

Determinan dan Pola Sebaran Prevalensi Tuberkulosis Provinsi Jawa Tengah Tahun 2018-2022

Determinants and Spatial Distribution Patterns of Tuberculosis Prevalence in Central Java Province, 2018–2022

Azhar Fauzan Fadhil¹, Dina Nur Anggraini Ningrum^{1✉}, Dyah Ayu Shinta Ratnasari², Syifa Nurisma Putri², Amalia An Nidha², Qonita Nur Qolby²

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

²Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

Article Info

Article History:

Submitted: 2024-10-28

Revised: 2024-11-06

Accepted: 2025-01-15

Published: 2025-02-13

Keywords:

Ecological study, spatial analysis, mycobacterium

DOI:

<https://doi.org/10.15294/higeia/v9i1/15498>

Abstrak

Tuberkulosis (TB) menjadi salah satu penyakit menular paling mematikan di dunia yang dapat dipengaruhi faktor demografi dan lingkungan. Pola sebaran prevalensi TB belum jelas setiap tahunnya. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis determinan apa saja yang berkorelasi dengan prevalensi TB, serta menganalisis autokorelasi spasial dan pemetaan prevalensi TB Jawa Tengah tahun 2018-2022, yang mana wilayah ini termasuk wilayah dengan jumlah kasus TB tertinggi di Indonesia. Penelitian ini menggunakan desain studi ekologi. Hasil menunjukkan proporsi tenaga kesehatan, kepadatan penduduk, dan cakupan vaksinasi BCG memiliki korelasi positif ($r = 0,39; 0,41; 0,37$). Sedangkan persentase penduduk miskin, persentase keberhasilan pengobatan, proporsi fasilitas kesehatan, ketinggian wilayah, dan laju pertumbuhan penduduk menunjukkan korelasi negatif dengan prevalensi tuberkulosis ($r = -0,26; -0,19; -0,32; -0,24; -0,18$). Prevalensi TB di Jawa Tengah tahun 2018-2022 tidak teridentifikasi autokorelasi spasial global ($p > 0,05$), namun secara lokal terdeteksi beberapa wilayah *hotspot* yang perlu di prioritaskan dalam program pengendalian TB.

Abstract

Tuberculosis (TB) is one of the world's most fatal infectious diseases that can be influenced by demographic and environmental factors. The pattern of TB prevalence distribution isn't well defined each year. This study aims to analyse what determinants are correlated with TB prevalence, spatial autocorrelation and mapping TB prevalence in Central Java Province 2018-2022, which is the region with the highest number of TB cases in Indonesia. This study is an ecological study. Results showed the proportion of health workers, population density, and BCG vaccination coverage had a positive correlation ($r = 0.39; 0.41; 0.37$). Meanwhile, the percentage of poor people, percentage of successful treatment, proportion of health facilities, area altitude, and population growth rate showed a negative correlation with TB prevalence ($r = -0.26; -0.19; -0.32; -0.24; -0.18$). There was no global spatial autocorrelation ($p > 0.05$) for TB prevalence in Central Java in 2018-2022, but locally there were several hotspot areas that need to be prioritised in TB control programmes.

© 2025 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Kelud Utara III, Kampus Kedokteran UNNES

Kec. Gajahmungkur, Kota Semarang, Jawa Tengah 50237

E-mail: dinanan@mail.unnes.ac.id

p ISSN 2541-5581

e ISSN 2541-5603

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh sejenis bakteri bernama *Mycobacterium tuberculosis* (MTB) dan paling sering menyerang paru-paru atau sistem pernapasan (L.-S. Li, 2023). Penyakit ini dapat ditularkan melalui udara ketika orang yang terinfeksi batuk, bersin, atau meludah. Tuberkulosis dapat menyerang segala usia, baik anak maupun dewasa. Namun, TB pada anak bersifat pausibilar (jumlah kuman sedikit), menyebabkan TB anak tidak menular kepada anak ataupun dewasa lain. Berbeda dengan TB dewasa yang dapat sangat menular kepada individu yang lain (Kemenkes RI, 2023b). Komitmen mengakhiri epidemi TB global dilakukan oleh WHO dan seluruh negara anggota PBB melalui penerapan WHO End TB Strategy dan SDGs global dengan target pengurangan 90% jumlah kematian akibat TB dan penurunan 80% angka kejadian TB pada tahun 2030 dibandingkan tahun 2015.

Penyakit tuberkulosis merupakan penyakit menular mematikan nomor dua di dunia setelah COVID-19. Sebanyak 1,3 juta orang meninggal karena TB dan yang baru terdiagnosis TB mencapai 7,5 juta orang pada tahun 2022. Angka ini merupakan jumlah tertinggi sejak pemantauan global tahun 1995. Hal ini dimungkinkan mencakup penderita TB pada tahun sebelumnya namun tertunda diagnosis dan pengobatan karena gangguan terkait COVID-19. Lebih dari 80% kasus dan kematian TB ditemukan di negara berpenghasilan menengah ke bawah. Secara geografis tahun 2022, sebagian besar orang yang mengidap TB berada di wilayah Asia Tenggara (46%), Afrika (23%) dan Pasifik Barat (18%) (WHO, 2023).

Indonesia (10%) menempati urutan kedua setelah India (27%) dengan jumlah kasus TB tertinggi di dunia mencapai 724.309 kasus dan juga menjadi salah satu kontributor terbesar dalam kesenjangan (gap) global deteksi kasus TB (WHO, 2023). Indonesia berupaya mengakhiri tuberkulosis bersama dengan AIDS dan Malaria pada tahun 2030. Peraturan Presiden (Perpres) No 67 Tahun 2021 tentang Penanggulangan Tuberkulosis sebagai bentuk komitmen Presiden RI yang mana menargetkan penurunan angka kejadian TB menjadi 65 per 100.000 penduduk; dan penurunan angka kematian akibat TB menjadi 6 per 100.000 penduduk.

Provinsi Jawa Tengah (Jateng) (77.426 kasus atau 218,54 per 100.000 penduduk) menempati peringkat ketiga sebagai provinsi penyumbang kasus TB terbanyak di Indonesia, setelah Provinsi Jawa Barat (184.406 kasus) dan Provinsi Jawa Timur (78.334 kasus). Angka estimasi insiden TB Jawa Tengah tahun 2022 meningkat menjadi 92.870 kasus (262 per 100.000 penduduk) yang mana pada tahun 2021 adalah 83.076 kasus (237 per 100.000 penduduk). Angka ini masih jauh dari target nasional yang telah ditetapkan. Begitu pula capaian penemuan kasus TB (83,4%) dan persentase keberhasilan pengobatan TB (86%) Jawa Tengah belum mencapai target nasional (90%) (Kemenkes RI, 2023a). Angka kematian akibat TB di Jawa Tengah tahun 2022 meningkat 1,48% dari tahun 2021 menjadi 1.856 kematian. Selain itu, Provinsi Jawa Tengah (10,98%) memiliki persentase penduduk miskin tertinggi kedua setelah Daerah Istimewa Yogyakarta (11,49%). Berdasarkan data BPS, Provinsi Jawa Tengah memiliki kepadatan penduduk 1.078 per km² yang mana menurut PERPPU No. 56 Tahun 1960 termasuk dalam kategori sangat padat. Tuberkulosis merupakan penyakit yang berkaitan dengan kemiskinan, kualitas hidup yang buruk, dan kepadatan penduduk berlebih (Bhunias, 2023).

Penyakit tuberkulosis dipengaruhi oleh beberapa determinan diantaranya kebiasaan merokok, HIV/AIDS, serta kemiskinan. Faktor lingkungan seperti fasilitas kesehatan, tenaga kesehatan, ketinggian wilayah, laju pertumbuhan penduduk, kepadatan penduduk, dan kondisi rumah atau hunian juga dapat mempengaruhi tuberkulosis (Rahayu, 2015; Shimeles, 2019; Saputra, 2020; Pathak, 2021; Sulistyawati, 2021; Trisnarningsih, 2023). Selain faktor risiko, terdapat faktor protektif (melindungi) berupa vaksin BCG (*Bacillus Calmette-Guérin*) yang dapat mengurangi risiko TB hingga sepertiganya (Shimeles, 2019).

Prevalensi tuberkulosis perlu dianalisis berdasarkan kewilayahan atau area geografis, karena dapat membantu pengambil kebijakan dalam perencanaan, penerapan, pemantauan, dan evaluasi pengendalian TB, serta penentuan wilayah prioritas pencegahan TB. Mengidentifikasi area dimana prevalensi TB terpusat, sangat penting bagi wilayah dengan beban TB tinggi. Kondisi Provinsi Jawa Tengah yang memiliki angka kasus TB tinggi, pola sebaran kasus yang belum jelas setiap tahunnya, serta memiliki risiko untuk meningkatkan penyebaran TB seperti tingginya kepadatan penduduk dan angka kemiskinan, memiliki urgensi untuk dilakukan studi berbasis kewilayahan atau dilakukan analisis spasial dalam kurun waktu tertentu. Analisis kewilayahan atau analisis spasial dapat membantu menggambarkan pola sebaran TB, penentuan klaster tinggi TB, analisis keterkaitan antar wilayah, serta dapat menampilkan gambar peta sebaran penyakit, guna membantu penyusunan program pencegahan dan pengendalian penyakit (Grekousis, 2020). Penelitian Cui, (2019) yang dilakukan di Guangxi, Cina pada tahun 2010-2016 (*Moran's I* > 0; 0,363- 0,536) dan penelitian spasial di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2020 oleh Laferani, (2023) (*Moran's I* = 0,22) menunjukkan pola sebaran kasus TB cenderung berkelompok (*clustered*). Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan data agregat Provinsi Jawa Tengah tahun 2018-2022 dengan unit analisis 35 kabupaten/kota. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis determinan apa saja yang berkorelasi dengan prevalensi TB, menganalisis autokorelasi spasial global dan autokorelasi spasial lokal, serta pemetaan prevalensi TB Jawa Tengah tahun 2018-2022. Temuan penelitian ini diharapkan dapat membantu perbaikan kebijakan dan perencanaan pengendalian tuberkulosis, khususnya di Provinsi Jawa Tengah.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah observasional analitik menggunakan desain studi ekologi. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data agregat dengan unit analisis kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2018-2022. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari Profil Kesehatan Jawa Tengah tahun 2018-2022 dan data Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah per tahun dalam periode 2018-2022.

Variabel dependen penelitian ini adalah prevalensi tuberkulosis (per 100.000 penduduk). Sedangkan variabel independen meliputi persentase perokok (% penduduk yang merokok per kabupaten/kota), prevalensi ODHIV atau Orang yang hidup dengan HIV (per 100.000 penduduk), persentase penduduk miskin (%), persentase keberhasilan pengobatan (%), proporsi fasilitas kesehatan (meliputi rumah sakit, puskesmas, klinik, dan posyandu per 100.000 penduduk), proporsi tenaga kesehatan (meliputi dokter, perawat, bidan, tenaga kefarmasian, tenaga kesehatan masyarakat, tenaga kesehatan lingkungan, tenaga gizi, dan ahli teknologi laboratorium medik per 100.000 penduduk), ketinggian wilayah (mdpl), laju pertumbuhan penduduk (% per tahun), kepadatan penduduk (per km²), cakupan rumah sehat (%), dan cakupan vaksinasi BCG (%). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah sejumlah 29 kabupaten dan 6 kota pada periode waktu 2018-2022. Sampel penelitian menggunakan total sampling, yaitu 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada periode waktu 2018-2022, sejumlah 175 rekaman data. Teknik pengambilan data menggunakan studi dokumentasi.

Analisis yang digunakan meliputi univariat, bivariat, autokorelasi spasial global dan autokorelasi spasial lokal. Analisis statistik univariat dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran deskriptif variabel yang diteliti, serta dilakukan uji normalitas dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* pada signifikansi nilai $p > 0,05$. Sedangkan analisis bivariat, dilakukan untuk menganalisis hubungan antara variabel dependen dan independen menggunakan uji *Rank Spearman* dengan signifikansi pada nilai $p < 0,05$, karena data tidak berdistribusi secara normal.

Analisis autokorelasi spasial global menggunakan indeks Moran (*Moran's I*) untuk mengidentifikasi pola sebaran, yang dapat berupa mengelompok atau *clustered* (*Moran's I* > E[I]; z -

score positif), menyebar atau *dispersed* ($Moran's I < E[I]$; z -score negatif), maupun acak atau *random* ($Moran's I = E[I]$). Penentuan lokasi autokorelasi diidentifikasi melalui *Local Indicator of Spatial Association* (LISA) atau autokorelasi lokal menggunakan *Local Moran's I*. Hasil LISA menunjukkan kluster lokal (wilayah yang area yang berdekatan memiliki nilai yang sama) dan *outlier* spasial (wilayah yang berbeda dari tetangganya). Kluster lokal berupa *hot spot* atau kluster "*High-High*", artinya variabel yang bernilai tinggi dikelilingi oleh variabel yang bernilai tinggi pula (dari variabel yang sama) dan *cold spot* atau kluster "*Low-Low*", artinya variabel yang bernilai rendah dikelilingi oleh variabel yang bernilai rendah (dari variabel yang sama). Sedangkan *outlier* spasial menunjukkan nilai variabel yang tinggi dikelilingi variabel bernilai rendah (*High-Low*) dan variabel bernilai rendah dikelilingi variabel bernilai tinggi (*Low-High*). Signifikansi *Moran's I* diidentifikasi apabila nilai $p < 0,05$ (Grekousis, 2020). Analisis *Moran's I* dan visualisasi peta kluster LISA dilakukan menggunakan *software* GeoDa 1.22.0.4 dan visualisasi peta sebaran prevalensi TB dengan *software* QGIS 3.30.2. Penelitian ini telah memperoleh keterangan layak etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Negeri Semarang dengan nomor 452/KEPK/FK/KLE/2024.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berdasarkan tabel 1, menunjukkan nilai tengah atau median (IQR) dari prevalensi TB per 100.000 penduduk di Jawa Tengah tahun 2018-2022 yaitu 133,11 (110,14). Kota Tegal merupakan wilayah dengan prevalensi TB tertinggi di Jateng pada tahun 2022 (938 kasus per 100.000 penduduk) dan pada tahun 2018, 2020, serta 2021. Rata - rata atau *mean* laju pertumbuhan penduduk di setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah yaitu 0,82% (SD=0,38). Persentase perokok di Jateng memiliki median 23,70% dan nilai IQR 5,06. Nilai median (IQR) dari prevalensi ODHIV per 100.000 penduduk yaitu 6,67 (5,64). Berkaitan dengan kemiskinan, persentase penduduk miskin di Jawa Tengah memiliki median (IQR) sebesar 10,28% (5,04). Median persentase keberhasilan pengobatan TB di Jawa Tengah adalah 85,50% (IQR=12). Tidak ada wilayah yang mencapai tingkat keberhasilan pengobatan 100%, namun Kabupaten Karanganyar memiliki keberhasilan pengobatan tertinggi di Jateng sebesar 94,43%. Proporsi fasilitas kesehatan per 100.000 penduduk di Provinsi Jawa Tengah memiliki nilai median (IQR) 149,86 (61,66).

Proporsi tenaga kesehatan per 100.000 penduduk memiliki nilai tengah atau median 240,33 dan nilai IQR 140,8. Kondisi geografis di Jateng cukup bervariasi termasuk kondisi ketinggian wilayah, yang mana wilayah Kabupaten Wonosobo (794 mdpl) merupakan wilayah tertinggi di Jateng. Median (IQR) ketinggian wilayah di Jateng yaitu 55,11 (155, 93). Median (IQR) kepadatan penduduk menunjukkan 1122 (912) penduduk per km², yang mana Kota Surakarta merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk tertinggi di Jateng dari 2018-2022 dan pada tahun 2022 mencapai 11.762 penduduk/km². Berkaitan dengan kondisi rumah, cakupan rumah sehat di Jateng memiliki nilai median (IQR) 100 (30,58). Persentase cakupan vaksinasi BCG menunjukkan median (IQR) dengan nilai 97,80 (13,10) dengan Kota Surakarta sebagai wilayah yang memiliki cakupan vaksinasi BCG tertinggi di Jateng.

Penelitian ini menganalisis korelasi determinan kontekstual prevalensi tuberkulosis pada tingkat kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah menggunakan uji non-parametrik *Rank Spearman*, karena data tidak berdistribusi secara normal ($p < 0,05$). Hasil analisis bivariat ditampilkan pada tabel 2, yang menunjukkan bahwa, proporsi tenaga kesehatan, kepadatan penduduk, dan cakupan vaksinasi BCG secara signifikan memiliki korelasi positif dengan prevalensi tuberkulosis. Persentase penduduk miskin, persentase keberhasilan pengobatan, proporsi fasilitas kesehatan, ketinggian wilayah, dan laju pertumbuhan penduduk menunjukkan korelasi negatif dengan prevalensi tuberkulosis. Sedangkan persentase perokok, prevalensi ODHIV, dan cakupan rumah sehat tidak menunjukkan korelasi secara signifikan.

Tabel 1. Hasil Analisis Univariat

Variabel (Terdistribusi Normal)	<i>p</i> <i>value</i>	Ukuran Pemusatan			Ukuran Penyebaran	
		Mean	Median	Modus	Std. Deviasi	Varians
Laju Pertumbuhan Penduduk (% per tahun)	0,20	0,82	0,85	0,33	0,38	0,143

Variabel (Terdistribusi Tidak Normal)	<i>p</i> <i>value</i>	Ukuran Pemusatan		Ukuran Penyebaran		
		Median	Modus	Min - Max	Range	Interquartile Range (IQR)
Prevalensi Tuberkulosis (per 100.000 penduduk)	<0,001	133,11	94,80	33,23 - 1935,94	1902,71	110,14
Persentase Perokok (% penduduk yang merokok per kabupaten/kota)	0,038	23,70	20,36	15,85 - 36,39	20,54	5,06
Prevalensi ODHIV (per 100.000 penduduk)	<0,001	6,67	4,16	0 - 51,78	51,78	5,64
Persentase Penduduk Miskin	0,033	10,28	7,00	3,98 - 17,83	13,85	5,04
Persentase Keberhasilan Pengobatan	<0,001	85,50	82,60	46,10 - 192,90	146,80	12,00
Proporsi Fasilitas Kesehatan (per 100.000 penduduk)	0,018	149,86	128,70	74,86 - 234,72	159,86	61,66
Proporsi Tenaga Kesehatan (per 100.000 penduduk)	<0,001	240,33	178,55	116,63 - 1905,27	1788,64	140,88
Ketinggian Wilayah (mdpl)	<0,001	55,11	5,19	5,19 - 794	788,81	155,93
Kepadatan Penduduk (per km ²)	<0,001	1122,00	719,00	454 - 1172	11308,00	912,00
Cakupan Rumah Sehat (%)	<0,001	100,00	100,00	1,47 - 100	98,53	30,58
Cakupan Vaksinasi BCG (%)	0,011	97,80	96,50	50,3 - 148,60	98,30	13,10

*signifikan $p > 0,05$

Merokok menyebabkan terganggunya kejernihan mukosa silia yang berfungsi untuk melawan infeksi, penurunan pembersihan zat yang dihirup, permeabilitas vaskular dan epitel yang tidak normal, hal ini meningkatkan kerentanan terhadap infeksi MTB (Silva, 2018; Muna, 2019; Shimeles, 2019; Dorjradan, 2021). Perokok memiliki risiko lebih besar untuk mengalami keterlambatan diagnosis TB, gejala yang lebih parah dan jumlah bakteri yang lebih besar, tingkat keberhasilan pengobatan yang rendah, perkembangan penyakit yang lebih parah dan kambuh setelah pengobatan TB (Quan, 2022). Sejumlah penelitian epidemiologi menunjukkan bahwa perokok terbukti berhubungan dengan infeksi TB dan perkembangan TB aktif (Lindsay, 2014; Feldman, 2024). Namun berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya, hasil penelitian ini menunjukkan tidak terdapat korelasi yang signifikan antara persentase perokok dengan prevalensi TB ($r = -0,13$; $p = 0,083$). Persentase perokok di Jawa Tengah tidak mencapai separuh dari penduduknya, berkisar 15,9%-36,4%. Merokok meningkatkan risiko terkena TB, namun dampak ini bersifat individual, tidak menjadi faktor yang mempengaruhi prevalensi TB pada suatu wilayah.

Orang dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah memiliki risiko lebih besar terkena TB. *Human immunodeficiency virus* (HIV) menyerang sistem kekebalan tubuh atau sel T CD4⁺, yang membuat individu yang terinfeksi TB-HIV lebih rentan terhadap perkembangan penyakit TB dan mempersulit diagnosis penyakit TB yang akurat (Woudenbergh, 2020). Prevalensi TB dikalangan

orang dengan HIV/AIDS lebih tinggi 14 kali dibandingkan orang tanpa HIV/AIDS (Cui, 2022). Orang yang hidup dengan HIV (ODHIV) berisiko hingga 5 kali untuk mengembangkan penyakit TB (Muna, 2019; Adhikari, 2022; Carter, 2023). Penelitian yang dilakukan oleh Utomo (2022) menunjukkan insidens HIV memiliki korelasi positif dengan kejadian TB. Hasil analisis penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi antara prevalensi ODHIV dengan prevalensi TB ($r = 0,12$; $p = 0,115$). Proporsi pasien TB dengan HIV positif di Jawa Tengah yaitu 3% dan capaian pasien TB HIV yang mendapatkan ART (*Antiretroviral Therapy*) 48% (Kemenkes RI, 2023a). Penularan HIV spesifik seperti hubungan seksual, penggunaan narkoba suntik, dan transmisi perinatal, ODHIV tidak selalu terpapar dengan MTB, serta cakupan ART yang baik dapat mencegah berkembangnya TB aktif (Zagdyn, 2018). Meskipun HIV meningkatkan risiko TB, hubungan ini tidak selalu berkorelasi statistik pada suatu populasi.

Hasil penelitian ini menemukan kabupaten/kota di Jateng dengan persentase penduduk miskin rendah memiliki prevalensi TB yang lebih tinggi ($r = -0,26$; $p = 0,001$). Kota Semarang dan Kota Salatiga merupakan wilayah dengan persentase penduduk miskin terendah, namun memiliki prevalensi TB yang tinggi bahkan pada tahun 2022 termasuk wilayah endemik tinggi, tertera pada gambar 2a. Kedua wilayah ini memiliki proporsi tenaga kesehatan yang tinggi, sehingga temuan kasus TB meningkat dan prevalensi TB menjadi tinggi. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Wulandari, (2023) yang menyatakan persentase kemiskinan mempengaruhi kejadian TB di Indonesia. Akan tetapi, temuan ini tidak sejalan dengan penelitian Pathak (2021) yang menemukan hasil prevalensi TB lebih tinggi ditemukan di kalangan penduduk miskin dan penelitian X. Chen (2023) yang mana semakin rendah pendapatan, prevalensi TB akan meningkat. Wilayah dengan tingkat kemiskinan tinggi berkaitan dengan padat penduduk, kondisi ventilasi buruk, pendidikan buruk, akses makanan kurang baik, dan seringnya tidak diiringi dengan layanan kesehatan yang memadai yang dapat mengakibatkan keterlambatan diagnosis serta pengobatan pasien TB (Guo, 2017; Sangamithra, 2021; Sihaloho, 2021; de Paiva, 2022; Bhunia, 2023).

Pengobatan TB merupakan salah satu aspek dalam upaya pengendalian dan penanggulangan TB. Tingkat keberhasilan pengobatan tinggi dengan cara pengobatan yang tepat dan efektif tidak hanya menyembuhkan pasien, tetapi meningkatkan kualitas hidup pasien, mencegah komplikasi yang mengakibatkan kematian, dan memastikan pasien TB sembuh sehingga tidak lagi menjadi sumber penularan. Jika angka keberhasilan pengobatan TB rendah, banyak penderita mungkin tidak sembuh sepenuhnya, sehingga memperpanjang periode penularan, bahkan berkembang menjadi TB resisten obat. Kondisi ini meningkatkan risiko penularan TB kepada orang lain, yang menyebabkan peningkatan jumlah kasus baru dan prevalensi TB dalam populasi (Cui, 2019; Torres, 2019; Harries, 2023). Hasil analisis penelitian ini menunjukkan korelasi negatif antara persentase keberhasilan pengobatan dengan prevalensi TB ($r = -0,19$; $p = 0,012$). Hal ini berarti, kabupaten/kota di Jateng dengan persentase keberhasilan pengobatan tinggi, prevalensi tuberkulosisnya cenderung rendah. Kabupaten Karanganyar merupakan wilayah dengan persentase keberhasilan pengobatan yang tinggi dan wilayahnya memiliki prevalensi TB yang rendah. Sedangkan Kota Magelang (72,2%) memiliki rata-rata keberhasilan pengobatan lebih rendah dibandingkan kabupaten/kota lain di Jateng, termasuk wilayah sangat endemik TB (gambar 2a). Temuan ini sejalan dengan penelitian Cui (2019) yang menyatakan terdapat hubungan yang signifikan antara angka keberhasilan pengobatan TB dengan insiden TB di Cina.

Hasil penelitian ini menunjukkan korelasi negatif antara proporsi fasilitas kesehatan dengan prevalensi TB ($r = -0,32$; $p < 0,001$). Kabupaten Purworejo, Kabupaten Wonogiri, dan Kabupaten Temanggung merupakan wilayah dengan proporsi atau jumlah fasilitas kesehatan dibandingkan dengan total populasi per 100.000 penduduk yang tinggi di Jateng. Wilayah tersebut cenderung memiliki prevalensi TB sedang hingga rendah (gambar 2a). Hasil ini sejalan dengan penelitian

Wang (2019) dan Sorokina (2023) yang menyatakan bahwa wilayah dengan proporsi fasilitas kesehatan yang tinggi, kejadian TB di wilayah tersebut lebih rendah. Penelitian Hairuddin (2017) menunjukkan daerah dengan fasilitas kesehatan yang buruk, berpeluang 3,80 kali lebih besar memiliki kasus TB lebih tinggi dibandingkan daerah dengan fasilitas kesehatan yang baik. Upaya pengendalian dan penemuan kasus TB tidak dapat dipisahkan dari fasilitas kesehatan. Pengobatan TB memerlukan pengobatan jangka panjang (minimal 6 bulan), sehingga ketersediaan fasilitas kesehatan yang memadai sangat penting untuk memastikan kepatuhan terhadap pengobatan (Kemenkes RI., 2020). Fasilitas kesehatan dan akses terhadap fasilitas kesehatan harus dioptimalkan agar dapat digunakan untuk upaya preventif, penemuan kasus, dan pengobatan TB yang lebih memadai (X. Chen, 2023). Kota Tegal menjadi daerah dengan proporsi fasilitas kesehatan terendah, akan tetapi menempati peringkat pertama prevalensi TB tertinggi di Jateng. Hal ini perlu menjadi perhatian bagi pemangku kebijakan untuk meningkatkan jumlah dan kualitas fasilitas kesehatan guna menunjang penemuan dan pengobatan kasus TB, sehingga prevalensi TB dapat menurun.

Ketersediaan, kapasitas, dan kompetensi tenaga kesehatan mempengaruhi keberhasilan dalam pencegahan, diagnosis, pengobatan, serta pengendalian penyebaran TB di masyarakat. Tenaga kesehatan dalam kaitannya dengan pengendalian dan penanggulangan TB juga berperan dalam pengobatan TB, melakukan vaksinasi dan terapi antibiotik, pemberian konseling, edukasi, serta memastikan kepatuhan dan kontinuitas pengobatan (Thanassi, 2024; Sinuraya, 2024). Proporsi tenaga kesehatan pada penelitian ini memiliki korelasi positif signifikan dengan prevalensi TB ($r = 0,39$; $p < 0,001$). Hasil ini berarti tingginya proporsi tenaga kesehatan pada kabupaten/kota di Jateng, wilayah tersebut juga memiliki prevalensi TB yang tinggi. Kota Magelang dan Kota Tegal memiliki proporsi tenaga kesehatan tertinggi di Jateng. Prevalensi TB di wilayah tersebut juga yang tertinggi serta termasuk wilayah sangat endemik (gambar 2a). Penelitian Utomo (2022) menunjukkan hasil yang sejalan, bahwa tenaga kesehatan memiliki korelasi positif. Hal ini berkaitan dengan penemuan kasus TB, dengan proporsi tenaga kesehatan yang memadai skrining TB dapat dilakukan dengan lebih baik sehingga penemuan kasus TB akan meningkat (X. Chen, 2023). Tenaga dan fasilitas kesehatan penting untuk menemukan kasus TB agar segera mendapat pengobatan, dan mencegah penularan ke individu yang lain.

Penelitian ini menunjukkan korelasi negatif antara ketinggian wilayah dengan prevalensi TB pada tingkat kabupaten/kota di Jateng ($r = -0,24$; $p = 0,001$), yang berarti bahwa prevalensi TB cenderung lebih tinggi di kabupaten/kota dengan ketinggian wilayah yang rendah. Hasil ini sejalan dengan penelitian Trisnarningsih (2023) dan penelitian Liyew (2024). Ketinggian wilayah terendah di Jateng yaitu Kota Pekalongan (5,19 mdpl). Wilayah ini memiliki prevalensi TB yang relatif tinggi, bahkan pada tahun 2018 dan 2019 termasuk wilayah sangat endemik (gambar 2a). Kondisi geografis ketinggian wilayah berkaitan dengan kelembapan, suhu, kecepatan angin, dan kadar oksigen yang bervariasi berdasarkan ketinggian wilayahnya. Hal ini diketahui memengaruhi terjadinya penyakit, di antaranya tuberkulosis (Q. Li, 2019; J.-X. Li, 2023). Kelembapan menurun secara linear seiring dengan peningkatan ketinggian wilayah (Turgut, 2016). Kondisi kelembapan pada ketinggian tinggi relatif rendah atau kering, sedangkan bakteri TB lebih suka kondisi lembap seperti pada dataran rendah, karena membantu mencegah pengeringan dan kerusakan sel bakteri sehingga bakteri TB dapat tahan hingga berbulan-bulan (Guo, 2017). Wilayah dengan ketinggian tinggi, kadar oksigen dan tekanan parsial oksigen (PO_2) di atmosfer lebih rendah dibandingkan dengan ketinggian yang lebih rendah. Hal ini berpotensi membatasi kemampuan bakteri TB untuk berkembang biak dan menyebabkan penyakit aktif (Pal, 2022). Daerah dengan ketinggian yang lebih tinggi, biasanya memiliki kepadatan penduduk lebih rendah dan masyarakatnya cenderung tidak tinggal di lingkungan dalam ruangan untuk jangka waktu yang lama, sehingga mengurangi risiko terkena TB. Oleh sebab itu, notifikasi dan angka kematian akibat TB lebih banyak di temukan pada wilayah yang memiliki ketinggian lebih rendah (Gelaw, 2019; Riznawati, 2024).

Laju pertumbuhan penduduk disebutkan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi angka kejadian TB. Penelitian Im (2021) menyebutkan hubungan antara laju pertumbuhan penduduk dan TB memberikan dua perspektif yang berlawanan. Risiko TB lebih tinggi pada wilayah dengan pertumbuhan populasi yang tinggi. Infeksi TB yang menular, peningkatan kemungkinan kontak fisik menyebabkan tingkat infeksi TB yang lebih tinggi. Di sisi lain, wilayah perkotaan dengan pertumbuhan populasi tinggi, cenderung memiliki sanitasi dan infrastruktur perawatan kesehatan yang lebih baik dibandingkan dengan wilayah pedesaan, sehingga wilayah perkotaan memiliki tingkat insiden TB yang lebih rendah. Hal ini juga didukung dengan hasil penelitian Trisnaningsih (2023) yang menunjukkan hasil korelasi negatif antara laju pertumbuhan penduduk dan insiden TB. Penelitian ini sejalan penelitian sebelumnya, diketahui bahwa terdapat korelasi negatif yang signifikan antara laju pertumbuhan penduduk dengan prevalensi TB ($r = -0,18$; $p = 0,018$) yang berarti kabupaten/kota di Jateng dengan laju pertumbuhan penduduk rendah, cenderung memiliki prevalensi TB yang tinggi. Wilayah dengan laju pertumbuhan paling rendah di Jateng adalah Kota Magelang, namun wilayah ini memiliki prevalensi TB yang tinggi dan dalam periode waktu 2018-2022 termasuk wilayah sangat endemik TB (gambar 2a).

Kepadatan penduduk dalam penelitian ini menunjukkan korelasi positif yang signifikan dengan prevalensi TB ($r = 0,41$; $p < 0,001$). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Q. Li (2019) yang juga menunjukkan korelasi positif. Hal ini bermakna wilayah kabupaten/kota di Jateng dengan kepadatan penduduk tinggi, juga memiliki prevalensi TB yang tinggi. Kota Surakarta (11353 jiwa/km²) menempati urutan pertama dengan kepadatan penduduk tertinggi di Jateng, disusul Kota Magelang dan Kota Tegal. Ketiga wilayah tersebut memiliki kepadatan penduduk yang sangat tinggi, serta memiliki prevalensi TB yang tinggi pula. Hasil penelitian Rosari (2017) menunjukkan setiap menambah 100 penduduk per km² kasus akan naik 1,17 kasus. Kepadatan penduduk sering dikaitkan dengan kondisi ekonomi yang buruk, kualitas udara buruk, perawatan medis yang buruk, dan tidak dibarengi dengan ketersediaan fasilitas kesehatan yang baik, sehingga mengakibatkan keterlambatan diagnosis serta berpengaruh pada keberhasilan pengobatan TB (Q. Li, 2019). Penelitian Saputra (2020) menunjukkan perhitungan estimasi pada setiap penambahan 100 nilai kepadatan penduduk akan terjadi kenaikan 4 kasus. Masyarakat yang hidup dalam kondisi padat penduduk rentan melakukan kontak dengan banyak orang (kontak dekat) yang dapat dianggap sebagai mekanisme dan faktor risiko penularan penyakit tuberkulosis (Pathak, 2021). Kepadatan penduduk juga mempercepat penyebaran bakteri TB, memperluas populasi yang terinfeksi, dan meningkatkan cakupan penyakit (X. Chen, 2023). Pemerintah setempat perlu melakukan upaya penurunan kepadatan penduduk ini, sehingga prevalensi TB juga dapat diturunkan.

Rumah sehat dapat menjadi faktor protektif untuk menurunkan prevalensi TB, namun daerah dengan persentase rumah sehat yang tinggi tidak selalu akan memiliki prevalensi yang rendah. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi yang signifikan antara rumah sehat dengan prevalensi TB ($r = -0,14$; $p = 0,059$). Provinsi Jawa Tengah memiliki cakupan rumah sehat yang baik (modus = 100%). Meski demikian mayoritas wilayahnya termasuk endemik TB. Wilayah yang memiliki rata-rata cakupan rumah sehat terendah di Jateng yaitu Kabupaten Sragen (73,3%) dan Kabupaten Karanganyar (92,9%) menjadi yang tertinggi. Kedua wilayah ini memiliki prevalensi TB yang cenderung rendah sedang (gambar 2a). Sedangkan rata-rata cakupan rumah sehat Kota Tegal (91,63%) dan Kota Magelang (84,26%) yang cukup tinggi, wilayahnya termasuk sangat endemik TB. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang berbeda, dimana rumah sehat dikaitkan dengan kualitas udara, kondisi ventilasi, dan cahaya matahari. Kualitas udara tempat tinggal yang buruk berisiko 11 kali menimbulkan TB, ventilasi yang buruk meningkatkan risiko terjadi TB sebesar 6,69 kali, dan penurunan kadar vitamin D akibat berkurangnya paparan sinar matahari meningkatkan risiko tertular TB (Cui, 2019; Li, 2019; Sahadewa, 2019; Dorjradan, 2021; Sulistyawati, 2021). Tercapainya perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) dalam keluarga juga

cerminan dari rumah sehat, yang mana setiap penurunan 1% capaian PHBS dapat meningkatkan 3 kasus TB (Saputra, 2020). Penelitian Son (2018), menunjukkan bahwa tidak mendapatkan vaksinasi BCG menjadi faktor risiko signifikan sebesar 4,76 kali untuk terkena penyakit TB. Hal ini juga didokumentasikan dalam penelitian Shimeles (2019) dan penelitian Diriba (2022) yang menyebutkan bahwa TB lebih jarang ditemukan pada seseorang yang telah divaksinasi BCG serta vaksin BCG menjadi faktor protektif untuk penyakit TB yang dapat mengurangi risiko sepertiga hingga separuhnya (AOR = 0,34; AOR = 0,52). Vaksin BCG masih menjadi satu-satunya vaksin untuk melawan tuberkulosis dan menjadi bagian dari jadwal imunisasi rutin bayi baru lahir hingga usia sebelum 2 bulan. Efektivitas BCG untuk mencegah TB berat pada anak-anak berkisar hingga 80%. Vaksin ini juga memberikan perlindungan terhadap infeksi mikobakteri non-tuberkulosis seperti kusta (lepra) dan *ulkus Buruli*. Vaksin BCG merupakan vaksin yang cukup aman dan tidak terkait dengan komplikasi berat (Okafor, 2023). Meski demikian, suatu individu ataupun populasi terutama di wilayah dengan prevalensi TB tinggi, infeksi TB dapat tetap terjadi meskipun pernah menerima vaksin BCG saat bayi. Efek perlindungan vaksin BCG berlangsung selama 10-20 tahun, kemudian cenderung berkurang seiring bertambahnya usia, dan perlindungannya tidak bersifat seumur hidup (Burusie, 2024).

Cakupan vaksinasi BCG pada penelitian ini menjadi variabel yang signifikan memiliki korelasi dengan prevalensi tuberkulosis ($r = 0,37$; $p < 0,001$), dimana kabupaten/kota di Jateng dengan cakupan vaksinasi BCG yang tinggi, juga memiliki prevalensi TB tinggi. Wilayah dengan cakupan vaksinasi BCG tertinggi di Jateng seperti Kota Surakarta, Kota Pekalongan, dan Kabupaten Kudus, cenderung memiliki prevalensi TB yang tinggi dan secara rata-rata prevalensi TBnya dari tahun 2018-2022 lebih dari 250 kasus per 100.000 penduduk. Sedangkan Kabupaten Purworejo, Kabupaten Temanggung, dan Kabupaten Karanganyar yang memiliki cakupan vaksinasi BCG lebih rendah dibandingkan wilayah lain di Jateng, rata-rata prevalensi TB tahun 2018-2022 kurang dari 100 kasus per 100.000 penduduk. Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian Rahayu (2015) yang menyatakan bahwa vaksinasi BCG memiliki hubungan dengan TB dan penelitian Ambarwati (2019) yang menunjukkan korelasi positif antara cakupan vaksinasi BCG dengan kasus TB. Efektivitas vaksin BCG yang menurun seiring bertambahnya usia dan disertai faktor kepadatan penduduk, pelayanan kesehatan, faktor lingkungan ataupun faktor sosioekonomi lainnya menunjang tingginya prevalensi TB di Jateng. Meski demikian, mayoritas cakupan vaksin BCG di setiap daerah di Jateng mengalami kenaikan dari tahun 2018 ke 2022. Oleh karena itu, cakupan vaksin BCG linier dengan prevalensi TB.

Tabel 2. Hasil Analisis Bivariat

Variabel	n	Prevalensi Tuberkulosis		
		p value	r	r ²
Persentase Perokok (% penduduk usia >5 tahun yang merokok per kabupaten/kota)	175	0,083	-0,13	2%
Prevalensi ODHIV (per 100.000 penduduk)	175	0,115	0,12	1%
Persentase Penduduk Miskin (%)	175	0,001*	-0,26	7%
Persentase Keberhasilan Pengobatan (%)	175	0,012*	-0,19	4%
Proporsi Fasilitas Kesehatan (per 100.000 penduduk)	175	<0,001*	-0,32	10%
Proporsi Tenaga Kesehatan (per 100.000 penduduk)	175	<0,001*	0,39	15%
Ketinggian Wilayah (mdpl)	175	0,001*	-0,24	6%
Laju Pertumbuhan Penduduk (% per tahun)	175	0,018*	-0,18	3%
Kepadatan Penduduk (per km ²)	175	<0,001*	0,41	17%
Cakupan Rumah Sehat (%)	175	0,059	-0,14	2%
Cakupan Vaksinasi BCG (% cakupan vaksinasi BCG)	175	<0,001*	0,37	13%

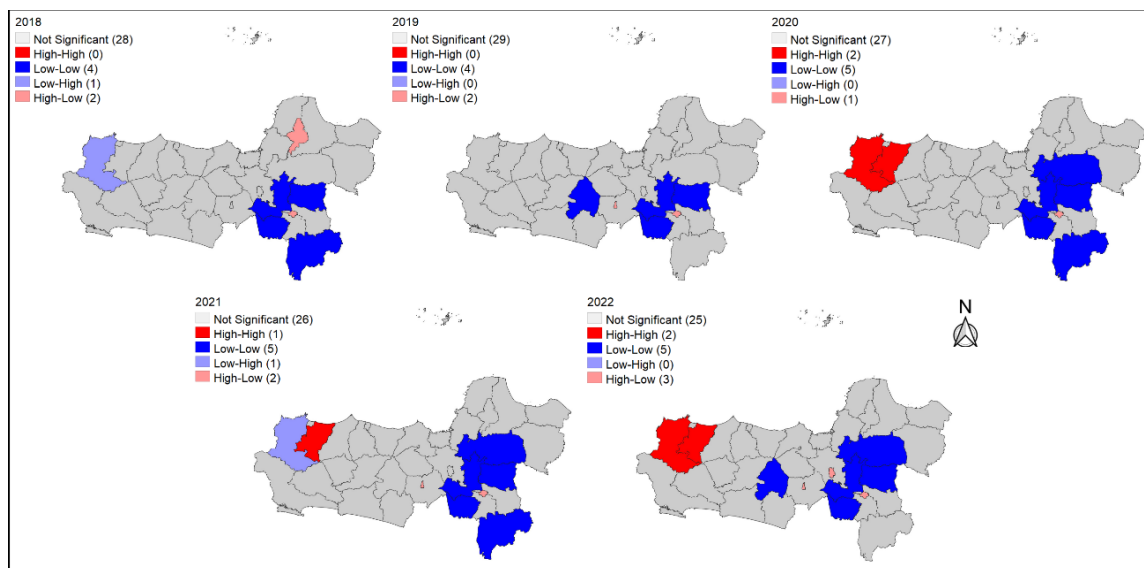
*signifikan $p < 0,05$

Analisis autokorelasi spasial global pada penelitian ini dilakukan pada prevalensi TB di Provinsi Jawa Tengah tahun 2018-2022. Hasil analisis berdasarkan tabel 3, menunjukkan $p > 0,05$. Hal ini bermakna hipotesis nol diterima yang berarti tidak ditemukan autokorelasi spasial global dan distribusi spasial dari nilai-nilai tersebut merupakan hasil dari keacakan spasial yang sempurna. Analisis LISA yang ditampilkan pada gambar 1, menunjukkan bahwa Kabupaten Sragen, Kabupaten Boyolali, dan Kabupaten Klaten teridentifikasi sebagai *cold spot* prevalensi TB di Jawa Tengah pada tahun 2018–2022. Daerah Kabupaten Wonogiri terdeteksi sebagai *cold spot* pada tahun 2018, 2020, dan 2021. Kabupaten Wonosobo terdeteksi sebagai *cold spot* pada tahun 2019 dan 2022. Daerah *cold spot* tahun 2020-2022 juga terdeteksi pada Kabupaten Grobogan. *Cold spot* bermakna bahwa daerah tersebut memiliki nilai prevalensi TB yang rendah dan juga dikelilingi oleh daerah tetangga dengan prevalensi TB yang rendah.

Tabel 3. Hasil Analisis Autokorelasi Spasial Global Prevalensi TB

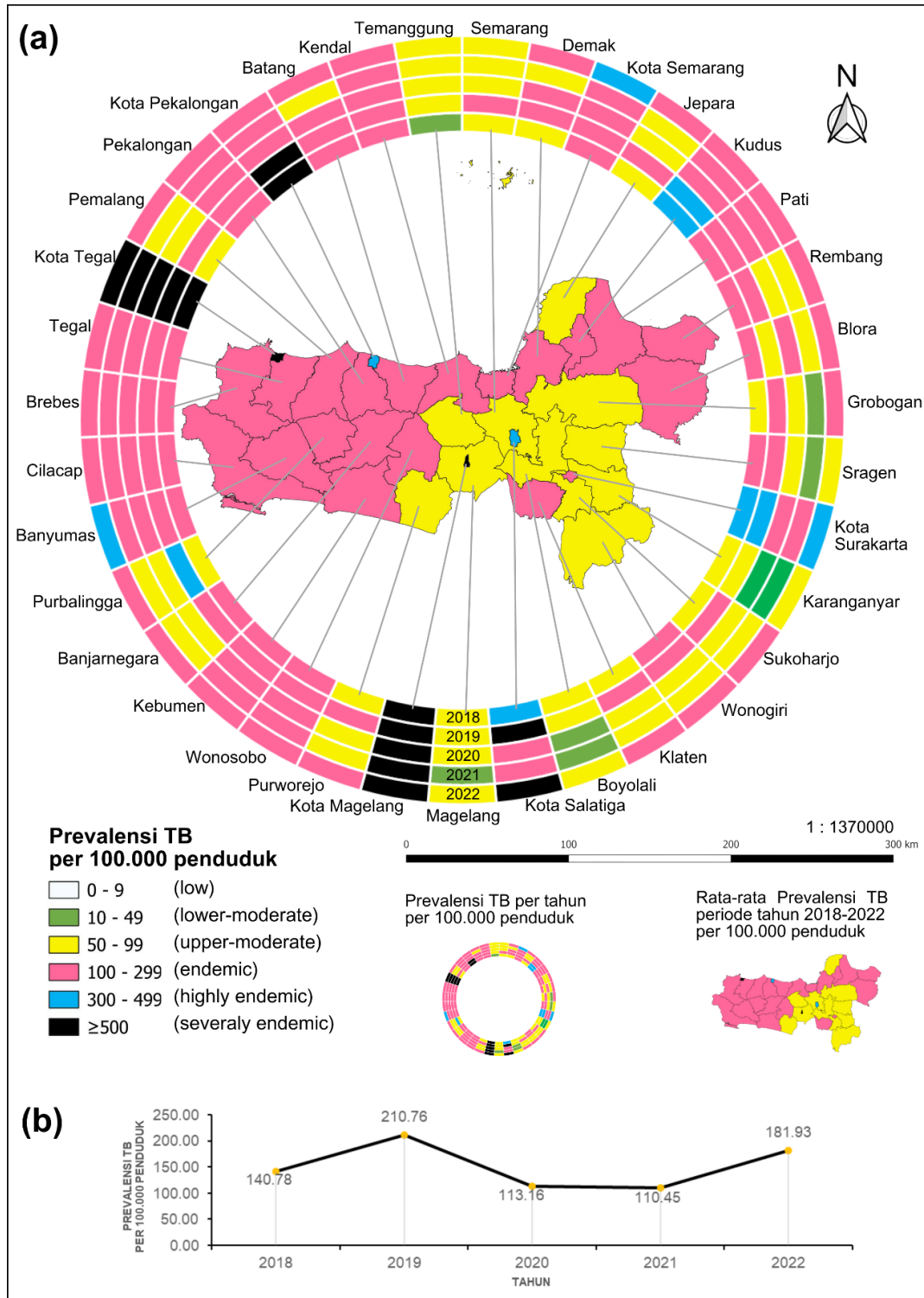
Tahun	Moran's <i>I</i>	z	p value
2018	-0,0289	-0,0208	0,452
2019	-0,0454	-0,1869	0,471
2020	0,0124	0,4336	0,215
2021	-0,0133	0,1452	0,359
2022	-0,0181	0,0777	0,400

*signifikan $p < 0,05$



Gambar 1. Peta Kluster LISA Prevalensi Tuberkulosis Jawa Tengah 2018-2022

Pada tahun 2020 dan 2022 Kabupaten Tegal dan Kabupaten Brebes termasuk *hot spot* prevalensi TB, sedangkan pada tahun 2021 hanya Kabupaten Tegal yang terdeteksi *hot spot*. Selain itu, tidak terdapat daerah yang terdeteksi sebagai *hot spot* pada tahun 2018 dan 2019. Daerah *hot spot* bermakna bahwa daerah ini memiliki prevalensi TB yang tinggi dan dikelilingi oleh daerah tetangga dengan prevalensi TB yang tinggi pula. Berdasarkan gambar 1, *outlier* spasial H-L (*High-Low*) dan L-H (*Low-High*) terdeteksi pada beberapa daerah di Provinsi Jawa Tengah tahun 2018-2022. Daerah yang terdeteksi H-L yaitu Kabupaten Kudus dan Kota Surakarta pada 2018 dan 2021; Kota Magelang dan Kota Surakarta pada 2019; Kota Surakarta pada 2020; serta Kota Salatiga, Kabupaten Kudus, dan Kota Surakarta pada 2022. Sedangkan *outlier* spasial L-L terdeteksi di kabupaten Brebes pada 2018 dan 2021.



Gambar 2. Prevalensi Tuberkulosis di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2018-2022. (a) Peta sebaran prevalensi tuberkulosis per tahun dan rata-rata prevalensi tuberkulosis di Provinsi Jawa Tengah tahun 2018-2022. Sebaran prevalensi TB per tahun digambarkan dengan diagram melingkar, sedangkan sebaran rata-rata prevalensi TB ditunjukkan pada peta Provinsi Jawa Tengah. Keduanya diberi simbol warna berdasarkan prevalensi TB per 100.000 penduduk pada setiap wilayah. (b) Grafik prevalensi tuberkulosis setiap tahun dalam periode waktu 2018-2022.

Kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Tengah secara mayoritas merupakan daerah endemik TB, seperti yang ditunjukkan gambar 2a. Berdasarkan rata-rata prevalensi TB dalam periode waktu 2018-2022 Kota Tegal dan Kota Magelang termasuk *severely endemic* atau sangat endemik, sedangkan Kabupaten Karanganyar merupakan wilayah dengan prevalensi TB terendah di Jateng. Pada tahun 2022 di Jawa Tengah terdapat 182 kasus TB per 100.000 penduduk. Angka ini mengalami peningkatan drastis dari dua tahun sebelumnya yang ditunjukkan gambar 2b. Kemunculan COVID-19 pada tahun 2020 berdampak signifikan pada sistem perawatan dan pelaporan TB dengan adanya penutupan fasilitas kesehatan, *lockdown*, larangan bepergian, sistem layanan kesehatan kewalahan, dan terbatasnya pengedaran obat antituberkulosis (Jhaveri, 2022). Fokus pada COVID-19 menyebabkan penurunan perhatian dan sumber daya yang dialokasikan untuk pencegahan dan pengobatan TB (Geric, 2022). Gangguan ini mempengaruhi diagnosis, pengobatan, dan penatalaksanaan pasien TB yang mengakibatkan meningkatnya kematian terkait TB, namun tidak tertib dalam pelaporan sehingga prevalensi TB menurun.

Penelitian ini menggunakan pendekatan ekologi dengan unit analisis pada tingkat kabupaten/kota. Hasil penelitian tidak dapat menjelaskan analisis multivariabel, dikarenakan tidak memenuhi syarat analisis multivariabel. Keterbatasan lain dalam penelitian ini yaitu dimungkinkan masih banyaknya variabel yang berpotensi berkorelasi dengan prevalensi TB, namun tidak tercakup dalam penelitian ini karena ketersediaan, keterbatasan, dan aksesibilitas data. Terlepas dari keterbatasan, analisis korelasi dan pemetaan dalam studi ekologi penting untuk menghasilkan hipotesis baru. Hasil penelitian ini berkontribusi terhadap pemahaman tentang pola distribusi spasial dan determinan prevalensi TB khususnya di Provinsi Jawa Tengah yang berpotensi untuk membantu pemangku kebijakan dalam merancang intervensi yang sesuai secara lokal, sehingga memfasilitasi pengurangan yang lebih efektif dalam kejadian TB dan faktor risiko terkait. Pada akhirnya, intervensi tersebut dapat berkontribusi untuk mencapai tujuan 2030 untuk mengakhiri epidemi TB.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi tenaga kesehatan, kepadatan penduduk, dan cakupan vaksinasi BCG berkorelasi positif secara signifikan dengan prevalensi TB. Sebaliknya, korelasi negatif ditunjukkan antara prevalensi TB dengan persentase penduduk miskin, persentase keberhasilan pengobatan, proporsi fasilitas kesehatan, ketinggian wilayah, dan laju pertumbuhan penduduk. Prevalensi tuberkulosis di Jawa Tengah pada tahun 2018-2022, tidak menunjukkan adanya autokorelasi spasial global. Namun, analisis LISA mendeteksi Kota Tegal sebagai *hot spot* dan merupakan wilayah dengan prevalensi TB tertinggi di Jawa Tengah. Selain itu, beberapa wilayah lain terdeteksi sebagai *coldspot* dan *outlier*. Secara mayoritas, wilayah Provinsi Jawa Tengah tahun 2018-2022 termasuk wilayah endemik tuberkulosis. Pemerintah khususnya Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah dapat melakukan pemerataan proporsi fasilitas dan tenaga kesehatan agar dapat melakukan diagnosis dan pengobatan tuberkulosis sedini mungkin dan dengan berkualitas. Selain itu, juga dapat berkolaborasi dengan multisektor untuk mengatasi permasalahan kemiskinan, laju pertumbuhan dan kepadatan penduduk untuk menekan prevalensi TB. Upaya pencegahan dan pengendalian TB di Jawa Tengah dapat diprioritaskan pada Kota Tegal yang terdeteksi sebagai *hot spot* dan memiliki prevalensi TB tertinggi. Peneliti selanjutnya dapat mengkaji lebih lanjut menggunakan metode penelitian lain, menganalisis variabel seperti tingkat pendidikan, suhu, kelembapan, kualitas udara, iklim, dan sebagainya yang berpotensi berkorelasi dengan prevalensi TB, melanjutkan analisis multivariat untuk memperhitungkan faktor lain yang dapat memengaruhi hubungan dengan prevalensi TB dan meminimalisir bias ekologi, maupun meneliti lebih detail dengan data yang bersumber dari setiap individu.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN GENERATIF

Penulis menyatakan bahwa tidak ada kecerdasan artifisial (AI) generatif atau teknologi berbantuan AI yang digunakan dalam proses penulisan manuskrip ini.

PERNYATAAN BENTURAN KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada benturan kepentingan finansial maupun hubungan personal yang diketahui dapat memengaruhi karya yang dilaporkan dalam artikel ini.

PERNYATAAN INFORMASI PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan di sektor publik, komersial, maupun nirlaba.

PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Azhar Fauzan Fadhil: Konseptualisasi, Metodologi, Analisis formal, Penulisan - Draf Asli. **Dina Nur Anggraini Ningrum:** Validasi, Supervisi, Administrasi proyek, Penulisan - Tinjauan & Penyuntingan. **Dyah Ayu Shinta Ratnasari:** Kurasi data, Visualisasi, Analisis formal. **Syifa Nurisma Putri:** Kurasi data, Sumber daya, Penulisan - Draf Asli. **Amalia An Nidha:** Kurasi data, Validasi, Penulisan - Draf Asli. **Qonita Nur Qolby:** Visualisasi, Penulisan - Tinjauan & Penyuntingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, N., Bhattarai, R. B., Basnet, R., Joshi, L. R., Tinkari, B. S., Thapa, A., & Joshi, B. (2022). Prevalence and Associated Risk Factors for Tuberculosis Among People Living with HIV in Nepal. *PLOS ONE*, 17(1), e0262720. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262720>
- Ambarwati, M. (2019). Correlation Between Coverage of BCG Immunisation and Healthy Houses with Findings of Paediatric Tuberculosis. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 7(3), 207–216. <https://doi.org/10.20473/jbe.V7I32019.207-216>
- Bhunja, S. K., Dey, S., Pal, A., & Giri, B. (2023). Evaluation of Socio-demographic Profile and Basic Risk Factors of Tuberculosis Patients in South 24 Parganas District of West Bengal, India: A Hospital-based Study. *African Health Sciences*, 23(3), 358–365. <https://doi.org/10.4314/ahs.v23i3.42>
- Burusie, A., Enquesilassie, F., Salazar-Austin, N., & Addissie, A. (2024). Determinants of Tuberculosis Disease Development in Children in Central Ethiopia: A Matched Case-Control Study. *PLOS ONE*, 19(5), e0300731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300731>
- Carter, N., Webb, E. L., Lebina, L., Motsomi, K., Bosch, Z., Martinson, N. A., & MacPherson, P. (2023). Prevalence of Subclinical Pulmonary Tuberculosis and Its Association with HIV in Household Contacts of Index Tuberculosis Patients in Two South African Provinces: A Secondary, Cross-sectional Analysis of a Cluster-randomised Trial. *BMC Global and Public Health*, 1, Article 21.
- Chen, X., Emam, M., Zhang, L., Rifhat, R., Zhang, L., & Zheng, Y. (2023). Analysis of Spatial Characteristics and Geographic Weighted Regression of Tuberculosis Prevalence in Kashgar, China. *Preventive Medicine Reports*, 35, 102362. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2023.102362>
- Cui, Z., Huang, F., Liang, D., Huang, Y., Qin, H., Ye, J., Huang, L., Zhou, C., Huang, M., Liang, X., Long, F., Zhao, Y., & Lin, M. (2022). Tuberculosis Among Ambulatory People Living with HIV in Guangxi Province, China: A Longitudinal Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12280. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912280>
- Cui, Z., Lin, D., Chongsuvivatwong, V., Zhao, J., Lin, M., Ou, J., & Zhao, J. (2019). Spatiotemporal Patterns and Ecological Factors of Tuberculosis Notification: A Spatial Panel Data Analysis in Guangxi, China. *PLOS ONE*, 14(5), e0212051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212051>
- de Paiva, J. P. S., Magalhães, M. A. F. M., Leal, T. C., da Silva, L. F., da Silva, L. G., do Carmo, R. F., & de Souza, C. D. F. (2022). Time Trend, Social Vulnerability, and Identification of Risk Areas for Tuberculosis in Brazil: An Ecological Study. *PLOS ONE*, 17(1), e0247894. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247894>

- Diriba, K., & Awulachew, E. (2022). Associated Risk Factor of Tuberculosis Infection Among Adult Patients in Gedeo Zone, Southern Ethiopia. *SAGE Open Medicine*, 10, 1–10. <https://doi.org/10.1177/20503121221086725>
- Dorjradan, M., Kouda, K., Boldoo, T., Dambaa, N., Sovd, T., Nakama, C., & Nishiyama, T. (2021). Association Between Household Solid Fuel Use and Tuberculosis: Cross-sectional Data From the Mongolian National Tuberculosis Prevalence Survey. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 26, Article 76. <https://doi.org/10.1186/s12199-021-00996-4>
- 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. *Pathogens*, 13(2), 151. <https://doi.org/10.3390/pathogens13020151>
- Gelaw, Y., Yu, W., Magalhães, R. S., Assefa, Y., & Williams, G. (2019). Effect of Temperature and Altitude Difference on Tuberculosis Notification: A Systematic Review. *Journal of Global Infectious Diseases*, 11(2), 63–68. https://doi.org/10.4103/jgid.jgid_95_18
- Geric, C., Saroufim, M., Landsman, D., Richard, J., Benedetti, A., Batt, J., Brode, S. K., & Ahmad Khan, F. (2022). Impact of COVID-19 on Tuberculosis Prevention and Treatment in Canada: A Multicenter Analysis of 10833 Patients. *The Journal of Infectious Diseases*, 225(8), 1317–1320. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiab608>
- Grekousis, G. (2020). *Spatial Analysis Methods and Practice: Describe-Explore-Explain Through GIS*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108614528>
- Guo, C., Du, Y., Shen, S. Q., Lao, X. Q., Qian, J., & Ou, C. Q. (2017). Spatiotemporal Analysis of Tuberculosis Incidence and Its Associated Factors in Mainland China. *Epidemiology and Infection*, 145(12), 2510–2519. <https://doi.org/10.1017/S0950268817001133>
- Hairuddin, M. C., & Mariana, D. (2017). Faktor Risiko Kejadian Tuberkulosis Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Binanga Kabupaten Mamuju. *Jurnal Penelitian Kesehatan SUARA FORIKES*, 8(3), 140–145.
- Harries, A. D., Lin, Y., Thekkur, P., Nair, D., Chakaya, J., Dongo, J. P., Luzze, H., Chimzizi, R., Mubanga, A., Timire, C., Kavenga, F., Satyanarayana, S., Kumar, A. M. V., Khogali, M., & Zachariah, R. (2023). Why TB Programmes Should Assess for Comorbidities, Determinants and Disability at the Start and End of TB Treatment. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 27(7), 495–498. <https://doi.org/10.5588/ijtld.23.0178>
- Im, C., & Kim, Y. (2021). Spatial Pattern of Tuberculosis (TB) and Related Socio-Environmental Factors in South Korea, 2008-2016. *PLOS ONE*, 16(8), e0255727. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255727>
- Jhaveri, T. A., Fung, C., LaHood, A. N., Lindeborg, A., Zeng, C., Rahman, R., Bain, P. A., Velásquez, G. E., & Mitnick, C. D. (2022). Clinical Outcomes of Individuals with COVID-19 and Tuberculosis During the Pre-Vaccination Period of the Pandemic: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 11(19), 5656. <https://doi.org/10.3390/jcm11195656>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Tuberkulosis*. Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023a). *Laporan Program Penanggulangan Tuberkulosis Tahun 2022*. Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023b). *Petunjuk Teknis Tata Laksana Tuberkulosis Anak dan Remaja*. Kementerian Kesehatan RI.
- Laferani, Y., Makful, M. R., & Soviadi, N. V. (2023). Spatial Analysis of Pediatric Pulmonary Tuberculosis Cases Aged 0-14 Years in West Java Province. *BKM Public Health & Community Medicine (Berita Kedokteran Masyarakat)*, 39(2), 52–58. <https://doi.org/10.22146/bkm.v39i02.6659>
- Li, J.-X., Luan, Q., Li, B., Dharmage, S. C., Heinrich, J., Bloom, M. S., Knibbs, L. D., Popovic, I., Li, L., Zhong, X., Xu, A., He, C., Liu, K.-K., Liu, X.-X., Chen, G., Xiang, M., Yu, Y., Guo, Y., Dong, G.-H., & Yang, B.-Y. (2023). Outdoor Environmental Exposome and the Burden of Tuberculosis: Findings from Nearly Two Million Adults in Northwestern China. *Journal of Hazardous Materials*, 459, 132222. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132222>
- Li, L.-S., Yang, L., Zhuang, L., Ye, Z.-Y., Zhao, W.-G., & Gong, W.-P. (2023). From Immunology to Artificial Intelligence: Revolutionizing Latent Tuberculosis Infection Diagnosis with Machine Learning. *Military Medical Research*, 10(1), Article 49. <https://doi.org/10.1186/s40779-023-00490-8>

- Li, Q., Liu, M., Zhang, Y., Wu, S., Yang, Y., Liu, Y., Amsalu, E., Tao, L., Liu, X., Zhang, F., Luo, Y., Yang, X., Li, W., Li, X., Wang, W., Wang, X., & Guo, X. (2019). The Spatio-Temporal Analysis of the Incidence of Tuberculosis and the Associated Factors in Mainland China, 2009-2015. *Infection, Genetics and Evolution*, 75, 103949. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2019.103949>
- Lindsay, R. P., Shin, S. S., Garfein, R. S., Rusch, M. L. A., & Novotny, T. E. (2014). The Association Between Active and Passive Smoking and Latent Tuberculosis Infection in Adults and Children in the United States: Results from NHANES. *PLOS ONE*, 9(3), e93137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093137>
- Liyew, A. M., Clements, A. C. A., Akalu, T. Y., Gilmour, B., & Alene, K. A. (2024). Ecological-Level Factors Associated with Tuberculosis Incidence and Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS Global Public Health*, 4(10), e0003425. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0003425>
- Muna, N., & Cahyati, W. H. (2019). Determinan Kejadian Tuberkulosis pada Orang dengan HIV/AIDS. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 3(2), 168–178. <https://doi.org/10.15294/higeia.v3i2.24857>
- Okafor, C. N., Rewane, A., & Momodu, I. I. (2023). *Bacillus Calmette Guerin*. StatPearls Publishing.
- Pal, A., Acharya, T., Hamal, K., Acharya, N., & Bikram Shah, K. (2022). Prevalence of Tuberculosis Among High Altitude Residents of Nepal. *Nepal Medical Journal*, 6(1), 25–29. <https://doi.org/10.37080/nmj.155>
- Pathak, D., Vasishta, G., & Mohanty, S. K. (2021). Association of Multidimensional Poverty and Tuberculosis in India. *BMC Public Health*, 21(1), Article 2065. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-12149-x>
- Quan, D. H., Kwong, A. J., Hansbro, P. M., & Britton, W. J. (2022). No Smoke Without Fire: The Impact of Cigarette Smoking on the Immune Control of Tuberculosis. *European Respiratory Review*, 31(164), 210252. <https://doi.org/10.1183/16000617.0252-2021>
- Rahayu, S. R., Katsuyama, H., Demura, M., Katsuyama, M., Ota, Y., Tanii, H., Higashi, T., Semadi, N. P. D., & Saijoh, K. (2015). Factors Associated with Tuberculosis Cases in Semarang District, Indonesia: Case-Control Study Performed in the Area Where Case Detection Rate was Extremely Low. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 20(4), 253–261. <https://doi.org/10.1007/s12199-015-0443-9>
- Riznawati, A., Eryando, T., & Prabawa, A. (2024). Model Spasial Faktor Risiko Tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat Tahun 2021: Pemanfaatan Data Rutin untuk Pengambilan Keputusan. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat: Media Komunikasi Komunitas Kesehatan Masyarakat*, 16(1), 23–32. <https://doi.org/10.52022/jikm.v16i1.640>
- Rosari, R., Bakri, S., Santoso, T., & Wardani, D. W. S. (2017). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Insiden Penyakit Tuberkulosis Paru: Studi di Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 5(1), 71–80. <https://doi.org/10.23960/jsl1571-80>
- Sahadewa, S., Eufemia, E., Edwin, E., Niluh, N., & Shita, S. (2019). Hubungan Tingkat Pencemaran, Kelembaban Udara, dan Ventilasi Udara dengan Faktor Risiko Kejadian TB Paru BTA Positif di Desa Jaticalang Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma*, 8(2), 118–130. <https://doi.org/10.30742/jikw.v8i2.617>
- Sangamithra, A., & Dhavamani, P. (2021). Tuberculosis: An Ailment of the Poor. *Shanlax International Journal of Arts, Science and Humanities*, 8(4), 97–102. <https://doi.org/10.34293/sijash.v8i4.3848>
- Saputra, F. F., Wahjuni, C. U., & Isfandiari, M. A. (2020). Spatial Modeling of Environmental-Based Risk Factors of Tuberculosis in Bali Province: An Ecological Study. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 8(1), 26–34. <https://doi.org/10.20473/jbe.V8I12020.26-34>
- Shimeles, E., Enquesselassie, F., Aseffa, A., Tilahun, M., Mekonen, A., Wondimagegn, G., & Hailu, T. (2019). Risk Factors for Tuberculosis: A Case-Control Study in Addis Ababa, Ethiopia. *PLOS ONE*, 14(4), e0214235. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214235>
- Sihaloho, E. D., Amru, D. S., Agustina, N. I., & Purba Tambak, H. S. (2021). Pengaruh Angka Kemiskinan Terhadap Angka Tuberkulosis di Indonesia. *Jurnal Terapan Manajemen dan Bisnis (JABE)*, 7(3), 325–337. <https://doi.org/10.30998/jabe.v7i3.6470>
- Silva, D. R., Muñoz-Torrico, M., Duarte, R., Galvão, T., Bonini, E. H., Arbex, F. F., Arbex, M. A., Augusto, V. M., Rabahi, M. F., & Mello, F. C. de Q. (2018). Risk Factors for Tuberculosis: Diabetes, Smoking, Alcohol Use, and the Use of Other Drugs. *Jurnal Brasileiro de Pneumologia*, 44(2), 145–152. <https://doi.org/10.1590/s1806-37562017000000443>

- Sinuraya, R. K., Nuwarda, R. F., Postma, M. J., & Suwantika, A. A. (2024). Vaccine Hesitancy and Equity: Lessons Learned from the Past and How They Affect the COVID-19 Countermeasure in Indonesia. *Globalization and Health*, 20(1), Article 11. <https://doi.org/10.1186/s12992-023-00987-w>
- Son, M., Park, Y. S., Jung, M. H., Kang, J. H., & Choi, U. Y. (2018). Risk Factors for Latent Tuberculosis Infection in Children in South Korea. *Postgraduate Medicine*, 130(7), 637–643. <https://doi.org/10.1080/00325481.2018.1510709>
- Sorokina, M., Ukubayev, T., & Koichubekov, B. (2023). Tuberculosis Incidence and Its Socioeconomic Determinants: Developing a Parsimonious Model. *Annali di Igiene: Medicina Preventiva e di Comunita*, 35(4), 468–479. <https://doi.org/10.7416/ai.2022.2549>
- Sulistiyawati, S., & Ramadhan, A. W. (2021). Risk Factors for Tuberculosis in an Urban Setting in Indonesia: A Case–Control Study in Umbulharjo I, Yogyakarta. *Journal of UOEH*, 43(2), 165–171. <https://doi.org/10.7888/JUOEH.43.165>
- Thanassi, W. (2024). SS52-03 Vaccination and Personal Protective Equipment (PPE) Issues and Mandates for Health Workers: A Perspective on Tuberculosis. *Occupational Medicine*, 74(Supplement 1), 0. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqae023.0307>
- Torres, N. M. C., Rodríguez, J. J. Q., Andrade, P. S. P., Arriaga, M. B., & Netto, E. M. (2019). Factors Predictive of the Success of Tuberculosis Treatment: A Systematic Review with Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 14(12), e0226507. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226507>
- Trisnarningsih, A. R., Ningrum, D. N. A., & Sriyanto, A. (2023). Tuberculosis Risk Mapping in Yogyakarta, Indonesia: An Ecological Study. *Unnes Journal of Public Health*, 12(2), 1–13. <https://doi.org/10.15294/ujph.v12i2.65193>
- Turgut, E. T., & Usanmaz, Ö. (2016). An Analysis of Altitude Wind and Humidity Based on Long-Term Radiosonde Data. *Anadolu University Journal of Science and Technology A: Applied Sciences and Engineering*, 17(5), 830–844. <https://doi.org/10.18038/aubtda.279852>
- Utomo, B., Chan, C. K., Mertaniasih, N. M., Soedarsono, S., Fauziyah, S., Sucipto, T. H., Aquaresta, F., Eljatin, D. S., & Adnyana, I. M. D. M. (2022). Comparison Epidemiology Between Tuberculosis and COVID-19 in East Java Province, Indonesia: An Analysis of Regional Surveillance Data in 2020. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 7(6), Article 83. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7060083>
- Wang, X., Yin, S., Li, Y., Wang, W., Du, M., Guo, W., Xue, M., Wu, J., Liang, D., Wang, R., Liu, D., & Chu, D. (2019). Spatiotemporal Epidemiology of, and Factors Associated With, the Tuberculosis Prevalence in Northern China, 2010–2014. *BMC Infectious Diseases*, 19(1), Article 365. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3910-x>
- World Health Organization. (2023). *Global Tuberculosis Report 2023*. World Health Organization.
- Woudenbergh, E. van, Irvine, E. B., Davies, L., de Kock, M., Hanekom, W. A., Day, C. L., Fortune, S., & Alter, G. (2020). HIV is Associated with Modified Humoral Immune Responses in the Setting of HIV/TB Coinfection. *mSphere*, 5(3), e00104-20. <https://doi.org/10.1128/mSphere.00104-20>
- Wulandari, S. P., & 'Aini, M. N. (2023). Modeling Factors Affecting the Number of Tuberculosis Cases in Indonesia Using Geographically Weighted Generalized Poisson Regression. *Res Militaris*, 13(2), 5329–5349.
- Zagdyn, Z. M., Sivacheva, I. L., Zverkova, E. A., Beltyukov, M. V., & Sokolovich, E. G. (2018). Tuberculosis Prevention Among People Living with Human Immunodeficiency Virus (Retrospective Cohort Clinical Study). *Journal of Infectology*, 10(1), 89–95. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2018-10-1-89-95>