



SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS AND CORRELATIONAL STUDY OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON TUBERCULOSIS INCIDENCE IN KENDARI CITY

ANALISIS SPASIAL-TEMPORAL DAN STUDI KORELASI FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP KEJADIAN TUBERKULOSIS DI KOTA KENDARI

Dhira Fijri Yasmin¹⁾; Hariati Lestari²⁾; Listy Handayani³⁾

1) dhirafijriyasmin@gmail.com, Universitas Halu Oleo Kendari

2) haryati.lestari@uho.ac.id, Universitas Halu Oleo Kendari

3) listyhandayani@uho.ac.id, Universitas Halu Oleo Kendari

Abstract

Tuberculosis (TB) in Kendari City has shown an increasing trend, highlighting the need for spatial analysis to identify high-risk areas. This study analyzed the spatiotemporal patterns of TB incidence and their correlation with environmental factors (population density, households with smokers, temperature, humidity, and rainfall) during 2020–2024 using an ecological study design and secondary data. The results indicate that TB cases increased from 567 in 2020 to 1,111 in 2024, with high-risk clusters consistently observed in Abeli District, while Nambo District remained in the low-risk category. Among all variables, only temperature showed a significant correlation with TB incidence ($p = 0.005$; $r = 0.361$). These findings emphasize the importance of spatiotemporal mapping to support the identification of priority areas for TB control.

Keywords: Environmental Factors; Spatiotemporal Analysis; Temperature; Tuberculosis

Abstrak

Tuberkulosis (TB) di Kota Kendari menunjukkan peningkatan kasus sehingga diperlukan analisis spasial untuk mengidentifikasi wilayah berisiko. Penelitian ini menganalisis pola spasial-temporal insiden TB serta korelasinya dengan faktor lingkungan (kepadatan penduduk, rumah tangga dengan perokok, suhu, kelembapan, dan curah hujan) periode 2020–2024 menggunakan desain studi ekologi dan data sekunder. Hasil menunjukkan kasus meningkat dari 567 (2020) menjadi 1.111 (2024) dengan kluster risiko tinggi konsisten di Kecamatan Abeli, sementara Nambo cenderung rendah. Dari seluruh variabel, hanya suhu yang berkorelasi signifikan dengan insiden TB ($p = 0,005$; $r = 0,361$). Temuan ini menegaskan pentingnya pemetaan spasial untuk penentuan wilayah prioritas pengendalian TB.

Kata Kunci: Analisis Spasial-Temporal; Faktor Lingkungan; Suhu; Tuberkulosis

PENDAHULUAN

Menurut estimasi WHO tahun 2024, Indonesia menghadapi sekitar 1,09 juta insiden TB per tahun dengan sekitar 125 ribu kematian. Beban lebih tinggi pada laki-laki (496.000 kasus) dibanding perempuan (359.000 kasus), sementara anak usia 0–14 tahun menyumbang sekitar 135.000 kasus. Pola ini menegaskan bahwa kelompok usia produktif paling terdampak, sehingga TB tidak hanya menjadi isu kesehatan, tetapi juga menggerus produktivitas serta menimbulkan dampak ekonomi nasional yang bermakna (WHO, 2024b).

Pada tingkat provinsi, beban tuberkulosis di Sulawesi Tenggara masih tinggi. Laporan penemuan dan pengobatan mencatat 4.217 kasus pada 2022, meningkat menjadi sekitar 4.860 pada 2023, dan kembali naik menjadi 5.100 pada 2024, tersebar di seluruh kabupaten/kota. Kenaikan berkelanjutan ini menegaskan bahwa TB tetap menjadi masalah kesehatan utama di wilayah tersebut dan memerlukan penanganan lintas pemangku kepentingan secara serius (Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tenggara, 2024).

Sebagai ibu kota provinsi, Kota Kendari menunjukkan beban kasus yang signifikan. Pada 2022, tercatat 1.181 kasus TB dengan 25 kematian, angka ini meningkat menjadi 1.295



pada 2023 dan kembali naik menjadi 1.343 pada 2024. Dari total kasus 2024, sebanyak 1.097 merupakan pasien baru, 37 kambuh, 18 memiliki riwayat pengobatan sebelumnya, dan 191 dengan riwayat pengobatan tidak diketahui (Dinas Kesehatan Kota Kendari, 2024).

Tingginya kasus tuberkulosis di Kota Kendari tidak semata-mata dipicu oleh faktor individual seperti status imun maupun kepatuhan terhadap pengobatan, melainkan juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan fisik dan sosial tempat masyarakat bermukim. Lingkungan fisik mencakup determinan seperti kepadatan penduduk, suhu udara, kelembapan, curah hujan, serta kualitas ventilasi hunian. Wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi memfasilitasi transmisi *Mycobacterium tuberculosis* karena frekuensi kontak antarmanusia meningkat, terutama pada rumah berukuran sempit dengan sirkulasi udara yang terbatas. Kelembapan dan suhu yang tinggi turut memengaruhi keberlangsungan droplet pembawa basil TB di udara, sehingga memperpanjang periode paparan. Di samping itu, curah hujan yang tinggi kerap mendorong masyarakat menutup rapat bangunan untuk menghindari udara dingin, yang secara tidak langsung menurunkan kualitas ventilasi dan meningkatkan risiko transmisi TB (Rizki, 2024).

Pendekatan spasial-temporal dalam epidemiologi digunakan untuk memahami bagaimana penyakit menyebar berdasarkan dimensi ruang dan waktu. Analisis ini memungkinkan peneliti memetakan distribusi kasus dari tahun ke tahun serta mengamati perubahan pola persebaran secara geografis. Dengan demikian, pendekatan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai dinamika penyakit, termasuk identifikasi area dengan peningkatan insidensi maupun wilayah yang berpotensi menjadi pusat penularan.

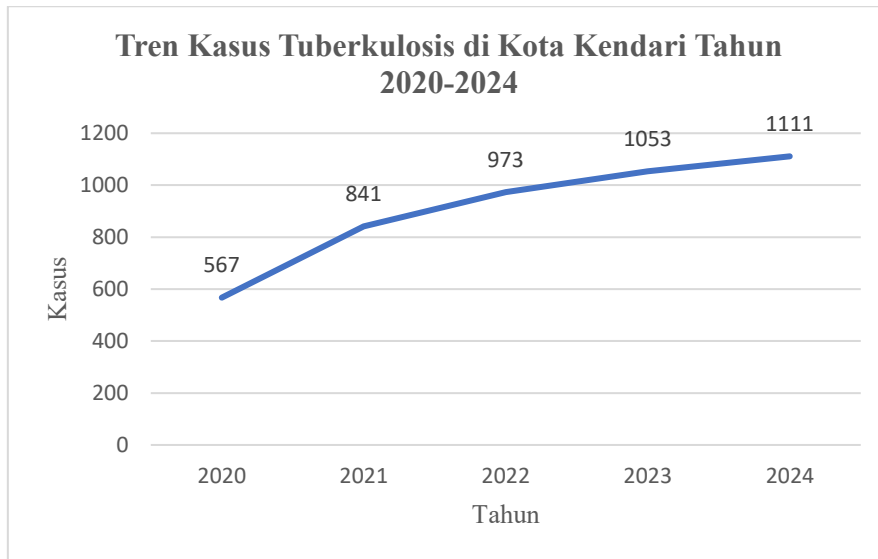
Pendekatan spasial-temporal diterapkan dalam penelitian ini untuk menyajikan gambaran komprehensif mengenai gambaran insidensi kasus Tuberkulosis (TB) di Kota Kendari sepanjang 2020–2024. Analisis spasial diarahkan untuk mendeskripsikan bagaimana kasus TB terdistribusi pada tiap wilayah serta bagaimana pola tersebut mengalami perubahan dari tahun ke tahun, tanpa bertujuan menguji korelasi kausal. Melalui pemetaan berbasis SIG, data divisualisasikan dalam bentuk peta jumlah kasus, peta insidensi dan peta kepadatan kasus, sehingga wilayah dengan tingkat insidensi tinggi dapat diidentifikasi secara kartografis. Pendekatan ini selaras dengan praktik epidemiologi spasial kontemporer yang menekankan pemetaan, peringkasan pola, dan perbandingan lintas waktu

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasional deskriptif dengan desain studi ekologi. Unit analisis pada kajian spasial adalah kecamatan di Kota Kendari, sedangkan analisis temporal menggunakan data bulanan tahun 2020–2024. Data sekunder diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Kendari (Kasus Tuberkulosis dan Persentase Rumah Tangga Dengan Perokok), BMKG Provinsi Sulawesi Tenggara (Suhu, Kelembapan, Curah Hujan), serta BPS Kota Kendari (Kepadatan Penduduk). Analisis spasial-temporal dilakukan dengan pemetaan jumlah kasus dan *insiden rate* per 100.000 penduduk per kecamatan. Analisis bivariat diawali uji normalitas, kemudian uji korelasi Pearson atau Spearman sesuai distribusi data.



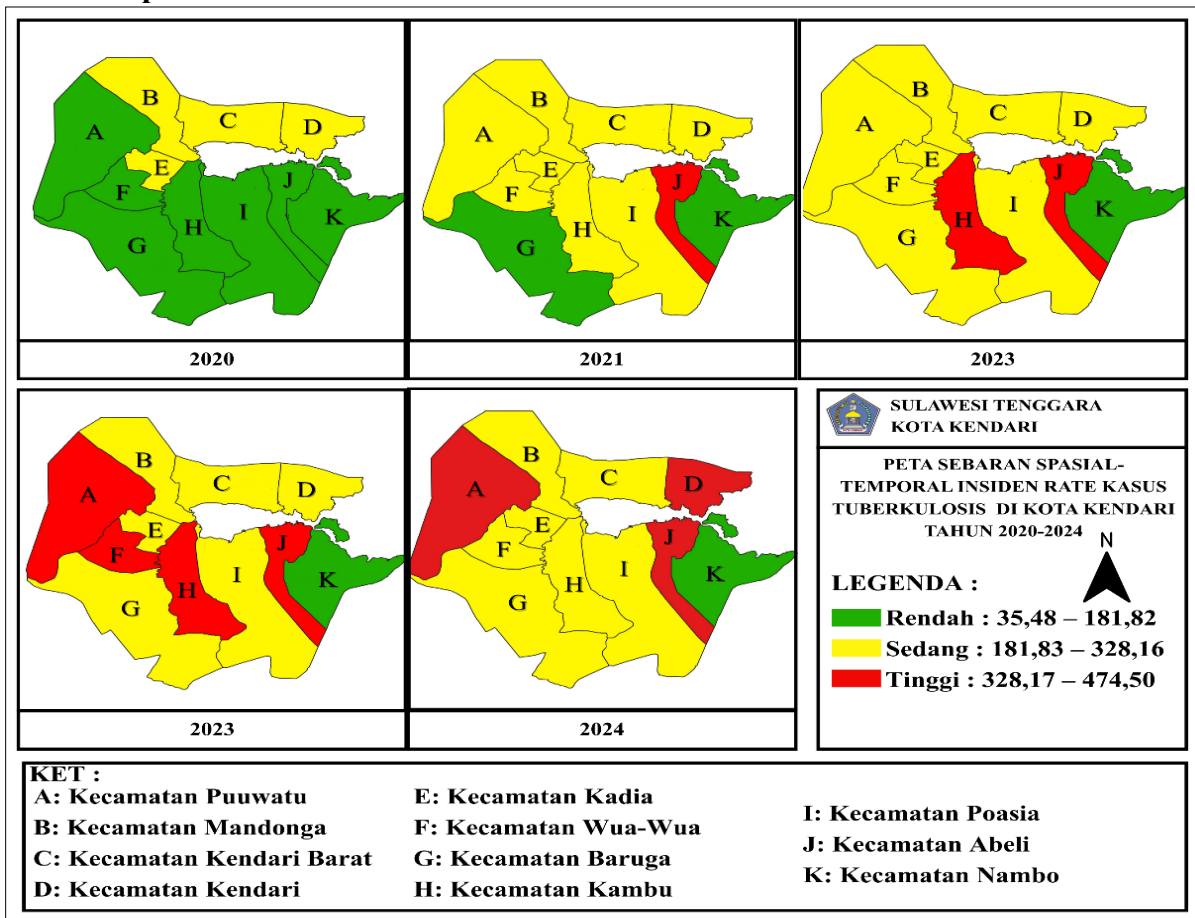
HASIL DAN PEMBAHASAN
Sebaran Insiden Rate Tuberkulosis



Gambar 1. Grafik tren insiden rate kasus tuberkulosis di Kota Kendari tahun 2020–2024

Tren grafik menunjukkan garis kenaikan yang konsisten dari tahun 2020 hingga 2024. Dimana jumlah kasus tuberkulosis meningkat dari 567 kasus pada tahun 2020 menjadi 841 kasus pada tahun 2021, kemudian bertambah menjadi 973 kasus pada tahun 2022, 1.053 kasus pada tahun 2023, dan mencapai 1.111 kasus pada tahun 2024.

Sebaran Spasial Tuberkulosis



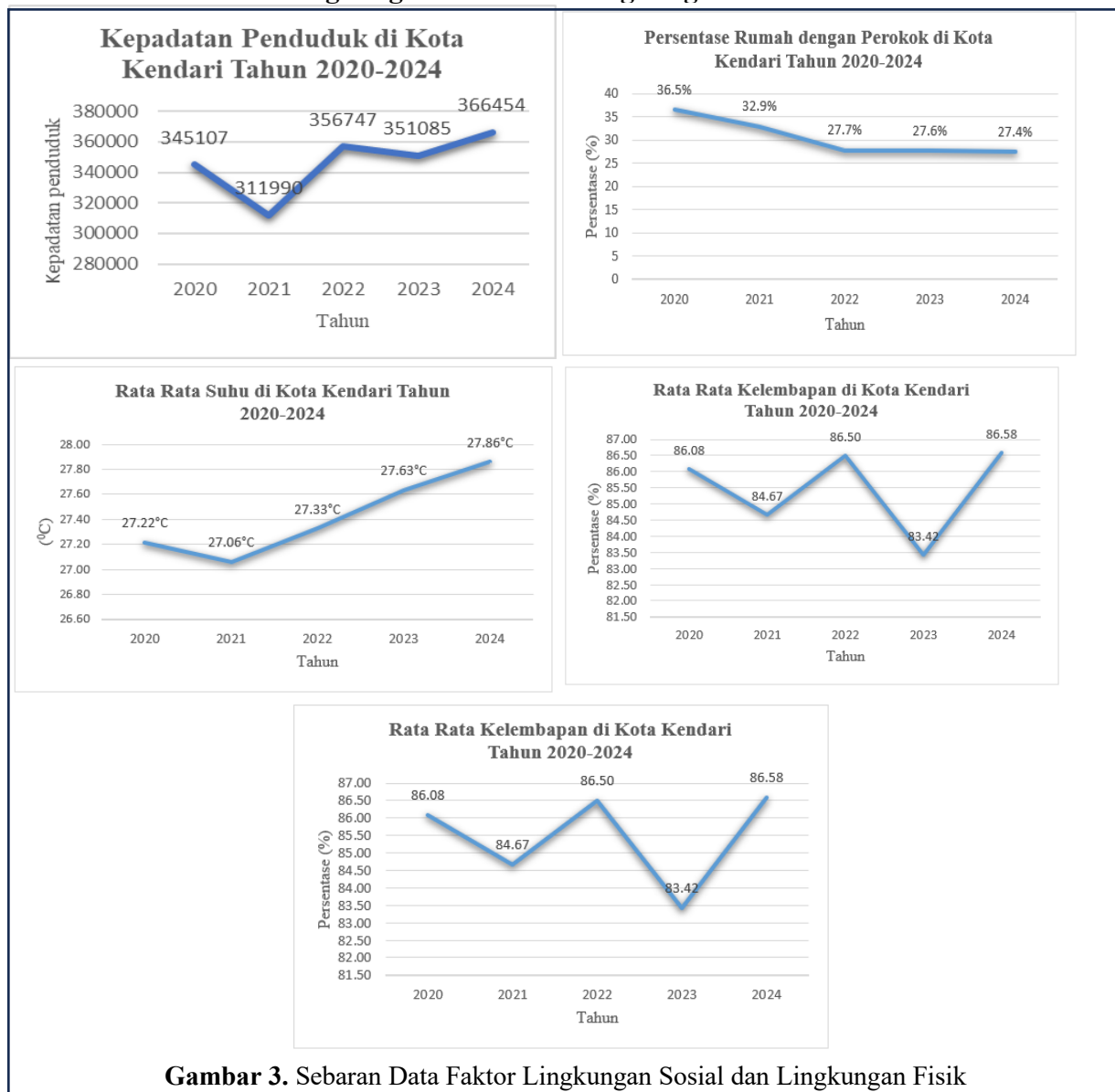
Gambar 2. Peta sebaran spasial insiden rate kasus tuberkulosis di Kota Kendari tahun 2020–2024



Berdasarkan gambar 1, sebaran spasial insiden rate tuberkulosis di Kota Kendari tahun 2020–2024 menunjukkan pola kluster yang berubah antar waktu. Pada tahun 2020, sebagian besar kecamatan berada pada kategori insiden rendah hingga sedang. Namun, pada tahun-tahun berikutnya terlihat peningkatan dan pergeseran wilayah dengan kategori insiden tinggi, khususnya pada Kecamatan Puuwatu, Abeli, Kambu, Wua-Wua, dan Kendari. Beberapa kecamatan menunjukkan perubahan kategori dari rendah atau sedang menjadi tinggi, menandakan adanya dinamika spasial insiden TB selama periode pengamatan.

Sebaliknya, Kecamatan Nambo secara konsisten berada pada kategori insiden rendah sepanjang tahun 2020–2024, sementara kecamatan lain seperti Mandonga dan Kendari Barat cenderung berada pada kategori sedang hingga tinggi pada beberapa tahun tertentu. Secara keseluruhan, hasil pemetaan spasial-temporal ini memperlihatkan adanya ketimpangan distribusi insiden TB antar kecamatan serta keberadaan wilayah-wilayah dengan beban kasus yang relatif menetap dari waktu ke waktu.

Sebaran Data Faktor Lingkungan Sosial dan Lingkungan Fisik



Gambar 3. Sebaran Data Faktor Lingkungan Sosial dan Lingkungan Fisik



Analisis karakteristik wilayah menunjukkan bahwa kepadatan penduduk meningkat secara fluktuatif dan mencapai nilai tertinggi pada tahun 2024, sementara persentase rumah tangga dengan perokok mengalami penurunan yang konsisten dari tahun ke tahun. Variabel lingkungan fisik memperlihatkan bahwa suhu udara cenderung meningkat, sedangkan kelembapan relatif stabil dan curah hujan menunjukkan variasi ekstrem, dengan penurunan tajam pada 2023 dan lonjakan signifikan pada 2024 hasil aja.

Analisis Bivariat

Tabel 1. Analisis Bivariat

Variabel	Uji Korelasi	Nilai Korelasi (r)	Signifikansi (two-tailed) (p)	Keterangan
Kepadatan Penduduk	Spearman	0,120	0,382	Tidak terdapat korelasi, serta korelasi korelasi sangat lemah dan arah positif.
Persentase Rumah dengan perokok	Pearson	0,213	0,118	Tidak terdapat korelasi, serta korelasi korelasi lemah dan arah positif.
Suhu	Spearman	0,361	0,005	Terdapat korelasi namun korelasi korelasi lemah dan arah positif.
Kelembapan	Pearson	- 0,065	0,624	Tidak terdapat korelasi, serta arah negatif.
Curah Hujan	Pearson	- 0,070	0,594	Tidak terdapat korelasi, serta arah negatif.

Sumber: data diolah

Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa suhu udara merupakan satu-satunya variabel yang memiliki hubungan signifikan dengan kejadian tuberkulosis ($r = 0,361$; $p < 0,05$), meskipun kekuatan korelasinya tergolong lemah dan berarah positif. Sementara itu, kepadatan penduduk, persentase rumah dengan perokok, kelembapan udara, dan curah hujan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik dengan kejadian tuberkulosis selama periode penelitian hasil aja .

Pembahasan

Kasus Tuberkulosis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kejadian tuberkulosis (TB) di Kota Kendari selama periode 2020–2024 mengalami peningkatan yang konsisten dari tahun ke tahun. Jumlah kasus meningkat dari 567 kasus pada tahun 2020 menjadi 1.111 kasus pada tahun 2024. Tidak ditemukan satu pun tahun dengan penurunan kasus, yang menunjukkan bahwa beban TB di Kota Kendari masih berada pada fase tinggi dan belum terkendali secara optimal.

Peningkatan kasus ini dapat diinterpretasikan melalui dua proses yang kemungkinan berlangsung secara bersamaan. Pertama, peningkatan kasus mencerminkan masih terjadinya penularan aktif di masyarakat akibat determinan sosial dan lingkungan yang belum sepenuhnya tertangani. Kedua, peningkatan angka notifikasi juga dapat mencerminkan membaiknya penemuan kasus (*case finding*) dan pelaporan TB setelah terjadinya gangguan layanan kesehatan pada masa awal pandemi COVID-19. Beberapa kajian menunjukkan bahwa pada periode pascapandemi terjadi fenomena *catch-up reporting*, di mana kasus TB yang sebelumnya tidak terdeteksi kemudian dilaporkan dalam jumlah lebih besar (WHO, 2024b).

Analisis Spasial

Analisis spasial menunjukkan bahwa kejadian tuberkulosis di Kota Kendari tidak tersebar secara merata, melainkan membentuk konsentrasi pada kecamatan-kecamatan tertentu. Selama periode 2020–2024, beberapa kecamatan seperti Kecamatan Abeli, Kecamatan Puuwatu, Kecamatan Wua-Wua, Kecamatan Kendari, dan Kecamatan Kendari Barat muncul



sebagai kategori tinggi, dengan variasi antar tahun. Sebaliknya, Kecamatan Nambo secara konsisten berada pada kategori risiko rendah sepanjang periode pengamatan. Pola ini menunjukkan adanya perbedaan beban TB antar wilayah yang relatif stabil dan mencerminkan dinamika spasial insiden TB di tingkat kecamatan.

Pola kluster tersebut menunjukkan bahwa penularan TB bersifat terlokalisasi dan dipengaruhi oleh karakteristik wilayah tertentu. Kondisi ini sejalan dengan temuan Puspita tahun 2021 yang melaporkan adanya heterogenitas spasial kejadian TB di Indonesia, di mana faktor demografis, sosial, dan lingkungan berperan dalam membentuk kantong-kantong TB yang persisten. Oleh karena itu, hasil ini memperkuat urgensi penerapan strategi pengendalian TB berbasis wilayah yang memprioritaskan kecamatan dengan kluster risiko tinggi guna meningkatkan efektivitas pemutusan rantai penularan (Puspita et al., 2021).

Faktor Lingkungan sosial dan fisik

Sebaran faktor lingkungan sosial dan fisik di Kota Kendari menunjukkan dinamika yang beragam selama periode 2020–2024. Dari sisi lingkungan sosial, kepadatan penduduk secara total menunjukkan pola fluktuatif dengan kecenderungan meningkat, dan beberapa kecamatan secara konsisten memiliki kepadatan yang lebih tinggi, seperti Kendari Barat, Poasia, Puuwatu, dan Kadia. Kecamatan-kecamatan tersebut juga sering muncul sebagai wilayah dengan insiden TB yang tinggi, sementara Kecamatan Nambo yang memiliki kepadatan terendah cenderung menjadi wilayah dengan risiko TB paling rendah.

Selain kepadatan penduduk, persentase rumah tangga dengan perokok menunjukkan tren penurunan yang konsisten dari tahun ke tahun. Rata-rata persentase rumah dengan perokok menurun dari 36,46% pada tahun 2020 menjadi 27,34% pada tahun 2024. Meskipun terjadi penurunan, proporsi rumah tangga dengan perokok masih tergolong cukup tinggi, sehingga potensi pajanan asap rokok di lingkungan rumah tangga tetap relevan sebagai faktor risiko kesehatan masyarakat.

Dari sisi lingkungan fisik, suhu udara rata-rata tahunan di Kota Kendari berada pada kisaran yang relatif sempit, namun menunjukkan kecenderungan meningkat terutama pada dua tahun terakhir pengamatan. Kelembapan udara relatif tinggi dan stabil sepanjang tahun, sedangkan curah hujan menunjukkan variasi yang cukup besar antar tahun, dengan penurunan tajam pada tahun 2023 dan lonjakan signifikan pada tahun 2024. Pola ini mencerminkan karakteristik iklim tropis lembap yang relatif stabil, namun tetap mengalami fluktuasi antar tahun (Derny et al., 2023).

Analisis bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk menilai hubungan antara faktor lingkungan sosial dan fisik dengan insiden TB di Kota Kendari. Hasil analisis menunjukkan bahwa hanya variabel suhu yang memiliki hubungan bermakna secara statistik dengan insiden TB, sedangkan kepadatan penduduk, persentase rumah dengan perokok, kelembapan udara, dan curah hujan tidak menunjukkan korelasi yang signifikan.

Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk menunjukkan korelasi yang sangat lemah dan tidak signifikan dengan insiden TB. Temuan ini mengindikasikan bahwa kepadatan penduduk pada tingkat kecamatan tidak secara langsung mencerminkan risiko penularan TB. Penularan TB lebih memungkinkan ditentukan oleh kontak efektif, yaitu paparan jarak dekat, berulang, dan berdurasi lama di ruang tertutup, dibandingkan kepadatan administratif suatu wilayah (WHO, 2024). Hal ini sejalan dengan Godoy pada tahun 2025 yang menyatakan bahwa peningkatan kepadatan tidak selalu diikuti oleh peningkatan kontak relevan untuk transmisi TB (Godoy et al., 2025).



Persentase Rumah dengan Perokok

Persentase rumah tangga dengan perokok juga tidak menunjukkan korelasi signifikan dengan insiden TB. Hal ini dapat disebabkan oleh keterbatasan indikator yang hanya mengukur keberadaan perokok, tanpa mempertimbangkan intensitas dan durasi pajanan asap rokok. Penelitian Feldman pada tahun 2024 menegaskan bahwa hubungan antara merokok dan TB bersifat dose-dependent, sehingga pengukuran yang bersifat agregat dan dikotomis berpotensi melemahkan kekuatan asosiasi statistik (Feldman et al., 2024).

Suhu

Sebaliknya, suhu udara menunjukkan korelasi positif yang bermakna dengan insiden TB, meskipun dengan kekuatan korelasi yang lemah. Temuan ini menunjukkan bahwa variasi suhu, meskipun relatif kecil, tetap berkaitan dengan dinamika kejadian TB. Secara biologis, *Mycobacterium tuberculosis* masih dapat bertahan dalam aerosol pada suhu ruang hangat, sehingga variasi suhu lingkungan dapat memengaruhi viabilitas kuman dan peluang transmisi (Dirks et al., 2024). Selain itu, suhu yang lebih hangat dapat mendorong perilaku manusia untuk lebih sering berada di ruang tertutup dengan ventilasi terbatas, yang berpotensi meningkatkan risiko penularan TB (Li et al., 2025). Temuan ini sejalan dengan studi Hamda pada tahun 2024 yang melaporkan hubungan signifikan antara suhu dan kejadian TB di wilayah perkotaan (Hamda et al., 2024).

Kelembapan Udara dan Curah Hujan

Kelembapan udara dan curah hujan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan insiden TB. TB merupakan penyakit *airborne* yang penularannya lebih dipengaruhi oleh kondisi mikro ruang dalam, seperti ventilasi dan sirkulasi udara, dibandingkan faktor iklim luar ruang seperti hujan (CDC, 2024). Beberapa penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa pengaruh kelembapan dan curah hujan terhadap kejadian TB cenderung lemah atau tidak konsisten pada analisis tingkat populasi (Tosepu et al., 2023).

Secara keseluruhan, hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa dari berbagai faktor lingkungan sosial dan fisik yang diteliti, hanya suhu yang memiliki hubungan bermakna dengan insiden TB di Kota Kendari. Temuan ini menegaskan bahwa TB merupakan penyakit *multifaktorial*, di mana variasi kejadian tidak dapat dijelaskan hanya oleh satu atau dua faktor lingkungan makro, melainkan oleh interaksi kompleks antara faktor lingkungan, sosial, dan karakteristik individu (Pfrommer et al., 2020).

PENUTUP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kejadian tuberkulosis (TB) di Kota Kendari selama periode 2020–2024 mengalami peningkatan yang konsisten setiap tahun tanpa adanya penurunan kasus. Kasus TB ditemukan pada setiap bulan sepanjang tahun, menegaskan karakter TB sebagai penyakit endemis dengan penularan yang berlangsung terus-menerus. Analisis spasial-temporal memperlihatkan bahwa kejadian TB tidak tersebar merata, melainkan membentuk kluster risiko tinggi pada kecamatan tertentu yang berulang kali muncul sebagai kantong TB seperti Kecamatan Abeli, sementara Kecamatan Nambo relatif stabil berada pada kategori risiko rendah. Pola ini menunjukkan adanya wilayah prioritas yang memerlukan perhatian khusus dalam pengendalian TB.

Analisis bivariat menunjukkan bahwa dari berbagai faktor lingkungan sosial dan fisik yang diteliti, hanya suhu rata-rata tahunan yang memiliki hubungan bermakna secara statistik dengan insiden TB, meskipun dengan kekuatan korelasi yang lemah dan berarah positif. Kepadatan penduduk, persentase rumah tangga dengan perokok, kelembapan udara, dan curah hujan tidak menunjukkan korelasi yang signifikan dengan insiden TB pada tingkat analisis kecamatan. Temuan ini menegaskan bahwa kejadian TB dipengaruhi oleh interaksi kompleks berbagai faktor dan tidak dapat dijelaskan hanya oleh faktor lingkungan makro, sehingga



pengendalian TB perlu diarahkan pada pendekatan berbasis wilayah dengan fokus pada kecamatan berisiko tinggi serta penguatan intervensi pada faktor lingkungan mikro dan determinan sosial yang lebih dekat dengan proses penularan.

DAFTAR PUSTAKA

- CDC. (2024). Geographic Information System Data | Field Epi Manual | CDC. <https://www.cdc.gov/field-epi-manual/php/chapters/gis-data.html>
- Derny, V., Murwanto, B., & Helmy, H. (2023). HUBUNGAN KONDISI LINGKUNGAN FISIK RUMAH DENGAN KEJADIAN TUBERKULOSIS PARU DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS BUKIT KEMUNING TAHUN 2022. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 17(1), 24. <https://doi.org/10.26630/rj.v17i1.3766>
- Dinas Kesehatan Kota Kendari. (2024). Laporan Kasus Tuberkulosis Kota Kendari Tahun 2020-2024.
- Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tenggara. (2024). Laporan penemuan dan pengobatan kasus.
- Dirks, R. P., Ordas, A., Jong-Raadsen, S., Brittijn, S. A., Haks, M. C., Henkel, C. V., Oravcova, K., Racz, P. I., Tuinhof-Koelma, N., Korzeniowska nee Wiweger, M. I., Gillespie, S. H., Meijer, A. H., Ottenhoff, T. H. M., Jansen, H. J., & Spaink, H. P. (2024). The Human Pathogen *Mycobacterium tuberculosis* and the Fish Pathogen *Mycobacterium marinum* Trigger a Core Set of Late Innate Immune Response Genes in Zebrafish Larvae. *Biology*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/biology13090688>
- Feldman, C., Theron, A. J., Cholo, M. C., & Anderson, R. (2024). Cigarette Smoking as a Risk Factor for Tuberculosis in Adults: Epidemiology and Aspects of Disease Pathogenesis. In *Pathogens* (Vol. 13, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/pathogens13020151>
- Godoy, S., Alsedà, M., Parrón, I., Millet, J. P., Caylà, J. A., Follia, N., Carol, M., Orcau, A., Toledo, D., Ferrús, G., Plans, P., Barrabeig, I., Clotet, L., Domínguez, A., March-Llanes, J., & Godoy, P. (2025). Exposure Time to a Tuberculosis Index Case as a Marker of Infection in Immigrant Populations. *Pathogens*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/pathogens14020175>
- Hamda, F. H., Asyary, A., Yuliana, R., Haq, A., & Sujana, S. P. (2024). Ecological Studies of Climate Factors and Pulmonary Tuberculosis Cases in Padang City 2020-2023. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia*, 7(11), 2774–2782. <https://doi.org/10.56338/mppki.v7i11.6101>
- Li, S., Guo, F., Wang, C., Liu, R., & Qi, W. (2025). Impact of short-term exposure to high ambient temperature on pulmonary tuberculosis: a 5-year time-series analysis in Beijing. *Frontiers in Public Health*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1672848>
- Pfrommer, E., Dreier, C., Gabriel, G., Dallenga, T., Reimer, R., Schepanski, K., Scherließ, R., Schaible, U. E., & Gutschmann, T. (2020). Enhanced tenacity of mycobacterial aerosols from necrotic neutrophils. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65781-9>
- Puspita, T., Suryatma, A., Simarmata, O. S., Veridona, G., Lestary, H., Athena, A., Pambudi, I., Sulistyono, S., & Pakasi, T. T. (2021). Spatial variation of tuberculosis risk in Indonesia 2010-2019. *Health Science Journal of Indonesia*, 12(2), 104–110. <https://doi.org/10.22435/hsji.v12i2.5467>
- Rizki, I. L. M. Z. (2024). Literature review: faktor risiko lingkungan kejadian tuberkulosis. *Journal of Public Health Innovation*, 4(02), 476–483. <https://doi.org/10.34305/jphi.v4i02.1097>



Tosepu, R., Sani, A., Effendy, D. S., & Ahmad, L. O. A. I. (2023). The association between climate variables and tuberculosis in Kolaka District, Southeast Sulawesi Province, Indonesia, 2013–2020: a Bayesian autoregressive model. *F1000Research*, 12, 1507. <https://doi.org/10.12688/f1000research.138859.1>

WHO. (2024). *BASIC TUBERCULOSIS (TB) TRAINING MANUAL*. www.doh.gov.za

WHO. (2024). *Global tuberculosis report*.