

Analisis Pola Persebaran Penderita Tuberkulosis (TB Paru) Dengan Pendekatan Autokorelasi

Analysis of the Distribution Pattern of Tuberculosis (Pulmonary TB) Patients Using an Autocorrelation Approach

Lastria Kausesra^{1*}, Endah Purwaningsih²

¹ *Universitas Negeri Padang; lastrikausesra0303@gmail.com

² Universitas Negeri Padang; endahgeo@fis.unp.ac.id@gmail.com

*(lastrikausesra0303@gmail.com)

ABSTRACT

Pulmonary Tuberculosis (TB) remains a global health problem with high morbidity and mortality rates. In Padang Panjang City, TB cases increased significantly from 20 cases in 2020 to 126 cases in 2024. This study aims to analyze the spatial distribution patterns of pulmonary TB patients using a spatial autocorrelation approach and to map the vulnerability levels of urban villages based on environmental risk factors. This quantitative descriptive study was conducted in Padang Panjang City from May to July 2025, involving all pulmonary TB patients recorded in the medical records of Padang Panjang General Hospital in 2024. Data were analyzed using Global Moran's I and Local Indicators of Spatial Association (LISA) with ArcGIS and GeoDa software, as well as overlay analysis of rainfall, population density, altitude, building density, ventilation, and building orientation. The results showed that the overall spatial distribution of TB was random, but the LISA analysis identified spatial outliers in Pasar Baru and Pasar Usang urban villages. Most areas (14 out of 16 villages) were categorized as high-risk zones, mainly influenced by building density and poor ventilation. In conclusion, the spread of pulmonary TB is strongly influenced by environmental factors. Local governments are advised to prioritize interventions in high-risk areas through ventilation improvement, building density control, and community education on air circulation and natural lighting.

Keywords: *Moran's Index, LISA, Environmental Risk*

ABSTRAK

Tuberkulosis (TB) Paru masih menjadi masalah kesehatan global dengan angka morbiditas dan mortalitas tinggi. Di Kota Padang Panjang, jumlah kasus TB Paru meningkat signifikan dari 20 kasus pada tahun 2020 menjadi 126 kasus pada tahun 2024. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola persebaran penderita TB Paru menggunakan pendekatan autokorelasi spasial serta memetakan tingkat kerawanan kelurahan berdasarkan faktor risiko lingkungan. Penelitian deskriptif kuantitatif ini dilakukan di Kota Padang Panjang pada Mei–Juli 2025 dengan populasi seluruh pasien TB Paru yang tercatat di RSUD Kota Padang Panjang tahun 2024. Analisis menggunakan Autokorelasi Global Moran's I dan Local Indicator of Spatial Association (LISA) melalui perangkat ArcGIS dan GeoDa, serta overlay terhadap curah hujan, kepadatan penduduk, ketinggian, kepadatan bangunan, ventilasi, dan arah hadap bangunan. Hasil menunjukkan pola persebaran TB Paru secara global bersifat acak, namun analisis LISA mengidentifikasi outlier spasial di Kelurahan Pasar Baru dan Pasar Usang. Sebagian besar wilayah (14 dari 16 kelurahan) termasuk zona kerawanan tinggi, terutama dipengaruhi kepadatan bangunan dan ventilasi buruk. Kesimpulannya, penyebaran TB Paru sangat dipengaruhi faktor lingkungan. Pemerintah daerah disarankan memprioritaskan intervensi pada wilayah berkerawanan tinggi melalui perbaikan ventilasi, pengendalian kepadatan, serta edukasi tentang sirkulasi udara dan pencahayaan alami.

Kata Kunci: Indeks Moran, LISA, Risiko Lingkungan



PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB Paru) merupakan salah satu penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat global. Penyakit ini disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* yang umumnya menyerang paru-paru dan ditularkan melalui udara ketika penderita batuk dan bersin¹. Berdasarkan laporan *World Health Organization* (WHO) tahun 2023, sekitar 10,6 juta orang di seluruh dunia terdiagnosis TB dengan angka kematian mencapai 1,3 juta jiwa setiap tahunnya². WHO juga memperkirakan bahwa satu dari tiga penduduk dunia telah terinfeksi bakteri TB laten yang berpotensi berkembang menjadi penyakit aktif ketika daya tahan tubuh menurun³.

Di tingkat nasional, Indonesia termasuk dalam tiga besar Negara dengan beban TB tertinggi di dunia bersama India dan China⁴. Berdasarkan data Kementerian Kesehatan RI tahun 2022, diperkirakan terdapat sekitar 969.000 kasus TB di Indonesia dengan angka kematian mencapai 93.000 jiwa setiap tahunnya⁵. Meskipun upaya deteksi dini dan pengobatan terus dilakukan, capaian *Case Detection Rate* (CDR) TB nasional tahun 2021 masih berada di bawah target WHO yaitu 90%⁶. Penurunan angka penemuan kasus juga terlihat dari tahun 2018 sebesar 67,2% menjadi 64,5% pada tahun 2019⁷. Hal ini menunjukkan masih adanya kesenjangan antara jumlah kasus TB yang ditemukan dan jumlah kasus yang sebenarnya terjadi di masyarakat. Faktor lingkungan, sosial ekonomi, serta akses terhadap fasilitas kesehatan menjadi penyebab utama belum optimalnya pengendalian TB di Indonesia⁸.

Secara regional, Provinsi Sumatera Barat masih menghadapi tantangan serupa. Dari Dinas Kesehatan Sumatera Barat tahun 2019 menunjukkan sebanyak 4.980 kasus TB ditemukan di wilayah provinsi tersebut⁹. Kota Padang menduduki peringkat tertinggi dengan kasus 1.116 kasus, sedangkan Kota Padang Panjang melaporkan 84 kasus¹⁰. Berdasarkan data BPS jumlah kasus TB di Kota Padang Panjang mengalami peningkatan tajam dari tahun ke tahun seperti 20 kasus tahun 2020, 31 kasus tahun 2021, 39 kasus 2022, 90 kasus tahun 2023 dan 126 kasus pada tahun 2024¹¹. Kondisi geografis Padang Panjang yang dikelilingi pegunungan dan memiliki curah hujan tinggi menyebabkan kelembapan udara meningkat, yang berpotensi mendukung kelangsungan hidup *Mycobacterium tuberculosis*¹². Selain itu, faktor kepadatan penduduk, kondisi ventilasi rumah yang tidak memenuhi syarat dan orientasi bangunan yang kurang optimal terhadap sinar matahari juga berperan dalam penyebaran TB¹³.

Namun, hingga saat ini penelitian tentang pola spasial dan autokorelasi persebaran kasus TB di Kota Padang Panjang belum pernah dilakukan. Sebagian besar studi kesehatan hanya meninjau faktor individu seperti usia, jenis kelamin dan status gizi penderita¹⁴. Padahal, pendekatan geografi kesehatan melalui analisis spasial dapat memberikan gambaran lebih komprehensif tentang hubungan antara kasus TB dengan faktor lingkungan di suatu wilayah¹⁵. Analisis autokorelasi spasial seperti Moran's I dan *Local Indicators Of Spatial Association* (LISA) memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola persebaran penyakit apakah mengelompok, acak atau menyebar¹⁶. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan untuk memahami karakteristik persebaran TB paru di Kota Padang Panjang sekaligus menentukan tingkat kerawanan wilayah berdasarkan faktor risiko lingkungan seperti curah hujan, kepadatan penduduk, ketinggian, kepadatan bangunan, ventilasi dan arah hadap bangunan¹⁷. Berdasarkan permasalahan di atas maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola persebaran TB Paru dengan pendekatan autokorelasi dan memetakan tingkat kerawanan penderita TB Paru dengan faktor risiko lingkungan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode analisis spasial berbasis SIG. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan pola persebaran dan tingkat kerawanan penderita TB paru secara keruangan di Kota Padang Panjang tahun 2024. Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGis 10.8 dan GeoDa dengan teknik autokorelasi spasial (Moran's I dan LISA) serta overlay berjenjang tertimbang. Ruang lingkup penelitian ini meliputi dua kecamatan di Kota Padang Panjang, yaitu Kecamatan Padang Panjang Barat dan Timur, dengan objek penelitian berupa 45 titik koordinat alamat penderita TB

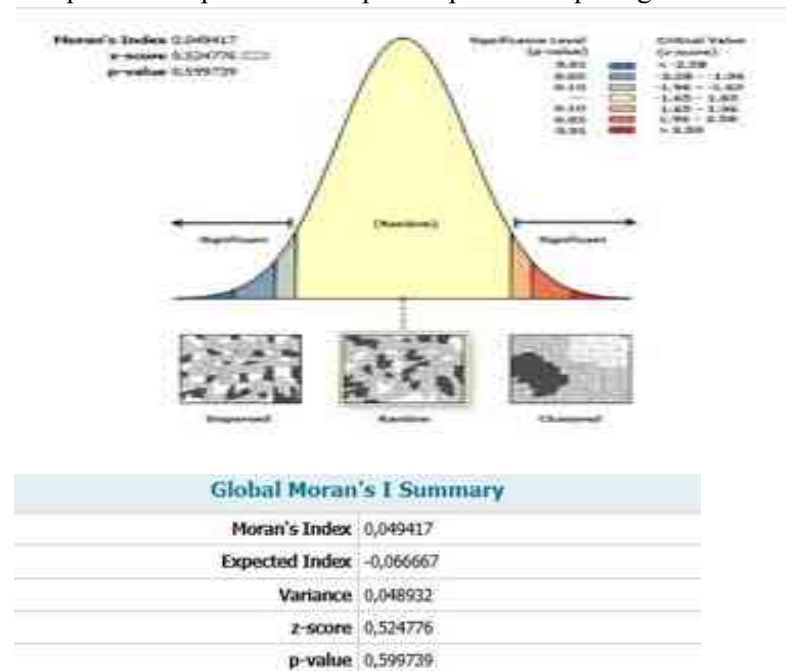
paru yang di peroleh dari RSUD Kota Padang Panjang tahun 2024. Penelitian ini berfokus pada hubungan antara sebaran kasus TB paru dengan faktor lingkungan meliputi curah hujan, kepadatan penduduk, ketinggian, kepadatan bangunan, ventilasi dan arah hadap bangunan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui data dari instansi (RSUD, BMKG, BPS dan BIG), observasi lapangan untuk pengambilan titik koordinat, dokumentasi untuk ventilasi dan GPS untuk melihat arah hadap bangunan rumah penderita. Bahan penelitian meliputi data primer (titik koordinat rumah pasien, ventilasi, kepadatan penduduk dan arah hadap bangunan) dan data sekunder (curah hujan, kepadatan bangunan, ketinggian dan peta administrasi). Alat utama yang digunakan yaitu laptop, perangkat lunak ArcGis 10.8 dan GeoDa, *Microsoft excel* serta GPS Map Camera untuk mengambil koordinat. Selanjutnya untuk analisis data dilakukan dua tahap, yaitu analisis Autokorelasi spasial menggunakan Indeks Moran's I dan LISA untuk mengetahui pola persebaran (mengelompok, acak atau menyebar) dan analisis tingkat kerawanan wilayah dengan metode *overlay* berjenjang tertimbang, yaitu memberikan bobot pada setiap parameter lingkungan untuk menghasilkan peta tingkat kerawanan TB paru (tidak rawan dan rawan).

HASIL

Pola persebaran penderita TB Paru menggunakan metode autokorelasi

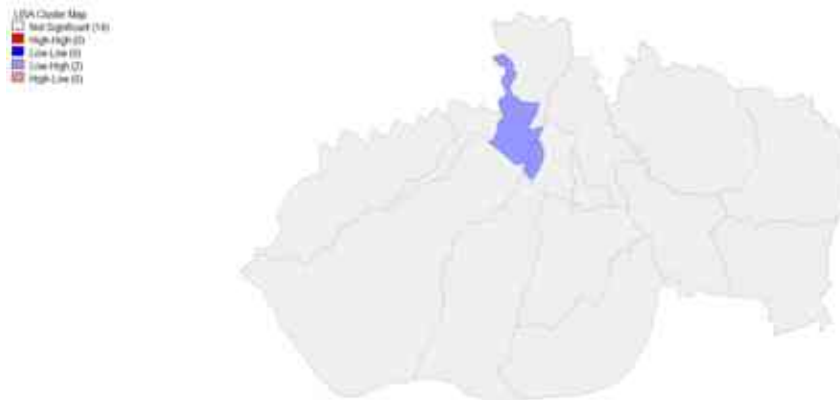
Pada penelitian ini menggunakan ArcGis 10.8 dengan *Spatial statistic tolls* (*Spatial Autocorrelation* (*Moran I*)). Hasil autokorelasi persebaran penderita TB paru dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Hasil Autokorelasi

Hasilnya menunjukkan bahwa pola persebaran kasus TB paru di Kota Padang Panjang bersifat acak (*Random*) dengan nilai Moran's I sebesar 0,07 dan p-value 0,599739 ($>0,05$), sehingga tidak terdapat pengelompokan spasial secara global.

Hasil autokorelasi persebaran persebaran penderita TB paru menggunakan aplikasi GeoDa



Gambar 2. Cluster Map LISA

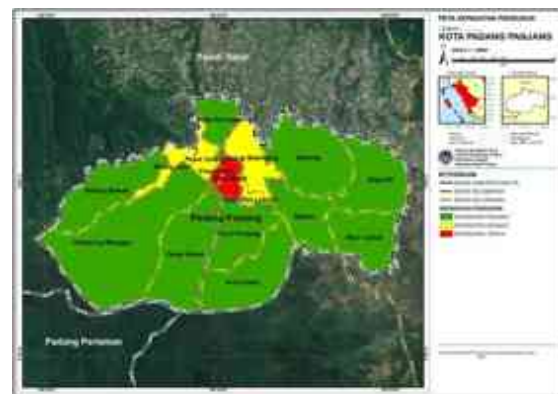
Berdasarkan hasil pengujian LISA yang ditunjukkan pada gambar 2 di atas, kelurahan Pasar Usang dan kelurahan Pasar Baru menunjukkan data *outlier* (berbeda) yang terletak pada kuadran Low-High (L-H). Angka ini menunjukkan bahwa Kota Padang Panjang, tingkat deteksi atau penemuan TB Paru tergolong rendah dan dikelilingi oleh area dengan tingkat pengamatan yang tinggi. Hal ini mewajibkan para kelurahan Pasar Usang dan Pasar Baru untuk berhati-hati terhadap lingkungan mereka. 14 kelurahan lainnya ditemukan tidak signifikan, hal ini menunjukkan bahwa ada kemungkinan risiko penyebaran dari lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, tindakan intervensi di kelurahan *outlier* harus mempertimbangkan kondisi tetangga.

Hasil Parameter-parameter untuk mengetahui tingkat kerawanan TB Paru

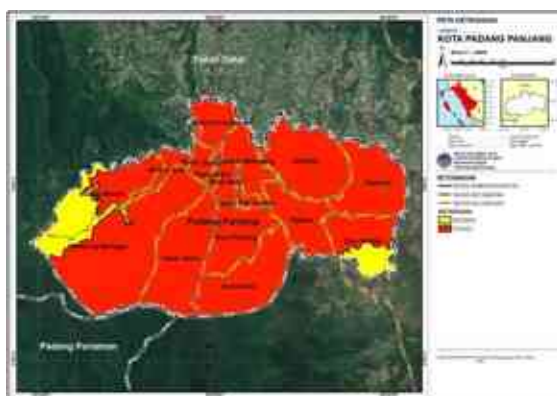
Untuk mendapatkan peta tingkat kerawanan penderita TB Paru dapat dilihat melalui parameter-parameter yang sudah di tentukan sebagai berikut :



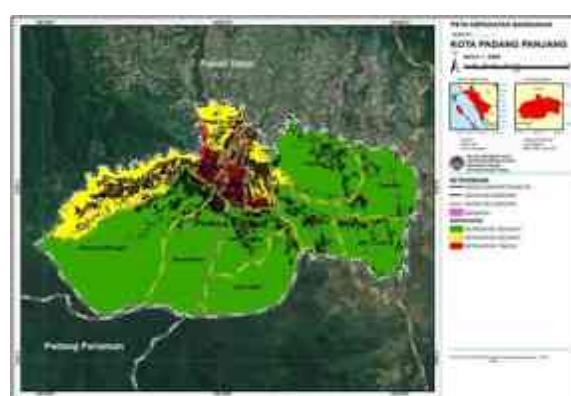
Gambar 3. Peta Curah Hujan



Gambar 4. Kepadatan Penduduk



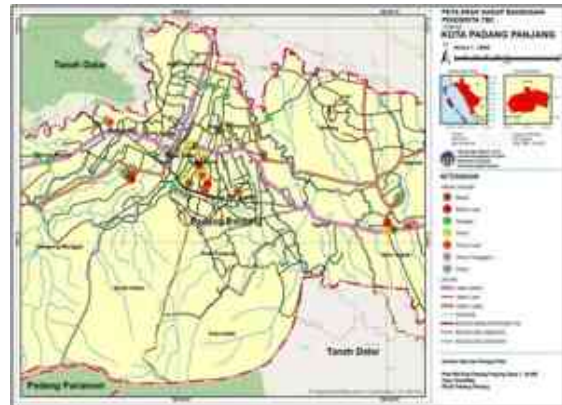
Gambar 5. Peta Ketinggian



Gambar 6. Peta Kepadatan Bangunan



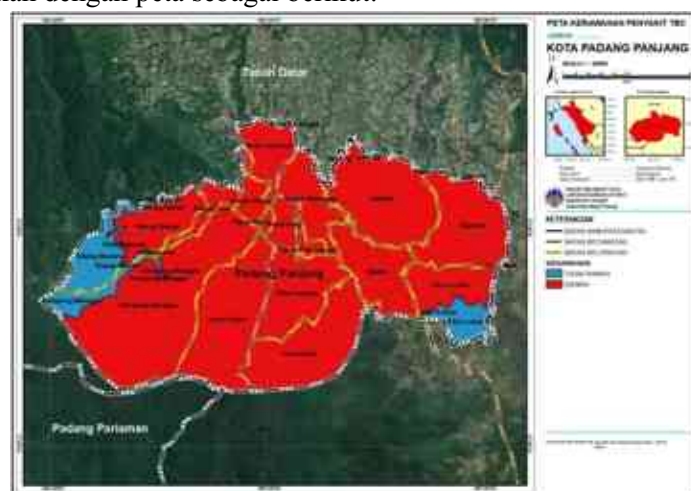
Gambar 7. Peta Ventilasi



Gambar 8. Peta Arah Hadap Bangunan

Berdasarkan hasil dari parameter-parameter di atas menunjukkan bahwa curah hujan pada gambar 3 di padang panjang cenderung tinggi pada tahun 2024, berikutnya ada kepadatan penduduk pada gambar 4 ditemukan bahwa penduduk tertinggi terdapat pada Kelurahan Balai-Balai dan Tanah Pak Lambik, untuk ketinggian pada gambar 5 ditemukan bahwa kota Padang Panjang berada pada ketinggian tinggi sekitar >700M pada 14 Kelurahan dari 16 Kelurahan, selanjutnya kepadatan bangunan pada gambar 6 ditemukan bahwa kelurahan Balai-balai dan Pasar Paru berada pada kepadatan bangunan tinggi, berikutnya hasil peta ventilasi pada gambar 7 ditemukan bahwa masih banyak rumah penderita TB yang belum memenuhi syarat ditandai oleh simbol segi lima warna merah dan untuk memenuhi syarat ditandai simbol segi lima warna biru dan yang terakhir untuk peta arah hadap bangunan pada gambar 8 terdapat 9 rumah pasien TB paru yang menghadap kearah timur diikuti oleh 8 rumah pasien yang menghadap timur laut dan selatan, selanjutnya 2 rumah pasien TB paru yang menghadap barat dan utara sebanyak 7 rumah, kemudian yang menghadap ke barat laut sebanyak 4 rumah dan yang menghadap ke timur tenggara sebanyak 2 rumah pasien TB paru.

Berdasarkan parameter di atas wilayah rawan TB paru didasarkan atas penilaian parameter curah hujan, kepadatan penduduk, ketinggian, kepadatan bangunan, ventilasi dan arah hadap bangunan. Peta tingkat kerawanan diperoleh dengan menggunakan metode tumpang susun berjenjang tertimbang yaitu dengan cara mengoverlay parameter-parameter yang digunakan serta skoring dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Setelah skoring selanjutnya pengklasifikasian tingkat kerawanan sesuai kelas kerawanan yang ditentukan dengan peta sebagai berikut:



Gambar 9. Peta Tingkat Kerawanan TB Paru

Dari hasil peta tingkat kerawanan TB paru pada gambar 9 dapat dilihat bahwa zona merah adalah paling rawan TB paru sedangkan untuk zona biru adalah zona tidak rawan TB paru

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa curah hujan di Kota Padang Panjang pada tahun 2024 tergolong tinggi sekitar 169,92 MM, yang mendukung kelembaban lingkungan dan memfasilitasi keberlangsungan hidup *Mycobacterium tuberculosis*. Curah hujan dapat mempengaruhi kelembaban di suatu wilayah tertentu. Dimana wilayah yang lembab menjadi tempat yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan bakteri termasuk *mycobacterium tuberculosis*. *Mycobacterium tuberculosis* yang menjadi agent penyebab TB paru cenderung hidup pada kondisi lingkungan yang memiliki curah hujan yang tinggi¹⁷. Untuk kepadatan penduduk Hasilnya semakin padat kepadatan dan kecilnya luas kelurahan maka semakin berisiko penyebaran TB Paru. Semakin padat suatu wilayah, semakin tinggi interaksi antar individu, yang mempercepat penularan penyakit melalui udara dan meningkatkan risiko infeksi di masyarakat¹⁸.

Sementara itu untuk ketinggian ditemukan bahwa di Distrik Jumla, Nepal, yang menyatakan bahwa kejadian TB cenderung lebih rendah pada daerah dataran tinggi dibandingkan dataran rendah. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh faktor lingkungan dan sosial yang berbeda antara kedua wilayah. Di Padang Panjang, kepadatan penduduk dan kondisi permukiman pada daerah ketinggian tinggi sekitar >700mdpl relatif lebih padat, dengan ventilasi rumah yang kurang baik serta tingkat kelembapan tinggi yang dapat mendukung penularan *Mycobacterium tuberculosis*. Sementara itu, wilayah penelitian di Nepal memiliki karakteristik lingkungan yang lebih terbuka dan kepadatan penduduk rendah sehingga transmisi penyakit lebih kecil¹⁹. Berikutnya kepadatan bangunan Dari hasil peta kepadatan bangunan tertinggi pada Kelurahan Balai-Balai dan Pasar Baru. Hal ini juga mempengaruhi kepadatan bangunan dan penduduk setiap Kelurahan, karena padatnya penduduk memiliki potensi untuk membangun rumah.

Selanjutnya ventilasi ditemukan 45 rumah pasien TB Paru, sebanyak 30 rumah pasien TB Paru memenuhi syarat dan 15 rumah lainnya ditemukan tidak memenuhi syarat. Rumah dengan ventilasi tidak memenuhi syarat cenderung berada pada Kelurahan padat seperti Balai-Balai, memperkuat bukti bahwa lingkungan fisik berperan dalam transmisi. Menariknya dalam hal ini Kelurahan dengan kepadatan penduduk tinggi cenderung tidak memenuhi syarat. Kombinasi ini menciptakan lingkungan yang sangat kondusif bagi penularan TB Paru bahwa kepadatan dan ventilasi yang buruk mempercepat transmisi TB di rumah tangga²⁰. Terakhir arah hadap bangunan ditemukan bahwa mayoritas rumah tidak menghadap timur, yang berarti minimnya paparan sinar matahari pagi. Padahal sinar matahari memiliki efek disinfektan terhadap bakteri TB. Bangunan yang menghadap selatan dan barat cenderung lebih lembab dan kurang pencahayaan. Bangunan yang menghadap kearah barat dan selatan secara konsisten mengalami kesendatan yang dapat meningkatkan kesehatan dan kelembaban serta menciptakan lingkungan yang lebih kondusif bagi pertumbuhan bakteri TB²¹.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa pola persebaran penderita TB Paru di Kota Padang Panjang bersifat acak (*random*) secara global. Namun, hasil uji LISA lokal mengungkapkan adanya *outlier* (berbeda) spasial di Kelurahan Pasar Usang dan Pasar Baru, yang dikelilingi oleh wilayah berisiko tinggi. Hal ini menegaskan bahwa wilayah tersebut berpotensi titik rawan penyebaran TB Paru dari wilayah luar wilayahnya (L-H). Faktor lingkungan memiliki pengaruh nyata terhadap persebaran TB Paru, terutama kepadatan bangunan dan ventilasi rumah yang tidak memenuhi syarat, yang terbukti sebagai indikator dominan peningkatan risiko penularan. Selanjutnya, hasil *overlay* peta kerawanan menunjukkan bahwa 14 dari 16 Kelurahan termasuk dalam zona kerawanan tinggi, menandakan bahwa penyebaran TB Paru di Kota Padang Panjang tidak hanya dipengaruhi oleh faktor individu, tetapi juga oleh kondisi lingkungan fisik permukiman. Kesimpulannya, penyebaran TB Paru sangat dipengaruhi faktor lingkungan. Pemerintah daerah disarankan memprioritaskan intervensi pada wilayah berkerawanan tinggi melalui perbaikan ventilasi, pengendalian kepadatan, serta edukasi tentang sirkulasi udara dan pencahayaan alami.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Kesehatan RI. Pedoman Nasional Pengendalian Tuberkulosis. Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, Jakarta (2022).
2. World Health Organization. *Global Tuberculosis Report 2023*. WHO Press, Geneva (2023).
3. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Tuberculosis (TB): Transmission and Causes*. CDC, Atlanta (2023).
4. World Health Organization. *TB Burden by Country: Global TB Report*. WHO, Geneva (2022).
5. Kementerian Kesehatan RI. *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2022*. Kemenkes RI, Jakarta (2023).
6. WHO Global TB Report / indikator World Bank. *Impact of the COVID-19 pandemic on tuberculosis control in Indonesia*. *The Lancet Global Health* (2023).
7. Kementerian Kesehatan RI. *Laporan Case Detection Rate (CDR) Tuberkulosis di Indonesia Tahun 2019*. Direktorat P2P, Jakarta (2020).
8. Kustanto, A. *The role of socioeconomic and environmental factors on the number of tuberculosis cases in Indonesia*. *Jurnal Ekonomi Pembangunan* 18(2), 129–146 (2020).
9. Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat. *Profil Kesehatan Provinsi Sumatera Barat Tahun 2019*. Dinkes Sumbar, Padang (2019).
10. Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat. *Laporan Tahunan TB Provinsi Sumatera Barat*. Dinkes Sumbar, Padang (2019).
11. Badan Pusat Statistik Kota Padang Panjang. *Kota Padang Panjang dalam Angka 2024*. BPS, Padang Panjang (2024).
12. Fadilah Habibul Hamda, Al Asyary, Roma Yuliana, Arinil Haq, Soraya Permata Sujana. “*Ecological Studies of Climate Factors and Pulmonary Tuberculosis Cases in Padang City 2020-2023*”. 7 (11). 2774-2782. (2024).
13. Khaerani, N. Hubungan Kondisi Ventilasi Rumah dengan Kejadian TB Paru. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 9(2), 87–94 (2020).
14. Ni, I.R.W. & Suniti, W. Faktor Risiko Individu terhadap Kejadian TB Paru di Denpasar. *Jurnal Kesehatan Komunitas* 5(1), 23–30 (2016).
15. Farrah Fahdhienie, Tiara Mairani, Phossy Vionica Ramadhana, Saiful Kamal. “Analisis Spasial Kejadian Tuberkulosis di Kota Banda Aceh”. *The Indonesian Journal of Health Promotion*. 6 (8). 1599-1607. Agustus 2023.
16. Puspita, S., et al. *Spatial Autocorrelation Analysis of Pulmonary Tuberculosis Cases in Central Java Province*, *Jurnal Biometrika dan Kependudukan* 13(1), 90–99 (2024).
17. Indah Lailatul, Maghfiroh Ziyadatur Rizki. 2024. “faktor risiko lingkungan kejadian tuberkulosis”. *Journal of Public Health Innovation (JPHI)*. 4(02) 476-483.
18. Aulia, K. T., & Yuniati, S. K. (2024). *The Effect of Population Density on The Risk of Tuberculosis in Densely Populated Environments*. *Journal of Diverse Medical Research*, 1(2), 7–12.
19. Tanka Acharya, Kamal Hamal, Nanda Acharya, Khadga Bikram Shah (2023). “*Prevalence of Tuberculosis Among High Altitude Residents of Nepal*”. 06(01), 25-29.
20. Khairani, N., Effendi, S. U., & Izhar, I. (2020). “Hubungan Kepadatan Hunian dan Ventilasi Rumah dengan Kejadian TB Paru pada Pasien Dewasa yang Berkunjung ke Puskesmas Karang Jaya Kabupaten Musi Rawas Utara”. *CHMK Health Journal*, 4(2), 140 – 148.
21. Theresia pynkyawati, Akbar Suhardianto, Harry Rachmad Reza, Regitha Nur Syifa. “Desain Ruang Perawatan Tuberkulosis Paru Ditinjau dari Sirkulasi dan Kenyamanan Pengguna Bangunan BBKPM Bandung”. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. Juli 2016.