

Faktor Lingkungan sebagai Penyebab Kasus Pneumonia di Banjarnegara, Jawa Tengah

Yuni Wijayanti^{1*}, Fifti Istiklaili¹, Lutfi Muzaqi¹, Arum Siwiendrayanti¹, Mustofa Daru Affandi¹, Tri Prapto Kurniawan², Fery Nurhandoko³, Anita Luvitasari¹, Adinda Mayhana Pramesti¹, Diyan Argani Kusumaningtyas¹

¹ Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran Universitas Negeri Semarang, Indonesia

² Dinas Kesehatan Kabupaten Banjarnegara, Indonesia

³ Dinas Kesehatan Kota Semarang, Indonesia

*Corresponding author: yuniwijaja@mail.unnes.ac.id



©2026. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Info Artikel: Diterima 19 Januari 2025 ; Direvisi 25 Juni 2025 ; Disetujui 11 Juni 2026

Tersedia online : 04 Agustus 2026 ; Diterbitkan secara teratur : Juni 2026



Cara sitasi: Wijayanti Y, Istiklaili F, Muzaqi L, Siwiendrayanti A, Affandi MD, Kurniawan TP, Nurhandoko F, Luvitasari A, Pramesti AM, Kusumaningtyas DA. Faktor Lingkungan sebagai Penyebab Kasus Pneumonia di Banjarnegara, Jawa Tengah. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2026 Jun;25(2):189-195. <https://doi.org/10.14710/jkli.81708>.

ABSTRAK

Latar belakang: Pneumonia masih memberikan kontribusi besar terhadap kematian anak usia di bawah lima tahun. Di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah, cakupan deteksi pneumonia pada 2024 baru mencapai 70,1%, sementara prevalensinya meningkat menjadi 3,28%. Penelitian ini bertujuan menilai keterkaitan kondisi lingkungan rumah dengan kejadian pneumonia pada balita di wilayah tersebut.

Metode: Penelitian case-control ini merekrut 68 balita melalui purposive sampling, masing-masing 34 subjek pada kelompok kasus dan kontrol. Kasus ditentukan berdasarkan diagnosis pneumonia selama 2024-2025. Kontrol merupakan balita seusia yang tinggal di sekitar rumah kasus dan tidak mempunyai riwayat pneumonia. Informasi diperoleh melalui observasi serta pengukuran langsung terhadap jumlah koloni fungi, suhu, intensitas pencahayaan, dan kelembapan lingkungan rumah.

Hasil: Fungi yang teridentifikasi meliputi *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., dan *Rhizopus* sp., sedangkan mikroba yang ditemukan adalah *Staphylococcus*. Analisis bivariat memperlihatkan bahwa jumlah koloni fungi, suhu, pencahayaan, dan kelembapan masing-masing berkaitan dengan kejadian pneumonia pada balita ($p < 0,001$; $p = 0,029$; $p = 0,003$; dan $p = 0,006$).

Simpulan: Kejadian pneumonia pada balita di Kabupaten Banjarnegara berkaitan secara signifikan dengan kualitas lingkungan rumah. Oleh sebab itu, pengendalian faktor lingkungan hunian perlu menjadi bagian dari upaya pencegahan pneumonia pada balita.

Kata kunci: Fungi; Kelembapan; Pencahayaan; Pneumonia; Suhu

ABSTRACT

Title: Environmental Factors as the Cause of Pneumonia Cases in Banjarnegara, Central Java Province

Background: Pneumonia continues to contribute substantially to mortality among children under five years of age. In Banjarnegara Regency, Central Java, pneumonia detection coverage reached only 70.1% in 2024, while prevalence increased to 3.28%. This study assessed the association between household environmental conditions and pneumonia among young children in the regency.

Method: This case-control study enrolled 68 children through purposive sampling, comprising 34 cases and 34 controls. Cases were identified from children diagnosed with pneumonia during 2024-2025. Controls were age-matched children living near the case households who had no previous history of pneumonia. Data were obtained through observation and direct measurement of fungal colony counts, temperature, indoor lighting, and humidity.

Result: *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, and *Rhizopus sp.* were the fungal genera identified, while *Staphylococcus* was the detected bacterial genus. Bivariate analysis indicated significant associations of fungal colony count, temperature, lighting, and humidity with pneumonia in children under five ($p < 0.001$, $p = 0.029$, $p = 0.003$, and $p = 0.006$, respectively).

Conclusion: Household environmental quality was significantly associated with pneumonia among children under five in Banjarnegara Regency. Measures to control residential environmental risks should therefore be incorporated into pneumonia-prevention programs for this age group.

Keywords: Fungi; Humidity; Indoor lighting; Pneumonia; Temperature

PENDAHULUAN

Pneumonia masih termasuk penyebab utama kematian anak di tingkat global. Pada 2019, penyakit ini diperkirakan menyebabkan 740.180 kematian pada anak berusia di bawah lima tahun.¹ Jumlah tersebut setara dengan 14% dari seluruh kematian balita di dunia dan 22% kematian pada anak usia 1-5 tahun.¹ Bebannya tetap tinggi, dengan insiden lebih dari 1.400 kasus per 100.000 anak setiap tahun atau sekitar satu kasus pada setiap 71 anak. Beban terbesar dijumpai di Asia Selatan, Afrika Barat, dan Afrika Tengah. Insiden di Asia Selatan mencapai sekitar 2.500 kasus per 100.000 anak, sedangkan Afrika Barat dan Afrika Tengah masing-masing mencatat sekitar 1.620 kasus per 100.000 anak.²

Dibandingkan rerata dunia, pneumonia pada anak memberikan beban yang lebih besar di Asia Tenggara. Insidennya pada balita diperkirakan 0,36 episode per anak per tahun, lebih tinggi daripada angka global sebesar 0,26 dan rerata negara berkembang sebesar 0,295 episode per anak per tahun. Sebaliknya, negara dengan tingkat pembangunan tinggi hanya mencatat sekitar 0,05 episode per anak per tahun. Dari sekitar 156 juta episode pneumonia anak yang terjadi setiap tahun di seluruh dunia, kurang lebih 61 juta berlangsung di Asia Tenggara. Penyakit ini juga berkontribusi terhadap 19% dari 3,1 juta kematian balita tahunan di kawasan tersebut, di luar pneumonia yang berkaitan dengan infeksi dan sepsis neonatal.³

Besarnya beban pneumonia anak di Asia turut terlihat pada data beberapa negara. Survei China, Children, Homes, Health yang dilaksanakan di sepuluh kota di Tiongkok pada 2010 melaporkan prevalensi pneumonia sebesar 25,5%-41,7% pada anak prasekolah.⁴ Penelitian lain di Urumqi menemukan prevalensi 40,9% pada kelompok usia yang sama.⁵ Secara global, UNICEF memperkirakan bahwa pneumonia menyebabkan lebih dari 700.000 kematian balita pada 2019 atau hampir seperlima dari seluruh kematian anak; sebagian besar kematian tersebut terjadi di Asia Selatan dan Afrika Sub-Sahara.²

Di Indonesia, pneumonia masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang penting pada anak berusia di bawah lima tahun. Mengacu pada indikator Rencana Strategis Kementerian Kesehatan 2019, proporsi kabupaten/kota yang memiliki sedikitnya 50% puskesmas dengan pelayanan pneumonia sesuai standar baru mencapai 57,2%, sehingga belum memenuhi target nasional sebesar 60%.⁶ Penerapan pemeriksaan dan tata laksana pneumonia sesuai standar di seluruh kabupaten/kota hanya tercapai di empat dari 34 provinsi, yaitu Kepulauan Bangka Belitung, DKI Jakarta, Banten, dan Nusa Tenggara Barat.⁶

Jumlah kunjungan balita dengan keluhan batuk dan sesak napas ke fasilitas kesehatan menurun dari 7.047.834 pada 2019 menjadi 4.972.553 pada 2020 dan 4.432.177 pada 2021.⁷ Penurunan kunjungan tersebut turut menekan cakupan penemuan pneumonia balita secara nasional. Selama satu dekade terakhir, capaian deteksi berfluktuasi dan mencapai nilai tertinggi pada 2016, yaitu 65,3%. Cakupan kembali menurun pada 2020-2021 ketika pandemi COVID-19 dan stigma yang menyertainya membuat sebagian pengasuh enggan membawa balita dengan batuk atau kesulitan bernapas ke fasilitas pelayanan kesehatan.⁸

Pada 2021, cakupan deteksi pneumonia balita secara nasional hanya 31,4%, dan tidak satu pun provinsi mencapai target penemuan sebesar 65%.⁷ Capaian tertinggi pada tahun tersebut terdapat di Jawa Timur (50%), Banten (46,2%), dan Lampung (40,6%).⁷ Pada 2023, cakupan penemuan tercatat 36,95%; Papua Barat, DKI Jakarta, dan Bali menempati posisi teratas dengan nilai berturut-turut 75%, 72,4%, dan 71,6%.⁹ Setahun kemudian, cakupan nasional meningkat menjadi 52,7%, dengan case fatality rate sebesar 0,12%.⁸

Di Jawa Tengah, penemuan pneumonia pada balita menunjukkan perbaikan pada 2024. Sebanyak 81.616 kasus berhasil diidentifikasi, setara dengan cakupan 63,7% dan menjadi capaian tertinggi selama tiga tahun terakhir.¹⁰ Meskipun demikian, hanya 13 dari 35 kabupaten/kota yang memenuhi target 75%. Kabupaten Banjarnegara masih berada di bawah sasaran tersebut karena cakupan penemuannya baru mencapai 70,1% pada 2024.¹⁰

Insidensi pneumonia balita di Kabupaten Banjarnegara dilaporkan sebesar 3,28% pada 2024,¹¹ meningkat dari 3,00% pada 2023.¹² Keberlanjutan kasus dan perubahan angkanya dari tahun ke tahun menegaskan bahwa

pneumonia masih menjadi persoalan kesehatan masyarakat setempat. Upaya pengendalian karenanya perlu mempertimbangkan bukan hanya pelayanan kesehatan dan penemuan kasus, tetapi juga kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi munculnya penyakit.¹³

Sejumlah penelitian telah mengaitkan kualitas fisik rumah dengan risiko pneumonia pada anak berusia di bawah lima tahun. Variasi suhu harian dan paparan suhu ekstrem, misalnya, berhubungan dengan kenaikan risiko pneumonia balita dengan relative risk 1,06 (95% CI: 1,03-1,10).¹⁴ Sebaliknya, balita yang tinggal di rumah dengan kelembapan sesuai persyaratan kesehatan memiliki kemungkinan mengalami gejala pneumonia 40% lebih rendah daripada mereka yang tinggal pada kondisi kelembapan tidak memenuhi standar (PR=0,60; 95% CI: 0,37-0,95).¹⁵

Perilaku penghuni turut menentukan kualitas paparan di dalam rumah. Kebiasaan membuka jendela setiap hari dilaporkan berhubungan secara statistik dengan kejadian pneumonia balita ($p=0,000$; OR=10,0; 95% CI: 3,244-30,830).¹⁶ Penelitian di Kabupaten Kebumen juga menunjukkan bahwa balita dalam rumah yang jendelanya tidak dibuka secara rutin memiliki risiko 5,28 kali lebih besar dibandingkan balita yang tinggal di rumah dengan kebiasaan membuka jendela secara teratur.¹⁷ Jendela yang terus tertutup membatasi masuknya sinar matahari dan pertukaran udara, sehingga kelembapan meningkat dan kondisi rumah menjadi lebih mendukung pertumbuhan patogen penyebab infeksi saluran pernapasan akut.¹⁶

Pencahayaannya yang tidak memadai juga dikaitkan dengan gangguan pernapasan. Penelitian di Kota Magelang menunjukkan bahwa rumah dengan pencahayaan buruk mempunyai risiko tuberkulosis paru lebih dari dua kali lipat; pencahayaan rumah yang tidak memenuhi syarat juga dilaporkan berhubungan dengan pneumonia pada balita (OR=2,316; $p=0,043$). Sinar matahari memiliki efek mikrobisidal terhadap patogen di udara maupun pada permukaan rumah, sehingga dapat membantu menekan risiko infeksi saluran pernapasan. Ventilasi yang baik memudahkan cahaya alami memasuki ruang, dan kedua komponen tersebut bersama-sama mendukung terciptanya lingkungan hunian yang lebih sehat.¹⁸

Rumah yang hangat dan lembap menyediakan kondisi yang mendukung pertumbuhan fungi, termasuk fungi yang dapat terlibat dalam pneumonia fungal.¹⁹ Salah satu genus yang memengaruhi saluran pernapasan ialah *Aspergillus*, penyebab aspergillosis yang juga dikenal sebagai brooder pneumonia, mycotic pneumonia, atau pneumomycosis. Pertumbuhannya optimal pada suhu hangat, kelembapan tinggi, dan lingkungan dengan banyak bahan organik. Karena balita lebih rentan terhadap paparan tersebut, kondisi fisik rumah yang tidak memenuhi syarat dapat meningkatkan risiko pneumonia.²⁰

Dengan demikian, tingginya kejadian pneumonia balita dan perubahannya dari tahun ke tahun di Banjarnegara tidak dapat dijelaskan hanya oleh kinerja pelayanan kesehatan serta cakupan deteksi kasus. Kondisi fisik rumah dan perilaku penghuninya juga berpotensi membentuk paparan yang berperan terhadap penyakit. Penelitian ini dilakukan untuk menilai hubungan faktor lingkungan hunian dengan pneumonia pada anak berusia di bawah lima tahun di Kabupaten Banjarnegara sebagai dasar penyusunan strategi pencegahan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

MATERI DAN METODE

Penelitian menggunakan rancangan case-control untuk menilai hubungan kondisi lingkungan rumah dengan kejadian pneumonia pada balita. Kegiatan dilaksanakan di wilayah kerja Puskesmas Punggelan I dan Puskesmas Susukan II, Kabupaten Banjarnegara, selama April-Mei 2025. Status pneumonia ditetapkan sebagai variabel dependen, sedangkan faktor rumah yang diperiksa meliputi jenis dan jumlah koloni fungi, suhu ruangan, kelembapan relatif, intensitas pencahayaan, serta ventilasi. Persetujuan etik diperoleh dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Negeri Semarang dengan nomor 999/KEPK/FK/KLE/2025. Seluruh responden memberikan informed consent sebelum mengikuti penelitian.

Sampel dipilih dengan teknik purposive sampling dan mencakup 68 balita, yang dibagi sama banyak ke dalam 34 kasus dan 34 kontrol. Kelompok kasus terdiri atas balita dengan diagnosis pneumonia yang tercatat dalam rekam medis 2024-2025. Kontrol dipilih menggunakan pendekatan neighborhood control, yaitu balita seusia yang tinggal di sekitar rumah kasus dan tidak pernah memiliki riwayat pneumonia. Pengumpulan data memadukan observasi, pengukuran langsung lingkungan rumah, dan wawancara singkat. Komponen yang diukur mencakup koloni fungi, suhu, pencahayaan, kelembapan, dan luas ventilasi. Untuk menangkap fungi udara, plate agar dibiarkan terbuka di kamar responden selama 24 jam, kemudian dibawa ke laboratorium dan diinkubasi selama tiga hari. Intensitas cahaya dan kelembapan di kamar tidur serta ruang keluarga masing-masing diukur memakai lux meter dan hygrometer. Luas ventilasi diukur dengan meteran lalu dibandingkan dengan luas bangunan berdasarkan informasi pada kuesioner. Wawancara digunakan untuk mengetahui kemungkinan renovasi setelah anak mengalami pneumonia agar kondisi rumah sebelum sakit dapat diperkirakan.

Seluruh hasil pengukuran dicatat pada tabel kerja dan direkapitulasi dalam Microsoft Excel sebelum variabel dikategorikan. Kepadatan fungi dinilai buruk apabila hasil pada satu plate agar melebihi 25 CFU/m³ dan dinilai baik apabila ≤ 25 CFU/m³.²¹ Suhu ruangan 18-30°C dikategorikan baik, sedangkan nilai di luar rentang tersebut dikategorikan buruk. Kelembapan 40%-60% RH dianggap memenuhi syarat; nilai <40% atau >60% RH dimasukkan ke kategori buruk. Pencahayaan diklasifikasikan buruk pada intensitas <60 lux dan baik pada ≥ 60

lux.²² Analisis deskriptif dan bivariat dilakukan menggunakan SPSS, dengan uji chi-square untuk menilai hubungan antarvariabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengambilan sampel di rumah responden memperlihatkan beberapa jenis fungi dan mikroba sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi fungi dan mikroba yang teridentifikasi

Jenis	Nama	Kasus (n=34)	Kontrol (n=34)
Fungi	<i>Aspergillus Sp</i>	27 (79,41%)	26 (76,47%)
Fungi	<i>Fusarium Sp</i>	9 (26,47%)	7 (20,58%)
Mikroba	<i>Staphylococcus</i>	14 (41,17%)	7 (20,58%)
Fungi	<i>Rhizopus Sp</i>	24 (70,58%)	23 (67,64%)

Fungi dan mikroba udara dikumpulkan menggunakan plate agar yang dibiarkan terbuka selama 24 jam di kamar responden, baik pada kelompok kasus maupun kontrol. Setelah diambil kembali, plate dikultur di laboratorium. Masing-masing kelompok menggunakan 34 plate. *Aspergillus* terdeteksi pada 27 plate kelompok kasus dan 26 plate kelompok kontrol. Genus ini lazim tumbuh di dalam rumah pada wilayah beriklim tropis.²³ *Fusarium sp.* ditemukan pada sembilan plate kasus dan tujuh plate kontrol. Meskipun selisih antarkelompok relatif kecil, *Fusarium* dapat terlibat dalam pneumonia fungal; laporan sebelumnya mendeskripsikan pneumonia invasif akibat *Fusarium* pada seorang perempuan berusia 68 tahun yang sebelumnya sehat.²⁴

Staphylococcus ditemukan pada 14 plate kelompok kasus dan tujuh plate kelompok kontrol. Bakteri Gram-positif oportunistik ini dapat menjadi bagian dari flora normal kulit dan saluran pernapasan, tetapi mampu menyebabkan infeksi pada keadaan tertentu.²⁵ Frekuensinya yang dua kali lebih tinggi pada rumah kasus mengisyaratkan beban mikroba udara dalam ruang yang lebih besar serta kemungkinan peningkatan risiko gangguan pernapasan. *Rhizopus sp.* teridentifikasi pada 24 plate kasus dan 23 plate kontrol. Sebagai fungi filamen saprofit dari ordo Mucorales, *Rhizopus* umum dijumpai di lingkungan dan bahan organik yang membusuk serta dapat bersifat oportunistik. Distribusinya yang hampir sama pada kedua kelompok menunjukkan bahwa fungi ini kemungkinan merupakan kontaminan udara dalam ruang yang umum, bukan penanda perbedaan paparan antara kasus dan kontrol.²⁶

Tabel 2. Analisis hubungan koloni fungi, suhu, kelembapan, dan pencahayaan dengan kejadian pneumonia di Banjarnegara, 2025

No	Variabel	Kasus n= 34	Kontrol n= 34	<i>p-value</i>	OR	95 % CI	
						Lower	Upper
1	Fungi ¹						
	>25 CFU/m ³	26 (76,5%)	5(14,7%)	0.000*	18,850	5,475	64,904
	≤25 CFU/m ³	8 (23,5%)	29(85,3%)				
2	Suhu ²						
	Buruk	22 (64,7%)	12 (35,3%)	0.029*	1,833	1,092	3,079
	Baik	12 (35,3%)	22 (64,7%)				
3	Kelembaban ³						
	Buruk	32 (94,1%)	21 (26,5%)	0,003*	4,528	1,224	16,758
	Baik	2 (5,9%)	13 (38,2%)				
4	Pencahayaan ⁴						
	Buruk	26 (76,5%)	15 (44,1%)	0,006*	4,117	1,452	11,673
	Baik	8 (23,5%)	19 (55,9%)				

Ket.: *signifikan; 1 Buruk: >25 CFU/m³; Baik: ≤25 CFU/m³; 2 Buruk: <18°C atau >30°C; Baik: 18-30°C; 3 Buruk: <40% atau >60% RH; Baik: 40-60% RH; 4 Buruk: <60 lux; Baik: ≥60 lux.

Jumlah koloni fungi menunjukkan hubungan yang kuat dengan pneumonia ($p < 0,001$; OR=18,850; 95% CI: 5,475-64,904). Balita yang tinggal di rumah dengan konsentrasi fungi >25 CFU/m³ mempunyai odds pneumonia 18,850 kali dibandingkan mereka yang terpapar ≤25 CFU/m³. Temuan ini sejalan dengan studi bioaerosol kuantitatif yang menghubungkan konsentrasi fungi dalam ruang yang tinggi dengan infeksi saluran pernapasan

bawah serta gejala respirasi pada anak dan orang dewasa.²⁷ Besarnya asosiasi yang diperoleh mungkin mencerminkan paparan sangat tinggi pada rumah terdampak atau gabungan beberapa kerentanan lingkungan yang saling memperkuat.

Spora dan fragmen hifa yang terhirup dapat bertindak sebagai partikel respirabel dan mencapai bagian dalam saluran napas. Paparan tersebut memicu inflamasi, merusak integritas epitel, dan mengganggu pembersihan mukosiliar, sehingga pertahanan paru melemah dan infeksi bakteri atau virus sekunder lebih mudah terjadi. Bukti dari pengukuran aerosol menunjukkan bahwa peningkatan CFU/m³ fungi sejalan dengan bertambahnya beban bioaerosol yang dapat terhirup dan potensi patogeniknya.²⁸ Kelembapan dalam ruang, sebagai pendorong utama pertumbuhan fungi, juga dikaitkan dengan infeksi pernapasan serta ketidakseimbangan mikrobiota rumah yang lebih luas.²⁹ Karena itu, konsentrasi fungi dapat mencerminkan paparan langsung sekaligus menjadi indikator penurunan mutu lingkungan secara keseluruhan.

Suhu rumah yang berada di luar rentang optimal (<18°C atau >30°C) berhubungan signifikan dengan pneumonia (OR=1,833; 95% CI: 1,092-3,079; p=0,029). Paparan suhu ekstrem dapat menimbulkan stres termal, menurunkan pertahanan mukosa, dan menghambat pembersihan mukosiliar, sehingga saluran pernapasan lebih mudah mengalami infeksi.³⁰ Pola serupa ditemukan pada penelitian di Surabaya, meskipun besar efeknya lebih tinggi, yaitu OR=2,856 (95% CI: 1,190-6,896; p=0,021) untuk suhu ruangan yang tidak memenuhi syarat.³¹

Besaran efek dalam penelitian ini lebih rendah daripada hasil studi sebelumnya. Perbedaan tersebut mungkin berkaitan dengan karakteristik wilayah penelitian yang didominasi perdesaan dan memiliki topografi beragam. Di Kecamatan Punggelan yang bergunung, penurunan suhu malam hari dapat cukup tajam tetapi tidak seluruhnya terwakili oleh pengukuran pada siang hari. Sebaliknya, di Kecamatan Susukan yang berada di kawasan lebih rendah, pengaruh suhu mungkin diperkuat oleh kelembapan yang relatif tinggi.³² Suhu rumah juga dapat berinteraksi dengan faktor lain, terutama kelembapan dan kepadatan mikroorganisme di udara dalam ruang.³³

Kelembapan dalam rumah menjadi faktor risiko penting lainnya. Balita yang tinggal pada kelembapan di luar rentang anjuran 40%-60% RH memiliki odds pneumonia 4,5 kali lebih tinggi (OR=4,528; 95% CI: 1,224-16,758; p=0,003). Rerata kelembapan di lokasi penelitian mencapai sekitar 75% RH, yang menunjukkan kondisi ruangan cenderung lembap. Nilai di atas 60% dapat mendorong pertumbuhan fungi dan tungau debu serta menyebabkan iritasi saluran napas secara berulang. Paparan tersebut dapat membuat lendir lebih kental dan mengganggu eskalator mukosiliar, sementara inflamasi epitel semakin melemahkan sawar pernapasan dan meningkatkan kerentanan terhadap patogen.³⁴

Kelembapan tinggi juga memperlambat penguapan droplet, sehingga partikel yang membawa patogen tetap lebih besar dan lebih mudah mengendap pada saluran napas atas. Sebaliknya, udara yang sangat kering dapat mengeringkan mukosa serta mengganggu fungsi sawar dan pembersihan mukosiliar. Kerusakan pertahanan tubuh yang terjadi bersamaan dengan paparan dalam ruang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan bawah yang berat, termasuk pneumonia.^{35,36} Hasil ini konsisten dengan penelitian di wilayah kerja Puskesmas Baturraden II, Banyumas, yang memperoleh p=0,030; OR=2,922; dan 95% CI: 1,432-5,960.³⁴

Pencapaian juga berhubungan bermakna dengan pneumonia pada balita (p=0,006; OR=4,117; 95% CI: 1,452-11,673). Dibandingkan balita yang tinggal di rumah dengan pencapaian memadai, mereka yang terpapar intensitas <60 lux mempunyai odds pneumonia 4,117 kali lebih tinggi. Pencapaian buruk sering muncul bersama kekurangan struktural lain, seperti ventilasi terbatas dan kelembapan berlebih, yang secara bersamaan dapat meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan akut. Kajian observasional di negara berpendapatan rendah dan menengah juga mengaitkan paparan cahaya, desain jendela, serta kualitas udara dalam rumah dengan morbiditas respirasi pada anak.

Hubungan tersebut dapat dijelaskan melalui beberapa jalur. Kekurangan cahaya alami mengurangi paparan terhadap ultraviolet dan radiasi matahari lain yang mampu menonaktifkan patogen di udara. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa sinar matahari simulasi dapat menurunkan viabilitas aerosol virus dengan cepat,³⁷ sedangkan variasi spektrum dan intensitas cahaya alami juga berpotensi memengaruhi daya hidup virus di dalam ruang.³⁸ Paparan matahari yang terbatas dapat pula mengurangi sintesis vitamin D endogen; defisiensi vitamin D berulang kali dikaitkan dengan peningkatan kerentanan terhadap infeksi pernapasan.³⁹ Selain itu, pencapaian yang buruk kerap menandakan ventilasi tidak memadai, sehingga patogen pernapasan lebih mudah terakumulasi dan menyebar melalui udara.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada waktu pengukuran suhu, kelembapan, dan pencapaian yang dilakukan setelah balita mengalami pneumonia. Oleh karena itu, kondisi yang tercatat belum tentu sepenuhnya merepresentasikan paparan sebelum penyakit terjadi.

SIMPULAN

Organisme yang teridentifikasi di dalam rumah meliputi *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., dan *Staphylococcus*. Jumlah koloni fungi yang tinggi, suhu dan kelembapan yang tidak sesuai, serta pencahayaan yang kurang masing-masing berhubungan signifikan dengan pneumonia pada balita. Masyarakat perlu memperbaiki ventilasi dan memaksimalkan cahaya alami untuk membantu menjaga suhu serta kelembapan ruangan pada kondisi sehat. Pemerintah daerah dan tenaga kesehatan juga perlu memperkuat edukasi berkelanjutan mengenai standar rumah sehat guna mengurangi risiko lingkungan bagi pneumonia balita.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Semarang atas pendanaan melalui skema Penelitian Dasar (Universitas) 2025. Apresiasi juga disampaikan kepada Dinas Kesehatan Kabupaten Banjarnegara, Puskesmas Punggelan I, dan Puskesmas Susukan II atas dukungan selama penelitian, termasuk penyediaan data kasus dan kontrol, fasilitasi mobilitas tim lapangan, serta pendampingan tenaga kesehatan dalam proses pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

1. WHO. Pneumonia in children. 2022.
2. UNICEF. Pneumonia in children statistics: A child dies of pneumonia every 43 seconds. 2025.
3. Ghimire M, Bhattacharya SK, Narain JP. Pneumonia in South-East Asia Region: public health perspective. *Indian J Med Res.* 2012 Apr;135(4):459–68.
4. Zhang Y, Li B, Huang C, Yang X, Qian H, Deng Q, et al. Ten cities cross-sectional questionnaire survey of children asthma and other allergies in China. *Chinese Sci Bull.* 2013;58(34):4182–9. <https://doi.org/10.1007/s11434-013-5914-z>
5. Wang T, Zhao Z, Yao H, Wang S, Norback D, Chen J, et al. Housing characteristics and indoor environment in relation to children's asthma, allergic diseases and pneumonia in Urumqi, China. *Chinese Sci Bull.* 2013;58(34):4237–44. <https://doi.org/10.1007/s11434-013-5727-0>
6. Kementerian Kesehatan RI. Profil Kesehatan Indonesia 2019. 2020.
7. Kemenkes RI. Profil Kesehatan Indonesia 2021. Pusdatin.Kemkes.Go.Id. 2022. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
8. Kemenkes. Profil Kesehatan Indonesia 2024. 2025.
9. Kementerian Kesehatan. Profil Kesehatan Indonesia 2023. 2023.
10. Dinas Kesehatan Kabupaten Banjarnegara. Profil Kesehatan Kabupaten Banjarnegara Tahun 2023. Kabupaten Banjarnegara: Dinkominfo Kabupaten Banjarnegara; 2024.
11. Dinas Kesehatan Kabupaten Banjarnegara. Profil kesehatan Kabupaten Banjarnegara 2024. 2024.
12. Dinkes Kabupaten Banjarnegara. Profil Kesehatan Kabupaten Banjarnegara 2023. 2023.
13. Kurniawan I, Muzaqi L, Qolby QN, Perdana MP, Ardianingsih AD, Chakim BM, et al. Studi Risiko Paparan Insektisida Melalui Kulit pada Aktivitas Penyemprotan oleh Petani Padi. 2025;5(1):41–50.
14. Makrufardi F, Triasih R, Nurnaningsih N, Chung KF, Lin SC, Chuang HC. Extreme temperatures increase the risk of pediatric pneumonia: a systematic review and meta-analysis. *Front Pediatr.* 2024;Volume 12-2024. <https://doi.org/10.3389/fped.2024.1329918>
15. Manurung M mellina, Putri FE, Fitri A, Sari RE, Rahmat AA. Determinants of Pneumonia Symptoms in Toddlers in the Paal V Health Center Working Area of Jambi City. *Manuju Malahayati Nurs J.* 2024; <https://doi.org/10.33024/mnj.v6i9.15210>
16. Darmawati AT, Sunarsih E, Trisnaini I. Hubungan faktor kondisi fisik rumah dan perilaku dengan insiden pneumonia pada anak balita di wilayah kerja Puskesmas Yosomulyo Kota Metro. 2016;7(1):6–13.
17. Nurjazuli, Widyaningtyas R. Faktor Risiko Dominan Kejadian Pnumonia Pada Balita. *J Respirologi Indones.* 2009;
18. Amelia S, Rahayu SR, Wijayanti Y. Analysis of Physical Environmental Factors Affecting the Incidence of Pulmonary Tuberculosis in Magelang City. 2021;6(1).
19. Sartika SD. Predisposisi, Patogenesis, dan Tatalaksana Pneumonia Fungal. *J Sainsmat.* 2022;XI(2):114–23. <https://doi.org/10.35580/sainsmat112361532022>
20. Hasanah U. Mengenal Aspergillosis, Infeksi Jamur Genus *Aspergillus*. *J Kel Sehat Sejah.* 2017;15(2):76–86. <https://doi.org/10.24114/jkss.v15i2.8777>
21. Ruiz-Camps I, Aguado JM, Almirante B, Bouza E, Ferrer-Barbera CF, Len O, et al. Guidelines for the prevention of invasive mould diseases caused by filamentous fungi by the Spanish Society of Infectious Diseases and Clinical Microbiology (SEIMC). *Clin Microbiol Infect.* 2011;17:1–24. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03477.x>
22. Kementerian Kesehatan RI. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. 2023;
23. Jain R, Chakraborty S. Quantifying indoor fungal aerosol levels in slums : implications for public health. *Discov Public Heal.* 2025; <https://doi.org/10.1186/s12982-025-00658-8>

24. Chauhan B V, Jones DH, Banerjee G, Agrawal S, Sulaiman IM. Indoor Bacterial and Fungal Burden in “ Moldy ” versus “ Non-Moldy ” Homes : A Case Study Employing Advanced Sequencing Techniques in a US Metropolitan Area. 2023; <https://doi.org/10.3390/pathogens12081006>
25. Clark SB, Hicks. MA. Staphylococcal Pneumonia. StatPearls Publishing; 2023.
26. Kanwar A, Jordan A, Olewiler S, Wehberg K, Cortes M, Jackson BR, et al. Case Report A Fatal Case of *Rhizopus azygosporus* Pneumonia Following. 2021; <https://doi.org/10.3390/jof7030174>
27. Fakunle AG, Jafta N, Smit LAM, Naidoo RN. Indoor bacterial and fungal aerosols as predictors of lower respiratory tract infections among under - five children in Ibadan , Nigeria. BMC Pulm Med. 2022;1–14. <https://doi.org/10.1186/s12890-022-02271-w>
28. Phillips B, Most Z, Connors B, Jackson P, Sebert M. Environmental Surveillance for Airborne Mold Spores and Healthcare-Associated Invasive Mold Infections. Vol. 5, Antimicrobial Stewardship & Healthcare Epidemiology : ASHE. 2025. p. s26-7. <https://doi.org/10.1017/ash.2025.224>
29. Clark SN, Lam HCY, Goode EJ, Marczylo EL, Exley KS, Dimitroulopoulou S. The Burden of Respiratory Disease from Formaldehyde, Damp and Mould in English Housing. Vol. 10, Environments. 2023. p. 136. <https://doi.org/10.3390/environments10080136>
30. Tobin EH, Thomas M, Bomar PA. Upper Respiratory Tract Infections With Focus on The Common Cold. StatPearls Publishing; 2025.
31. Nilandita W, Mustika I. Determinants of Pneumonia in Toddlers in Surabaya. 2025;(7). <https://doi.org/10.29080/jhsp.v9i1.1282>
32. Pemerintah Kabupaten Banjarnegara. Peraturan Bupati Banjarnegara Nomor 5 Tahun 2022. 2022.
33. Wolkoff P, Azuma K, Carrer P. Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation. Int J Hyg Environ Health. 2021;233:113709. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113709>
34. Raharjo M. Hubungan Kondisi Fisik Lingkungan Rumah dan Angka Kuman Udara Dengan Kejadian Pneumonia Balita (Studi di Wilayah Kerja Puskesmas Baturraden II Banyumas). 2022;21(2):170–9. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.2.170-179>
35. Ardillah Y, Sari IP, Budi IS. Residential Factors Of Pneumonia : A Literature Review Faktor-Faktor Lingkungan Rumah Dari Kejadian Pneumonia : Literature Review. 2019;10(November):147–52. <https://doi.org/10.26553/jikm.2019.10.19.147-152>
36. Xuan M, Yan S, Xiao C, Zhong X, Zhang S. High humidity exposures and mechanisms in respiratory disease. Ecotoxicol Environ Saf. 2025 Oct;305:119234. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.119234>
37. Schuit M, Ratnesar-shumate S, Yolitz J, Williams G, Weaver W, Green B, et al. Airborne SARS-CoV-2 Is Rapidly Inactivated by Simulated Sunlight. 2020;222. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa334>
38. Zhao M, Vojnits K, Lam MI, Yeo S, Macnaughton P, Pakpour S, et al. daylight spectrum and intensity. 2025;91(10). <https://doi.org/10.1128/aem.00973-25>
39. Tanase E, Marusca LM, Horhat FG, Susan M, Susan R, Horhat R, et al. Assessing the Impact of Vitamin D Supplementation on Respiratory Infections in Children and Adolescents : A Cross-Sectional Study. 2024;1–11. <https://doi.org/10.3390/nu16223953>