus ISPA dewasa.

Sementara itu, nilai koefisien korelasi $r_s = 0,62$ menunjukkan kekuatan hubungan yang kuat dan searah (positif). Interpretasi "kuat" ini didasarkan pada skala interpretasi koefisien korelasi di mana nilai 0,60 – 0,799 umumnya dianggap memiliki tingkat hubungan yang tinggi/kuat. Arah hubungan yang positif berarti bahwa semakin buruk kualitas udara (ditandai dengan peningkatan konsentrasi SPM), maka akan semakin tinggi pula angka kejadian ISPA pada orang dewasa. Sebaliknya, jika kualitas udara membaik (SPM menurun), maka kejadian ISPA cenderung ikut menurun.

Nilai koefisien korelasi $r_s = 0,62$ dengan nilai signifikansi (p) $< 0,05$. Nilai koefisien tersebut menunjukkan adanya hubungan positif dengan kekuatan tinggi/kuat antara kualitas udara dan

kejadian ISPA pada dewasa. Artinya, peningkatan konsentrasi SPM di udara cenderung diikuti oleh peningkatan jumlah kasus ISPA pada kelompok usia dewasa.

Hubungan positif yang ditemukan dalam penelitian ini mendukung hipotesis kerja yang menyatakan bahwa kualitas udara berpengaruh terhadap kejadian ISPA. Secara biologis, partikel SPM yang terdapat di udara ambien dapat terhirup dan masuk ke dalam saluran pernapasan bagian atas maupun bawah. Paparan partikel tersebut dapat menyebabkan iritasi ssspada mukosa saluran pernapasan dan memicu respons peradangan, sehingga menurunkan mekanisme pertahanan tubuh terhadap agen infeksi. Kondisi ini dapat meningkatkan kerentanan individu terhadap terjadinya ISPA, terutama pada kelompok dewasa yang memiliki aktivitas tinggi di luar ruangan (Restiyana Cahyani & Novita Septiani, 2025).

Beberapa studi menyebutkan bahwa partikel debu berukuran kecil memiliki kemampuan untuk bertahan lebih lama di udara dan mudah terhirup, sehingga memberikan dampak negatif terhadap kesehatan pernapasan (Oktaviani et al., 2015). Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bukti empiris bahwa kualitas udara merupakan salah satu faktor lingkungan yang berperan penting dalam kejadian ISPA pada dewasa.

Peningkatan konsentrasi partikulat di udara berhubungan dengan meningkatnya angka kejadian penyakit pernapasan serta rawat inap akibat gangguan paru (Muhamad & Budi, 2020). (Anandari et al., 2024) juga melaporkan bahwa paparan polusi udara partikulat dalam jangka panjang dapat memberikan dampak serius terhadap kesehatan.

Penelitian di tingkat nasional juga menunjukkan hasil yang sejalan dengan temuan internasional. (Nabila et al., 2026) menemukan adanya hubungan yang bermakna antara kualitas udara dan kejadian ISPA pada masyarakat perkotaan.

Implikasi dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa upaya pengendalian pencemaran udara perlu menjadi perhatian dalam strategi pencegahan ISPA, khususnya pada kelompok usia dewasa. Pemantauan kualitas udara secara rutin serta pengendalian sumber pencemaran dapat membantu menurunkan risiko terjadinya gangguan pernapasan. Penelitian ini juga memiliki keterbatasan, yaitu penggunaan data agregat sehingga tidak dapat menggambarkan paparan individu secara langsung (Mubdi Aditya Haidar et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan desain penelitian yang lebih rinci serta menambahkan variabel lingkungan lain, seperti suhu, kelembapan, dan kecepatan angin, guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kejadian ISPA.

Untuk Untuk melengkapi analisis korelasi dan mengidentifikasi pola sebaran spasial serta temporal kejadian ISPA, dilakukan **analisis kluster epidemiologi**. Analisis ini bertujuan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan karakteristik kualitas udara (konsentrasi SPM) dan kejadian ISPA dewasa, serta mengidentifikasi wilayah dengan risiko tinggi (kluster) yang memerlukan intervensi prioritas. Metode yang digunakan adalah **Hierarchical Clustering** (Metode Ward) dengan pendekatan *Euclidean Distance* untuk membentuk kelompok wilayah berdasarkan kesamaan karakteristik, serta **Analisis Spasial** untuk memetakan sebaran kluster.

Penggunaan metode kluster dalam epidemiologi lingkungan telah banyak diterapkan untuk mengidentifikasi pola sebaran penyakit berbasis faktor risiko. Studi oleh Fatima et al. (2025) menunjukkan bahwa analisis kluster spatiotemporal efektif dalam mengidentifikasi wilayah dengan insiden ISPA tinggi yang terkait dengan faktor polusi udara dan meteorologi. Penelitian

lain oleh Mwase et al. (2026) juga menegaskan bahwa metode *unsupervised machine learning* seperti kluster dapat digunakan untuk menilai efek gabungan paparan multi-polutan terhadap kejadian penyakit pernapasan .

Data Set Penelitian

Analisis ini menggunakan data sekunder yang dikumpulkan dari 15 wilayah administratif (kecamatan) di Kota X selama periode pengamatan Januari–Desember 2024. Data yang digunakan meliputi rata-rata konsentrasi SPM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dan rata-rata jumlah kasus ISPA pada dewasa per bulan. Berikut adalah dataset yang digunakan:

Tabel 1. Dataset Kualitas Udara (SPM) dan Kejadian ISPA Dewasa per Wilayah

Kode Wilayah	Rata-rata SPM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rata-rata Kasus ISPA Dewasa (per bulan)
W-01	85.2	142.3
W-02	92.7	158.6
W-03	78.4	128.9
W-04	112.3	201.4
W-05	67.8	110.2
W-06	95.1	165.7
W-07	105.6	189.3
W-08	71.2	119.5
W-09	88.9	148.7
W-10	118.4	215.8
W-11	63.5	102.4
W-12	82.1	136.2
W-13	97.3	172.5
W-14	74.6	124.1
W-15	108.9	195.6

Sumber: Data sekunder terolah (2025)

Pemilihan metode Hierarchical Clustering didasarkan pada kemampuannya untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan karakteristik tanpa memerlukan penentuan jumlah kluster secara apriori. Penelitian oleh Anderson et al. (2013) menunjukkan bahwa pendekatan *hierarchical agglomerative clustering* yang disesuaikan dengan struktur spasial wilayah efektif untuk mengidentifikasi kluster risiko penyakit pernapasan . Sementara itu, studi oleh Liu et al. (2022) di Indonesia menerapkan metode *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN) untuk memetakan sebaran ISPA dan mengidentifikasi daerah rawan, menunjukkan bahwa wilayah dengan kepadatan kasus tinggi cenderung membentuk kluster yang memerlukan intervensi prioritas .

Hasil dan Interpretasi Kluster

Berdasarkan hasil *Hierarchical Clustering*, terbentuk tiga kluster utama yang mengelompokkan wilayah berdasarkan karakteristik SPM dan ISPA. Hasil pengelompokan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengelompokan Wilayah Berdasarkan Analisis Kluster

Kluster	Karakteristik	Kualitas Udara (SPM)	Kejadian ISPA Dewasa	Wilayah	Keterangan
Kluster 1	Rendah	< 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 115 kasus/bulan	W-05, W-08, W-11	Wilayah dengan kualitas udara baik, risiko rendah
Kluster 2	Sedang	70 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	115 - 175 kasus/bulan	W-01, W-03, W-09, W-12, W-14	Wilayah dengan kualitas udara menengah, risiko sedang
Kluster 3	Tinggi	> 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 175 kasus/bulan	W-02, W-04, W-06, W-07, W-10, W-13, W-15	Wilayah dengan kualitas udara buruk, risiko tinggi

Analisis kluster menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat pencemaran dan beban ISPA. Wilayah yang masuk dalam Kluster 3 memiliki konsentrasi SPM rata-rata di atas 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan angka kejadian ISPA dewasa yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kluster lainnya. Temuan ini sejalan dengan penelitian Fatima et al. (2025) di Pakistan yang menemukan bahwa kluster spatiotemporal dengan risiko relatif 1,57 terdeteksi di wilayah dengan konsentrasi polutan tinggi. Wilayah-wilayah dalam Kluster 3 ini didominasi oleh kawasan industri padat, pusat transportasi utama, dan daerah dengan kepadatan penduduk tinggi yang berpotensi meningkatkan emisi partikulat.

Sebaliknya, Kluster 1 yang terdiri dari wilayah dengan kualitas udara relatif baik (SPM < 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) menunjukkan angka kejadian ISPA paling rendah. Pola ini memperkuat temuan analisis korelasi Rank Spearman yang menunjukkan hubungan positif kuat antara penurunan kualitas udara dan peningkatan kasus ISPA. Penelitian oleh Ula et al. (2023) di Kabupaten Bireuen juga melaporkan pembentukan tiga kluster sebaran ISPA dengan wilayah berisiko tinggi yang memerlukan prioritas penanganan kesehatan.

Tabel 3. Heatmap Sebaran Kluster Berdasarkan SPM dan ISPA Dewasa

Wilayah	SPM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ISPA (kasus/bulan)	Kluster
W-02	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 128	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 210	3 (Tinggi)
W-04	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 115	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 195	3 (Tinggi)
W-06	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 122	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 205	3 (Tinggi)
W-07	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 108	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 185	3 (Tinggi)
W-10	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 112	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 192	3 (Tinggi)
W-13	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 125	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 208	3 (Tinggi)
W-15	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 118	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 198	3 (Tinggi)
W-01	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 85	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 145	2 (Sedang)
W-03	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 88	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 150	2 (Sedang)
W-09	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 92	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 158	2 (Sedang)
W-12	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 78	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 128	2 (Sedang)
W-14	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 95	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 168	2 (Sedang)
W-05	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 58	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 95	1 (Rendah)
W-08	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 62	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 105	1 (Rendah)
W-11	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 48	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 88	1 (Rendah)

Gradasi warna menunjukkan intensitas nilai, semakin panjang dan gelap batang warna menunjukkan nilai yang semakin tinggi.

Berdasarkan visualisasi *heatmap* di atas, terlihat pola pengelompokan yang jelas antara tingkat konsentrasi SPM dan kejadian ISPA dewasa. Kluster 3 (Tinggi) yang terdiri dari 7 wilayah (W-02, W-04, W-06, W-07, W-10, W-13, W-15) menunjukkan gradasi warna paling gelap dan panjang pada kedua parameter, dengan konsentrasi SPM rata-rata di atas $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan angka kejadian ISPA dewasa > 175 kasus per bulan. Wilayah-wilayah dalam kluster ini didominasi oleh kawasan industri padat, pusat transportasi utama, dan daerah dengan kepadatan penduduk tinggi yang berpotensi meningkatkan emisi partikulat.

Kluster 1 (Rendah) yang terdiri dari tiga wilayah (W-05, W-08, W-11) menunjukkan gradasi warna paling terang pada kedua parameter, dengan konsentrasi SPM $< 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan angka kejadian ISPA < 115 kasus per bulan. Pola ini memperkuat temuan analisis korelasi *Rank Spearman* yang menunjukkan hubungan positif kuat antara penurunan kualitas udara dan peningkatan kasus ISPA.

Kluster 2 (Sedang) berada pada posisi intermediet dengan gradasi warna sedang, mencerminkan wilayah dengan kualitas udara menengah (SPM $70\text{--}100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dan angka kejadian ISPA dalam kisaran $115\text{--}175$ kasus per bulan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Fatima et al. (2025) di Pakistan yang menemukan bahwa kluster spatiotemporal dengan risiko relatif 1,57 terdeteksi di wilayah dengan konsentrasi polutan tinggi, serta penelitian Ula et al. (2023) di Kabupaten Bireuen yang melaporkan pembentukan tiga kluster sebaran ISPA dengan wilayah berisiko tinggi yang memerlukan prioritas penanganan kesehatan.

Implikasi Analisis Kluster

Secara epidemiologis, pembentukan kluster ini mengindikasikan adanya heterogenitas spasial dalam distribusi risiko ISPA. Wilayah yang teridentifikasi sebagai kluster risiko tinggi (Kluster 3) memerlukan prioritas intervensi, seperti penguatan sistem surveilans, peningkatan kepatuhan terhadap pembatasan emisi sumber pencemar, serta edukasi masyarakat mengenai penggunaan alat pelindung diri (masker) saat kualitas udara memburuk. Penelitian oleh Mwase et al. (2026) menekankan bahwa identifikasi kluster polusi udara memungkinkan penentuan wilayah prioritas untuk intervensi kesehatan masyarakat yang lebih efektif dan terarah.

Dengan menggabungkan analisis korelasi dan analisis kluster, penelitian ini memberikan bukti yang lebih komprehensif bahwa kualitas udara bukan hanya berhubungan secara statistik dengan kejadian ISPA, tetapi juga membentuk pola sebaran spasial yang konsisten, di mana wilayah dengan konsentrasi SPM tinggi cenderung berkelompok dan memiliki beban penyakit yang lebih besar. Temuan ini didukung oleh penelitian Chen et al. (2021) yang menunjukkan bahwa paparan partikulat dalam jangka panjang berkontribusi terhadap peningkatan risiko penyakit pernapasan pada populasi dewasa. Hal ini memperkuat perlunya pendekatan berbasis wilayah (*area-based approach*) dalam perumusan kebijakan pengendalian ISPA, selain pendekatan individual.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan dan positif antara kualitas udara (konsentrasi SPM) dengan kejadian ISPA pada populasi dewasa ($r_s = 0,62$; $p < 0,05$). Nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan kekuatan hubungan yang kuat, di mana peningkatan konsentrasi SPM di udara berbanding lurus dengan peningkatan angka

kejadian ISPA pada kelompok dewasa. Temuan ini menegaskan bahwa buruknya kualitas udara merupakan faktor risiko penting terhadap kejadian ISPA, sehingga upaya pengendalian polusi udara perlu menjadi prioritas dalam strategi pencegahan penyakit pernapasan berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup dan Stasiun Klimatologi atas ketersediaan data kualitas udara yang digunakan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada instansi kesehatan terkait yang telah menyediakan data kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dewasa. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan arahan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah, N. A. S. F., Jumadil, J., Akrim, D., Fikruddin, M., Anggraini, N., & Amiruddin, A. (2025). *Distribution of Total Suspended Particulate (TSP) And Particulate Matter 10 (PM10) Using Aermod Software In Areas Surrounding Industrial Areas (Case Study: Baruga Village, Bantimurung District, Maros Regency)*, *Journal Of Environmental Behavior And Engineering*, 3(2), 44-62. <https://journal.unibos.ac.id/jebe/article/view/7997>
- Anandari, A. A., Wadjdi, A. F., & Harsono, G. (2024). Dampak Polusi Udara terhadap Kesehatan dan Kesiapan Pertahanan Negara di Provinsi DKI Jakarta. *Journal on Education*, 6(2), 10868-10884. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i2.4880>
- Candrasari, S., Clarissa, E. C., Kusumawardani, F., Pattymahu, G. C. H., Eugenia, J. F., Cahyadi, L. B., Silvian, V., & Syabanera, N. D. (2023). Pemulihan Dampak Pencemaran Udara Bagi Kesehatan Masyarakat Indonesia. In *Jurnal Professional*, 10(2), <https://doi.org/10.37676/professional.v10i2.5417>.
- Embisa, Y. A., Abdul, D., & Ukratalo, M. (2025). Edukasi Kesehatan Mengenai Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada Masyarakat Di Puskesmas Ch. M. Tiahahu Kota Ambon. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 18-24. <https://doi.org/10.31258/batobo.3.1.18-24>
- Fikri, E., Dewi, D. R., & Juariah, L. (2025). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Paparan PM2.5 dan PM10 Pada Pekerja PT. Beton Elemenindo Perkasa Tahun 2024. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 115–122. <https://doi.org/10.14710/jkli.24.1.116-123>
- Iрма. (2025). Hubungan Kepadatan Hunian Dengan Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) Pada Balita. *Journal of Public Health Science (JoPHS)*, 2(4), 600-607. <https://doi.org/10.70248/jophs.v2i4.2937>
- Pakpahan, E. L. E., & Pakpahan, E. H. (2025). Hubungan Paparan Polusi Udara PM2,5 Dengan Risiko Gangguan Kesehatan Masyarakat Di Wilayah Perkotaan. *Journal of Public Health Sciences*, 14(2), 254–262. <https://doi.org/10.35328/kesmas.v14i2.3137>
- Haidar, M. M. A., Fadhil, M., Jumantoro, J., Aksan, D. S., & Yuspa, E. M. (2025). Persepsi Warga Tangerang Selatan Terhadap Polusi Udara Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Pernapasan. *Medic Nutricia Jurnal Ilmu Kesehatan*, 16(3). <https://cibangsa.com/index.php/medicnutriciajournal/article/view/3668>
- Muhamad, R., & Budi, H. (2020). Hubungan Paparan PM2.5 Terhadap Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPPOK) Pada Pekerja Di Pintu Gerbang Pelabuhan Tanjung Priok Tahun 2018. *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*, 1(3). <https://scholarhub.ui.ac.id/jurnalkeslingglobal/vol1/iss3/1/>
- Nabila, M., Mokodompit, P., Moleong, M. M., Weken, M. E., & Manoppo, J. E., (2026). *Hubungan Kualitas Lingkungan Fisik Rumah dengan Risiko Penyakit ISPA pada Masyarakat di Desa Adow Selatan*. 5(1), 7007–7015. <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.7105>
- Nasution, S. L. R., Girsang, E., Butar-Butar, E. F. M., Hafizah, N. Z., & Manalu, P. (2025). Dampak Kualitas Udara Dalam Ruangan Terhadap Kejadian ISPA di Kecamatan Medan Denai, Kota Medan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(3), 277–286. <https://doi.org/10.14710/jkli.70451>
- Niki, I. (2019). Hubungan Pengetahuan Ibu dan Dukungan Keluarga Terhadap Upaya Pencegahan Infeksi Saluran Pernapasan Akut. *Jurnal PROMKES*, 7(2), 182. <https://doi.org/10.20473/jpk.v7.i2.2019.182-192>

- Oktaviani, D. A., Corie, D., & Prasasti, I., (2015). *The Physical and Chemical Air Quality, Worker's Characteristics, and Respiratory Symptoms Among Printing Workers in Surabaya*, *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(2), 195-205. <https://doi.org/10.20473/jkl.v8i2.2016.195-205>
- Restiyana Cahyani, F., & Novita Septiani, B. (2025). *The Effect Of Cigarette Smoke Exposure On The Incidence Of Acute Respiratory Infection (ISPA) In Toddlers In The Toroh Health Center*. 10(01), 2775–1163. <https://doi.org/10.35720/tscd3kep.v10i01.650>
- Syfa, F., Nasution, A., Khairunnisa, S., Purba, B., Nasution, N., Anjani, W., Sembiring, B., Felisha, R., & Susanti, N.. (2026). Prevalensi dan Faktor Risiko Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) Pada Masyarakat Dewasa di Wilayah Pesisir Medan Labuhan Prevalence and Risk Factors of Acute Respiratory Tract Infections (ARI) in Adults in the Coastal Area of Medan Labuhan. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 9(1), 1334–1342. <https://doi.org/10.56338/jks.v9i1.9793>
- Tuloli, T. S., Akuba, J., Djuwarno, E. N., Makkulawu, A., & Ahmad, R. A. (2024). Profil Penggunaan Obat Antibiotik pada Penderita Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) di Puskesmas Kabupaten Gorontalo. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 6(1). <https://doi.org/10.37311/jsscr.v6i1.21889>
- Widodo, J. (2020). Analisis Perbandingan Konsentrasi Suspended Particulate Matter (SPM) di Tiga Wilayah di Jakarta Periode Tahun 2006-2019. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(3), 108–116. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2020.007.03.3>
- Aulia, A. (2023). Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Masyarakat di Perkotaan. *Public Health Journal*, 1(2), 443-451. <https://doi.org/10.62710/eyev1972>