

Analisis spasial prevalensi *Tuberculosis* di Indonesia tahun 2023 menggunakan metode *geographically weighted*

Kurniawan Kurniawan^{1,a}, Ismail Djakaria^{2,b}, A. Fahmi Indrayani^{3,c*}, Frans Mitran Ajami^{4,d}

¹ Universitas Nahdlatul Ulama Gorontalo. Jl. Samratulangi, Kota Gorontalo, 96115, Indonesia

² Universitas Negeri Gorontalo. Jl. Jend. Sudirman No.6, Gorontalo 96128, Indonesia

³ Universitas Lambung Mangkurat. Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Banjarmasin, Indonesia

^a kurniawanatalipu22@gmail.com ; ^b iskar@ung.ac.id; ^c fahmiindrayani@ulm.ac.id;

^d ajamifrans27@gmail.com

* Corresponding Author

Receipt: 20 November 2025; Revision: 16 December 2025; Accepted: 5 March 2026

Abstrak: Tuberkulosis (TB) masih menjadi tantangan kesehatan masyarakat utama di Indonesia dengan tingkat prevalensi yang bervariasi antar kabupaten/kota. Penelitian ini menerapkan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan kernel *Adaptive Gaussian* untuk mengeksplorasi pola spasial dan mengidentifikasi asosiasi statistik antara prevalensi TB dan faktor sosio-demografis pada tahun 2023. Data yang digunakan merupakan data sekunder resmi dari Badan Pusat Statistik dan Dinas Kesehatan Provinsi yang mencakup 514 kabupaten/kota di seluruh Indonesia. Hasil analisis menunjukkan bahwa model GWR memiliki kinerja sangat baik berdasarkan uji kebaikan model dengan nilai R^2 sebesar 0,9345, yang berarti mampu menjelaskan 93,45% variasi prevalensi TB secara spasial. Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan berbeda di tiap wilayah, meliputi tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, proporsi perokok usia 35–44 tahun, prevalensi HIV/AIDS, dan jumlah tenaga medis. Sesuai desain penelitian observasional, studi ini difokuskan untuk mengkaji hubungan atau asosiasi, bukan kausalitas. Evaluasi menggunakan regresi Kuadrat Terkecil Biasa (OLS) dilakukan hanya untuk menilai performa model dan mendeteksi heterogenitas spasial tanpa dimaksudkan membandingkan efektivitas metode analisis lainnya. Temuan penelitian menegaskan pentingnya pendekatan berbasis wilayah dalam memahami faktor risiko TB serta memberikan bukti empiris bagi pemerintah dalam merancang strategi pengendalian TB yang lebih tepat sasaran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung penguatan kebijakan kesehatan nasional berbasis data lokal dan menjadi referensi dalam perencanaan intervensi program TB yang lebih terarah, efektif, dan kontekstual di Indonesia.

Abstract: Tuberculosis (TB) remains a major public health challenge in Indonesia, with varying prevalence rates across districts/cities. This study applied the *Geographically Weighted Regression* (GWR) method with an *Adaptive Gaussian* kernel to explore spatial patterns and identify statistical associations between TB prevalence and socio-demographic factors in 2023. The data used were official secondary data from the Central Statistics Agency and Provincial Health Offices covering 514 districts/cities throughout Indonesia. The analysis results showed that the GWR model performed very well based on the model goodness-of-fit test with an R^2 value of 0.9345, which means it was able to explain 93.45% of the spatial variation in TB prevalence. The factors that had a significant effect differed in each region, including poverty levels, population density, the proportion of smokers aged 35–44 years, HIV/AIDS prevalence, and the number of medical personnel. In accordance with the observational research design, this study focused on examining relationships or associations, not causality. The evaluation using Ordinary Least Squares (OLS) regression was conducted only to assess model performance and detect spatial heterogeneity, without the intention of comparing the effectiveness of other analysis methods. The findings of this study emphasise the importance of a region-based approach in understanding TB risk factors and provide empirical evidence for the government in designing more targeted TB control strategies. The results of this study are expected to support the strengthening of national health policies based on local data and serve as a reference for more targeted, effective, and contextual TB programme intervention planning in Indonesia.

Keywords: *Geographically Weighted Regression*; Tuberculosis; Area; Risk Factors;



PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini terutama menyerang paru-paru, namun juga dapat menyebar ke jaringan dan organ tubuh lainnya. Penularan Tuberkulosis terjadi melalui percikan dahak (*droplet*) yang keluar saat penderita batuk, bersin, berbicara, atau meludah. Gejala umum Tuberkulosis meliputi batuk berdahak selama dua minggu atau lebih, demam, keringat malam, sesak napas, nyeri dada, kelelahan, serta penurunan berat badan (Narendran & Swaminathan, 2016). Dari sisi kesehatan lingkungan dan kependudukan, TB telah lama dikenal sebagai penyakit yang sangat dipengaruhi oleh karakteristik wilayah tempat tinggal dan kondisi sosial masyarakat.

Indonesia hingga saat ini masih termasuk negara dengan beban Tuberkulosis tertinggi di dunia. Berdasarkan Global TB Report 2022, terdapat estimasi sekitar 1.060.000 kasus Tuberkulosis per tahun di Indonesia dengan angka kematian mencapai 134.000 jiwa (World Health Organization, 2022). Data nasional dari Kementerian Kesehatan juga menunjukkan adanya peningkatan kasus baru, yaitu dari 724.000 kasus pada tahun 2022 menjadi 809.000 kasus pada tahun 2023 (Rahmawati et al., 2024). Temuan-temuan berbagai studi sebelumnya mengungkap bahwa distribusi kasus TB di Indonesia sangat bervariasi antar wilayah, serta berkaitan dengan faktor-faktor seperti kemiskinan, kepadatan penduduk, perilaku merokok, prevalensi HIV/AIDS, dan ketersediaan tenaga medis (Noventy & Suparta, 2023; Nezenega et al., 2020; Nisak et al., 2021). Sejumlah penelitian regional menggunakan metode GWR juga telah dilakukan, misalnya oleh Rahmawati et al. (2024) di Provinsi Jawa Timur tahun 2021 yang menemukan bahwa variabel jumlah penduduk miskin dan kepadatan penduduk berpengaruh signifikan terhadap prevalensi TB, meskipun dengan jumlah variabel yang masih terbatas.

Meskipun kajian mengenai TB telah cukup banyak, masih terdapat beberapa kesenjangan penting. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menitikberatkan pada analisis regresi global yang mengasumsikan bahwa pengaruh faktor risiko bersifat homogen di seluruh daerah. Pendekatan tersebut kurang mampu menggambarkan perbedaan karakteristik lokal antar kabupaten/kota (Bielecka, 2020; Elhorst, 2014). Selain itu, banyak studi hanya menggunakan cakupan wilayah yang sempit seperti satu provinsi dan melibatkan sedikit variabel independen, sehingga belum memberikan gambaran nasional yang komprehensif. Mengingat penularan TB secara epidemiologis terjadi pada skala mikro, penggunaan unit analisis yang terlalu luas berpotensi menghasilkan informasi yang kurang relevan bagi intervensi kebijakan. Penting pula dipahami bahwa penelitian observasional berbasis data sekunder seperti ini secara metodologis hanya dapat menggali asosiasi atau hubungan, bukan kausalitas (Bielecka, 2020; Migliori, Marx, et al., 2021).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode analisis spasial *Geographically Weighted Regression* (GWR) guna memahami pola hubungan faktor-faktor risiko terhadap prevalensi Tuberkulosis di Indonesia. Berbeda dari penelitian sebelumnya, studi ini memperluas cakupan analisis hingga tingkat nasional dengan unit analisis kabupaten/kota serta menggunakan lebih banyak variabel independen, yaitu tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, proporsi perokok usia 35–44 tahun, prevalensi HIV/AIDS, dan rasio tenaga medis. Pendekatan berbasis wilayah ini diharapkan mampu memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai variasi pengaruh faktor-faktor tersebut di setiap daerah. Dengan menggunakan data tahun 2023, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi landasan ilmiah bagi pemerintah dalam merancang kebijakan pengendalian Tuberkulosis yang lebih terarah, kontekstual, dan berbasis data lokal, tanpa dimaksudkan untuk membandingkan efektivitas metode ini dengan metode analisis non-spasial lainnya (Indrayani et al., 2018; Nezenega et al., 2020).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan desain observasional dengan data sekunder dan unit spasial kabupaten/kota. Pendekatan spasial melalui metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dalam studi ini difokuskan untuk mengidentifikasi pola hubungan statistik antara *prevalens Tuberculosis* dan faktor-faktor sosio demografis di setiap wilayah berdasarkan Kabupa-

ten/kota yang ada di Indonesia tahun 2023. Data yang digunakan dalam merupakan sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik dan Dinas Kesehatan Provinsi dari seluruh Kabupaten/kota yang ada di Indonesia tahun 2023 sebanyak 514 Kabupaten/Kota. Dengan lima variabel Independen yang dijelaskan pada table 1.

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Software R-Studio dan ArcGIS 10. Analisis dilakukan dengan tahapan, Statistika deskriptif untuk memberikan Gambaran data yang digunakan dan pemodelan GWR untuk mengidentifikasi variasi spasial yang berpengaruh antar wilayah yang ada di Indonesia dengan pembobot *kernel adaptive gaussian*.

Tabel 1. Variabel dependen dan Variabel independen

Variabel	Keterangan	Satuan
Y	Prevalensi Tuberkulosis	/1000 jiwa
X ₁	Tingkat kemiskinan	Persen
X ₂	Kepadatan Penduduk	(Jiwa/Km ²)
X ₃	Penduduk Umur 35-44 yang Merokok	Persen
X ₄	Prevalensi HIV/AIDS	/1000 jiwa
X ₅	Rasio Tenaga Medis	/1000 jiwa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

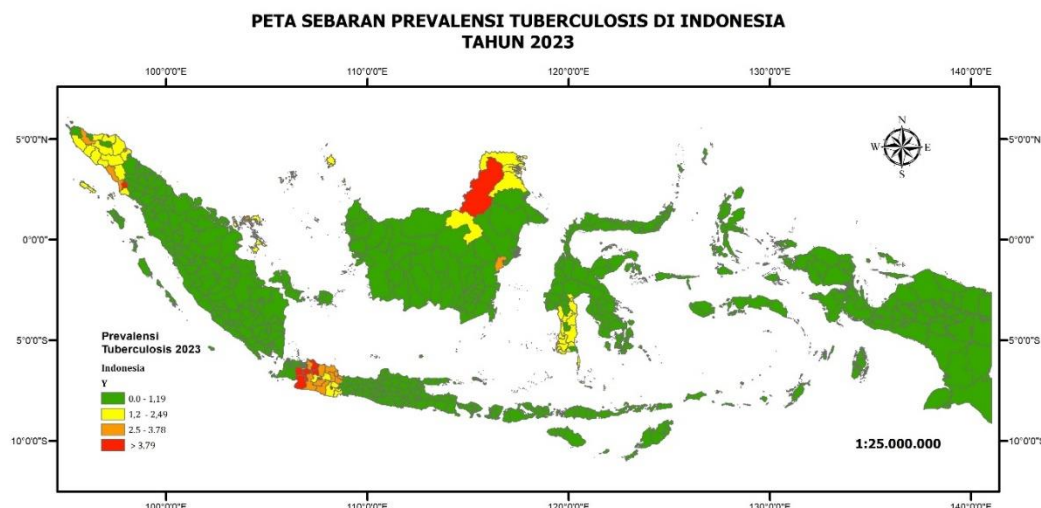
Deskripsi Data

Pengkategorian prevalensi Tuberculosis pada Gambar 1 Peta Sebaran Prevalensi Tuberculosis di Indonesia Tahun 2023 dilakukan menggunakan dasar statistik objektif, yaitu metode klasifikasi berbasis standar deviasi dari nilai prevalensi pada 514 kabupaten/kota. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan tingkat keparahan penyakit secara kuantitatif sesuai distribusi data empiris. Berdasarkan hasil perhitungan, wilayah dengan prevalensi pada interval 0,0 – 1,19 (warna hijau) ditempatkan sebagai kategori aman karena nilainya berada di sekitar atau di bawah rata-rata nasional. Interval 1,2 – 2,49 (warna kuning) merepresentasikan kategori waspada, yaitu daerah dengan angka prevalensi sedikit di atas rata-rata tetapi masih dalam rentang satu standar deviasi.

Selanjutnya, wilayah dengan prevalensi 2,5 – 3,78 (warna oranye) diklasifikasikan sebagai kategori siaga karena berada pada rentang lebih dari satu standar deviasi di atas rata-rata, sehingga memiliki risiko penularan yang lebih tinggi dan membutuhkan perhatian program pengendalian yang lebih intensif. Adapun daerah dengan prevalensi >3,79 (warna merah) ditempatkan sebagai kategori darurat, yaitu wilayah dengan angka kasus ekstrem yang jauh melampaui rata-rata nasional. Penggunaan batas kategori berdasarkan standar deviasi ini lazim diterapkan dalam pemetaan kesehatan untuk menandai variasi tingkat risiko antar wilayah secara proporsional dan terukur.

Klasifikasi berbasis standar deviasi dianggap paling rasional dalam konteks penelitian ini, karena tujuan utama studi adalah memahami heterogenitas spasial prevalensi TB di seluruh Indonesia. Metode ini memungkinkan identifikasi wilayah prioritas tanpa bergantung pada asumsi kategori teoritis yang belum tersedia secara baku. Perlu ditegaskan bahwa peta tersebut hanya berfungsi sebagai alat visualisasi distribusi prevalensi, sedangkan analisis hubungan antar variabel tetap menggunakan pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR).

Dari sisi metodologi, penelitian ini merupakan studi observasional dengan memanfaatkan data sekunder dan unit analisis kabupaten/kota, sehingga tidak dimaksudkan untuk menggali kausalitas. Hasil yang diperoleh hanya menunjukkan asosiasi atau hubungan statistik antara prevalensi Tuberculosis dan faktor-faktor yang diuji. Dengan demikian, interval kategori pada peta dan interpretasi hasil GWR secara konsisten mengacu pada level administrasi kabupaten/kota sebagaimana ditampilkan pada gambar dengan skala tampilan 1:25.000.000.



Gambar 1. Peta Sebaran Prevalensi *Tuberculosis* di Indonesia Tahun 2023

Statistika deskriptif dari Prevelensi penyakit *Tuberculosis* di Indonesia tahun 2023 dan faktor-faktor yang berhubungan disajikan dalam Tabel 2. Berdasarkan hasil statistik deskriptif, prevalensi *Tuberculosis* di Indonesia pada tahun 2023 (Y) memiliki nilai rata-rata 0,56 dengan standar deviasi 1,29. Nilai rata-rata yang rendah menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah memiliki angka *Tuberculosis* yang relatif kecil, namun nilai standar deviasi yang cukup tinggi mengindikasikan adanya variasi signifikan antar daerah. Hal ini sejalan dengan temuan (Migliori, Ong, et al., 2021) yang menunjukkan bahwa distribusi *Tuberculosis* bersifat spasial dan tidak merata, dipengaruhi oleh berbagai faktor sosial dan lingkungan.

Tabel 2. Analisis Deskriptif

Variabel	Rata-rata	Minimum	Maksimum	Standart Deviasi
Y	0,56	0,00	11,99	1,29
X_1	11,24	0,11	77,95	4,49
X_2	1.382,671	1,00	5.648,00	2.590,67
X_3	29,96	0,00	73,00	8,48
X_4	0,09	0,00	3,80	0,31
X_5	0,31	0,00	5,42	0,54

Tingkat kemiskinan (X_1) memiliki rata-rata 11,24% dengan standar deviasi 4,49, menandakan adanya perbedaan kesejahteraan yang cukup tajam antar wilayah. Kemiskinan sangat berkorelasi dengan tingginya risiko *Tuberculosis* karena keterbatasan akses pada layanan kesehatan dan sanitasi yang layak.

Kepadatan penduduk (X_2) mencatat rata-rata 1.382,67 jiwa/km² dengan standar deviasi yang sangat tinggi, yaitu 2.590,67. Ini menunjukkan ketimpangan besar antar wilayah dalam hal konsentrasi populasi, mendukung argumen (World Health Organization, 2022) bahwa daerah padat penduduk memiliki risiko penularan *Tuberculosis* yang lebih tinggi karena interaksi yang lebih sering dan ventilasi udara yang buruk.

Variabel persentase perokok usia 35–44 tahun (X_3) memiliki rata-rata 29,96% dengan standar deviasi 8,48, mencerminkan perilaku merokok yang masih tinggi dan cukup beragam antar daerah. Merokok diketahui memperburuk kondisi paru-paru dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi *Tuberculosis*.

Prevalensi HIV/AIDS (X_4) menunjukkan nilai rata-rata 0,09 dengan standar deviasi 0,31, yang meskipun rendah, tetapi penting untuk diperhatikan karena HIV dapat mempercepat progresivitas *Tuberculosis*.

Rasio tenaga medis (X_5) rata-rata sebesar 0,31 per 1.000 penduduk dengan standar deviasi 0,54 menunjukkan ketimpangan dalam distribusi tenaga kesehatan. Ketersediaan tenaga medis sangat berperan dalam diagnosis dini dan pengobatan *Tuberculosis* yang efektif.

Uji Heterogenitas Spasial

Ketidakhomogenan ragam galat dalam analisis regresi dapat disebabkan oleh efek spasial antar wilayah. Untuk mendeteksinya, dilakukan heterogenitas spasial. Hasil uji ini menentukan apakah pendekatan spasial seperti GWR diperlukan untuk mengakomodasi variasi lokal antar lokasi pengamatan. Untuk melakukan pengujian Heterogenitas Spasial maka hasil yang di dapatkan bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Heterogenitas Spasial

Breusch-Pagan (BP)	$X^2_{(0,05;5)}$	P-Value
75,05	11,070	0,000

Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai *P-value* sebesar 0,000 yang artinya nilai *P-value* < 0,05 dan $BP_{Hitung} = 75,05 > X^2_{(0,05;5)} = 11,070$ yang artinya tolak H_0 . Dimana bisa disimpulkan bahwa terdapat keragaman spasial antar Kabupaten/Kota pada data *Prevalensi Tuberculosis* di Indonesia pada tahun 2023 dan permodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR).

Pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR)

Langkah awal dalam pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dimulai dengan menghitung jarak *Euclidean* antar lokasi pengamatan. Selanjutnya, dihitung bobot masing-masing lokasi menggunakan *Adaptive Gaussian Kernel*, dengan nilai *bandwidth* optimal yang diperoleh melalui proses iteratif. Nilai *bandwidth* dipilih berdasarkan kriteria minimum *Cross Validation* (CV), yang bertujuan memaksimalkan akurasi model lokal. *Bandwidth* optimum didapatkan maka model menjadi sensitif terhadap data lokal. *Bandwidth* optimum dapat di tentukan menggunakan metode *Cross Validation* (CV) sehingga diperoleh sebesar 199,6.

Dengan pembobotan menggunakan *Adaptive Gaussian Kernel* untuk mengestimasi parameter GWR secara spesifik untuk tiap lokasi pengamatan. Proses ini menghasilkan koefisien yang berbeda-beda sesuai karakteristik spasial masing-masing wilayah. Variasi estimasi tersebut ditampilkan dalam bentuk nilai minimum dan maksimum pada Tabel 4, yang menggambarkan adanya heterogenitas spasial dalam hubungan antar variabel. Estimasi parameter GWR menunjukkan variasi spasial antar wilayah. Nilai *intercept* berkisar antara -3,087 hingga 14,427, menunjukkan perbedaan dasar prevalensi TBC. Variabel kemiskinan (X_1), kepadatan penduduk (X_2), perokok usia 35-44 tahun (X_3), prevalensi HIV/AIDS (X_4), dan rasio tenaga medis (X_5) memiliki rentang koefisien yang berbeda di setiap wilayah. Khususnya, HIV/AIDS (X_4) menunjukkan variasi pengaruh tertinggi (-10,326 hingga 28,399), mengindikasikan heterogenitas spasial yang kuat. Temuan ini menegaskan bahwa setiap faktor memengaruhi prevalensi TBC secara berbeda tergantung pada lokasi, sehingga analisis spasial sangat penting.

Tabel 4. Nilai Penestimasi Parameter Model GWR

Variabel	Minimum	Maksimum
intercept	- 3,087	14,427
Variabel kemiskinan (X_1)	- 0,236	0,144
kepadatan penduduk (X_2)	- 0,000	0,001
perokok usia 35-44 tahun (X_3)	- 0,506	0,181
prevalensi HIV/AIDS (X_4)	- 10,326	28,399
rasio tenaga medis (X_5)	-3,184	7,077

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi prevalensi *Tuberculosis* di Indonesia pada tahun 2023. Dalam studi ini, prevalensi *Tuberculosis* dilambangkan sebagai variabel Y, sedangkan lima variabel independen yang dianalisis adalah: X_1 (tingkat kemiskinan), X_2 (kepadatan penduduk), X_3 (proporsi penduduk usia 34-44 tahun yang merokok), X_4 (prevalensi HIV/AIDS), dan X_5 (rasio tenaga medis terhadap jumlah penduduk). Analisis

dilakukan terhadap 514 kabupaten/kota di seluruh Indonesia untuk mengetahui seberapa besar pengaruh masing-masing variabel terhadap tingkat prevalensi TBC di setiap wilayah.

Tabel 5. Variabel yang signifikan dalam model GWR Tiap Kabupaten/Kota di Indonesia Tahun 2023

Variabel Signifikan	Kabupaten/Kota
X_1	Indramayu, Kota Bogor, Kutai Kartanegara, Mahakam Ulu, Nunukan.
X_1, X_2, X_4, X_5	Jepara.
X_2	Belitung Timur, Pangandaran, Cilacap, Banyumas, Nias, Tapanuli Selatan, Nias Selatan, Nias Utara, Nias Barat, Kota Gunung Sitoli.
X_2, X_3	Simeulue, Aceh Timur, Aceh Tengah, Aceh Barat, Aceh Besar, Pidie, Bireuen, Aceh Utara, Nagan Raya, Aceh Jaya, Bener Meriah, Pidie Jaya, Banda Aceh, Sabang,
X_2, X_3, X_4, X_5	Aceh Barat Daya, Gayo Lues.
X_3, X_4, X_5	Aceh Singkil, Aceh Selatan, Aceh Tenggara, Aceh Tamiang, Langsa, Langkat.
X_4	Tegal, Brebes, Kota Magelang, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Semarang.
X_4, X_5	Subulussalam, Bangka Barat, Bandung, Tasikmalaya, Cirebon, Majalengka, Sumedang, Bandung Barat, Kota Bandung, Kota Cirebon, Kota Cimahi, Kota Tasikmalaya, Pekalongan, Pemalang, Kota Pekalongan, Kota Tegal, Sambas, Mempawah, Kubu Raya, Kepulauan Tanimbar, Tual, Jayapura, Keerom, Supiori, Kota Jayapura, Fakfak, Kab Sorong, Kota Sorong, Jayawijaya, Yalimo, Yahukimo, Pegunungan Buntang, Merauke, Boven Digoel, Mappi, Asmat, Majene, Polewali Mandar, Mamasa, Kepulauan Selayar, Luwu, Tana Toraja, Toraja Utara, Buton, Bombana, Buton Selatan, Tapanuli Utara, Toba Samosir, Asahan, Simalungun, Dairi, Karo, Deli Serdang, Humbang Hasundutan, Pakpak Bharat, Samosir, Serdang Bedagai, Batu Bara, Kota Pematang Siantar, Kota Tebing Tinggi, Kota Medan, Kota Binjai.

Hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 5, bahwa dari keseluruhan wilayah yang dianalisis, hanya 109 Kabupaten/kota yang menunjukkan adanya hubungan yang signifikan secara statistik antara prevalensi *Tuberkulosis* dan satu atau lebih dari kelima variabel independen tersebut. Beberapa kombinasi variabel signifikan yang paling sering muncul di antaranya adalah X_4 dan X_5 , yang muncul bersama-sama pada 62 kabupaten/kota, serta variabel tunggal seperti X_2 (10 wilayah) dan X_1 (5 wilayah). Terdapat pula kombinasi variabel kompleks seperti X_1, X_2, X_4, X_5 (1 wilayah), X_2, X_3 (15 wilayah), dan X_2, X_3, X_4, X_5 (2 wilayah). Wilayah-wilayah yang menunjukkan hubungan signifikan tersebar di berbagai Kabupaten/kota, termasuk Kabupaten Jepara, Kota Bogor, Kabupaten Belitung Timur, Kabupaten Simeulue, Kota Surakarta, dan Kota Medan.

Namun, hal yang paling menonjol dari temuan ini adalah bahwa sebanyak 405 kabupaten/kota, atau sekitar 78,8% dari total wilayah yang dianalisis, tidak menunjukkan hubungan signifikan antara prevalensi *Tuberkulosis* dan kelima variabel yang diuji. Artinya, di sebagian besar wilayah, penyebaran *Tuberkulosis* tidak dapat dijelaskan oleh tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, perilaku merokok usia 34–44 tahun, prevalensi HIV/AIDS, maupun rasio tenaga medis. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat faktor-faktor lain yang mungkin lebih dominan dalam memengaruhi prevalensi TBC di wilayah-wilayah tersebut, seperti kondisi lingkungan, sanitasi, perilaku hidup sehat, atau akses terhadap layanan kesehatan yang tidak tercakup dalam model ini.

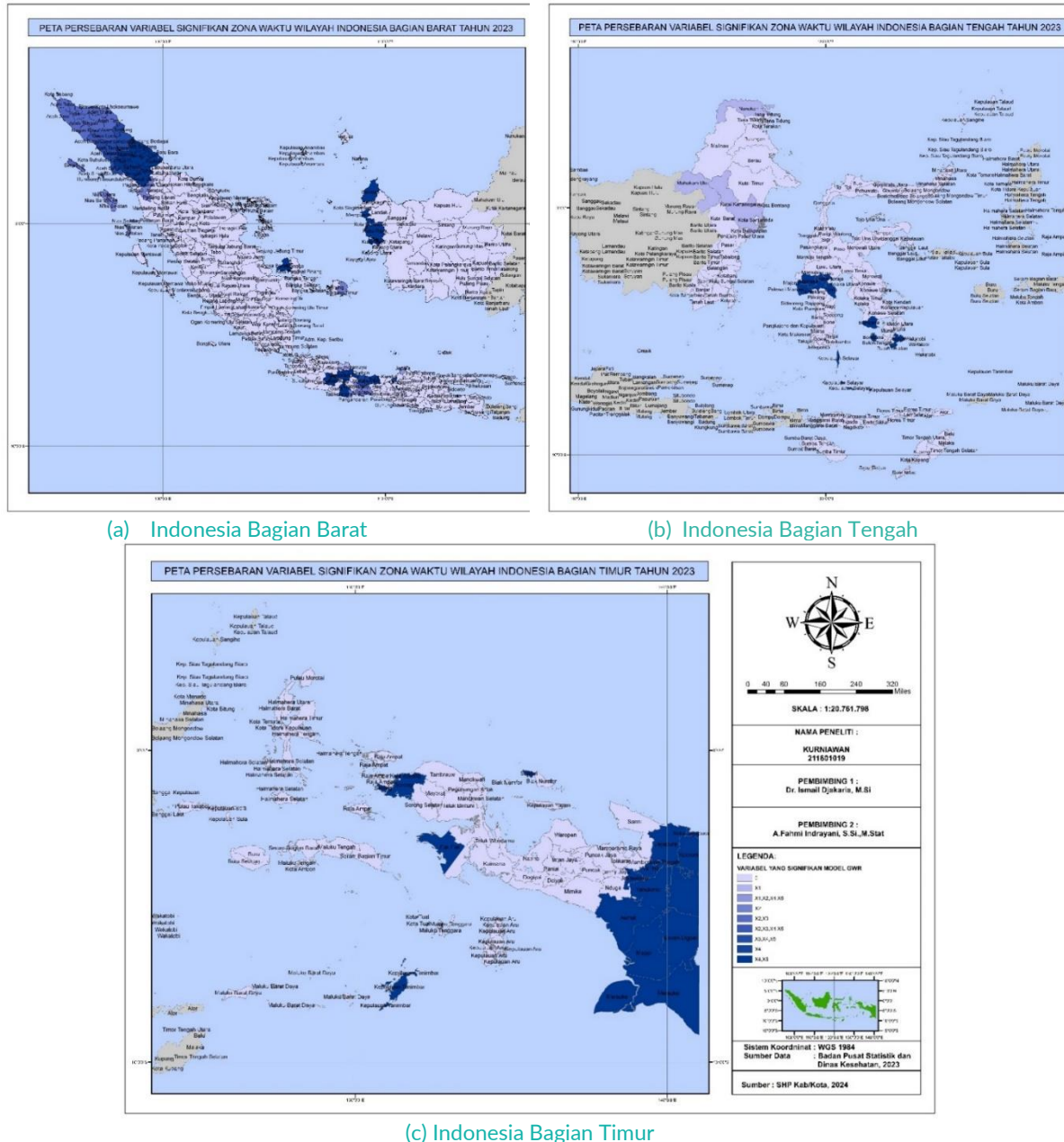
Tabel 6. Uji Kebaikan Model

Model	AIC	R^2
GWR	622,48	0,9345
OLS	1637,77	0,8314

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan gambaran awal mengenai variasi faktor-faktor yang memengaruhi penyebaran TBC di Indonesia, serta menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih komprehensif dalam menyusun kebijakan pengendalian TBC yang sesuai de-

ngan karakteristik wilayah masing-masing. Pengujian kebaikan model dilakukan secara simultan dapat dilihat pada Tabel 6.

Perbandingan antara model GWR dan OLS menunjukkan bahwa GWR memiliki kinerja yang lebih baik dalam menjelaskan variasi prevalensi *Tuberkulosis* di Indonesia. Hal ini ditunjukkan oleh nilai AIC yang jauh lebih rendah pada GWR yaitu sebesar 622,48 dibandingkan OLS, serta nilai R^2 yang lebih tinggi yaitu 0,9345 pada GWR, yang berarti bahwa 93,45% model GWR mampu menangkap keragaman spasial dengan lebih akurat dibandingkan model OLS yang mengasumsikan pengaruh faktor bersifat global dan homogen.



Gambar 2. Peta Persebaran Variabel Signifikan terhadap Prevelensi di Indonesia Tahun 2023

SIMPULAN

Hasil analisis dengan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) menggunakan fungsi kernel adaptif Gaussian menunjukkan bahwa model ini sangat baik dalam menjelaskan variasi prevalensi TBC di Indonesia tahun 2023, dengan nilai AIC sebesar 622,48 dan R^2 sebesar 0,9345, yang berarti model mampu menjelaskan 93,45% variasi prevalensi *Tuberkulosis*. Secara lokal, pengaruh variabel berbeda-beda di tiap wilayah. Variabel tingkat kemiskinan (X_1) berpe-

ngaruh signifikan di 6 Kabupaten/kota, kepadatan penduduk (X_2) di 22 Kabupaten/kota, penduduk usia 35–44 tahun yang merokok (X_3) di 29 Kabupaten/kota, prevalensi HIV/AIDS (X_4) di 77 Kabupaten/kota, dan rasio tenaga medis (X_5) di 71 Kabupaten/kota. Hasil ini menunjukkan pentingnya pendekatan berbasis wilayah dalam pengendalian TBC di Indonesia.

Temuan ini menegaskan bahwa pengaruh faktor-faktor terhadap prevalensi TBC bersifat spasial atau lokal, sehingga intervensi atau kebijakan penanggulangan TBC sebaiknya mempertimbangkan karakteristik wilayah secara spesifik. Penggunaan model GWR dalam konteks ini sangat membantu dalam mengidentifikasi wilayah mana yang paling terdampak oleh faktor-faktor tertentu, serta mempermudah penyusunan kebijakan yang lebih terarah, efektif, dan berbasis data lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bielecka, E. (2020). GIS spatial analysis modeling for land use change. A bibliometric analysis of the intellectual base and trends. *Geosciences*, 10(11), 421. <https://doi.org/10.3390/geosciences10110421>
- Elhorst, J. P. (2014). *Spatial econometrics*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40340-8>
- Indrayani, I., Herius, A., Hasan, A., & Mirza, A. (2018). Comparison analysis of CBR value enhancement of soil type in swamp area by addition of fly ash. *Science and Technology Indonesia*, 3(2), 73–76. <https://doi.org/10.26554/sti.2018.3.2.73-76>
- Migliori, G. B., Marx, F. M., Ambrosino, N., Zampogna, E., Schaaf, H. S., van der Zalm, M. M., Allwood, B., Byrne, A. L., Mortimer, K., Wallis, R. S., Fox, G. J., Leung, C. C., Chakaya, J. M., Seaworth, B., Rachow, A., Marais, B. J., Furin, J., Akkerman, O. W., Al Yaquobi, F., ... Visca, D. (2021). Clinical standards for the assessment, management and rehabilitation of post-TB lung disease. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 25(10), 797–813. <https://doi.org/10.5588/ijtld.21.0425>
- Migliori, G. B., Ong, C. W. M., Centis, R., Goletti, D., Petrone, L., & Ambrosio, L. D. (2021). *The definition of tuberculosis infection based on the spectrum of tuberculosis disease*. 17(3), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1183/20734735.0079-2021>
- Narendran, G., & Swaminathan, S. (2016). TB–HIV co-infection: a catastrophic comradeship. *Oral Diseases*, 22(1), 46–52. <https://doi.org/10.1111/odi.12389>
- Nezenega, Z. S., Perimal-Lewis, L., & Maeder, A. J. (2020). Factors influencing patient adherence to tuberculosis treatment in Ethiopia: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5626. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155626>
- Nisak, Z., Dyah, Y., & Santik, P. (2021). Kejadian tuberkulosis: Studi kasus di wilayah kerja puskesmas. *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition (IJPHN)*, 1(3), 783–792. <https://doi.org/10.15294/ijphn.v1i3.49869>
- Noventy, N. N. R., & Suparta, I. W. (2023). Pengaruh angka kemiskinan terhadap angka tuberculosis di Indonesia (Studi kasus 6 Provinsi di Pulau Jawa). *Journal on Education*, 6(1), 8066–8076. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.4223>
- Rahmawati, N., Karno, F., & Hermanto, E. M. P. (2024). Analisis penyakit Tuberkulosis (TBC) pada Provinsi Jawa Timur tahun 2021 menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR). *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 6(2), 116. <https://doi.org/10.13057/ijas.v6i2.78593>
- World Health Organization. (2022). Global Tuberculosis Report 2022. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). World Health Organization.