

Analisis Sebaran dan Faktor Risiko Kasus TBC Menggunakan Geographically Weighted Regression di Provinsi Jawa Barat

Carles Syahputra Hulu¹, Wulan Fransiska Lubis², Puji Ananda Sihombing³, Unedo Nainggolan⁴,
Amalia Azzahra⁵, Salwa Risda Pratiwi⁶

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

Article Info

Article history:

Received: August 2025
Revised: September 2025
Accepted December 2025

Kata Kunci:

Analisis Spasial
GWR
TBC

ABSTRAK

Tingginya kasus tuberkulosis (TBC) di Provinsi Jawa Barat serta adanya perbedaan karakteristik antar wilayah mendorong perlunya analisis berbasis spasial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran kasus TBC dan mengidentifikasi faktor risiko yang mempengaruhinya menggunakan pendekatan Geographically Weighted Regression (GWR). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data sekunder dari BPS tahun 2025 pada 27 kabupaten/kota. Variabel yang digunakan meliputi jumlah kasus TBC, persentase akses air minum layak, dan persentase penduduk miskin. Analisis dilakukan melalui regresi linier berganda (OLS), uji pengaruh spasial, serta pemodelan GWR. Hasil menunjukkan bahwa model OLS memiliki nilai R^2 sebesar 0,9382 dan secara parsial hanya variabel persentase penduduk miskin yang berpengaruh signifikan. Model GWR memberikan hasil yang lebih baik dengan nilai R^2 sebesar 0,9981 dan mampu menangkap variasi pengaruh antar wilayah secara lokal. Oleh karena itu, Model GWR lebih efektif dibandingkan OLS dalam menjelaskan pola spasial kasus TBC. Temuan ini menunjukkan bahwa faktor risiko memiliki pengaruh yang berbeda di setiap wilayah, sehingga pendekatan berbasis spasial penting dalam perumusan kebijakan kesehatan yang lebih tepat sasaran.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Wulan Fransiska Lubis
Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan
20221 Deli Serdang, Medan, Indonesia
Email: wulan.4241260014@mhs.unimed.ac.id

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara dengan jumlah penderita Tuberkulosis Multidrug-Resistant (MDR-TB) yang paling tinggi. Tingkat kejadian penyakit TBC (TBC) adalah 1,9% pada penderita baru dan 12% pada kasus TBC yang telah menjalani pengobatan sebelumnya, menurut data dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO). Angka-angka ini menunjukkan bahwa pengendalian TBC sangat sulit, terutama pada kasus MDR-TB, yang memerlukan penanganan lebih intensif. Sangat penting untuk menilai keberhasilan program pengendalian TBC di Jawa Barat dan pencegahan penularan lebih lanjut di wilayah tersebut. Data ini diperoleh dari "OPEN DATA JABAR" [1].

Jawa Barat tercatat sebagai salah satu provinsi penyumbang kasus tuberkulosis (TBC) tertinggi di Indonesia tercatat 224.650 jiwa pada tahun 2025 [2]. Hingga saat ini, Tuberkulosis (TBC) tetap menjadi salah satu penyakit menular dengan tingkat mortalitas yang tinggi secara global. Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit Infeksi disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* menyebar melalui udara ketika seseorang yang terinfeksi mengalami batuk, bersin atau meludah dan mampu menginvasi berbagai organ tubuh, meskipun prevalensi tertingginya ditemukan pada paru-paru. Penyakit TBC dapat kita tandai dengan gejala umum yang ditimbulkan yaitu batuk berkepanjangan, demam, berkeringat di malam hari, dan penurunan berat badan yang signifikan [3]. Transmisi penyakit ini umumnya terjadi melalui partikel udara (droplets) dari individu terinfeksi, namun eskalasi kasus juga dipicu oleh faktor-faktor pendukung seperti defisiensi sistem imun, degradasi kualitas lingkungan, polusi udara, serta kepadatan penduduk yang tinggi [4].

Dengan memperhatikan sejumlah faktor risiko yang berhubungan dengan peningkatan jumlah kasus penyakit, seperti situasi lingkungan dan kepadatan populasi, maka diperlukan sebuah metode analisis yang dapat mengcover aspek spasial dengan lebih menyeluruh. Metode ini sangat penting karena faktor-faktor tersebut tidak terdistribusi secara merata, melainkan mengikuti pola tertentu yang tergantung pada posisi geografis.

Dalam upaya memahami dinamika penyebaran suatu penyakit, pendekatan analisis spasial memiliki peran yang sangat strategis dan memberikan kontribusi yang besar. Hal ini dikarenakan setiap fenomena yang terjadi di permukaan bumi tidak dapat dipisahkan dari unsur lokasi atau letak geografisnya. Pada studi sebelumnya di Jawa Barat menunjukkan adanya korelasi spasial positif kasus TBC, yang menandakan bahwa wilayah dengan kasus tinggi cenderung berdekatan secara geografis. Analisis spasial terhadap data 2019-2021 juga ditemukan hubungan kuat antara kepadatan penduduk dan insidensi TBC, sehingga pemetaan spasial menjadi sangat penting untuk memahami pola persebaran penyakit [5]. Berdasarkan temuan tersebut, diperlukan metode analisis yang lebih spesifik untuk mengkaji variasi hubungan antar variabel pada setiap wilayah, sehingga dapat diperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai faktor-faktor yang memengaruhi persebaran penyakit.

Oleh sebab itu berbagai penelitian terdahulu telah banyak menerapkan berbagai teknik spasial mulai dari deteksi autokorelasi hingga pemodelan regresi untuk melihat pola penyakit. Namun demikian, kajian empiris yang menerapkan model regresi spasial dengan melibatkan banyak variabel penjelas secara simultan pada lingkup wilayah yang luas, khususnya di tingkat provinsi dengan karakteristik wilayah yang beragam [6].

Untuk memberikan gambaran yang lengkap tentang dinamika penyakit, model regresi spasial telah banyak digunakan. Untuk menemukan klaster atau wilayah yang memiliki risiko tinggi, metode statistik uji autokorelasi spasial sering digunakan, khususnya dalam penelitian kasus tuberkulosis. Selain itu, semakin banyak orang menggunakan berbagai metode model statistik untuk melihat bagaimana berbagai variabel, seperti demografi, sosial, dan ekonomi, berhubungan dengan jumlah kasus penyakit. Dalam kerangka analisis regresi spasial, model Geographically Weighted Regression (GWR) umumnya dijadikan sebagai perbandingan dengan model regresi linier konvensional atau Ordinary Least Squares (OLS) [7].

Berdasarkan penggunaan berbagai model dan metode tersebut, terlihat bahwa pendekatan yang mempertimbangkan aspek keruangan menjadi sangat penting dalam menganalisis penyebaran penyakit. Hal ini menegaskan bahwa setiap fenomena kesehatan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor-faktor umum, tetapi juga oleh karakteristik lokasi yang berbeda-beda.

Pendekatan analisis spasial memberikan kontribusi yang signifikan dan memiliki peran yang sangat strategis dalam memahami dinamika penyebaran suatu penyakit. Ini disebabkan fakta bahwa elemen lokasi atau letak geografis setiap fenomena yang terjadi di permukaan bumi tidak dapat dipisahkan. Setiap area memiliki kondisi dan fitur yang berbeda. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempelajari lebih lanjut tentang pola penyebaran dan hubungan antarvariabel yang terjadi di suatu lokasi untuk mendapatkan pemahaman yang menyeluruh tentang masalah yang diteliti [8].

Sejalan dengan hal tersebut, analisis spasial tidak hanya mampu menggambarkan pola persebaran penyakit, tetapi juga mengidentifikasi adanya keterkaitan antar wilayah yang saling berdekatan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk melihat apakah suatu wilayah dengan tingkat kasus tinggi dipengaruhi oleh wilayah di sekitarnya. Selain itu, analisis spasial juga dapat mengungkap variasi hubungan antara faktor-faktor yang memengaruhi penyebaran penyakit di setiap lokasi. Dengan demikian, hasil analisis yang diperoleh

menjadi lebih akurat dan kontekstual, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perumusan kebijakan yang lebih tepat sasaran.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola sebaran spasial kasus Tuberkulosis (TBC) serta mengidentifikasi berbagai faktor risiko yang memengaruhinya di Provinsi Jawa Barat dengan menggunakan metode Geographically Weighted Regression (GWR). Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang lebih mendalam mengenai variasi hubungan antara faktor-faktor risiko dengan jumlah kasus TBC pada setiap wilayah. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui perbedaan pengaruh variabel-variabel tersebut secara lokal, sehingga dapat memberikan informasi yang lebih spesifik dan akurat sebagai dasar dalam perumusan kebijakan penanggulangan TBC yang lebih tepat sasaran di masing-masing daerah.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang digunakan bersumber dari badan pusat statistik tahun 2025 serta menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis spasial berbasis *Geographically Weighted Regression* (GWR). Pendekatan kuantitatif diterapkan untuk menganalisis jumlah dan distribusi kasus tuberkulosis (TBC) pada 27 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat. Jawa Barat dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan provinsi dengan jumlah penduduk terbesar di Indonesia serta memiliki tingkat mobilitas dan kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga berpotensi meningkatkan risiko penularan penyakit TBC (Yullah, 2025). Analisis spasial digunakan untuk mengidentifikasi pola sebaran geografis kasus TBC dan mendeteksi adanya heterogenitas spasial dalam hubungan antara variabel independen dengan jumlah kasus TBC.

Model GWR dipilih karena merupakan perluasan dari model regresi linier berganda yang mampu menangani heterogenitas spasial dan autokorelasi spasial. Berbeda dengan model regresi global *Ordinary Least Square* (OLS) yang menghasilkan estimasi parameter seragam untuk seluruh wilayah, GWR menghasilkan estimasi parameter yang bersifat lokal sehingga mencerminkan karakteristik unik setiap kabupaten/kota.

Serangkaian ukuran statistik digunakan untuk membandingkan kinerja model OLS dan GWR. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang lebih tinggi dan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) yang lebih rendah menunjukkan bahwa model tersebut mampu menjelaskan variasi data dengan lebih baik dan efisien. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa model tersebut mampu melakukannya [9].

Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak RStudio.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas satu variabel dependen dan dua variabel independen.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No	Variabel	Deskripsi	Tipe Data	Sumber
1	Jumlah Kasus TBC (Y)	Jumlah kasus TBC yang terdeteksi pada 27 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2025	Numerik	BPS Jawa Barat
2	Persentase RT dengan Akses Air Minum Layak (X_1)	Persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sumber air minum layak per kabupaten/kota di Jawa Barat tahun 2025	Numerik	BPS Jawa Barat
3	Persentase Penduduk Miskin (X_2)	Persentase penduduk miskin per kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2025	Numerik	BPS Jawa Barat

Analisis data dilakukan secara bertahap menggunakan perangkat lunak RStudio. Secara umum, langkah-langkah analisis adalah sebagai berikut.

- Langkah pertama adalah dari pengumpulan data sekunder dari BPS Jawa Barat. Data sekunder yang diperoleh kemudian diseleksi dan diolah sesuai dengan kebutuhan penelitian, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam proses analisis. Selain itu, dilakukan pengecekan kelengkapan dan konsistensi data untuk memastikan bahwa data yang digunakan valid dan mampu merepresentasikan kondisi yang sebenarnya.

- b. Kemudian menyajikan statistika deskriptif untuk memberikan gambaran umum karakteristik setiap variabel penelitian. Setiap variabel penelitian memiliki karakteristik yang digambarkan oleh statistik deskriptif dengan menggunakan ukuran seperti rata-rata (mean), median, nilai minimum, dan nilai maksimum, serta simpangan baku yang menunjukkan penyebaran dan kecenderungan data [10].

Melalui penyajian tersebut, peneliti dapat memahami pola distribusi data serta mendeteksi adanya nilai ekstrem atau penyimpangan yang mungkin memengaruhi hasil analisis. Selain itu, informasi ini juga menjadi dasar awal dalam menentukan langkah analisis selanjutnya, khususnya dalam pemilihan model yang sesuai dengan karakteristik data yang digunakan.

- c. Sebelum menerapkan GWR, terlebih dahulu dibangun model regresi linier berganda menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Model regresi linier berganda untuk variabel independen dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Keterangan:

Y = Jumlah kasus TBC

β_0 = Intersep

β_1, β_2 = Koefisien regresi

X_1 = Persentase rumah tangga dengan akses air minum layak

X_2 = Persentase penduduk miskin

ε = Galat (error)

Estimasi parameter model regresi linier berganda diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$\beta = (X^T X)^{-1} X^T y$$

Pengujian signifikansi model dilakukan melalui uji serentak (uji F) dan uji parsial (uji t) dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Selain itu dilakukan pula uji multikolinearitas menggunakan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Variabel dikatakan bebas multikolinearitas apabila nilai VIF < 10.

- d. Setelah model OLS terbentuk, dilakukan pengujian pengaruh spasial yang terdiri dari dua bagian, yaitu uji heterogenitas spasial dan uji autokorelasi spasial.

1) Uji Heterogenitas Spasial (Uji *Breusch-Pagan*)

Uji *Breusch-Pagan* digunakan untuk mendeteksi adanya heterogenitas spasial, yaitu kondisi di mana ragam galat bervariasi antar lokasi pengamatan. Hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$ (tidak terdapat heterogenitas spasial)

$H_1 : \text{Minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2$ (terdapat heterogenitas spasial)

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$BP = \frac{1}{2} f^T Z(Z^T Z)^{-1} Z^T f \dots (3.3)$$

H_0 ditolak jika $BP > \chi^2(\alpha, p)$ atau p-value < α , yang berarti terdapat heterogenitas spasial dalam data. Apabila terdapat heterogenitas spasial, maka model GWR lebih tepat digunakan dibandingkan model regresi linier berganda

- e. Langkah berikutnya adalah perluasan dari model regresi linier berganda yang memungkinkan parameter bervariasi secara spasial (GWR). Model GWR memiliki banyak keunggulan, bukan hanya mampu menangkap variasi lokal, tetapi juga dapat memberikan informasi tentang peta persebaran koefisien regresi. Peta ini sangat berguna untuk melihat bagaimana pola pengaruh suatu variabel berubah dari satu area ke area lain [11].

Selain itu, model GWR dibangun dari regresi lokal dengan *Ordinary Least Square* (OLS) menjadi regresi terboboti dengan *Weighted Least Square* (WLS) yang memperhatikan efek spasial. Nilai yang dihasilkan untuk setiap Parameter berbeda untuk setiap daerah [12]. Bentuk umum dari model GWR yaitu:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)x_{i1} + \beta_2(u_i, v_i)x_{i2} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots$$

Keterangan:

(u_i, v_i) = Koordinat geografis (bujur, lintang) lokasi ke-i

$\beta_k(u_i, v_i)$ = Koefisien regresi lokal untuk variabel ke-k di lokasi i

ε_i = Galat acak

Dalam model GWR, parameter diestimasi menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS) sehingga diperoleh estimasi sebagai berikut:

$$\beta(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) y$$

di mana $W(u_i, v_i)$ adalah matriks diagonal pembobot berukuran $n \times n$ yang elemen diagonalnya merupakan bobot lokasi ke-j terhadap lokasi ke-i.

f. Penentuan *Bandwidth* Optimum

Nilai *bandwidth* (h) optimum ditentukan menggunakan pendekatan *Cross Validation* (CV). *Bandwidth* optimum adalah nilai h yang menghasilkan nilai CV minimum.

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(h)]^2$$

Pemilihan fungsi kernel terbaik didasarkan pada nilai AIC terendah dan nilai R^2 tertinggi Pengujian Model GWR dilakukan melalui dua tahap, yaitu uji kesesuaian model dan uji parameter secara parsial [13].

1) Uji Kesesuaian Model

Uji kesesuaian model bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan antara model regresi global (OLS) dengan model GWR. Hipotesis yang digunakan adalah

H_0 : $\beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$ (model OLS dan GWR tidak berbeda signifikan)

H_1 : Paling sedikit ada satu $\beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$F_{hitung} = \frac{[SSE(H_0)/df_1]}{[SSE(H_1)/df_2]}$$

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha; df_1, df_2}$ atau $p\text{-value} < \alpha$, yang menunjukkan bahwa model GWR secara signifikan lebih baik daripada model regresi OLS

g. Pemilihan model terbaik antara model regresi OLS dan model GWR didasarkan pada kriteria nilai R^2 tertinggi dan nilai AIC terendah. Nilai AIC didefinisikan sebagai berikut:

$$AIC = 2n \log_e(\sigma) + n \log_e(2\pi) + n \left\{ \frac{n + tr(S)}{n - 2 - tr(S)} \right\}$$

Nilai R^2 yang dekat dengan 0 menunjukkan bahwa variabel yang menjelaskan memiliki kemampuan yang sangat rendah dalam menerangkan variabel respons, sementara nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa variabel yang menjelaskan sangat efektif dalam menguraikan variabel respons [14]. Koefisien determinasi (R^2) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

Model dengan nilai AIC lebih kecil dan R^2 lebih tinggi dianggap sebagai model yang lebih baik dalam menjelaskan variasi jumlah kasus TBC antar wilayah di Provinsi Jawa Barat [15].

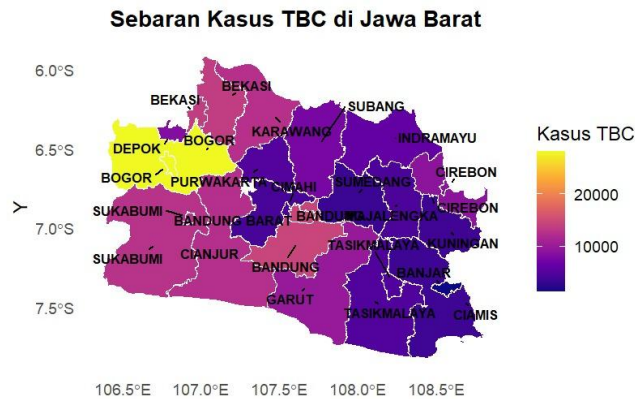
h. Tahap selanjutnya adalah melakukan interpretasi hasil analisis, yaitu dengan menjelaskan makna dari output yang diperoleh serta mengaitkannya dengan tujuan penelitian. Interpretasi ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai hubungan antar variabel dan implikasinya terhadap fenomena yang diteliti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Statistika Deskriptif

Berdasarkan hasil analisis deskriptif, jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat tahun 2025 memiliki nilai minimum sebesar 1.350 kasus dan nilai maksimum sebesar 28.035 kasus, dengan rata-rata sebesar 9.752 kasus dan median sebesar 8.702 kasus. Kesenjangan yang cukup besar antara nilai minimum dan maksimum mengindikasikan adanya variasi sebaran kasus TBC yang signifikan antar kabupaten/kota.

Peta sebaran kasus TBC di Provinsi Jawa Barat pada gambar 1, Wilayah dengan kasus TBC tertinggi ditandai warna kuning dan terendah ditandai dengan warna ungu. Pada peta terlihat bagian barat laut Jawa Barat, khususnya Kota Bogor dan Kota Depok, merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi dan berbatasan langsung dengan DKI Jakarta. Wilayah yang memiliki kasus TBC paling tinggi adalah Kota Bogor dan Kota Depok yang tampak dominan pada peta distribusi spasial, ditunjukkan dengan warna kuning cerah pada peta sebaran. Sedangkan Wilayah bagian timur Jawa Barat, seperti Kabupaten Ciamis, Kabupaten Garut, dan Kabupaten Tasikmalaya, cenderung memiliki jumlah kasus yang lebih rendah.



Gambar 1. Peta Tematik Sebaran Kasus TBC di Jawa Barat

Variabel akses air minum layak (X_1) memiliki nilai minimum 84,79% dan maksimum 99,73%, dengan rata-rata 94,96%. Nilai ini menunjukkan bahwa secara umum akses air minum layak di Jawa Barat sudah cukup tinggi, namun masih terdapat beberapa wilayah dengan capaian yang masih di bawah rata-rata. Sementara itu, variabel persentase penduduk miskin (X_2) berkisar antara 0,42% hingga 11,27%, dengan rata-rata 4,74%, mencerminkan keragaman kondisi sosial-ekonomi antar wilayah di Provinsi Jawa Barat.

Tabel 2. Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Min	Maks	Rata-rata	Median	Std. Deviasi
TBC (Y)	1.350	28.035	9.752	8.702	7.425
Air (X_1)	84,79	99,73	94,96	96,55	3,95
Penduduk Miskin (X_2)	0,42	11,27	4,74	4,52	2,92

b. Model Regresi Linier Berganda (OLS)

Berdasarkan hasil estimasi, parameter dalam model regresi linier berganda di dapat persamaan model berikut:

$$\hat{Y} = -10.989,12 + 95,31X_1 + 2.465,61X_2$$

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh p-value uji F ($1,259e-14$) $< \alpha = 0,05$, sehingga tolak H_0 . Artinya, secara serentak variabel independen berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9382 bahwa terdapat 93,82% variasi jumlah kasus TBC dapat dijelaskan oleh kedua variabel independen, dengan nilai Adjusted R^2 sebesar 0,9328.

Tabel 3. Estimasi Parameter menggunakan Metode OLS

Variabel	Estimasi	p-value
(Intercept)	-10.989,12	0,132
Air (X_1)	95,31	0,211
Penduduk Miskin (X_2)	2.465,61	2,47e-15***

$R^2 = 0,9382$
 $p\text{-value uji F} = 1,29e-14$

Secara parsial, variabel persentase penduduk miskin (X_2) berpengaruh sangat signifikan terhadap jumlah kasus TBC. Setiap kenaikan 1% persentase penduduk miskin, rata-rata jumlah kasus TBC meningkat sebesar 2.465 kasus, dengan asumsi variabel lain tetap. Sebaliknya, variabel akses air minum layak (X_1) tidak berpengaruh signifikan secara parsial. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh sebaran nilai X_1 yang seragam di Jawa Barat, sehingga variasinya tidak cukup kuat menjelaskan perbedaan kasus TBC antar wilayah.

c. Uji Pengaruh Spasial

Hasil pengujian *Breusch-Pagan* dan *Moran'I* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Uji *Breusch-Pagan* dan *Moran's I*

Pengujian	p-value
Breusch-Pagan	0,8261
Moran's I	0,092

Berdasarkan uji *Breusch-Pagan* yang dilakukan didapat p-value $> 0,05$, maka terima H_0 , yang artinya tidak terdapat heterogenitas spasial yang signifikan pada residual model OLS. Sedangkan Uji autokorelasi residual dilakukan menggunakan uji *Durbin-Watson* menunjukkan D-W p-value $> 0,05$, terima H_0 , sehingga disimpulkan tidak terdapat autokorelasi residual yang signifikan pada taraf 5%. Dengan demikian, model OLS yang digunakan telah memenuhi asumsi homoskedastisitas dan tidak mengandung autokorelasi residual, sehingga hasil estimasi yang diperoleh dapat dianggap valid dan tidak bias. Oleh karena itu, model ini dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis lebih lanjut, termasuk sebagai pembandingan dalam penerapan model regresi spasial seperti GWR.

d. Model Geographically Weighted Regression (GWR)

Model GWR diterapkan sebagai pendekatan regresi spasial lokal yang mampu menangkap variasi hubungan antar variabel pada setiap lokasi secara individual. Model GWR diestimasi menggunakan kernel Gaussian tetap (*Fixed Gaussian Kernel*) yang dipilih berdasarkan nilai AIC terkecil dibandingkan fungsi kernel lainnya.

Tabel 4. Hasil Statistik Pemodelan GWR

Pengujian	Nilai
Fixed Bandwidth	0,1602357
AICc	587,4469
AIC	387,4464
R^2	0,9980998

Dari tabel tersebut didapat hasil bandwidth tetap (fixed bandwidth) sebesar 0,1602357 derajat geografis. Nilai ini menjadi jari-jari pengaruh spasial dalam pembobotan GWR, yang berarti pengamatan dalam radius ~17,8 km dari titik lokasi diberikan bobot lebih tinggi dalam estimasi koefisien lokal.

Hasil pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) menunjukkan bahwa model lokal mampu menjelaskan variasi data dengan sangat baik. Hal ini terlihat dari nilai R^2 sebesar 0,9980998, yang mengindikasikan bahwa sekitar 99,8% variasi variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model. Nilai ini menunjukkan tingkat kecocokan model yang sangat tinggi.

Selain itu, nilai AIC sebesar 387,4464 dan AICc sebesar 587,4469 digunakan sebagai indikator pemilihan model terbaik. Semakin kecil nilai AIC/AICc, maka model dianggap semakin baik dalam menyeimbangkan antara kompleksitas model dan kemampuan menjelaskan data. Dengan demikian, model GWR yang digunakan sudah cukup optimal.

Pada tingkat lokal, nilai Local R^2 di beberapa titik pengamatan berada pada kisaran tinggi (misalnya 0,9696 hingga 0,9994). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan model dalam menjelaskan variasi data berbeda-beda di setiap lokasi, namun secara umum tetap sangat kuat. Variasi ini mengindikasikan adanya heterogenitas spasial, di mana hubungan antara variabel independen dan dependen tidak seragam di seluruh wilayah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa jumlah kasus tuberkulosis (TBC) di Provinsi Jawa Barat memiliki variasi yang cukup tinggi antar wilayah. Hasil analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa secara simultan variabel akses air minum layak dan persentase penduduk miskin berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TBC, namun secara parsial hanya variabel persentase penduduk miskin yang berpengaruh signifikan.

Pengujian pengaruh spasial pada model OLS menunjukkan tidak adanya heterogenitas dan autokorelasi spasial yang signifikan. Meskipun demikian, penerapan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) menghasilkan kinerja model yang lebih baik dibandingkan model OLS, ditunjukkan oleh nilai R^2 yang lebih tinggi dan nilai AIC yang lebih rendah. Model GWR juga mampu mengidentifikasi adanya variasi pengaruh faktor risiko pada setiap wilayah, yang menunjukkan bahwa hubungan antara variabel independen dan jumlah kasus TBC tidak bersifat seragam secara spasial. Oleh karena itu, pendekatan GWR lebih tepat digunakan dalam analisis kasus TBC berbasis wilayah, serta dapat menjadi dasar dalam perumusan kebijakan kesehatan yang lebih spesifik dan tepat sasaran di masing-masing daerah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Statistika, Universitas Negeri Medan, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini. Penulis juga mengapresiasi semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

PENDANAAN

Penulis menyatakan bahwa penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga mana pun, baik dari sektor publik, komersial, maupun nirlaba.

KONTRIBUSI PENULIS

Pernyataan kontribusi penulis disusun berdasarkan Contributor Roles Taxonomy (CRediT) untuk menjelaskan peran masing-masing penulis dalam penelitian ini.

<i>C</i> : <i>Conceptualization</i>	<i>I</i> : <i>Investigation</i>	<i>Vi</i> : <i>Visualization</i>
<i>M</i> : <i>Methodology</i>	<i>R</i> : <i>Resources</i>	<i>Su</i> : <i>Supervision</i>
<i>So</i> : <i>Software</i>	<i>D</i> : <i>Data Curation</i>	<i>P</i> : <i>Project administration</i>
<i>Va</i> : <i>Validation</i>	<i>O</i> : <i>Writing - Original Draft</i>	<i>Fu</i> : <i>Funding acquisition</i>
<i>Fo</i> : <i>Formal analysis</i>	<i>E</i> : <i>Writing - Review & Editing</i>	

Nama Penulis	C	M	So	Va	Fo	I	R	D	O	E	Vi	Su	P	Fu
Amalia Azzahra		✓	✓		✓	✓			✓	✓			✓	
Carles Syahputra Hulu	✓		✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Wulan Fransiska Lubis	✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Salwa Risda Pratiwi		✓		✓					✓	✓		✓		
Unedo Nainggolan					✓			✓						
Puji A. Sihombing		✓	✓			✓	✓		✓		✓			✓

KETERSEDIAAN DATA

Data yang mendukung hasil penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik Jawa Barat tahun 2025. Dataset tersebut dapat diakses melalui situs resmi Badan Pusat Statistik yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Jasmin, Riando, and V. Purwayoga, "Data Distribusi pada Jumlah Kasus Penyakit Tuberculosis (TBC) Wilayah Kabupaten/Kota di Jawa Barat pada periode 2016 hingga 2021," *J. Ilm. Tek. Informatika dan Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 41–51, 2024, doi: 10.31289/jitek.v3i2.1845.
- [2] B. P. Statistik, "Kasus Penyakit Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Penyakit di Provinsi Jawa Barat, 2025," BPS. [Online]. Available: <https://jabar.bps.go.id/en/statistics-table/3/YTA1Q1ptRmhUMEpXWTBsQmQyZzBjVzgwUzB4aVp6MDkjMw==/kasus-penyakit-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-penyakit-di-provinsi-jawa-barat--2022.html>
- [3] K. G. Gityarani, "KAJIAN LITERATUR TENTANG KEPADATAN HUNIAN YANG BERHUBUNGAN DENGAN KEJADIAN TUBERKULOSIS PADA ANAK," vol. 9, no. 9, pp. 5091–5098, 2024.
- [4] N. Rahmawati, F. Karno, and E. M. P. Hermanto, "Analisis Penyakit Tuberculosis (TBC) pada Provinsi Jawa Timur Tahun 2021 Menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR)," *Indones. J. Appl. Stat.*, vol. 6, no. 2, pp. 116–124, 2023.
- [5] Muhammad Najiy Yullah, "Analisis Spasial Kasus Persebaran Tuberkolosis Kabupaten dan Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2022-2024," *Router J. Tek. Inform. dan Terap.*, vol. 3, no. 4, pp. 106–119, 2025, doi: 10.62951/router.v3i4.748.
- [6] N. A. Dewi, K. Astuti, S. A. Pandega, D. P. Kusuma, R. A. Huda, and A. A. A. Daryono⁶, "Analisis Spasial Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah dengan Pendekatan OLS dan GWR," *J. Al-Iqtisodiyah J. Ilmu Ekon. dan Ekon. Islam*, vol. 1, no. 3, pp. 92–111, 2025.
- [7] A. Bawasir, S. R. B. P. Kusnadi, and W. A. F. Koman, "Analisis Model Regresi Spasial Kasus Tuberculosis (TB) di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Ordinary Least Squares (OLS) dan Geographically Weighted Regression (GWR)," *J. Ilm. Geomatika*, vol. 5, no. 2, pp. 1–16, 2025.
- [8] R. Utami, A. Oktaviarina, and D. Ariyanto, "PEMODELAN KUSTA DI INDONESIA TAHUN 2023 DENGAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION MENGGUNAKAN FIXED GAUSSIAN WEIGHTED," *J. Ilm. Mat.*, vol. 13, no. 3, pp. 617–623, 2025.
- [9] E. Harahap *et al.*, "Sosialisasi / Penyuluhan Tuberkolosis (TB): Penyebab , Gejala , Penularan dan Pencegahannya di Desa Muaratais Kabupaten Tapanuli Selatan," *J. Pengabd. Masy. dan Ris. Pendidik.*, vol. 4, no. 4, pp. 21608–21612, 2026.
- [10] R. Trezenki, N. Novia, E. R. Supangadi, and A. R. Raihan, "Pemodelan Kasus Tuberculosis Berdasarkan Faktor Lingkungan Menggunakan Metode Geographically and Temporally Weighted Regression Menggunakan Metode Geographically and Temporally Weighted," *EULER J. Ilm. Mat. SAINS DAN Teknol.*, vol. 13, no. 3, pp. 394–402, 2025.
- [11] P. Anggrainy, "IMPLEMENTASI METODE GEOGRAPHICALLY-TEMPORALLY WEIGHTED REGRESSION UNTUK ANALISIS SPASIAL PADA PENCEMARAN UDARA KONSENTRASI PM_{2.5} DI PROVINSI DKI JAKARTA," *J. Ilm. Multidisiplin Ilmu*, vol. 3, no. 1, pp. 106–113, 2026.
- [12] M. R. Ramadayani, F. H. Indiyah, and I. Hadi, "Pemodelan Geographically Weighted Regression Menggunakan Pembobot Kernel Fixed dan Adaptive pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka di Indonesia," *J. Mat. dan Terap.*, vol. 4, no. 5, pp. 51–62, 2022.
- [13] N. A. Bakri, S. Annas, and M. K. Aidid, "Pendekatan Geographically Weighted Regression (GWR) untuk Menganalisis Hubungan PDRB Sektor Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan dengan Faktor Pencemaran Lingkungan di Jawa Timur," vol. 6, no. 01, pp. 11–20, 2024, doi: 10.35580/variainsium194.
- [14] Q. Azkia and S. Andayani, "PEMODELAN PENYEBARAN PENYAKIT TUBERKULOSIS DI PROVINSI JAWA BARAT MENGGUNAKAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION," *J. Stat. DAN SAINS DATA*, vol. 1, no. 1, pp. 67–80, 2023.
- [15] B. Oktaviani, N. Amalita, Y. Kurniawati, and Z. Martha, "Pemodelan Geographically Weighted Regression pada Kasus Pneumonia di Indonesia," *Leibniz J. Mat.*, vol. 5, no. 2, pp. 195–207, 2025.

