

Pemetaan Spasial serta Studi Korelasi antara Faktor Demografi, Lingkungan, dan Kasus Tuberkulosis di Kota Bogor Tahun 2023

Muhammad Imam Fadhlillah^{1*}, Arga Buntara¹, Nayla Kamilia Fithri¹, Chandrayani Simanjourang¹

¹Departemen Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Kota Depok 16514

Article Information : Received 11 September 2025 ; Last Revised 14 November 2025 ; Accepted 14 November 2025 ; Available Online 19 November 2025 ; Published 19 November 2025



ABSTRAK

Background: The city of Bogor has recorded a steady increase in the number of TB cases over the past three years, reaching 6,142 cases in 2023 with the highest treatment-related mortality rate in West Java (270 deaths). This study aims to analyze the relationship between demographic and environmental factors and TB incidence, as well as analyze the spatial distribution of use in the city of Bogor in 2023.

Methods: The study employed an ecological design based on administrative areas, with six districts as units of analysis: Bogor Barat, Bogor Timur, Bogor Tengah, Bogor Selatan, Bogor Utara, and Tanah Sareal. Secondary data were obtained from the Bogor City Health Office (TB case data by age and sex, 2023), Statistics Indonesia (BPS) of Bogor City (population density and housing density, 2023), and the Bogor Class II Meteorological Station (BMKG) (average air temperature and humidity, 2023). Spatial analysis was conducted using QGIS and bivariate analysis using Pearson correlation.

Result: A total of 6,142 TB cases were recorded in 2023. The highest number was in Bogor Barat (1,419 cases), followed by Bogor Selatan (1,320) and Tanah Sareal (1,147), while the lowest was in Bogor Timur (539 cases). Spatial mapping showed higher case concentrations in the western and southern parts of the city. The sex variable (male $r = 0.880$, female $r = 0.901$) showed a strong correlation with TB cases.

Conclusion : This study recommends targeted TB interventions in high-burden areas and consideration of demographic aspects as risk indicators.

Keywords: Tuberculosis, spatial, Bogor City

Copyright © 2025 by Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)

DOI : <https://doi.org/10.14710/jekkk.v10i4.29372>

* Corresponding author, fadhillahimam75@gmail.com

Pendahuluan

Tuberkulosis (TB) masih menjadi permasalahan kesehatan masyarakat dunia dan sempat menduduki peringkat pertama penyebab kematian akibat penyakit infeksi, sebelum kemudian digantikan oleh COVID-19, dengan tingkat kematian hampir dua kali lebih tinggi dibanding HIV/AIDS.¹⁷ Fuady *et al.*⁷ menyebutkan bahwa sebanyak 83% rumah tangga terdampak beban biaya katastrofik akibat TB resisten obat, khususnya pada keluarga miskin yang kehilangan mata pencaharian karena pasien berperan sebagai tulang punggung ekonomi. Selain menimbulkan beban ekonomi, TB juga berdampak pada aspek sosial dan psikologis, seperti stigma masyarakat, penurunan produktivitas kerja, serta gangguan kesehatan mental pada pasien dan keluarga. Secara lebih luas, TB berkontribusi terhadap hilangnya produktivitas tenaga kerja, meningkatnya biaya pelayanan kesehatan, dan beban sistem kesehatan masyarakat, sehingga menjadi tantangan tidak hanya dari sisi medis tetapi juga sosial-ekonomi.^{13,17}

Secara global, jumlah insidensi tuberkulosis (TB) cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2023, diperkirakan sebanyak 10,8 juta orang terinfeksi TB aktif, meningkat dibandingkan dengan tahun 2020 yang mencatatkan angka sebesar 10,1 juta kasus.¹⁷ Pada tahun 2023, Indonesia diperkirakan mencatatkan insidensi TB sebesar 1.090.000 kasus, atau setara dengan 387 kasus per 100.000 penduduk. Hal ini membuktikan bahwa terdapat peningkatan 30 ribu kasus dibandingkan dengan tahun 2022.⁸

Kota Bogor menjadi salah satu provinsi dengan kasus TB tertinggi di Indonesia dengan jumlah kasus mencapai 212.613 pada tahun 2024. Selain itu, kasus TB di kota ini mengalami peningkatan setiap tahun dalam periode 2021-2023, dengan prevalensi masing-masing sebesar 284 per 100.000 penduduk pada tahun 2021, meningkat menjadi 486 per 100.000 pada tahun 2022, dan mencapai 573 per 100.000 pada tahun 2023.⁶ Jumlah kematian selama pengobatan juga selalu meningkat pada periode yang sama dengan puncaknya pada tahun 2023 yang mencapai 270 orang kehilangan jiwa.⁵

TB merupakan penyakit yang dapat dipengaruhi oleh faktor sosial, seperti kepadudukan dan faktor lingkungan. Penelitian Safitri *et al.*¹⁰ menemukan bahwa kelembaban udara dan kepadatan hunian berhubungan signifikan dengan kasus TB (p -value $<0,05$). Srisantyorini *et al.*¹⁴ menggambarkan hubungan kepadatan penduduk signifikan dan berkorelasi sangat kuat dengan kasus TB ($R= 0,700$). Kelompok yang berisiko TB, menurut Silva *et al.*¹¹, terdiri atas laki-laki (67,8%) dan usia 25-44 tahun. Perbedaan distribusi kasus TB antara laki-laki dan perempuan juga terlihat di berbagai studi, di mana prevalensi pada laki-laki umumnya lebih tinggi dibanding perempuan. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan analisis spasial terpisah berdasarkan jenis kelamin untuk mengidentifikasi variasi pola persebaran kasus TB antara kelompok laki-laki dan perempuan di Kota Bogor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara faktor demografi (usia dan jenis kelamin) serta faktor lingkungan (kepadatan penduduk, kepadatan hunian, suhu udara, dan kelembaban udara) dengan kejadian tuberkulosis, serta memetakan distribusi spasial kasus TB di Kota Bogor tahun 2023.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain studi ekologi dengan unit analisis enam kecamatan di Kota Bogor (Bogor Barat, Timur, Tengah, Selatan, Utara, dan Tanah Sareal). Data bersifat agregat wilayah dan termasuk dalam kategori *multiple-group ecological design*, yang membandingkan antar kecamatan dalam periode Januari-Desember tahun 2023. Variabel dependen adalah jumlah kasus TB, sedangkan variabel independen meliputi usia 0-14 tahun, jenis kelamin (laki-laki dan perempuan), kepadatan penduduk, kepadatan hunian, suhu udara, dan kelembaban udara.

Analisis korelasi dilakukan menggunakan uji Pearson untuk data berdistribusi normal dan Spearman Rho untuk data tidak normal, sedangkan analisis spasial dilakukan secara deskriptif menggunakan QGIS untuk memetakan distribusi kasus dan variabel lingkungan dalam bentuk *choropleth mapping*. Data dianalisis dalam bentuk numerik, namun untuk visualisasi spasial diklasifikasikan secara

otomatis dengan metode *Natural Breaks* (Jenks) agar perbedaan antar wilayah lebih representatif. Peta batas administrasi diperoleh dari BPS Kota Bogor (format shapefile, sistem proyeksi UTM Zone 48S, datum WGS84).

Data sekunder diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Bogor (kasus TB secara keseluruhan serta berdasarkan jenis kelamin dan usia tahun 2023), BPS Kota Bogor (kepadatan penduduk dan kepadatan hunian tahun 2023), dan BMKG Kota Bogor (suhu dan kelembaban udara rata-rata tahun 2023).

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta dengan nomor surat 54/V/2025/KEP. Sebagai catatan, hasil analisis pada penelitian ini bersifat ekologis dan tidak dapat digeneralisasi pada tingkat individu.

Hasil

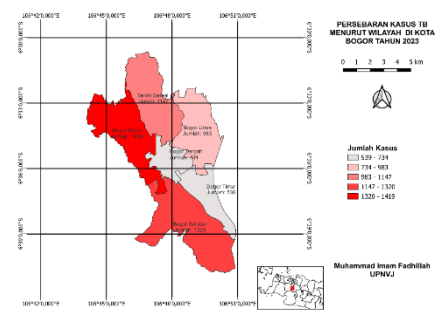
Tabel 1. Hasil Uji Univariat Kasus Tuberkulosis dan Variabel Terkait di Kota Bogor Tahun 2023

Variabel	Nilai Min	Nilai Max	Nilai Rata-Rata
Kasus			
Kasus TB	539	1419	1.023,67
Prevalence Rate TB (per 100.000)	384	1.024	573
Demografi			
Laki-Laki	271	737	533,167
Perempuan	267	682	490,167
Umur (0—14 tahun)	104	298	198,33
Lingkungan			
Suhu Udara (°C)	25,50	27,70	26,72
Kelembaban (%)	72	86,30	81,13
Kepadatan penduduk (km ²)	7.190	13.035	10.122
Kepadatan Hunian (unit/km ²)	1.686	3.054	2.375

Pada tahun 2023, rata-rata prevalensi kasus tuberkulosis (TB) di Kota Bogor tercatat sebesar 573 per 100.000 penduduk. Nilai prevalensi tertinggi ditemukan di Kecamatan Bogor Tengah sebesar 1.024 per 100.000 penduduk, sedangkan yang terendah terdapat di Kecamatan Bogor Utara dengan 384 per 100.000 penduduk.

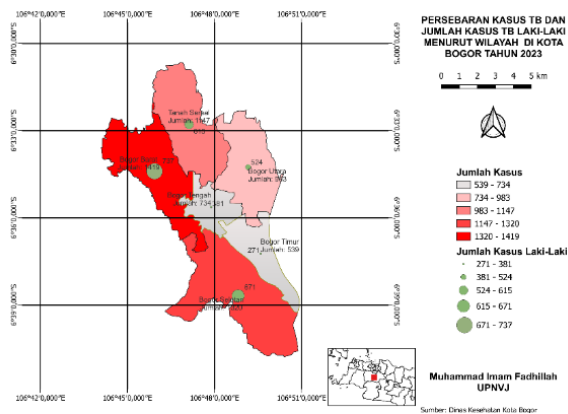
Berdasarkan jenis kelamin, kasus TB pada laki-laki lebih tinggi (rata-rata 533,167 kasus) dibanding perempuan (490,167 kasus) dengan prevalensi pada laki-laki sebesar 590 per 100.000 penduduk dan perempuan sebesar 563 per 100.000 penduduk. Bogor Barat mencatat distribusi kasus tertinggi baik untuk laki-laki (737 kasus) maupun perempuan (682 kasus). Pada kelompok usia 0–14 tahun, rata-rata kasus mencapai 198 kasus, dengan puncak di Bogor Barat (298 kasus) dan terendah di Bogor Timur (104 kasus).

Suhu udara rata-rata tercatat 26,72°C dengan rentang 25,5–27,7°C. Kelembaban rata-rata 81,13%, dengan variasi 72–86,3%. Pola fluktuatif ini mencerminkan kondisi musiman tropis. Kepadatan hunian rata-rata mencapai 2.375 unit/km², tertinggi di Bogor Tengah (3.054 unit/km²) dengan 734 kasus, sedangkan Bogor Barat justru memiliki kepadatan hunian terendah (1.686 unit/km²) namun kasus tertinggi (1.419 kasus). Kepadatan penduduk rata-rata 10.122 jiwa/km², tertinggi di Bogor Tengah (13.035 jiwa/km²) dan terendah di Bogor Selatan (7.190 jiwa/km²).



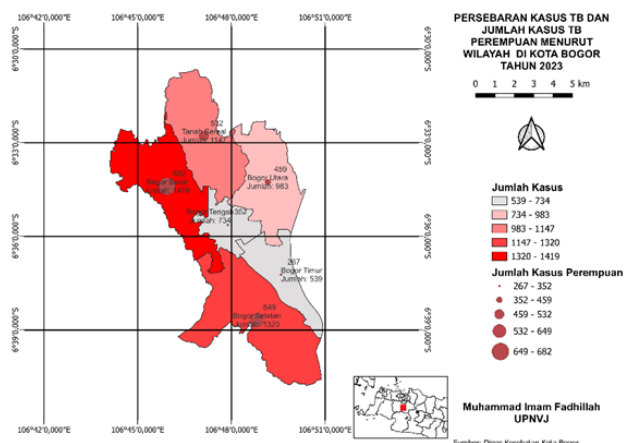
Gambar 1. Persebaran Kasus TB Menurut Wilayah

Berdasarkan hasil univariat, diketahui rata-rata jumlah kasus TB di kota Bogor pada tahun 2023 dari tiap 6 kecamatan sebanyak 1.023,57 kasus. Pola persebaran kasus TB tertinggi ada di Bogor Barat dengan jumlah kasus mencapai 1419 kasus, sedangkan kasus TB terendah di Bogor Timur mencapai 104 kasus.



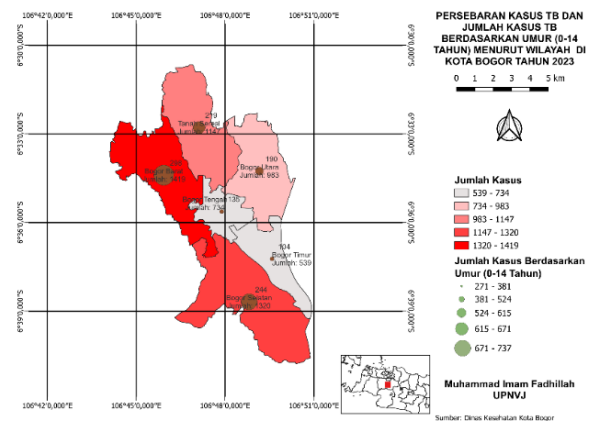
Gambar 2. Persebaran Kasus TB dan Jumlah Kasus TB Laki-laki

Rata-rata kasus TB pada jenis kelamin laki-laki di kota Bogor mencapai 44,44 kasus, sedangkan untuk jenis kelamin perempuan ada di angka 40,82 kasus. Pola persebaran kasus TB berdasarkan jenis kelamin laki-laki menunjukkan kasus tertinggi ada di Bogor Barat dengan 737 kasus, sedangkan kasus terendah ada di Bogor Timur dengan 271 kasus.



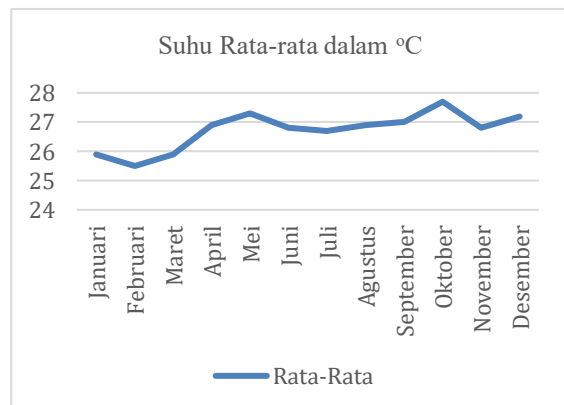
Gambar 3. Persebaran Kasus TB dan Jumlah Kasus TB Perempuan

Berdasarkan jenis kelamin perempuan, Bogor Barat menjadi wilayah dengan kasus tertinggi mencapai 682 kasus, sedangkan Bogor Timur adalah wilayah dengan kasus terendah.



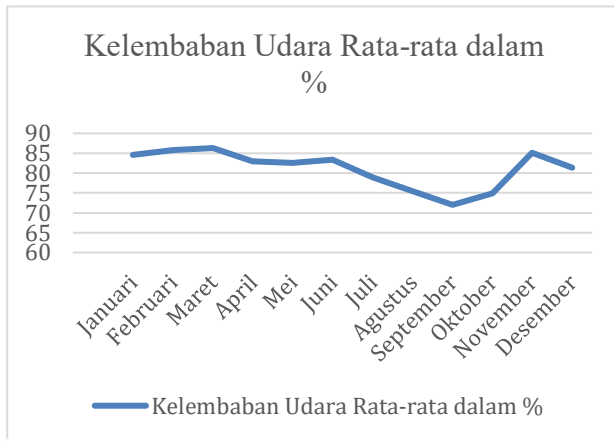
Gambar 4. Persebaran Kasus TB dan Jumlah Kasus TB Umur 0—14

Hasil univariat dari jumlah kasus TB berdasarkan usia 0—14 tahun menunjukkan nilai rata-rata mencapai 198 kasus. Pola persebaran berdasarkan usia 0—14 tahun menunjukkan Bogor Barat masih menjadi kasus tertinggi mencapai 298 kasus, sedangkan kasus terendah ada di Bogor Timur dengan 104 kasus.



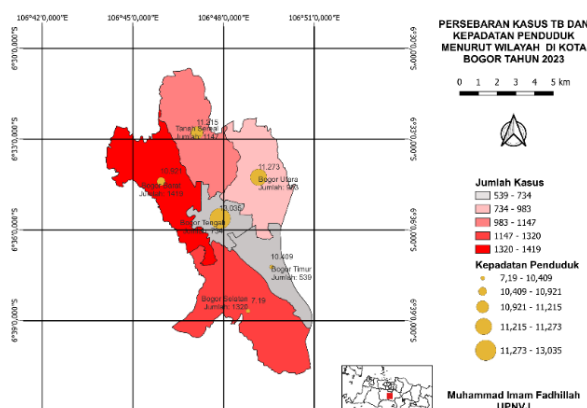
Gambar 5. Tren suhu udara rata-rata periode Januari—Desember 2023

Hasil univariat dari suhu udara dan kelembaban di kota Bogor menunjukkan nilai rata-rata sebesar 26,72°C dan 81,13% dengan nilai suhu tertinggi ada di bulan Oktober sebesar 27,70 °C dan kelembaban tertinggi ada di bulan November mencapai 85,10%.



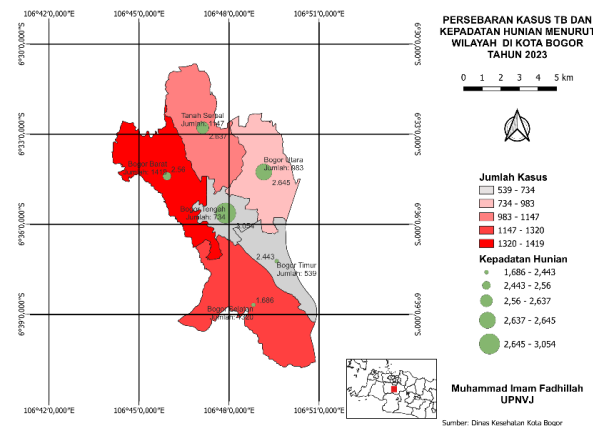
Gambar 6. Tren kelembaban udara rata-rata periode Januari—Desember 2023

Kelembaban udara di Kota Bogor sepanjang tahun 2023 menunjukkan pola yang cukup dinamis. Kelembaban tertinggi terjadi pada bulan Maret sebesar 86,3%, sedangkan kelembaban terendah tercatat pada bulan September, yaitu hanya 72%. Tren penurunan kelembaban dimulai sejak bulan Juni hingga mencapai titik terendah di September, lalu kembali meningkat tajam pada bulan November dan Desember. Rata-rata kelembaban udara selama tahun 2023 berada pada angka 81,13%.



Gambar 7. Persebaran Kasus TB dan Kepadatan penduduk

Pola persebaran kepadatan penduduk di kota Bogor dengan kepadatan penduduk tertinggi ada di Bogor Tengah mencapai 13.035 jiwa per km² dengan kasus TB sebesar 734. Di sisi lain, kepadatan penduduk terendah ada di Bogor Selatan dengan 7.190 dengan 1320 kasus.



Gambar 8. Persebaran Kasus TB dan Kepadatan Hunian

Pola persebaran kepadatan hunian di Kota Bogor tahun 2023, wilayah dengan kasus tertinggi adalah Kecamatan Bogor Barat dengan 1.419 kasus dan kepadatan hunian 2.560 unit/km², sedangkan kasus terendah terdapat di Kecamatan Bogor Timur dengan 539 kasus dan kepadatan hunian 2.443 unit/km². Secara umum, wilayah dengan kepadatan hunian di atas 2.000 unit/km² cenderung memiliki jumlah kasus TB yang lebih tinggi.

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi Kasus Tuberkulosis dan Variabel Terkait di Kota Bogor Tahun 2023

Variabel	r	Nilai P
Jenis kelamin Laki-laki	0,880	0,021
Jenis kelamin Perempuan	0,901	0,014
Kepadatan hunian	-0,309	0,551
Suhu Udara	0,256	0,422
Kelembaban Udara	-0,437	0,156
Kepadatan Penduduk	-0,308	0,552

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa variabel jenis kelamin (laki-laki: $r=0,880$; $p=0,021$, perempuan: $r=0,901$; $p=0,014$) berhubungan signifikan dengan kasus TB. Sebaliknya, variabel kepadatan hunian, suhu udara, kelembaban, dan kepadatan penduduk tidak menunjukkan hubungan signifikan ($p>0,05$).

Pembahasan

Pada tahun 2023, kasus TB di Kota Bogor menunjukkan pola fluktuatif dengan peningkatan pada pertengahan hingga akhir tahun. Lonjakan kasus terutama terlihat di wilayah barat dan selatan kota, yang merupakan kawasan dengan kepadatan penduduk dan hunian yang tinggi. Kondisi ini menegaskan pentingnya penguatan sistem surveilans wilayah padat untuk mengendalikan penularan TB secara lebih efektif.

Kelembaban udara di Kota Bogor cenderung tinggi sepanjang tahun, sesuai dengan karakteristik iklim tropis basah. Kondisi kelembaban yang stabil di atas 70% dapat mendukung kelangsungan hidup *Mycobacterium tuberculosis* di udara. Meskipun suhu udara relatif rendah dibanding suhu optimal pertumbuhan bakteri, stabilitas suhu yang konstan tetap memungkinkan bakteri bertahan lebih lama di lingkungan, sehingga mendukung potensi penularan tidak langsung. Distribusi kasus berdasarkan jenis kelamin menunjukkan dominasi laki-laki dibanding perempuan. Hasil ini konsisten dengan berbagai penelitian sebelumnya Silva *et al.*¹¹, Sunarmi and Kurniawaty¹⁶, serta Chen *et al.*³ yang melaporkan bahwa laki-laki merupakan kelompok dengan beban TB lebih tinggi. Secara spasial, pola persebaran kasus menunjukkan indikasi pengelompokan (*cluster*) di wilayah barat dan selatan kota, yang berpotensi mencerminkan konsentrasi faktor risiko pada area padat penduduk. Meskipun penelitian ini tidak menggunakan uji statistik lokal seperti *Local Indicators of Spatial Association (LISA)*, konsep yang diperkenalkan oleh Anselin¹ dapat menjelaskan bahwa fenomena semacam ini mencerminkan variasi lokal yang sering tersembunyi di balik analisis spasial agregat.

Pada kelompok usia anak (0–14 tahun), kasus TB masih ditemukan di seluruh kecamatan, dengan konsentrasi tertinggi di wilayah barat kota. Kondisi ini menggambarkan masih adanya transmisi aktif di lingkungan permukiman padat yang melibatkan kelompok rentan dengan sistem imun belum matang.

Faktor lingkungan seperti kepadatan penduduk, kepadatan hunian, suhu, dan kelembaban udara tidak menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap jumlah

kasus TB. Hasil korelasi yang tidak signifikan ini kemungkinan dipengaruhi oleh variasi suhu dan kelembaban yang relatif kecil antar kecamatan, sehingga perbedaan kondisi lingkungan antar wilayah tidak cukup kuat untuk menunjukkan asosiasi yang bermakna secara statistik. Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya Simbolon, Mutiara and Lubis¹², Damayanti H, Tosepu and Jumakil⁴, Rahmawati and Rahmaniati⁹, serta Suma, Age and Ali¹⁵ yang menunjukkan bahwa faktor lingkungan makro tidak selalu berhubungan langsung dengan insidensi TB. Perbedaan hasil antar wilayah dapat dipengaruhi oleh karakteristik geografis dan heterogenitas permukiman di Kota Bogor yang memiliki variasi topografi dan tingkat urbanisasi yang tinggi. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa pengendalian TB di Kota Bogor perlu mempertimbangkan konteks spasial dan karakteristik wilayah, bukan hanya faktor lingkungan fisik secara umum.

Penelitian ini memiliki beberapa kekuatan, antara lain penggunaan pendekatan spasial yang memungkinkan visualisasi distribusi kasus TB di tingkat kecamatan, sehingga dapat memberikan gambaran wilayah prioritas pengendalian. Selain itu, penelitian ini menggunakan data agregat resmi dari instansi pemerintah seperti Dinas Kesehatan, BPS, dan BMKG yang memiliki cakupan luas dan validitas administratif tinggi. Pendekatan *multiple-group ecological design* juga memungkinkan analisis perbandingan antar wilayah secara komprehensif.

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penggunaan data sekunder menyebabkan keterbatasan kontrol terhadap kualitas dan kelengkapan data, termasuk potensi *underreporting* dan perbedaan metode pencatatan antar instansi. Kedua, desain studi ekologi membuat hasil analisis bersifat agregat dan tidak dapat digeneralisasikan pada tingkat individu (*ecological fallacy*). Ketiga, variabel lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara bersifat rata-rata tahunan, sehingga tidak dapat menggambarkan variasi temporal yang mungkin memengaruhi dinamika penularan TB. Meskipun demikian, hasil penelitian ini tetap memberikan informasi penting mengenai distribusi spasial TB di Kota

Bogor yang dapat menjadi dasar untuk perencanaan intervensi berbasis wilayah.

Kesimpulan

Penelitian ini mencatat sebanyak 6.142 kasus tuberkulosis (TB) di Kota Bogor pada tahun 2023 dengan persebaran yang bervariasi antar kecamatan. Secara spasial, kasus TB cenderung terkonsentrasi di bagian barat dan selatan Kota Bogor, wilayah dengan kepadatan penduduk dan kepadatan hunian yang relatif tinggi. Analisis menunjukkan bahwa faktor jenis kelamin berperan penting, di mana laki-laki memiliki prevalensi TB lebih tinggi dibandingkan perempuan. Temuan ini mengindikasikan adanya perbedaan distribusi spasial berdasarkan jenis kelamin, dengan kasus laki-laki lebih dominan di wilayah padat penduduk.

Kelompok usia 0–14 tahun juga menunjukkan kontribusi kasus yang cukup besar, menandakan bahwa transmisi TB masih aktif pada lingkungan permukiman padat yang melibatkan kelompok rentan. Sementara itu, faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara di Kota Bogor berada pada rentang optimal untuk mendukung keberlangsungan bakteri, namun tidak menunjukkan hubungan langsung yang signifikan terhadap jumlah kasus TB antar kecamatan. Hal ini menegaskan bahwa faktor demografi dan kepadatan wilayah memiliki pengaruh yang lebih dominan dibanding faktor iklim dalam menentukan distribusi spasial TB di Kota Bogor.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada JEKK atas izin penggunaan dan modifikasi *template*. Terima kasih kepada Dinas Kesehatan Kota Bogor atas izin data kasus TB, serta Balai Besar BMKG Kelas II Kota Bogor atas izin data iklim.

References

1. Anselin, L. (1995) 'Local Indicators of Spatial Association-LISA', 27(2). doi: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
2. BPS Kota Bogor (2024) 'Kota Bogor dalam Angka Bogor 2024'. Available at: <http://bogorkota.bps.go.id>.
3. Chen, X. *et al.* (2023) 'Analysis of Spatial Characteristics and Geographic Weighted Regression of Tuberculosis Prevalence in Kashgar, China', *Preventive Medicine Reports*, 35. doi: 10.1016/j.pmedr.2023.102362.
4. Damayanti H, N., Tosepu, R. and Jumakil, J. (2020) 'Hubungan Variabilitas Iklim Dengan Kejadian Tb Paru Bta Positif Di Kota Kendari Tahun 2010-2018', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Universitas Halu Oleo*, 1(2), pp. 67–75. doi: 10.37887/jkl-uho.v1i2.16591.
5. Dinas Kesehatan Jawa Barat (2024) *Jumlah Kematian Selama Pengobatan Tuberkulosis Berdasarkan Kabupaten/Kota di Jawa Barat, OPEN DATA JABAR*. Available at: <https://opendata.jabarprov.go.id/id/data-set/jumlah-kematian-selama-pengobatan-tuberkulosis-berdasarkan-kabupatenkota-di-jawa-barat> (Accessed: 16 April 2025).
6. Dinas Kesehatan Kota Bogor (2024) 'Fact Sheet P3MS (Pencegahan Pengendalian Penyakit Menular dan Surveilans) Kota Bogor Tahun 2024'.
7. Fuady, A. *et al.* (2018) 'Catastrophic Total Costs In Tuberculosis-Affected Households And Their Determinants Since Indonesia's Implementation Of Universal Health Coverage', *Infectious Diseases of Poverty*, 7(3). doi: 10.1186/s40249-017-0382-3.
8. Kementerian Kesehatan RI (2024) 'Laporan Program Penanggulangan Tuberkulosis Tahun 2023'.
9. Rahmawati, H. and Rahmaniati, M. (2020) 'Analisis Spasial Kasus Baru Tuberkulosis BTA (+) terhadap Kepadatan Penduduk di Jawa Tengah Tahun 2016-2018', *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 9(3)

10. Safitri, D. N. L. *et al.* (2024) 'Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Kejadian Tuberkulosis Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Kedaton Bandar Lampung', *MAHESA : Malahayati Health Student Journal*, 4(4). doi: 10.33024/mahesa.v4i4.14217.
11. Silva, M. de A. e *et al.* (2016) 'Spatial distribution of tuberculosis from 2002 to 2012 in a midsize city in Brazil', *BMC Public Health*, 16. doi: 10.1186/s12889-016-3575-y.
12. Simbolon, D. R., Mutiara, E. and Lubis, R. (2019) 'Analisis Spasial Dan Faktor Risiko Tuberkulosis Paru di Kecamatan Sidikalang, Kabupaten Dairi - Sumatera Utara Tahun 2018', *Berita Kedokteran Masyarakat*, 35(2). doi: 10.22146/bkm.42643.
13. Siregar, P. A. *et al.* (2023) 'Konsep Epidemiologi Terjadinya Penyakit Tuberkulosis', *Zahra : Journal of Health and Medical Researches*, 3(3).
14. Srisantyorini, T. *et al.* (2022) 'Analisis Spasial Kejadian Tuberkulosis di Wilayah DKI Jakarta Tahun 2017-2019', *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 18(2). Available at: <https://doi.org/10.24853/jkk.18.2.131-138>.
15. Suma, J., Age, S. P. and Ali, I. H. (2021) 'Faktor Determinan Lingkungan Fisik Rumah terhadap Kejadian TB Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Kabila Juwita Suma', *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 12(4). Available at: <https://jikm.upnvj.ac.id/index.php/home/article/view/333>.
16. Sunarmi and Kurniawaty (2022) 'Hubungan Karakteristik Pasien Tb Paru Dengan Kejadian Tuberkulosis', *Jurnal 'Aisyiyah Medika*, 7(2), pp. 182–187. doi: 10.36729/jam.v7i2.865.
17. WHO (2024) *Global Tuberculosis Report 2024*.