

Читать  
онлайн  
Read  
onlineRosa K. Fatma<sup>1</sup>, Kurnia A. Akbar<sup>2</sup>

# Pneumonia in children before and during the COVID-19 pandemic: an observation from a climate change and environmental perspective in Indonesia

<sup>1</sup>Lojejer Primary Health Care, Jember Health Department, 68162, Indonesia;<sup>2</sup>Faculty of Public Health, Jember University, 68121, Indonesia

## ABSTRACT

**Background.** Pneumonia is the second leading cause of child mortality in Indonesia. The COVID-19 pandemic in Indonesia is increasing a challenging environment for children's respiratory health.

**This study aims** to examine pneumonia in children using the perspective of climate change and the changing environment in Indonesia before and during COVID-19 pandemic.

**Materials and methods.** This research is a retrospective longitudinal study conducted during the period 2017–2020. The study area of the study is in Indonesia. All the province and city in Indonesia are included in this study. The number of children surveyed each year is 30.73 million. Outdoor air quality, temperature and rainfall observations were carried out at 185 observation stations spread throughout Indonesia

**Results.** In Indonesia, child pneumonia cases declined by 39.42% from 2017 (511,434 cases) to 2020 (309,838 cases) during the COVID-19 pandemic, with a 47.06% decrease in mortality. Outdoor air quality worsened by 51.64% pre-pandemic (2017–2019), improving notably in 2020. Conversely, temperature and rainfall, which decreased before 2017–2019, sharply increased in 2020, with rainfall at 524 mm and temperatures rising by 0.7°C compared to 2019.

**Limitations.** A detailed analysis and cautious interpretation are necessary due to the complex, suggestive links between air quality, climate, behavior, and respiratory health highlighted in this study, especially during the pandemic.

**Conclusion.** The pandemic triggered unexpected shifts. Reduced cases correlated with better air quality due to lockdowns and behavior changes, while increased temperature and rainfall may have hindered pathogen transmission.

**Keywords:** Pneumonia in Children; COVID-19 Pandemic; Climate Change; Environmental Perspective; Indonesia

**Compliance with ethical standards.** This research has received ethical approval from The Health Research Ethics Committee in Indonesia with ethical approval number is No.2245/UN25.8/KEPK/DL/2023.

**For citation:** Fatma R.K., Akbar K.A. Pneumonia in children before and during the COVID-19 pandemic: an observation from a climate change and environmental perspective in Indonesia. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(1): 14–21. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-1-14-21> <https://elibrary.ru/ajmpqp> (In Russ.)

**For correspondence:** Kurnia Ardiansyah Akbar, Asst. Prof., Jl. Kalimantan No. 42, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Jember Regency, East Java, Indonesia, 68121. E-mail: ardiansyah\_akbar@unej.ac.id

**Contributions:** Fatma R.K. – conceptualization, data curation, methodology, resources, supervision, validation, writing – original draft preparation, writing – review & editing; Akbar K.A. – formal analysis, investigation, methodology, software, visualization, writing – finalise original draft preparation, writing – review & editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: October 19, 2023 / Accepted: December 21, 2023 / Published: January 31, 2024

## Introduction

Pneumonia in children remains a significant global health challenge, necessitating continuous attention and efforts to mitigate its impact [1, 2]. Recent data indicates that pneumonia is responsible for approximately 15% of all deaths in children under the age of five worldwide, making it the leading infectious cause of childhood mortality [3]. Despite advancements in healthcare, an estimated 2.5 million children succumbed to pneumonia in 2021 alone [4]. The burden of this disease is particularly pronounced in low- and middle-income countries, where access to quality healthcare, proper nutrition, and clean water can be limited [5].

In 2022, Pneumonia's prevalence as the second leading cause of child mortality in Indonesia underscores the urgent need for comprehensive strategies to combat its impact. The latest available data highlights the severity of the issue, revealing that pneumonia accounts for a substantial proportion of child deaths in the country [6, 7].

Childhood pneumonia was already a major global health concern, but COVID-19 added complexity. Pneumonia caused significant child mortality before the pandemic [8–10]. COVID-19, while milder in children, strained healthcare, potentially delaying pneumonia treatment [11, 12]. Indonesia's diverse geography and pollution worsen childhood pneumonia risk. Air pollution from urbanization and industry harms children's respiratory systems. Airborne pollutants can irritate and weaken lungs, heightening pneumonia susceptibility [13–15]. Indonesia's vulnerability to climate-driven events adds to childhood pneumonia cases. Erratic

weather and extreme climate events, linked to climate change, weaken immunity, fostering infections. Temperature shifts, humidity spikes, and post-disaster effects disrupt respiratory health balance, escalating pneumonia risk [16]. To tackle this, a holistic strategy is crucial – combining pollution reduction, clean energy adoption, disaster readiness, and health education. Navigating the climate-child health nexus is vital for curbing pneumonia's impact and securing a healthier future [17, 18].

Until now, research related to pneumonia in children observed with the perspective of climate change and the environment in Indonesia is very rare. This study aims to examine pneumonia in children using the perspective of climate change and the changing environment in Indonesia before and during COVID-19 pandemic. The study's outcomes are expected to offer a novel perspective on the management of childhood pneumonia in Indonesia.

## Materials and methods

This research is a retrospective longitudinal study conducted during the period 2017–2020. The study area of the study is in Indonesia. All the province and city in Indonesia are included in this study. The survey only included Indonesia children, foreigner who not have Indonesia ID are exclude on this survey.

## Data

**Pneumonia in Child Cases.** Pneumonia in Child data was obtained from the 2017–2020 Indonesian national health survey.

The number of children surveyed each year is 30.73 million from all around in Indonesia country [19]. The age of children in this survey was 0–59 months [20]. The ICD-10 code used for Pneumonia in Children is J-14 [21].

**Mortality Rate of Pneumonia in Child.** Mortality rate of pneumonia in child is calculated from the number of child deaths due to pneumonia per year divided by the number of cases of child pneumonia per year multiplied by 100% [22]. Data obtained from Indonesia’s annual health survey.

**Climate Change and Environmental Data**

**Temperature Data.** Temperature data is an annual average data throughout Indonesia. The data is obtained based on the annual report of average temperatures in Indonesia from the Indonesian Meteorology, Climatology and Geophysics Agency. Temperature observations were carried out at 185 observation stations spread throughout Indonesia. The temperature unit used is Celsius (°C) [23].

**Rainfall Data.** The rainfall data represents the annual average precipitation across Indonesia. This data is derived from the annual reports on average rainfall in Indonesia provided by the Indonesian Meteorology, Climatology and Geophysics Agency. The collection of rainfall observations took place at 185 observation stations distributed throughout the country. The rainfall unit used is millimeters (mm) [24].

**Air Quality Data.** Air quality data refers to outdoor air quality. Data was collected from secondary data using the annual average PM<sub>2.5</sub> in Indonesia. Measurement of PM<sub>2.5</sub> concentration using the Beta light irradiation method (Beta Attenuation Monitoring) with units of micrograms per cubic meter (µm/m<sup>3</sup>) [25].

**Data Validity.** Pneumonia in Child data is obtained through a doctor’s diagnosis. The doctor who carries out the examination have been certified and registered with the Ministry of Health of the Republic of Indonesia. All tools used have been calibrated by the Indonesian government annually.

**Ethical Approval**

This research has received ethical approval from The Health Research Ethics Committee in Indonesia with ethical approval number is No.2245/UN25.8/KEPK/DL/2023. All participants in the research study provided their informed consent through both written and verbal means, confirming their understanding of the study’s purpose, procedures, and potential implications.

**Statistical analysis**

The analysis employed encompasses a descriptive approach aimed at examining the prevalence, ratio, percentage, and mortality rate of pneumonia in Child. The resultant data will be visually presented through graphs, enhancing the comprehension of the information being conveyed. Annual percent change was calculated to quantify changes in incidence rates over time.

**Results**

Pneumonia in child in Indonesia continues to decrease by 39.42% from 511,434 cases in 2017 before the pandemic to 309,838 in 2020 when the pandemic COVID-19 occurred. The mortality rate also trended down by 47.06% from before the pandemic and during the pandemic in Indonesia (fig. 1).

Outdoor air quality before and during the pandemic showed anomaly during the pandemic. When the pandemic did not occur in 2017–2019, the trend worsened by 51.64%. However, in 2020 during the pandemic, air quality conditions improved (fig. 2).

The opposite happened to temperature (fig. 3) and rainfall (fig. 4), temperature and rainfall trended down before the 2017–2019 pandemic, but in 2020 it increased sharply compared to 2019 rainfall raised to 524 mm and temperatures increased by 0.7°C.

**Discussion**

Child pneumonia cases in Indonesia pre and during COVID-19 stem from multiple factors. Earlier (2017–2019), limited rural healthcare, indoor and outdoor pollution, and poor

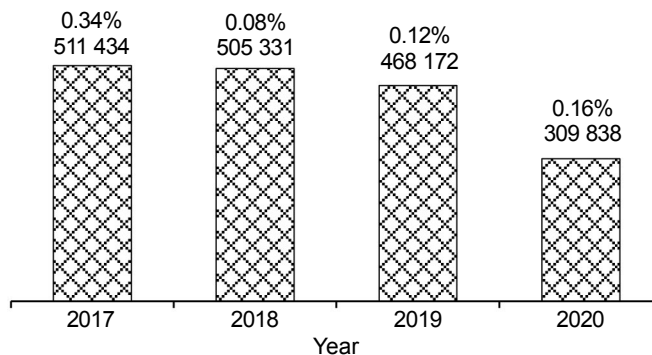


Fig. 1. Pneumonia in children and Mortality rate (%) of pneumonia in children 2017–2020.

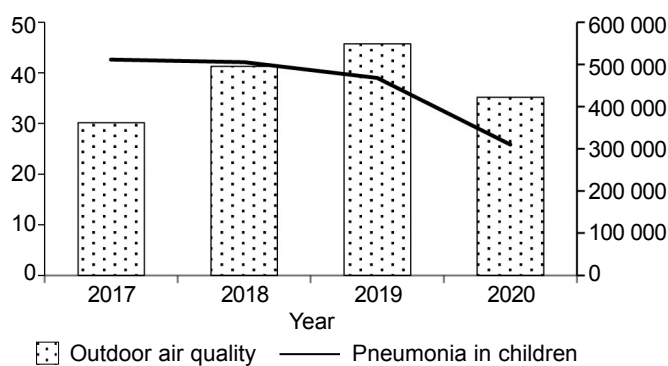


Fig. 2. Outdoor air quality and pneumonia in children 2017–2020.

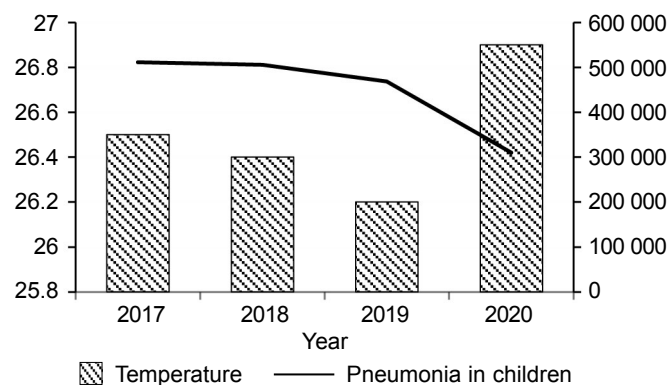


Fig. 3. Temperature and pneumonia in children 2017–2020.

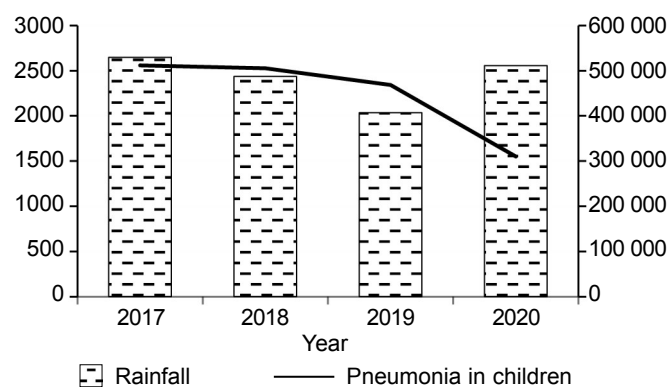


Fig. 4. Rainfall and pneumonia in children 2017–2020.

hygiene likely increased pneumonia cases. Inadequate public health campaigns contributed to suboptimal prevention [26–28]. However, the dynamics shifted during the COVID-19 pandemic in 2020, leading to a notable decrease in reported pneumonia cases. A combination of factors could explain this trend. The heightened focus on hygiene practices, mask usage, and social distancing to curb COVID-19 transmission inadvertently led to a reduction in the spread of other respiratory infections, including pneumonia. Moreover, lockdowns and movement restrictions curtailed industrial activities and vehicular emissions, subsequently improving air quality, which is crucial for respiratory health. The closure of schools, though challenging, limited the close interactions among children, thereby hindering the easy transmission of infections in crowded settings [29–32].

The pandemic context also prompted a renewed emphasis on healthcare infrastructure and preparedness. This could have translated into better access to medical facilities, more efficient diagnosis, and timely treatment of pneumonia cases. Conversely, the reported drop in pneumonia cases during the pandemic might have been influenced by changes in data collection and reporting mechanisms due to disruptions in healthcare systems. Inaccurate classification of cases or delayed reporting could have affected the apparent decline in pneumonia incidence [33, 34].

The intriguing interplay among pneumonia cases in children, outdoor air quality, temperature, and rainfall during the COVID-19 pandemic in 2020 presents a complex web of potential correlations in Indonesia. While direct causation might not be easily established, the convergence of these factors suggests several interrelated dynamics. Child pneumonia decline in Indonesia during the pandemic could relate to better air quality. Reduced pollution from limited industry and transport might have lowered respiratory irritation and infection vulnerability. Cleaner air could hinder pneumonia pathogens' spread [35, 36].

Secondly, the higher temperatures and increased rainfall observed during the same period could have played a role in reducing pneumonia cases. Warmer temperatures might have hindered the survival and transmission of certain pathogens responsible for respiratory infections. Additionally, increased

rainfall could have helped to clear the air of pollutants, enhancing overall air quality and consequently reducing respiratory infections [37, 38].

Furthermore, climate factors can have an intricate relationship with the immune response. While warmer temperatures might be associated with fewer infections, they could also influence the body's immune defenses. The immune system's reaction to infections can be influenced by climate conditions, potentially impacting the severity and transmission of illnesses like pneumonia [39].

Lastly, the behavioral changes prompted by the pandemic, such as heightened hygiene practices, mask-wearing, and avoidance of crowded areas, might have contributed to the decline in pneumonia cases. These measures, coupled with better air quality and potentially climate-driven effects on pathogens, could have collectively created an environment that hindered the transmission of infections [40].

It's important to approach these correlations cautiously, considering the multitude of influencing factors. While these connections are suggestive, a comprehensive understanding would require more detailed data analysis, statistical modelling, and possibly controlled studies. Nevertheless, the observed trends underline the intricate relationships between air quality, climate factors, behavioral changes, and respiratory health outcomes during the pandemic.

## Conclusion

Analyzing child pneumonia cases pre and during COVID-19 in Indonesia through a climate-environment lens reveals complex interactions. Pre-pandemic, factors like limited healthcare, hygiene, and pollution led to higher cases. Pandemic-induced lockdowns improved air quality, potentially reducing cases. Temperature and rainfall rises might have also curbed pathogen transmission. However, a comprehensive understanding requires more investigation. This underscores climate-health links, highlighting holistic approaches for managing child pneumonia beyond pandemics.

## References

- Masters I.B., Isles A.F., Grimwood K. Necrotizing pneumonia: an emerging problem in children? *Pneumonia (Nathan)*. 2017; 9: 11. <https://doi.org/10.1186/s41479-017-0035-0>
- Shiffman J. Four challenges that Global Health Networks face. *Int. J. Health Policy Manag.* 2017; 6(4): 183–9. <https://doi.org/10.15171/ijhpm.2017.14>
- Mathur S., Fuchs A., Bielicki J., Van Den Anker J., Sharland M. Antibiotic use for community-acquired pneumonia in neonates and children: WHO evidence review. *Paediatr. Int. Child Health.* 2018; 3(sup1): S66–75. <https://doi.org/10.1080/20469047.2017.1409455>
- Rubinstein R.A. Disaster and health. In: *The SAGE Handbook of Social Studies in Health and Medicine*. SAGE Publications Ltd; 2022: 562–88.
- Fagbamigbe A.F., Adebola O.G., Dukhi N., Fagbamigbe O.S., Uthman O.A. Exploring the socio-economic determinants of educational inequalities in diarrhoea among under-five children in low- and middle-income countries: a Fairlie decomposition analysis. *Arch. Public Health.* 2021; 79(1): 114. <https://doi.org/10.1186/s13690-021-00639-8>
- Matran Y.M., Al-Haddad A.M., Sharma D., Kalia N.P., Sharma S., Kumar M., et al. Prevalence and resistance patterns of *Streptococcus pneumoniae* recovered from children in Western Asia. *Curr. Infect. Dis. Rep.* 2023; 25(9): 169–80. <https://doi.org/10.1007/s11908-023-00807-7>
- Pérez Jorge G., Rodrigues dos Santos Goes I.C., Gontijo M.T.P. Les misérables: A Parallel between Antimicrobial Resistance and COVID-19 in Underdeveloped and Developing Countries. *Curr. Infect. Dis. Rep.* 2022; 24(11): 175–86. <https://doi.org/10.1007/s11908-022-00788-z>
- Cohen R., Ashman M., Taha M.K., Varon E., Angoulvant F., Levy C., et al. Pediatric Infectious Disease Group [GPIP] position paper on the immune debt of the COVID-19 pandemic in childhood, how can we fill the immunity gap? *Infect. Dis. Now.* 2021; 51(5): 418–23. <https://doi.org/10.1016/j.idnow.2021.05.004>
- Gupta V., Jain N., Sachdeva J., Gupta M., Mohan S., Bajuri M.Y., et al. Improved COVID-19 detection with chest x-ray images using deep learning. *Multimed. Tools Appl.* 2022; 81(26): 37657–80. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13509-4>
- Rajaraman S., Siegelman J., Alderson P.O., Folio L.S., Folio L.R., Antani S.K. Iteratively pruned deep learning ensembles for COVID-19 detection in chest X-Rays. *IEEE Access.* 2020; 8: 115041–50. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3003810>
- Cowie H., Myers C.A. The impact of the COVID-19 pandemic on the mental health and well-being of children and young people. *Child. Soc.* 2021; 35(1): 62–74. <https://doi.org/10.1111/chso.12430>
- Zar H.J., Dawa J., Fischer G.B., Castro-Rodriguez J.A. Challenges of COVID-19 in children in low-and middle-income countries. *Paediatr. Res. Rev.* 2020; 35: 70–4. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2020.06.016>
- Bruce C.S., Hoare C., Mukherjee A., Paul S.P. Managing acute respiratory tract infections in children. *Br. J. Nurs.* 2017; 26(11): 602–9. <https://doi.org/10.12968/bjon.2017.26.11.602>
- De Steenhuijsen Piter W.A.A., Binkowska J., Bogaert D. Early life microbiota and respiratory tract infections. *Cell Host Microbe.* 2020; 28(2): 223–32. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2020.07.004>
- Le Roux D.M., Nicol M.P., Vanker A., Nduru P.M., Zar H.J. Factors associated with serious outcomes of pneumonia among children in a birth cohort in South Africa. *PLoS One.* 2021; 16(8): e0255790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255790>
- Goel V., Mathew S., Gudi N., Jacob A., John O. A scoping review on laboratory surveillance in the WHO Southeast Asia Region: Past, present and the future. *J. Glob. Health.* 2023; 13: 04028. <https://doi.org/10.7189/jogh.13.04028>
- Verma A., Singhania R. Urban resilience in the face of climate change: strategies for adaptation and mitigation. *J. Sustain. Technol. Infra. Plan.* 2023; 7(1): 46–66.
- Mehta A., Shah T., Thomas R.J. Strategies to address environmental degradation in developing nations: a multifaceted approach. *J. Intel. Connect. Emerg. Technol.* 2023; 8(2): 17–34.
- Goma E.I., Sandy A.T., Zakaria M. Analisis Distribusi dan Interpretasi Data Penduduk Usia Produktif Indonesia Tahun 2020. *Jurnal Geograflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi.* 2021; 6(1): 20–7. <https://doi.org/10.32663/georaf.v6i1.1781>
- King C., Siddle M., Adams O., Ahmar S., Ahmed T., Bakare A.A., et al. Prevalence of pneumonia and malnutrition among children in Jigawa state, Nigeria: a community-based clinical screening study. *BMJ Paediatr. Open.* 2022; 6(1): e001640. <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2022-001640>
- Hu T., Sarpong E.M., Song Y., Done N., Liu Q., Lemus-Wirtz E., et al. Incidence of non-invasive all-cause pneumonia in children in the United States before and after the introduction of pneumococcal conjugate vaccines:

## Original article

- a retrospective claims database analysis. *Pneumonia (Nathan)*. 2023; 15(1): 8. <https://doi.org/10.1186/s41479-023-00109-5>
22. Tegenu K., Geleto G., Tilahun D., Bayana E., Bereke B. Severe pneumonia: Treatment outcome and its determinant factors among under-five patients, Jimma, Ethiopia. *SAGE Open Med*. 2022; 10: 20503121221078445. <https://doi.org/10.1177/20503121221078445>
  23. Chusyairi A. Clustering Data Cuaca Ekstrem Indonesia dengan K-Means dan Entropi. *Journal of Informatics and Communication Technology (JICT)*. 2023; 5(1): 1–10. [https://doi.org/10.52661/j\\_ict.v5i1.146](https://doi.org/10.52661/j_ict.v5i1.146)
  24. Norouzian F., Marchetti E., Gashinova M., Hoare E., Constantinou C., Gardner P., et al. Rain attenuation at millimeter wave and low-THz frequencies. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. 2019; 68(1): 421–31. <https://doi.org/10.1109/TAP.2019.2938735>
  25. Huynh T.L., Fakprapai S., Nguyen T.K.O. Air quality monitoring with focus on wireless sensor application and data management. In: Laffly D., ed. *TORUS 3 – Toward an Open Resource Using Services: Cloud Computing for Environmental Data*. John Wiley & Sons; 2020: 17–40.
  26. Mbunge E. Effects of COVID-19 in South African health system and society: An explanatory study. *Diabetes Metab. Syndr*. 2020; 14(6): 1809–14. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.09.016>
  27. Arsenaull C., Gage A., Kim M.K., Kapoor N.R., Akweongo P., Amponsah F., et al. COVID-19 and resilience of healthcare systems in ten countries. *Nat. Med*. 2022; 28(6): 1314–24. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01750-1>
  28. Goyal M., Singh P., Singh K., Shekhar S., Agrawal N., Misra S. The effect of the COVID-19 pandemic on maternal health due to delay in seeking health care: Experience from a tertiary center. *Int. J. Gynaecol. Obstet*. 2021; 152(2): 231–5. <https://doi.org/10.1002/ijgo.13457>
  29. Rusic D., Vilovic M., Bukic J., Leskur D., Seselja Perisin A., Kumric M., et al. Implications of COVID-19 pandemic on the emergence of antimicrobial resistance: Adjusting the response to future outbreaks. *Life*. 2021; 11(3): 220. <https://doi.org/10.3390/life11030220>
  30. Nicola M., O'Neill N., Sohrabi C., Khan M., Agha M., Agha R. Evidence based management guideline for the COVID-19 pandemic – review article. *Int. J. Surg*. 2020; 77: 206–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.04.001>
  31. Wee L.E.I., Sim X.Y.J., Conceicao E.P., Aung M.K., Tan K.Y., Ko K.K.K., et al. Containing COVID-19 outside the isolation ward: The impact of an infection control bundle on environmental contamination and transmission in a cohorted general ward. *Am. J. Infect. Control*. 2020; 48(9): 1056–61. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.06.188>
  32. Mallah S.I., Ghorab O.K., Al-Salmi S., Abdellatif O.S., Tharmaratnam T., Iskandar M.A., et al. COVID-19: breaking down a global health crisis. *Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob*. 2021; 20(1): 35. <https://doi.org/10.1186/s12941-021-00438-7>
  33. Lak A., Shakouri Asl S., Maher A. Resilient urban form to pandemics: Lessons from COVID-19. *Med. J. Islam. Repub. Iran*. 2020; 34: 71. <https://doi.org/10.34171/mjiri.34.71>
  34. El Bcheraoui C., Weishaar H., Pozo-Martin F., Hanefeld J. Assessing COVID-19 through the lens of health systems' preparedness: time for a change. *Global Health*. 2020; 16(1): 112. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-00645-5>
  35. King B.M. *Interactions of Environmental and Therapeutic Particles with the Airway Microenvironment*. Iowa; 2018.
  36. FitzGerald E.S., Luz N.F., Jamieson A.M. Competitive cell death interactions in pulmonary infection: host modulation versus pathogen manipulation. *Front. Immunol*. 2020; 11: 814. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00814>
  37. Connerton P., Vicente de Assunção J., Maura de Miranda R., Dorothée Slovic A., José Pérez-Martínez P., Ribeiro H. Air quality during COVID-19 in four megacities: lessons and challenges for public health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17(14): 5067. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145067>
  38. Giovanis E. The relationship between teleworking, traffic and air pollution. *Atmos. Pollut. Res*. 2018; 9(1): 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.06.004>
  39. Coccia M. Factors determining the diffusion of COVID-19 and suggested strategy to prevent future accelerated viral infectivity similar to COVID. *Sci. Total. Environ*. 2020; 729: 138474. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138474>
  40. Lamprey E., Senkyire E.K., Benita D.A., Ameyaw J.K. Managing the behaviour of people who disregard COVID-19 safety preventive measures. *Erciyes Med. J*. 2021; 43(6): 519–21. <https://doi.org/10.14744/etd.2021.73479>

**Information about the authors:**

**Rosa Kumala Fatma**, S.KM., Epidemiologist, Field Epidemiologist, Lojejer Primary Health Care, Jember Health Department, 68162, Jember, Indonesia. <https://orcid.org/0000-0001-6265-3064> E-mail: [rosa.kumala19@gmail.com](mailto:rosa.kumala19@gmail.com)

**Kurnia Ardiansyah Akbar**, Ph.D., Asst. Prof, Faculty of Public Health, Jember University, 68121, Jember, Indonesia. <https://orcid.org/0000-0001-6265-3064> E-mail: [ardiansyah\\_akbar@unej.ac.id](mailto:ardiansyah_akbar@unej.ac.id)

© Роса К. Фатма, Курниа А. Акбар, 2024

Роса К. Фатма<sup>1</sup>, Курниа А. Акбар<sup>2</sup>

## Пневмония у детей до и во время пандемии COVID-19: исследование с учётом климатических изменений и экологических аспектов в Индонезии

<sup>1</sup>Первичное медицинское обслуживание в Лоджеджер (Lojejer), Департамент здравоохранения Джембера, 68162, Индонезия;<sup>2</sup>Факультет охраны здоровья населения, Джемберовский университет, 68121, Индонезия

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Пневмония является второй по значимости причиной детской смертности в Индонезии. Пандемия COVID-19 в Индонезии привела к осложнению ситуации с респираторными заболеваниями детей.

**Цель исследования** – изучить заболеваемость детей пневмонией с учётом климатических изменений и меняющейся экологической обстановки в Индонезии до и во время пандемии COVID-19.

**Методы исследования.** Данное исследование представляет собой ретроспективное лонгитюдное исследование, проведённое в период 2017–2020 гг. Территория исследования находится в Индонезии. В исследование включены все провинции и города Индонезии. Число детей, обследуемых каждый год, составляет 30,73 млн. Наблюдения за качеством атмосферного воздуха, температурой и количеством осадков проводились на 185 станциях наблюдения, расположенных по всей территории Индонезии.

**Результаты.** В Индонезии в период пандемии COVID-19 число случаев пневмонии у детей сократилось на 39,42% с 2017 г. (511 434 случая) до 2020 г. (309 838 случаев), а смертность снизилась на 47,06%. Качество атмосферного воздуха ухудшилось на 51,64% в период до начала пандемии (2017–2019 гг.) и заметно улучшилось в 2020 г. В то же время температура и количество осадков, которые снизились в 2017–2019 гг., резко возросли в 2020 г.: количество осадков составило 524 мм, а температура повысилась на 0,7 °C по сравнению с 2019 г.

**Ограничения исследования.** Детальный анализ и осторожная интерпретация необходимы из-за сложных, наводящих на размышления связей между качеством воздуха, климатом, поведением и здоровьем органов дыхания, выявленных в этом исследовании, особенно во время пандемии.

**Заключение.** Пандемия вызвала непредвиденные изменения. Сокращение числа случаев заболевания коррелирует с улучшением качества воздуха благодаря локдаунам и поведенческим изменениям, а увеличение температуры и осадков, возможно, препятствует распространению патогенов.

**Ключевые слова:** пневмония у детей; пандемия COVID-19; изменения климата; экологические аспекты; Индонезия

**Соответствие этическим стандартам.** Данное исследование получило этическое одобрение Комитета по этике медицинских исследований в Индонезии № 2245/UN25.8/KEPK/DL/2023.

**Для цитирования:** Фатма Р.К., Акбар К.А. Пневмония у детей до и во время пандемии COVID-19: исследование с учётом климатических изменений и экологических аспектов в Индонезии. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(1): 14–21. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-1-14-21> <https://elibrary.ru/ajmpqp> (In Eng.)

**Для корреспонденции:** *Kurnia Ardiansyah Akbar*, Asst Prof., Jl. Kalimantan No. 42, Krajan Timur, Summersari, Kec. Summersari, Jember Regency, East Java, Indonesia, 68121. E-mail: ardiansyah\_akbar@umej.ac.id

**Участие авторов:** *Фатма Р.К.* – концепция, обработка данных, методология, информационное наполнение, руководство, анализ, подготовка первоначального варианта, написание обзора и редактирование; *Акбар К.А.* – анализ, исследование, методология, программное обеспечение, визуализация, доработка первоначального проекта, обзор и редактирование. *Все соавторы* – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 19.10.2023 / Принята к печати: 21.12.2023 / Опубликовано: 31.01.2024

### Введение

Пневмония у детей является серьёзной глобальной проблемой в медицине, требующей постоянного внимания и принятия мер по снижению её последствий [1, 2]. Согласно последним данным, в мире пневмония является причиной примерно 15% всех случаев смерти детей в возрасте до пяти лет, таким образом являясь ведущей причиной детской смертности [3]. Несмотря на прогресс в области медицины, по оценкам, только в 2021 г. от пневмонии умерли 2,5 млн детей [4]. Последствия этого заболевания особенно ощутимы в странах с низким и средним уровнем дохода, где доступ к качественному медицинскому обслуживанию, правильному питанию и чистой воде может быть ограниченными [5].

В 2022 г. пневмония стала второй лидирующей причиной детской смертности в Индонезии, что подчёркивает острую необходимость разработки комплексных мер по борьбе с её последствиями. Последние имеющиеся данные свидетельствуют о важности этой темы, показывая, что на пневмонию приходится значительная доля детских смертей в стране [6, 7].

Детская пневмония уже была одной из основных проблем глобальной системы здравоохранения, но COVID-19

усложнил ситуацию. До пандемии пневмония была одной из главных причин детской смертности [8–10]. Несмотря на то что COVID-19 протекает у детей в более лёгкой форме, он создаёт дополнительную нагрузку на медицинские учреждения, что может привести к задержке лечения пневмонии [11, 12]. Географическое разнообразие Индонезии и загрязнение окружающей среды повышают риск развития детской пневмонии. Загрязнение воздуха, вызванное урбанизацией и промышленной деятельностью, негативно влияет на респираторную систему детей. Загрязнения атмосферного воздуха могут вызывать воспаление и ослабление лёгких, что повышает риск заболевания пневмонией [13–15]. Заболеваемость детей пневмонией увеличивается из-за уязвимости Индонезии к климатическим явлениям. Перепады температур и экстремальные климатические явления, связанные с изменением климата, приводят к ухудшению иммунитета, способствуя развитию инфекций. Температурные сдвиги, скачки влажности и последствия стихийных бедствий нарушают баланс здоровья дыхательных путей, повышая риск развития пневмонии [16]. Для решения этой проблемы необходима целостная стратегия, сочетающая снижение уровня загрязнения окружающей среды, внедрение экологически чистых ис-

точников энергии, обеспечение готовности к стихийным бедствиям и медицинское просвещение. Учёт взаимосвязи между климатом и здоровьем детей имеет жизненно важное значение для снижения последствий пневмонии и обеспечения безопасного будущего [17, 18].

На сегодняшний день исследования, касающиеся пневмонии у детей, связанные с изменениями климата и окружающей среды в Индонезии, очень немногочисленны.

*Цель исследования* – изучение пневмонии у детей с учётом изменения климата и меняющейся окружающей среды в Индонезии до и во время пандемии COVID-19. Ожидается, что результаты исследования позволят по-новому взглянуть на лечение детской пневмонии в Индонезии.

## Материалы и методы

Данное исследование представляет собой ретроспективное лонгитюдное исследование, проведённое в период 2017–2020 гг. Территория исследования находится в Индонезии. В это исследование включены все провинции и города Индонезии. В опрос включали только индонезийских детей. Иностранцы, у которых нет удостоверения личности Индонезии, из этого опроса исключены.

### Данные

*Случаи пневмонии у детей.* Данные о пневмонии у детей получены из национального исследования здоровья населения Индонезии за 2017–2020 гг. Ежегодно обследуется 30,73 млн детей по всей территории Индонезии [19]. Возраст детей в этом исследовании составлял 0–59 мес [20]. Код МКБ-10, используемый для пневмонии у детей, – J14 [21].

*Коэффициент смертности от детской пневмонии.* Коэффициент смертности от детской пневмонии рассчитывали как количество детских смертей от пневмонии в год, делённое на количество случаев пневмонии у детей в год, умноженное на 100% [22]. Данные получены из ежегодного обследования состояния здоровья населения Индонезии.

### Климатические изменения и экологические данные

*Температурные данные.* Данные о температуре – это среднегодовые данные по всей Индонезии. Данные получены на основе ежегодного отчёта о средних температурах в Индонезии от Индонезийского агентства метеорологии, климатологии и геофизики. Наблюдения за температурой проводились на 185 станциях наблюдения, расположенных по всей Индонезии. В качестве единицы измерения температуры использован градус Цельсия (°C) [23].

*Данные о количестве осадков.* Данные об осадках представляют собой среднегодовое количество осадков на территории Индонезии. Эти данные получены из ежегодных отчётов о среднем количестве осадков в Индонезии, предоставленных Индонезийским агентством метеорологии, климатологии и геофизики. Сбор наблюдений за осадками проводился на 185 станциях наблюдения, распределённых по всей стране. В качестве единицы измерения осадков используются миллиметры (мм) [24].

*Показатели качества воздуха.* Сведения о качестве воздуха относятся к качеству атмосферного воздуха. Данные собраны из вспомогательных материалов с использованием среднегодового показателя  $PM_{2.5}$  в Индонезии. Измерение концентрации  $PM_{2.5}$  проводили с помощью метода поглощения бета-излучения твёрдыми частицами (мониторинг бета-затухания, Beta Attenuation Monitoring (BAM)) с единицами измерения микрограмм на кубический метр ( $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ ) [25].

*Достоверность данных.* Информация о пневмонии у детей получена на основании диагноза, поставленного врачом. Обследование проведено сертифицированным и официально зарегистрированным в Министерстве здравоохранения Республики Индонезия врачом. Все использованные приборы ежегодно калибруются индонезийским правительством.

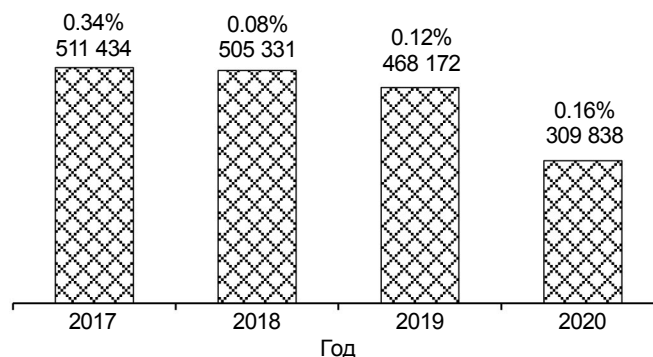


Рис. 1. Число случаев пневмонии у детей и уровень смертности (%) детей от пневмонии в 2017–2020 гг.

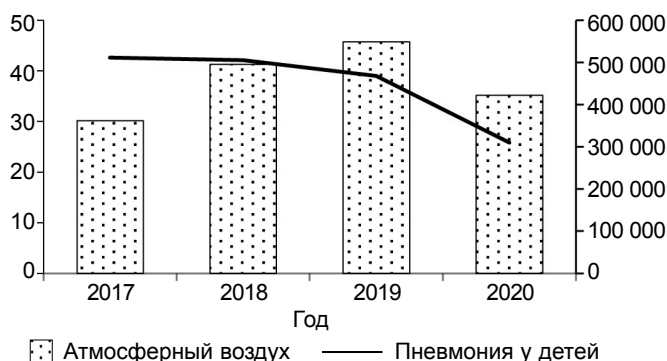


Рис. 2. Качество атмосферного воздуха и заболеваемость пневмонией среди детей в 2017–2020 гг.

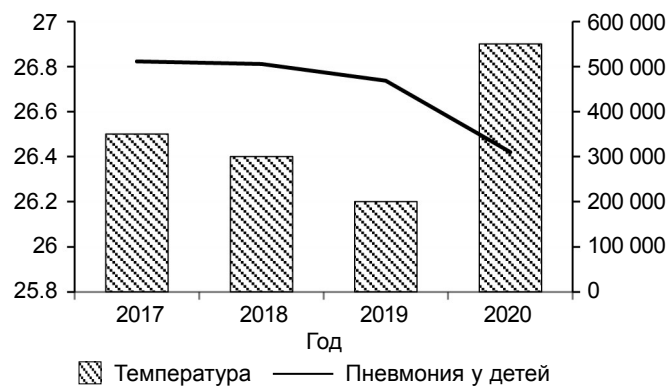


Рис. 3. Температурные показатели и заболеваемость пневмонией среди детей в 2017–2020 гг.

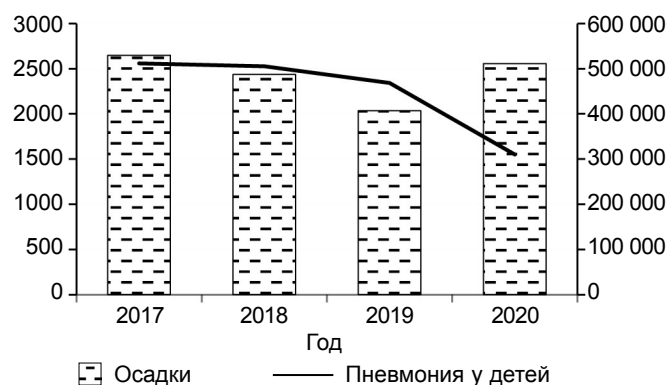


Рис. 4. Количество осадков и заболеваемость пневмонией среди детей в 2017–2020 гг.

**Этическое одобрение.** Данное исследование получило этическое одобрение Комитета по этике исследований в области здравоохранения Индонезии с номером этического одобрения No. 2245/UN25.8/KEPK/DL/2023. Все участники исследования дали своё письменное и устное информированное согласие, подтвердив понимание цели, процедур и возможных последствий исследований.

**Статистический анализ.** Применявшийся анализ включает описательный подход, направленный на изучение распространённости, соотношения, процента и уровня смертности от пневмонии у детей. Полученные данные будут визуально представлены в виде графиков, что улучшит понимание передаваемой информации. Ежегодное процентное изменение рассчитывали для количественной оценки изменений показателей заболеваемости с течением времени.

## Результаты

Уровень заболеваемости пневмонией среди детей в Индонезии продолжает снижаться на 39,42% с 511 434 случаев в 2017 г. до начала пандемии до 309 838 случаев в 2020 г., когда произошла пандемия COVID-19. Уровень смертности также снизился на 47,06% по сравнению с периодом до пандемии и во время пандемии в Индонезии (рис. 1).

Качество атмосферного воздуха до и во время пандемии показало аномальные изменения во время пандемии. До пандемии в 2017–2019 гг. тенденция ухудшения составляла 51,64%. Однако в 2020 г. во время пандемии состояние атмосферного воздуха улучшилось (рис. 2).

С температурой (рис. 3) и осадками (рис. 4) всё было иначе: до пандемии в 2017–2019 гг. температура и осадки имели тенденцию к снижению, но в 2020 г. они резко возросли по сравнению с 2019 г.: осадки увеличились до 524 мм, а температура повысилась на 0,7 °С.

## Обсуждение

Случаи детской пневмонии в Индонезии до и во время COVID-19 обусловлены множеством факторов. Ранее (2017–2019 гг.) ограниченное медицинское обслуживание в сельской местности, загрязнение воздуха в помещениях и на улице, а также низкий уровень санитарных условий, вероятно, привели к увеличению числа случаев пневмонии. Недостаточно эффективные общественные медицинские кампании способствовали субоптимальной профилактике [26–28]. Однако во время пандемии COVID-19 в 2020 г. динамика изменилась, что привело к заметному снижению числа зарегистрированных случаев пневмонии. Эту тенденцию можно объяснить сочетанием ряда факторов. Особое внимание к соблюдению правил гигиены, ношению масок и социальной дистанции для предотвращения распространения COVID-19 невольно привело к снижению распространения других респираторных инфекций, в том числе пневмонии. Кроме того, закрытие школ и ограничения на передвижение привели к сокращению объёмов промышленной деятельности и выхлопов автотранспорта, что впоследствии улучшило качество воздуха, имеющее решающее значение для здоровья дыхательных путей. Закрытие школ хотя и было непростой задачей, но ограничивало тесное взаимодействие между детьми, тем самым препятствуя лёгкой передаче инфекций в местах скопления людей [29–32].

Условия пандемии также заставили уделить больше внимания медицинской инфраструктуре и подготовленности. Это могло привести к улучшению доступа к медицинским учреждениям, более эффективной диагностике и своевременному лечению случаев пневмонии. И наоборот, на снижение числа случаев пневмонии во время пандемии могли повлиять изменения в механизмах сбора данных и отчётности, вызванные нарушениями в работе медицинских служб. Неточная классификация случаев или несвоевременная отчётность могли повлиять на видимое снижение заболеваемости пневмонией [33, 34].

Интересная взаимосвязь между случаями пневмонии у детей, качеством атмосферного воздуха, температурным режимом и количеством осадков во время пандемии COVID-19 в 2020 г. представляет собой сложную структуру потенциальных корреляций. Хотя прямую причинно-следственную связь установить сложно, совпадение этих факторов позволяет предположить наличие нескольких взаимосвязанных динамических тенденций. Снижение заболеваемости пневмонией среди детей в Индонезии во время пандемии может быть связано с улучшением качества воздуха. Снижение загрязнения, вызванное ограниченными развитием промышленности и транспорта, могло уменьшить риск воспаления дыхательных путей и инфекций. Очищенный воздух мог препятствовать распространению возбудителей пневмонии [35, 36].

Во-вторых, повышение температур и увеличение количества осадков, наблюдавшиеся в тот же период, могли сыграть свою роль в снижении заболеваемости пневмонией. Более высокие температуры могли препятствовать выживанию и передаче некоторых патогенных микроорганизмов, вызывающих респираторные инфекции. Кроме того, увеличение количества осадков могло способствовать очищению воздуха от загрязняющих веществ, улучшению общего качества воздуха и, как следствие, снижению заболеваемости респираторными инфекциями [37, 38].

Помимо этого, климатические факторы могут иметь сложную взаимосвязь с иммунным ответом. Хотя более высокие температуры могут быть связаны с меньшим количеством инфекций, они также могут влиять на иммунную защиту организма. Реакция иммунной системы на инфекции может зависеть от погодных условий, что потенциально может повлиять на степень тяжести и распространения таких заболеваний, как пневмония [39].

В конечном итоге изменения в ежедневных привычках, вызванные пандемией, такие как повышение соблюдения гигиенических норм, ношение масок и избегание мест массового скопления людей, могли способствовать снижению числа случаев пневмонии. Эти меры в сочетании с улучшением качества воздуха и потенциально обусловленным влиянием климата на патогены могли в совокупности создать среду, препятствующую переносу инфекций [40].

Важно подходить к этим корреляциям с осмотрительностью, учитывая множество влияющих факторов. Хотя эти связи наводят на определённые мысли, для их полного раскрытия потребуются более детальный анализ данных, статистическое моделирование и, возможно, подконтрольные научные исследования. Тем не менее наблюдаемые тенденции подчёркивают наличие взаимосвязей между качеством воздуха, климатическими факторами, изменениями привычек в соблюдении гигиенических требований и состоянием здоровья респираторной системы во время пандемии.

## Заключение

Анализ случаев детской пневмонии до и во время COVID-19 в Индонезии с учётом климатических и экологических факторов позволяет выявить комплексные взаимосвязи. До пандемии такие факторы, как ограниченное медицинское обслуживание, гигиена и загрязнение окружающей среды, приводили к увеличению числа случаев заболевания. Вызванные пандемией ограничения улучшили качество воздуха, что, возможно, привело к снижению заболеваемости. Повышение температур и количества осадков также могло препятствовать распространению патогенов. Однако для полного представления необходимо провести дополнительные исследования. Это подчёркивает связь между климатическими условиями и состоянием здоровья, а также указывает на необходимость применения комплексного подхода к борьбе с детской пневмонией в условиях, не связанных с пандемией.

## Литература

- Masters I.B., Isles A.F., Grimwood K. Necrotizing pneumonia: an emerging problem in children? *Pneumonia (Nathan)*. 2017; 9(11). <https://doi.org/10.1186/s41479-017-0035-0>
- Shiffman J. Four challenges that Global Health Networks face. *Int. J. Health Policy Manag.* 2017; 6(4): 183–9. <https://doi.org/10.15171/ijhpm.2017.14>
- Mathur S., Fuchs A., Bielicki J., Van Den Anker J., Sharland M. Antibiotic use for community-acquired pneumonia in neonates and children: WHO evidence review. *Paediatr. Int. Child Health.* 2018; 3(sup1): S66–75. <https://doi.org/10.1080/20469047.2017.1409455>
- Rubinstein R.A. Disaster and health. In: *The SAGE Handbook of Social Studies in Health and Medicine*. SAGE Publications Ltd; 2022: 562–88.
- Fagbamigbe A.F., Adebola O.G., Dukhi N., Fagbamigbe O.S., Uthman O.A. Exploring the socio-economic determinants of educational inequalities in diarrhoea among under-five children in low- and middle-income countries: a Fairlie decomposition analysis. *Arch. Public Health.* 2021; 79(1): 114. <https://doi.org/10.1186/s13690-021-00639-8>
- Matran Y.M., Al-Haddad A.M., Sharma D., Kalia N.P., Sharma S., Kumar M., et al. Prevalence and resistance patterns of *Streptococcus pneumoniae* recovered from children in Western Asia. *Curr. Infect. Dis. Rep.* 2023; 25(9): 169–80. <https://doi.org/10.1007/s11908-023-00807-7>
- Pérez Jorge G., Rodrigues dos Santos Goes I.C., Gontijo M.T.P. Les misérables: A Parallel between Antimicrobial Resistance and COVID-19 in Underdeveloped and Developing Countries. *Curr. Infect. Dis. Rep.* 2022; 24(11): 175–86. <https://doi.org/10.1007/s11908-022-00788-z>
- Cohen R., Ashman M., Taha M.K., Varon E., Angoulvant F., Levy C., et al. Pediatric Infectious Disease Group [GPIP] position paper on the immune debt of the COVID-19 pandemic in childhood, how can we fill the immunity gap? *Infect. Dis. Now.* 2021; 51(5): 418–23. <https://doi.org/10.1016/j.idnow.2021.05.004>
- Gupta V., Jain N., Sachdeva J., Gupta M., Mohan S., Bajuri M.Y., et al. Improved COVID-19 detection with chest x-ray images using deep learning. *Multimed. Tools Appl.* 2022; 81(26): 37657–80. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13509-4>
- Rajaraman S., Siegelman J., Alderson P.O., Folio L.S., Antani S.K. Iteratively pruned deep learning ensembles for COVID-19 detection in chest X-Rays. *IEEE Access.* 2020; 8: 115041–50. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3003810>
- Cowie H., Myers C.A. The impact of the COVID-19 pandemic on the mental health and well-being of children and young people. *Child. Soc.* 2021; 35(1): 62–74. <https://doi.org/10.1111/chso.12430>
- Zar H.J., Dawa J., Fischer G.B., Castro-Rodriguez J.A. Challenges of COVID-19 in children in low-and middle-income countries. *Paediatr. Res. Rev.* 2020; 35: 70–4. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2020.06.016>
- Bruce C.S., Hoare C., Mukherjee A., Paul S.P. Managing acute respiratory tract infections in children. *Br. J. Nurs.* 2017; 26(11): 602–9. <https://doi.org/10.12968/bjon.2017.26.11.602>
- De Steenhuijsen Piers W.A.A., Binkowska J., Bogaert D. Early life microbiota and respiratory tract infections. *Cell Host Microbe.* 2020; 28(2): 223–32. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2020.07.004>
- Le Roux D.M., Nicol M.P., Vanker A., Nduru P.M., Zar H.J. Factors associated with serious outcomes of pneumonia among children in a birth cohort in South Africa. *PLoS One.* 2021; 16(8): e0255790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255790>
- Goel V., Mathew S., Gudi N., Jacob A., John O. A scoping review on laboratory surveillance in the WHO Southeast Asia Region: Past, present and the future. *J. Glob. Health.* 2023; 13: 04028. <https://doi.org/10.7189/jogh.13.04028>
- Verma A., Singhania R. Urban resilience in the face of climate change: strategies for adaptation and mitigation. *J. Sustain. Technol. Infra. Plan.* 2023; 7(1): 46–66.
- Mehta A., Shah T., Thomas R.J. Strategies to address environmental degradation in developing nations: a multifaceted approach. *J. Intel. Connect. Emerg. Technol.* 2023; 8(2): 17–34.
- Goma E.I., Sandy A.T., Zakaria M. Analisis Distribusi dan Interpretasi Data Penduduk Usia Produktif Indonesia Tahun 2020. *Jurnal Georaflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi.* 2021; 6(1): 20–7. <https://doi.org/10.32663/georaf.v6i1.1781>
- King C., Siddle M., Adams O., Ahmar S., Ahmed T., Bakare A.A., et al. Prevalence of pneumonia and malnutrition among children in Jigawa state, Nigeria: a community-based clinical screening study. *BMJ Paediatr. Open.* 2022; 6(1): e001640. <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2022-001640>
- Hu T., Sarpong E.M., Song Y., Done N., Liu Q., Lemus-Wirtz E., et al. Incidence of non-invasive all-cause pneumonia in children in the United States before and after the introduction of pneumococcal conjugate vaccines: a retrospective claims database analysis. *Pneumonia (Nathan)*. 2023; 15(1): 8. <https://doi.org/10.1186/s41479-023-00109-5>
- Tegenu K., Geleto G., Tilahun D., Bayana E., Bereke B. Severe pneumonia: Treatment outcome and its determinant factors among under-five patients, Jimma, Ethiopia. *SAGE Open Med.* 2022; 10: 20503121221078445. <https://doi.org/10.1177/20503121221078445>
- Chusyairi A. Clustering Data Cuaca Ekstrim Indonesia dengan K-Means dan Entropi. *Journal of Informatics and Communication Technology (JICT)*. 2023; 5(1): 1–10. [https://doi.org/10.52661/j\\_ict.v5i1.146](https://doi.org/10.52661/j_ict.v5i1.146)
- Norouzi F., Marchetti E., Gashinova M., Hoare E., Constantinou C., Gardner P., et al. Rain attenuation at millimeter wave and low-THz frequencies. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation.* 2019; 68(1): 421–31. <https://doi.org/10.1109/TAP.2019.2938735>
- Huynh T.L., Fakprapai S., Nguyen T.K.O. Air quality monitoring with focus on wireless sensor application and data management. In: Laffly D., ed. *TORUS 3 – Toward an Open Resource Using Services: Cloud Computing for Environmental Data*. John Wiley & Sons; 2020: 17–40.
- Mbunge E. Effects of COVID-19 in South African health system and society: An explanatory study. *Diabetes Metab. Syndr.* 2020; 14(6): 1809–14. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.09.016>
- Arsenault C., Gage A., Kim M.K., Kapoor N.R., Akweongo P., Amponsah F., et al. COVID-19 and resilience of healthcare systems in ten countries. *Nat. Med.* 2022; 28(6): 1314–24. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01750-1>
- Goyal M., Singh P., Singh K., Shekhar S., Agrawal N., Misra S. The effect of the COVID-19 pandemic on maternal health due to delay in seeking health care: Experience from a tertiary center. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 2021; 152(2): 231–5. <https://doi.org/10.1002/ijgo.13457>
- Rusic D., Vilovic M., Bukic J., Leskur D., Seselja Perisin A., Kumric M., et al. Implications of COVID-19 pandemic on the emergence of antimicrobial resistance: Adjusting the response to future outbreaks. *Life.* 2021; 11(3): 220. <https://doi.org/10.3390/life11030220>
- Nicola M., O'Neill N., Sohrabi C., Khan M., Agha M., Agha R. Evidence based management guideline for the COVID-19 pandemic – review article. *Int. J. Surg.* 2020; 77: 206–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.04.001>
- Wee L.E.I., Sim X.Y.J., Conceicao E.P., Aung M.K., Tan K.Y., Ko K.K.K., et al. Containing COVID-19 outside the isolation ward: The impact of an infection control bundle on environmental contamination and transmission in a cohorted general ward. *Am. J. Infect. Control.* 2020; 48(9): 1056–61. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.06.188>
- Mallah S.I., Ghorab O.K., Al-Salmi S., Abdellatif O.S., Tharmaratnam T., Iskandar M.A., et al. COVID-19: breaking down a global health crisis. *Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob.* 2021; 20(1): 35. <https://doi.org/10.1186/s12941-021-00438-7>
- Lak A., Shakouri Asl S., Maher A. Resilient urban form to pandemics: Lessons from COVID-19. *Med. J. Islam. Repub. Iran.* 2020; 34: 71. <https://doi.org/10.34171/mjiri.34.71>
- El Bcheraoui C., Weishaar H., Pozo-Martin F., Hanefeld J. Assessing COVID-19 through the lens of health systems' preparedness: time for a change. *Global Health.* 2020; 16(1): 112. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-00645-5>
- King B.M. *Interactions of Environmental and Therapeutic Particles with the Airway Microenvironment*. Iowa; 2018.
- FitzGerald E.S., Luz N.F., Jamieson A.M. Competitive cell death interactions in pulmonary infection: host modulation versus pathogen manipulation. *Front. Immunol.* 2020; 11: 814. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00814>
- Connerton P., Vicente de Assunção J., Moura de Miranda R., Dorothee Slovic A., José Pérez-Martínez P., Ribeiro H. Air quality during COVID-19 in four megacities: lessons and challenges for public health. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020; 17(14): 5067. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145067>
- Giovanis E. The relationship between teleworking, traffic and air pollution. *Atmos. Pollut. Res.* 2018; 9(1): 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.06.004>
- Coccia M. Factors determining the diffusion of COVID-19 and suggested strategy to prevent future accelerated viral infectivity similar to COVID. *Sci. Total. Environ.* 2020; 729: 138474. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138474>
- Lamptey E., Senkyire E.K., Benita D.A., Ameyaw J.K. Managing the behaviour of people who disregard COVID-19 safety preventive measures. *Erciyas Med. J.* 2021; 43(6): 519–21. <https://doi.org/10.14744/etd.2021.73479>

## Информация об авторах:

**Фатма Р.К.**, С.КМ., эпидемиолог, полевой эпидемиолог, Первичная медико-санитарная помощь Ложджера, Департамент здравоохранения Джембера, 68162, Джембер, Индонезия. <https://orcid.org/0000-0001-6265-3064> E-mail: rosa.kumala19@gmail.com

**Акбар К.А.**, доктор философии, доцент, профессор факультета общественного здравоохранения университета Джембера, 68121, Джембер, Индонезия. <https://orcid.org/0000-0001-6265-3064> E-mail: ardiansyah\_akbar@unej.ac.id