



HUBUNGAN KONSENTRASI PM_{2,5} UDARA DALAM KAMAR SANTRI DENGAN KELUHAN INFEKSI SALURAN PERNAPASAN AKUT (ISPA) PADA SANTRI DI PONDOK PESANTREN PPTQ AHMAD DAHLAN PONOROGO

THE RELATIONSHIP BETWEEN INDOOR PM_{2,5} CONCENTRATIONS IN STUDENTS' ROOMS AND COMPLAINTS OF ACUTE RESPIRATORY INFECTIONS (ARI) AMONG STUDENTS AT THE PPTQ AHMAD DAHLAN ISLAMIC BOARDING SCHOOL, PONOROGO

Rizki Amalia Neriza^{1*}, Corie Indria Prasasti²

Universitas Airlangga, Indonesia

*Email Correspondence: rizki.amalia.neriza-2022@fkm.unair.ac.id

ABSTRAK

Kualitas udara dalam ruangan (IAQ), khususnya konsentrasi PM_{2,5}, merupakan faktor lingkungan yang berpotensi memengaruhi kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). Pondok pesantren sebagai hunian padat berpotensi memiliki kualitas udara yang buruk akibat kepadatan penghuni, ventilasi terbatas, dan rendahnya perilaku kebersihan. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara konsentrasi PM_{2,5} di kamar santri dengan keluhan ISPA pada santri di Pondok Pesantren PPTQ Ahmad Dahlan Ponorogo. Penelitian observasional analitik dengan desain cross-sectional. Sampel terdiri dari 137 santri yang dipilih menggunakan rumus Taro Yamane ($e=5\%$) dari total 209 santri. Pengukuran PM_{2,5} dilakukan di 15 kamar secara replikasi dua kali menggunakan Indoor Air Quality Detector selama 60 menit dengan pencatatan tiap 5 menit. Hasil dibandingkan dengan baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Data dianalisis menggunakan uji Pearson Chi-Square ($\alpha=0,05$). Sebanyak 70,1% santri (96/137) mengalami keluhan ISPA dalam 3 bulan terakhir. Konsentrasi PM_{2,5} tidak memenuhi syarat pada 79,6% kamar (109/137 santri). Uji Pearson Chi-Square menunjukkan nilai $p=0,774$ ($p>0,05$), sehingga tidak terdapat hubungan yang signifikan antara paparan PM_{2,5} dengan keluhan ISPA. Meskipun sebagian besar kamar santri memiliki konsentrasi PM_{2,5} yang melampaui baku mutu, tidak terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara paparan PM_{2,5} dengan keluhan ISPA. Hasil ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor lain seperti kepadatan hunian, perilaku kebersihan, dan kondisi imunitas individu berperan lebih dominan dalam menentukan risiko ISPA di lingkungan pesantren.

Kata Kunci: ISPA, Kualitas Udara, Particulate Matter 2,5, Pondok Pesantren, Santri.

ABSTRACT

Indoor air quality (IAQ), specifically PM_{2.5} concentration, is an environmental factor that potentially influences the incidence of Acute Respiratory Infections (ARI). Islamic boarding schools, as densely populated living environments, are prone to poor air quality due to high occupancy, limited ventilation, and inadequate hygiene practices. This study aimed to analyze the relationship between PM_{2.5} concentrations in students' rooms and ARI complaints among students at the PPTQ Ahmad Dahlan Islamic Boarding School in Ponorogo. This was an observational analytic study with a cross-sectional design. The sample consisted of 137 students, selected using the Taro Yamane formula ($e=5\%$) from a total population of 209 students. PM_{2.5} measurements were conducted in 15 rooms—with each measurement replicated twice—using an Indoor Air Quality Detector over a 60-minute period, with readings recorded every 5 minutes. The results were compared against the quality standards set by the Minister of Health Regulation No. 2 of 2023 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Data were analyzed using the Pearson Chi-Square test ($\alpha=0.05$). A total of 70.1% of students (96/137) reported ARI complaints within the last three months. PM_{2.5} concentrations exceeded the standard in 79.6% of the rooms (affecting 109/137 students). The Pearson Chi-Square test yielded a p -value of 0.774 ($p>0.05$), indicating no significant relationship between PM_{2.5} exposure and ARI complaints. Although PM_{2.5} concentrations in the majority of students' rooms exceeded the quality standards, there was no statistically significant association between PM_{2.5} exposure and ARI complaints. These findings suggest that other factors—such as occupancy density, hygiene practices, and individual



immune status—play a more dominant role in determining the risk of ARI within the Islamic boarding school environment.

Keywords: ISPA, Air Quality, Particulate Matter 2.5, Islamic Boarding School, Students.

PENDAHULUAN

Kualitas udara dalam ruangan (indoor air quality, IAQ) merupakan salah satu determinan lingkungan yang memengaruhi kesehatan manusia secara signifikan karena sebagian besar aktivitas harian, seperti tidur, belajar, dan beristirahat, dilakukan di dalam ruangan. World Health Organization (WHO, 2022) memperkirakan bahwa polusi udara dalam ruangan menyebabkan sekitar 3,2 juta kematian setiap tahun di seluruh dunia. Ini menjadikannya salah satu ancaman terbesar bagi kesehatan lingkungan, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah.

Salah satu parameter kualitas udara dalam ruangan yang paling penting adalah partikulat halus dengan diameter aerodinamis kurang dari atau sama dengan 2,5 mikrometer (PM_{2,5}). Karena ukurannya yang sangat kecil, PM_{2,5} dapat masuk ke saluran pernapasan bagian atas, alveoli paru-paru, dan bahkan masuk ke aliran darah, menyebabkan respons inflamasi sistemik yang berdampak pada kesehatan jantung, otak, dan sistem pernapasan (Maung et al., 2022; Krismanuel & Tjhin, 2025). Akibat akumulasi partikel dari berbagai sumber, seperti pembakaran biomassa, asap rokok, aktivitas memasak, dan ventilasi yang tidak memadai, konsentrasi PM_{2,5} di dalam ruangan umumnya 2–5 kali lebih tinggi dibandingkan udara luar (Prihardanu et al., 2021).

Paparan terhadap PM_{2,5} di dalam ruangan dikaitkan dengan risiko penyakit pernapasan seperti asma, pneumonia, tuberkulosis, infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK). Studi yang dilakukan di Jakarta dan

wilayah sekitarnya menemukan bahwa konsentrasi PM_{2,5} di dalam rumah di wilayah Bekasi rata-rata mencapai dua kali ambang baku mutu, yaitu 70 g/m³, dan bahwa hunian yang tidak memiliki ventilasi yang memadai memiliki dua kali lebih besar kemungkinan menimbulkan gejala ISPA pada penghuninya (Prihardanu et al., 2021). Menurut penelitian (Krismanuel & Tjhin, 2025) yang dilakukan di Jakarta, ada korelasi positif dan signifikan antara kadar PM_{2,5} dan jumlah kasus infeksi saluran pernapasan pada anak-anak. Selain itu, penelitian ekologis di wilayah Jakarta Utara dan Jakarta Timur menunjukkan autokorelasi spasial yang positif antara konsentrasi PM_{2,5} dan kasus ISPA yang terjadi di daerah tersebut (Adilasari et al., 2025).

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) merupakan salah satu penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di Indonesia. World Health Organization (WHO, 2020) menyatakan bahwa infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) menyebabkan hampir 4 juta kematian setiap tahunnya, dengan 98% dari kematian tersebut disebabkan oleh infeksi saluran pernapasan bawah, dan tingkat kematian ini sangat tinggi pada orang tua, bayi, dan anak-anak. Tingkat kematian sangat tinggi pada bayi, anak-anak, dan orang tua terutama di negara dengan pendapatan rendah dan menengah. Jumlah kasus ISPA terbanyak di dunia terdapat di Asia Tenggara. Sekitar 30 negara yang menyumbang dua pertiga dari total kasus ISPA. Indonesia adalah salah satu dari 30 negara yang menyumbang kasus tersebut (Zahrani et al., 2023)



Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia (SKI) Tahun 2023, oleh Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI, prevalensi ISPA berdasarkan gejala pada semua kelompok umur mencapai 23,5%, dengan Provinsi Jawa Timur berada di urutan 6 teratas dengan prevalensi 3,2%. Ini menunjukkan bahwa ISPA masih merupakan masalah kesehatan yang memerlukan perhatian yang serius di Indonesia, termasuk dari segi aspek kualitas udara lingkungan.

Sebagai lembaga pendidikan Islam berasrama, pondok pesantren memiliki karakteristik lingkungan yang unik yang membuatnya rentan terhadap penyebaran penyakit menular, seperti ISPA. Kepadatan penghuni yang tinggi di dalam kamar asrama, kurangnya ventilasi udara, perilaku higiene yang berbeda, dan kurangnya akses ke fasilitas kesehatan adalah semua faktor yang menyebabkan penyebaran patogen dan akumulasi polutan di dalam ruangan (Setiawan et al., 2024). Tuberkulosis (TBC), ISPA, diare, penyakit kulit, dan penyakit mata adalah masalah kesehatan yang umum di pondok pesantren (Fahham, 2019).

Pondok pesantren PPTQ Ahmad Dahlan Ponorogo, yang merupakan salah satu lembaga pendidikan Islam dengan sistem asrama, harus memberikan perhatian khusus pada kualitas udara di dalam kamar santri. Penelitian mengenai hubungan antara konsentrasi PM_{2,5} di dalam ruangan dengan keluhan ISPA pada santri di pesantren masih sangat terbatas. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara keluhan ISPA pada santri dengan konsentrasi PM_{2,5} di kamar santri. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan gambaran epidemiologi yang menyeluruh dan menjadi landasan ilmiah untuk upaya untuk mengontrol kualitas udara

dalam ruangan dan mencegah ISPA di lingkungan pondok pesantren di Indonesia.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan desain cross-sectional yang dilaksanakan di Pondok Pesantren PPTQ Ahmad Dahlan Kabupaten Ponorogo pada bulan Maret 2026. Populasi penelitian adalah seluruh santri yang berjumlah 209 orang. Besar sampel ditetapkan sebanyak 137 orang menggunakan rumus Taro Yamane ($e = 5\%$). Selain itu, seluruh 15 kamar hunian santri dijadikan unit sampel lingkungan dengan pendekatan total sampling. Data dikumpulkan melalui kuesioner untuk mengukur karakteristik dan perilaku responden, serta pengukuran langsung kualitas udara menggunakan alat *Indoor Air Quality Detector* guna memperoleh konsentrasi PM_{2,5} di setiap kamar. Pengukuran dilakukan secara *replikasi* dua kali dalam dua minggu, masing-masing 60 menit dengan pencatatan setiap 5 menit, kemudian dihitung nilai rata-ratanya dan dibandingkan dengan baku mutu Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Analisis data dilakukan secara univariat dan bivariat menggunakan uji *Chi-Square* ($\alpha = 0,05$)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Univariat

1. Keluhan ISPA

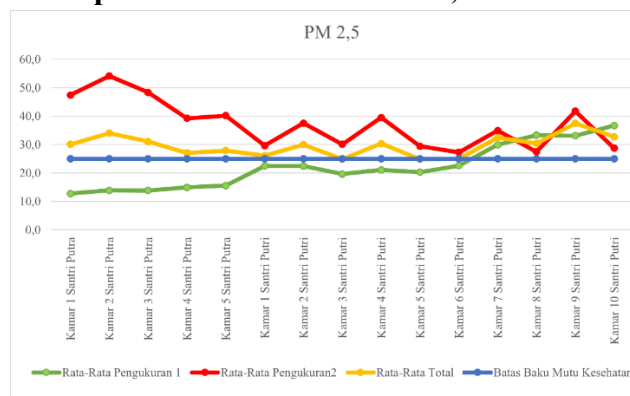
Tabel 1. Distribusi Frekuensi Keluhan ISPA dalam 3 Bulan Terakhir

Keluhan ISPA dalam 3 bulan terakhir	Jumlah	Persentase (%)
Tidak	41	29,9
Ya	96	70,1
Total	137	100,0



Berdasarkan tabel keluhan ISPA dalam 3 bulan terakhir, dari 137 responden, sebanyak 96 santri (70,1%) mengalami keluhan ISPA dalam 3 bulan terakhir, sementara 41 santri (29,9%) tidak mengalami keluhan ISPA. Tingginya distribusi santri yang mengalami keluhan ISPA tersebut menunjukkan bahwa ISPA adalah masalah kesehatan yang umum di pesantren. Hal ini disebabkan oleh karakteristik lingkungan pesantren sebagai institusi berbasis asrama yang mempertemukan sejumlah individu dalam satu hunian terus-menerus.

2. Paparan *Particulate Matter* 2,5



Grafik menampilkan perbandingan kadar $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) dari 15 kamar santri 5 kamar putra dan 10 kamar putri, berdasarkan tiga nilai: rata-rata pengukuran 1 (hijau), rata-rata pengukuran 2 (merah), rata-rata total gabungan (kuning), dan garis batas baku mutu kesehatan $25 \mu g/m^3$ sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023 (biru). Berdasarkan grafik di atas, diketahui bahwa konsentrasi $PM_{2,5}$ diukur pada dua waktu pengukuran yang berbeda dan dihari yang berbeda di seluruh kamar santri putra (Kamar 1–5) dan kamar santri putri (Kamar 1–10) di PPTQ Ahmad Dahlan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebagian besar kamar memiliki rata-rata total $PM_{2,5}$ yang melebihi batas baku mutu kesehatan.

Pada kelompok kamar santri putra, terlihat pola yang mencolok di mana pengukuran 1 (hijau) secara konsisten berada

jauh di bawah pengukuran 2 (merah) pada semua kamar. Pengukuran 1 berkisar antara $13,0$ – $16,0 \mu g/m^3$ masih di bawah batas baku mutu, sementara pengukuran 2 meningkat pesat hingga $40,0$ – $55,0 \mu g/m^3$ melebihi batas baku mutu hingga dua kali lipat. Perbedaan yang sangat signifikan ini lebih dapat dipahami melalui akumulasi faktor fisik lingkungan kamar yang terbentuk antara jeda waktu pengukuran 1 dan pengukuran 2. Kondisi lapangan yang ditemukan selama pengumpulan data menunjukkan bahwa kamar santri putra hanya dibersihkan satu kali sehari dan tanpa pengepelan lantai secara teratur. Akibatnya, partikel debu yang mengendap di permukaan benda dan lantai tidak terikat oleh air dan mudah teresuspensi kembali ke udara meskipun penghuni tidak ada di dalam kamar. Kondisi ini diperparah bahwa pada saat pengukuran 2, jumlah pakaian yang digantung di dalam kamar jauh lebih banyak dibandingkan pada pengukuran 1. Akumulasi pakaian gantung yang berlebihan juga memperparah kondisi sirkulasi udara dalam kamar sehingga kamar menjadi pengap dan berbau tidak sedap yang tercium pada Pengukuran 2.

Pada kelompok kamar santri putri, pola yang terlihat lebih bervariasi. Terdapat beberapa kamar yakni kamar 8 dan 10 santri putri di mana nilai pengukuran 1 (hijau) justru lebih tinggi atau mendekati nilai pengukuran 2 (merah). Kamar 8 dan 10 dimana pengukuran 1 lebih tinggi dari pada pengukuran 2 berdasarkan observasi lapangan, pengukuran pertama pada Kamar 8 dan Kamar 10 santri putri dilakukan sesaat setelah para santri meninggalkan kamar, sehingga partikel debu yang sebelumnya tersuspensi akibat aktivitas fisik penghuni seperti berjalan, bergerak, dan menata barang belum sempat mengendap kembali ke permukaan lantai dan perabot. Kondisi ini



berbeda dengan kamar-kamar lain yang pada saat pengukuran pertama dilakukan dalam kondisi kamar telah kosong dari penghuni untuk durasi waktu yang lebih lama, sehingga partikel debu telah lebih dahulu mengendap dan konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara telah menurun secara alami.

Menurut rata-rata total (garis kuning) hampir semua kamar, baik putra maupun putri, menunjukkan konsentrasi $PM_{2,5}$ rata-rata yang melebihi batas baku mutu $25 \mu g/m^3$. Nilai-nilai ini berkisar antara 25,0 dan 35,0 $\mu g/m^3$ di sebagian besar kamar putri, dan bahkan lebih tinggi di kamar putra. Ini menunjukkan bahwa kualitas udara dalam ruang di PPTQ Ahmad Dahlan memenuhi standar kesehatan yang diperintahkan. Secara keseluruhan, kondisi ini menunjukkan bahwa konsentrasi $PM_{2,5}$ di ruang PPTQ Ahmad Dahlan tidak memenuhi standar kesehatan.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Paparan Particulate Matter 2,5

<i>Particulate Matter 2,5</i>	Jumlah	Persentase (%)
Tidak Memenuhi Syarat	109	79,6
Memenuhi Syarat	28	20,4
Total	137	100,0

Berdasarkan tabel distribusi kondisi $PM_{2,5}$ dikamar hunian santri dari 137 responden sebagaimana besar santri yakni 109 santri (79,6%) tinggal dalam kondisi kamar dengan kadar $PM_{2,5}$ yang tidak memenuhi syarat, sementara hanya 28 santri (20,4%) yang tinggal dalam kondisi kadar $PM_{2,5}$ yang memenuhi syarat. Tingginya kadar $PM_{2,5}$ yang tidak memenuhi syarat berkaitan erat dengan kondisi fisik lingkungan pesantren selama pengambilan data di lapangan, dimana bangunan pesantren yang terletak ditengah pemukiman padat menyebabkan sirkulasi udara tidak lancar. Selain itu, hal ini

diperparah pola kebersihan kamar di mana sebagian santri hanya melakukan penyapuan lantai sekali dalam sehari tanpa disertai kegiatan mengepel secara rutin, sehingga partikel debu halus yang telah mengendap di permukaan lantai tidak terangkat dengan baik dan berpotensi tersuspensikan kembali ke udara setiap kali terjadi aktivitas di dalam kamar.

Analisis Bivariat

Tabel 3. Hubungan Paparan $PM_{2,5}$ dengan Keluhan ISPA

<i>Particulate Matter 2,5</i>	Keluhan ISPA dalam 3 bulan terakhir				Total		<i>P-Value (Pearson Chi-Square)</i>
	Ya		Tidak				
	n	%	n	%	n	%	
Tidak Memenuhi Syarat	7	70	3	29	10	10	0,774
Memenuhi Syarat	7	,6	2	,4	9	0,0	
Total	9	70	4	29	13	10	
	6	,1	1	,9	7	0,0	

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa dari 109 santri dengan paparan $PM_{2,5}$ tidak memenuhi syarat, sebanyak 77 santri (70,6%) mengalami keluhan ISPA dan sebanyak 32 santri (29,4%) tidak mengalami keluhan ISPA. Sementara dari 28 santri dengan paparan $PM_{2,5}$ memenuhi syarat, sebanyak 19 santri (67,9%) mengalami keluhan ISPA dan sebanyak 9 (32,1%) tidak mengalami keluhan ISPA dalam 3 bulan terakhir. Hasil analisis hubungan menggunakan uji *Pearson Chi-Square* menunjukkan nilai $p=0,774$ ($p>0,05$). Hal ini



membuktikan tidak terdapat hubungan antara paparan PM_{2,5} dengan keluhan ISPA pada santri di Pondok Pesantren PPTQ Ahmad Dahlan.

Hasil penelitian menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan antara paparan PM_{2,5} dengan keluhan ISPA pada santri Pondok Pesantren PPTQ Ahmad Dahlan. Berdasarkan hasil uji *Pearson Chi-Square* diperoleh nilai *p-value* sebesar 0,774 yang mana nilai tersebut lebih besar dari $\alpha = 0,05$. Secara mekanistik, PM_{2,5} merupakan partikel halus berdiameter aerodinamik $<2,5 \mu\text{m}$ yang dapat menembus hingga alveoli dan masuk ke sirkulasi sistemik. Paparan kronis PM_{2,5} diketahui dapat merusak pertahanan mukosilia dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi (Jiang et al., 2024). Namun demikian, hubungan kausal antara PM_{2,5} dan ISPA tidak selalu bersifat linier dan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor perancu (Jiang et al., 2024).

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Agustan et al., (2024) dalam studi cross-sectional di Desa Tanjung Jambu, Kabupaten Lahat, yang merupakan wilayah terdampak aktivitas pertambangan batu bara. Meskipun lokasinya berpotensi terpapar polutan tinggi, konsentrasi PM_{2,5} dan PM₁₀ masih memenuhi baku mutu lingkungan, dan uji statistik menghasilkan nilai $p=0,618$ ($p>0,05$), yang berarti tidak terdapat hubungan signifikan antara konsentrasi PM dengan kejadian ISPA. Studi tersebut justru menemukan perilaku merokok sebagai faktor yang bermakna (OR=2,315; 95% CI: 1,388–4,007), mengisyaratkan bahwa ketika konsentrasi PM tidak ekstrem, faktor perilaku lebih dominan menentukan risiko ISPA.

Wellid et al., (2024) dalam penelitiannya di Kota Bandung yang diterbitkan pada Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia juga memberikan

perspektif relevan. Meskipun konsentrasi PM_{2,5} di semua lokasi melebihi standar WHO, distribusi kasus ISPA tidak berkorelasi secara linier dengan kadar PM_{2,5}, dimana wilayah dengan konsentrasi PM_{2,5} terendah justru mencatat kasus ISPA terbanyak. Peneliti menduga hal ini berkaitan dengan perbedaan perilaku pencarian layanan kesehatan antar kelompok masyarakat, yang menjadi salah satu faktor perancu penting dalam studi berbasis data kunjungan puskesmas.

Di tingkat internasional, temuan ini didukung oleh (Zeng et al., 2024) yang menggunakan pendekatan Mendelian Randomization dua sampel dan menyimpulkan bahwa PM_{2,5} tidak terbukti memiliki efek kausal terhadap infeksi saluran pernapasan non-COVID-19, termasuk pneumonia bakterial. Hubungan yang signifikan hanya ditemukan pada kasus COVID-19, menunjukkan bahwa kaitan PM_{2,5} dengan infeksi bersifat sangat spesifik terhadap jenis patogen dan tidak dapat digeneralisasikan ke seluruh spektrum ISPA.

Tidak adanya hubungan bermakna dalam penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, meskipun sebagian besar kamar memiliki konsentrasi PM_{2,5} yang melebihi baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023, selisihnya tidak terlalu jauh dari ambang batas sehingga belum cukup untuk secara signifikan menurunkan pertahanan imun mukosilia saluran pernapasan. Kedua, etiologi ISPA di lingkungan pesantren kemungkinan lebih didominasi oleh penularan patogen secara langsung (droplet), mengingat kepadatan hunian yang tinggi dan interaksi fisik yang intensif antarpenghuni. Ketiga, penelitian ini menggunakan desain cross-sectional yang mengukur paparan dan luaran pada satu titik waktu, sehingga tidak dapat menangkap efek



kumulatif paparan PM_{2,5} jangka panjang terhadap risiko ISPA.

Garmini & Purwana, (2020) dalam studinya di Palembang juga menemukan bahwa faktor ventilasi rumah merupakan variabel yang paling dominan berhubungan dengan ISPA, sementara parameter polutan kimia udara dalam ruangan tidak menunjukkan hubungan yang bermakna secara statistik. Hal ini menguatkan argumen bahwa kondisi fisik ventilasi dan perilaku higiene memiliki peran yang lebih determinan dibandingkan konsentrasi PM_{2,5} semata dalam konteks ISPA.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Desain cross-sectional membatasi kemampuan inferensi kausal. Pengukuran PM_{2,5} hanya dilakukan pada dua waktu replikasi sehingga tidak merepresentasikan variasi konsentrasi harian secara penuh. Selain itu, faktor-faktor lain yang berpotensi memengaruhi kejadian ISPA seperti status gizi, riwayat imunisasi, kepadatan hunian, dan perilaku higiene tidak dianalisis secara simultan dalam penelitian ini sehingga potensi confounding tidak dapat sepenuhnya dikendalikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sebagian besar santri (70,1%) mengalami keluhan ISPA dalam 3 bulan terakhir, mencerminkan tingginya beban penyakit ISPA di lingkungan pondok pesantren PPTQ Ahmad Dahlan Ponorogo.
2. Konsentrasi PM_{2,5} di sebagian besar kamar santri (79,6%) tidak memenuhi baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023 ($>25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mengindikasikan kondisi kualitas udara dalam ruangan yang perlu mendapat perhatian serius.

3. Tidak terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara paparan PM_{2,5} dengan keluhan ISPA pada santri ($p=0,774$; $p>0,05$). Tingginya angka ISPA di pesantren kemungkinan lebih dipengaruhi oleh faktor penularan langsung antarpersona, kepadatan hunian, kondisi imunitas individu, dan perilaku higiene dibandingkan paparan PM_{2,5} semata.

Disarankan kepada pengelola pondok pesantren untuk meningkatkan kualitas ventilasi kamar, menerapkan jadwal kebersihan yang lebih teratur termasuk pengepelan lantai secara rutin, serta membatasi penumpukan pakaian gantung di dalam kamar. Penelitian lanjutan dengan desain kohort dan pengukuran PM_{2,5} yang lebih komprehensif serta mempertimbangkan faktor perancu seperti kepadatan hunian, perilaku higiene, dan status imunitas disarankan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang determinan ISPA di lingkungan pesantren.

DAFTAR PUSTAKA

- Adilasari, P. L., Setiani, O., & Raharjo, M. (2025). Association between PM_{2.5} and PM₁₀ with Acute Respiratory Infection in North and East Jakarta. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(3), 699–706.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.10531>
- Agustan, J., Hariani, P. L., & Novrikasari, D. (2024). Hubungan PM_{2,5} Dan PM₁₀ Dalam Udara Ambien Terhadap Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (Studi Kasus Desa Tanjung Jambu Kecamatan Merapi Timur Kabupaten Lahat) The Relationship of PM_{2.5} and PM₁₀ in Ambient Air to Acute Respiratory Infections (Case Study of



- Tanjung Jambu Village, East Merapi District, Lahat Regency). *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 6(2).
- Fahham, A. M. (2019). Sanitasi dan Dampaknya bagi Kesehatan: Studi dari Pesantren. *Jurnal Aspirasi*, 7. <https://doi.org/10.22212/aspirasi.v7i1.1084>
- Garmini, R., & Purwana, R. (2020). Polusi Udara Dalam Rumah Terhadap Infeksi Saluran Pernafasan Akut pada Balita di TPA Sukawinatan Palembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.14710/jkli.19.1.1-6>
- Jiang, Y., Si, J., Wang, Y., Zhang, H., Zhou, F., Lu, X., Li, X., Sun, D., & Wang, Z. (2024). The Relationship Between PM2.5 and Eight Common Lung Diseases: A Two-Sample Mendelian Randomization Analysis. *Toxics*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/toxics12120851>
- Krismanuel, H., & Tjhin, P. (2025). The association between PM2.5 level and respiratory tract infections among children: A cross-sectional study. *AIMS Public Health*, 12(4), 1084–1114. <https://doi.org/10.3934/publichealth.2025055>
- Maung, T. Z., Bishop, J. E., Holt, E., Turner, A. M., & Pfrang, C. (2022). Indoor Air Pollution and the Health of Vulnerable Groups: A Systematic Review Focused on Particulate Matter (PM), Volatile Organic Compounds (VOCs) and Their Effects on Children and People with Pre-Existing Lung Disease. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Number 14). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148752>
- Prihardanu, E. G., Kusnopranto, H., & Herdiansyah, H. (2021). Indoor air quality in urban residential: Current status, regulation and future research for Indonesia. *International Journal of Public Health Science*, 10(4), 824–833. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v10i4.20885>
- Setiawan, A., Qomaruddin, B., Sulistyowati, M., & Setiawan*, A. (2024). Risk Factors Associated with Scabies Occurring in Islamic Boarding Schools: Literature Review. *Jurnal Promkes: The Indonesian Journal of Health Promotion and Health Education*, 12. <https://doi.org/10.20473/jpk.V12.I1SP.2024.206-218>
- Wellid, I., Simbolon, L. M., Falahuddin, M. A., Nurfitriani, N., Sumeru, K., Bin Sukri, M. F., & Yuningsih, N. (2024). Evaluasi Polusi Udara PM2.5 dan PM10 di Kota Bandung serta Kaitannya dengan Infeksi Saluran Pernafasan Akut. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(2), 128–136. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.2.128-136>
- Zahrani, Mustafa, & Nirwana. (2023). *Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian ISPA Di Puskesmas Besulutu Kabupaten Konawe Tahun 2023*.
- Zeng, Y., Pang, K., Cao, S., Lin, G., & Tang, J. (2024). Causal relationship between particulate matter 2.5 and infectious diseases: A two-sample Mendelian randomization study. *Heliyon*, 10(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23412>