RESEARCH ARTICLE • OPEN ACCESS

Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Tuberculosis di Kabupaten Lombok Timur menggunakan Model Spatial Autoregressive Poisson

Ertina Septia Adini, Efida Azizah, Siti Hariati Hastuti, Muhammad Ghazali

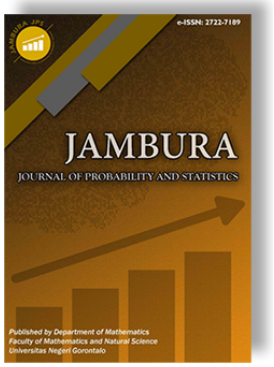
Volume 6, Issue 1, Pages 21–27, May 2025

Received 12 March 2025, Revised 30 April 2025, Accepted 15 Mei 2025, Published Online 31 Mei 2025

To Cite this Article : E. A. Adini, E. Azizah, S. H. Hastuti, M. Ghazali,“ Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Tuberculosis di Kabupaten Lombok Timur menggunakan Model Spatial Autoregressive Poisson ”, *Jambura J. Probab. Stat.*, vol. 6, no. 1, pp. 21–27, 2025, *https://doi.org/10.34312/jjps.v6i1.30913*

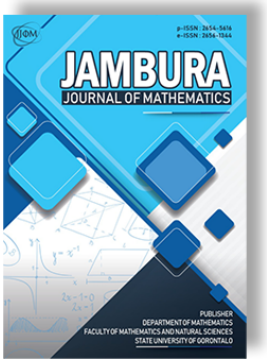
© 2025 by author(s)

JOURNAL INFO • JAMBURA JOURNAL OF PROBABILITY AND STATISTICS



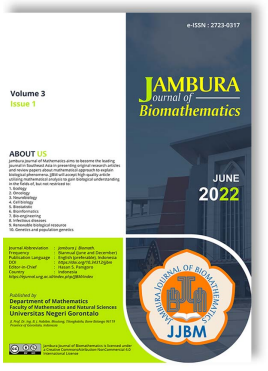
Homepage	:	https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jps/index
Journal Abbreviation	:	Jambura J. Probab. Stat.
Frequency	:	Biannual (May and November)
Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
DOI	:	https://doi.org/10.34312/jjps
Online ISSN	:	2722-7189
Editor-in-Chief	:	Ismail Djakaria
Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
Country	:	Indonesia
OAI Address	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jps/oai
Google Scholar ID	:	kWdujzMAAAAJ
Email	:	redaksi.jjps@ung.ac.id

JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS

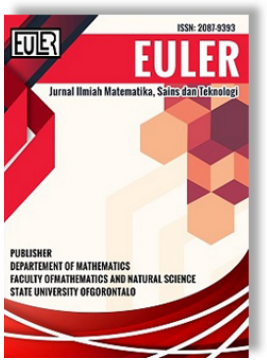


Jambura Journal of Mathematics

Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Biomathematics



EULER : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains, dan Teknologi

Jambura Journal of Probability and Statistics, Volume 6, Issue 1, Pages 21–27, May 2025 https://doi.org/10.34312/jjps.v6i1.30913

Research Article

Check for updates

Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Tuber - culosis di Kabupaten Lombok Timur menggunakan Model Spatial Autoregressive Poisson

Ertina Septia Adini[1], **Efida Azizah**[2], **Siti Hariati Hastuti**[3*], **Muhammad Ghazali** [4].

[1, 2, 3, 4]*Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Hamzanwadi*

ARTICLE HISTORY
Received 12 March 2025
Revised 30 April 2025
Accepted 15 Mei 2025
Published 31 Mei 2025

KATA KUNCI
SAR Poisson
Spasial
Tuberculosis

KEYWORDS
SAR Poisson
Spatial
Tuberculosis

ABSTRAK. *Tuberculosis (TB) adalah suatu penyakit menular yang mematikan yang disebabkan oleh bakteri Mycobacterium tuberculosis. Menurut Dinas Kesehatan Provinsi NTB, jumlah kasus TB di Provinsi NTB dilaporkan sebanyak 7.305 kasus pada tahun 2019. Kabupaten Lombok Timur pada tahun tersebut mencatat sebanyak 1.521 kasus TB. Jumlah kasus TB yang tinggi di Kabupaten Lombok Timur menjadi alasan menarik untuk menggunakan teknik analisis statistik dalam memodelkan variabel yang memengaruhi jumlah kasus TB di Kabupaten Lombok Timur. Penelitian ini menggunakan analisis Spatial Autoregressive Poisson (SAR Poisson). Metode ini merupakan pengembangan dari metode regresi klasik dengan mempertimbangkan ketergantungan spasial pada variabel terikat yaitu data cacah yang mengikuti sebaran Poisson. Menurut hasil penelitian, terdapat ketergantungan spasial yang signifikan pada data berdasarkan hasil uji Moran's I. Hasil pemodelan SAR Poisson menunjukkan bahwa hanya variabel Kepadatan Penduduk (X_4) yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TB di Kabupaten Lombok Timur dengan nilai parameter $-1{,}24 \times 10^{-21}$. Koefisien determinasi terkoreksi menunjukkan hasil yang cukup tinggi dengan nilai 71,8% yang artinya model dapat menjelaskan sebagian besar variabilitas dalam data, yang merupakan indikasi bahwa model tersebut memiliki fit yang baik dan relevansi yang tinggi dengan data. Hasil pemetaan perbandingan data aktual dan nilai dugaan kasus TB dari model SAR Poisson menunjukkan hasil yang serupa.*

ABSTRACT. *Tuberculosis (TB) is a deadly infectious disease caused by the bacteria Mycobacterium tuberculosis. According to the NTB Provincial Health Office, the number of TB cases in NTB Province was reported as many as 7,305 cases in 2019. East Lombok Regency in that year recorded 1,521 TB cases. The high number of TB cases in East Lombok Regency is an interesting reason to use statistical analysis techniques in modeling variables that influence the number of TB cases in East Lombok Regency. This study uses Spatial Autoregressive Poisson (SAR Poisson) analysis. This method is a development of the classical regression method by considering spatial dependence on the dependent variable, namely count data that follows the Poisson distribution. According to the results of the study, there is significant spatial dependence on the data based on the results of the Moran's I test. The results of the SAR Poisson modeling show that only the Population Density variable (X_4) has a significant effect on the number of TB cases in East Lombok Regency with a parameter value of -1.24×10^{-21}. The corrected determination coefficient showed quite high results with a value of 71.8%, which means that the model can explain most of the variability in the data, which is an indication that the model has a good fit and high relevance to the data. The results of the mapping of the comparison of actual data and the estimated value of TB cases from the SAR Poisson model showed similar results.*

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonComercial 4.0 International License. Editorial of JJPS: Department of Statistics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554, Indonesia.

1. Pendahuluan

Penyakit *tuberkulosis* (TB) adalah salah satu dari sepuluh penyakit teratas yang menyebabkan kematian di seluruh dunia dan merupakan *agen infeksi* tunggal yang paling umum di atas HIV/AIDS [1]. *Tuberkulosis* (TB) adalah penyakit menular langsung yang disebabkan oleh kuman yang dikenal sebagai *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini menyerang orang dari bayi hingga orang tua [2]. Penyakit ini tidak hanya dapat menyerang paru-paru tetapi juga dapat menyerang seluruh bagian tubuh [3]. Bakteri TB dapat menular ke manusia yang lain melalui percikan dahak (*droplet*) ketika penderita TB paru aktif batuk atau bersin [4].

Menurut Sari et al. [3] diperkirakan ada 10 juta orang yang terserang TB di seluruh dunia, dengan 5,6 juta pria, 3,2 juta wanita, dan 1,2 juta anak. Selain itu, dia menjelaskan bahwa 90% penderita TB adalah orang dewasa dengan usia di atas 15 tahun, 9% hidup dengan HIV (72% di Afrika) dan dua per tiga lainnya tersebar di beberapa negara, seperti India, Tiongkok, Indonesia, Filipina, Nigeria, Bangladesh, dan Afrika Selatan. Pada tahun 2014, jumlah kasus TB di Indonesia mencapai 324.539, tetapi naik menjadi 330.910 pada tahun 2015 [5]. Menurut Dinas Kesehatan Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) yang dikutip dalam

*Corresponding Author.

Email : siti.hariatih@hamzanwadi.ac.id (S.H Hastuti)
Homepage : https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jps/index / E-ISSN : 2722-7189
© 2025 by the Author(s).

[6], jumlah kasus *tuberkulosis* (TB) yang dilaporkan di Provinsi NTB mencapai 7.305 kasus. Kasus TB lebih banyak terjadi pada laki-laki, yaitu sebesar 61,19% dibandingkan perempuan. Sementara itu, Kabupaten Lombok Timur mencatat 1.521 kasus TB pada tahun 2019, dengan rincian 868 kasus (57,07%) pada laki-laki dan 653 kasus (42,93%) pada perempuan.

Salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan kasus TB di Kabupaten Lombok Timur adalah dengan menerapkan metode *Spatial Autoregressive* (SAR). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat TB serta pemodelan hubungan antara faktor-faktor tersebut, sehingga dapat digunakan untuk perencanaan intervensi yang lebih efektif. Akan tetapi, SAR kurang efektif dalam memodelkan data yang tidak berdistribusi normal sehingga peneliti menggunakan *SAR Poisson* yang lebih efektif untuk melakukan pemodelan. Dalam penelitian ini, peneliti ingin memodelkan kasus TB. Dari hasil pemodelan dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat TB. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah pemodelan *Spatial Autoregressive Poisson*. Metode ini merupakan bentuk regresi klasik yang mempertimbangkan adanya autokorelasi spasial pada variabel terikat yang mengikuti distribusi *Poisson*, sehingga cocok digunakan untuk menganalisis pola penyebaran kasus TB serta faktor-faktor yang memengaruhinya.

Menurut Yuriantari et al. [7], *autokorelasi spasial* merupakan korelasi antara suatu variabel dengan dirinya sendiri berdasarkan aspek ruang. Autokorelasi ini juga dapat diartikan sebagai ukuran kemiripan antar objek dalam suatu ruang yang dapat mencakup faktor jarak, waktu, maupun wilayah. Sehingga metode tersebut dinilai lebih unggul dibandingkan regresi klasik dalam memodelkan kasus TB di Kabupaten Lombok Timur karena dapat memperhitungkan ketergantungan spasial yang terjadi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber rujukan dalam pertimbangan pengambilan kebijakan penanganan kasus TB di Lombok Timur melalui hasil analisis dan pemodelan menggunakan *SAR Poisson*. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Rohimah & Riyantobi [8] bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah penderita HIV/AIDS di Jakarta Timur. Penelitian ini menggunakan metode *SAR Poisson* dipengaruhi oleh ketergantungan spasial antar daerah yang berdekatan. Nilai $\rho = -0{,}47$ menunjukkan bahwa lokasi-lokasi yang berdekatan memiliki variasi nilai yang berbeda dan cenderung tersebar. Pertiwi et al. [9] juga melakukan penelitian menggunakan model *SAR Poisson* untuk menganalisis persebaran kasus kusta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *SAR* mampu menggambarkan jumlah kasus kusta di Provinsi Jawa Timur dengan nilai *AIC* sebesar 109,951 dan akurasi 71,93%. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kasus kusta meliputi proporsi rumah tangga sehat serta jumlah puskesmas di setiap kabupaten/kota di wilayah tersebut. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Kholijah et al. [10] mengenai *SAR Poisson* untuk memperkirakan faktor-faktor yang mempengaruhi *Covid-19*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor utama yang mendorong kasus signifikan pasien *COVID-19* di Sumatera adalah pendapatan, suhu setempat, dan kepatuhan terhadap jarak aman. Dengan koefisien $\rho = 0{,}28309$ mengartikan Provinsi Sumatera yang terdampak penderita *COVID-19* sebesar 0,23830. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Bari BH [11] untuk menampilkan faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran virus *HIV/AIDS* di Sulawesi Selatan. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya korelasi spasial yang signifikan, yang berarti bahwa jumlah kasus *HIV/AIDS* di suatu wilayah dipengaruhi oleh jumlah kasus di lokasi sekitarnya. Rohima [12] juga melakukan penelitian untuk mendeteksi faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah penderita *HIV* di Jawa Timur. Hasil analisis menunjukkan adanya korelasi spasial yang signifikan sebesar $\rho = 0{,}2$ yang berarti bahwa jumlah pengidap *HIV/AIDS* di suatu wilayah dipengaruhi oleh jumlah kasus di lokasi sekitarnya. Selain itu, model ini memiliki koefisien determinasi sebesar 0,51, yang menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 51% variasi jumlah penderita *HIV/AIDS* di wilayah tersebut.

Pentingnya melakukan penelitian dengan menggunakan metode *SAR Poisson* terletak pada kemampuan metode ini untuk menangkap ketergantungan spasial antar lokasi. Dengan mempertimbangkan ketergantungan spasial, metode *SAR Poisson* dapat memberikan hasil analisis yang lebih akurat dan relevan dibandingkan metode lain yang tidak mempertimbangkan faktor spasial. Dalam konteks proyek konstruksi, risiko di satu lokasi dapat mempengaruhi lokasi-lokasi lain yang berdekatan, sehingga penting untuk menggunakan model yang dapat mengakomodasi interaksi antar lokasi tersebut. Penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Rohimah & Riyantobi [8] dan Pertiwi et al. [9], telah menunjukkan bahwa model *SAR Poisson* efektif dalam memodelkan fenomena yang dipengaruhi oleh faktor-faktor spasial, seperti penyebaran penyakit. Hasil penelitian ini memberikan bukti bahwa pendekatan *SAR Poisson* dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang distribusi risiko dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Sehingga, penggunaan metode *SAR Poisson* akan membantu mengidentifikasi dan menganalisis risiko dengan lebih tepat dan memberikan rekomendasi mitigasi yang lebih efektif.

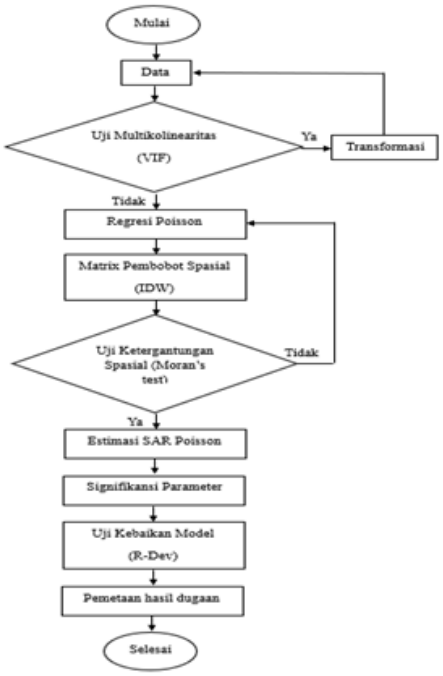
Penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu karena dalam penelitian ini fokus utamanya adalah pada analisis risiko dan faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran *TB* pada suatu wilayah menggunakan metode *Spatial Autoregressive (SAR) Poisson*. Sementara penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Rohimah & Riyantobi [12], Pertiwi et al. [9], Kholijah et al. [10], dan Bari [11] juga menggunakan metode *SAR Poisson*, penelitian mereka lebih terfokus pada penyakit tertentu seperti *HIV/AIDS*, kusta, dan *COVID-19* di berbagai daerah di Indonesia.

Penelitian ini dapat mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor spesifik yang mempengaruhi penyebaran *TB* di wilayah tertentu dengan menggunakan metode *SAR Poisson*. Dengan pendekatan ini, penelitian ini dapat mengungkap pola spasial dan ketergantungan antara wilayah-wilayah yang berdekatan yang mungkin belum teridentifikasi dalam penelitian sebelumnya. Hal ini memungkinkan penentuan intervensi yang lebih tepat sasaran berdasarkan pola penyebaran yang teridentifikasi. Selain itu, penelitian ini juga berfokus pada integrasi berbagai faktor yang mungkin mempengaruhi penyebaran *TB*, seperti variabel sosial, ekonomi, dan demografis.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan software *R-Studio* untuk menganalisis data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan dan Profil Kesehatan Kabupaten Lombok Timur tahun 2022. Penelitian ini menggunakan kasus *TB* sebagai variabel terikat dan empat

variabel bebas: pasien *HIV* (X_1), petugas kesehatan (X_2), pengelolaan sampah rumah tangga (X_3), dan kepadatan penduduk (X_4). Penelitian ini menggunakan analisis spasial yaitu metode *Spatial Autoregressive Poisson (SAR Poisson)* dengan tingkatan analisis penelitian, teknik pengambilan sampel, cara pengumpulan data, dan metode analisis data. Metode analisis data yang dipakai harus diuraikan terperinci, sebagai berikut:



2.1. *Uji multikolinearitas*

Menurut Jusmansyah et al. [13], uji multikolinearitas bertujuan untuk menguji apakah ada korelasi antar variabel bebas, dapat dilihat dari nilai Variance Inflation Factor (VIF). Menurut Ryan dalam [13][6], nilai VIF yang lebih besar dari 10 (VIF > 10) menunjukkan adanya multikolinearitas antar variabel prediktor. Jika tidak memenuhi uji VIF maka akan menyebabkan koefisien regresi menjadi tidak stabil dan sulit untuk diinterpretasikan, karena variabel yang berkorelasi dapat saling mempengaruhi. Nilai VIF dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{VIF}_k = \frac{1}{1 - R_k^2} \tag{1}$$

di mana:

VIF_k =Variance Inflation Factor untuk variabel independen ke-k

R_k^2 =Koefisien determinasi (R-squared)

2.2. *Menghitung Matriks Pembobotan Spasial menggunakan Inverse Distance Weighting (IDW).*

Pada matriks pembobot, setiap titik input mempunyai pengaruh lokal yang berkurang terhadap jarak [14]. Menurut Yudanegara et al. [14], banyaknya baris pada setiap matriks yang menggunakan *Inverse Distance Weighting (IDW)* adalah 1. Secara matematis, perhitungan matriks IDW [15] dinyatakan sebagai berikut:

$$W = [w_{ij}] = \begin{cases} 0, & \text{jika } i = j \\ \frac{1/d_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} 1/d_{ij}}, & \text{jika } i \neq j \end{cases} \tag{2}$$

di mana:

W =Matriks pembobot spasial

w_{ij} =Elemen dari matriks pembobot W

$i = j$ =Ketika unit spasial i sama dengan j

$i \neq j$ =Ketika unit spasial i berbeda dengan j

d_{ij} =Jarak antara unit spasial i dan j

$\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{d_{ij}}$ =Jumlah kebalikan jarak antara unit i dan semua unit j

2.3. *Melakukan Analisis Regresi Poisson untuk Memperoleh Penduga dalam Model*

Regresi Poisson merupakan model regresi yang dapat digunakan untuk data yang variabel responnya tidak berdistribusi normal dan bersifat diskrit. *Regresi Poisson* merupakan penerapan *Generalized Linear Model (GLM)* yang menggambarkan hubungan antara variabel Y data diskrit dan variabel bebas. Y berdistribusi Poisson [10] [16]. Adapun model *regresi Poisson* adalah:

$$y_i = \mu_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n \tag{3}$$

Dimana y_i adalah jumlah kejadian dan μ_i adalah rata-rata kejadian dimana μ_i diasumsikan tidak berubah dari data ke data. Terdapat sebuah fungsi g yang linear yang menghubungkan rata-rata dari variabel terikat dengan variabel respon, yaitu:

$$g(\mu_i) = \eta_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_k X_{ki} \tag{4}$$

Dengan:

$g(\mu_i)$ = Fungsi link yang menghubungkan nilai ekspektasi (μ_i)

μ_i = Nilai ekspektasi dari variabel dependen y_i pada titik i

η_i = Prediktor linear

β_0 = Intersep atau konstan dalam model regresi

β_k = Koefisien regresi untuk variabel independen X_{ki}

X_{ki} = Nilai dari variabel independen ke-k pada observasi ke-i

Fungsi g tersebut merupakan fungsi *link* atau fungsi penghubung, sedangkan hubungan dengan rata-rata dan penduga linear adalah:

$$\mu_i = g^{-1}(\eta_i) = g^{-1}(\mathbf{X}^T \boldsymbol{\beta}) \tag{5}$$

di mana:

μ_i =Nilai ekspektasi dari variabel dependen y_i pada titik i

$g^{-1}(\eta_i)$ =Fungsi invers dari fungsi link g

$\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta}$ =Produk dot antara vektor variabel independen $\mathbf{X}_i$ dan vektor koefisien regresi $\boldsymbol{\beta}$

2.4. Melakukan Estimasi SAR Poisson untuk Mendapatkan Penduga dalam Model

Bentuk persamaan model *SAR* Fotheringham dan Rogerson dalam Rohimah Riyantobi [8] dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_i = \rho \sum_{j=1}^{n} W_{ij}^{*} y_j + x_i \beta + \varepsilon_i \tag{6}$$

di mana:

y_i =Nilai observasi dari variabel dependen
ρ =Parameter autokorelasi spasial
W_{ij} =Elemen dari matriks pembobot spasial
$\sum_{j=1}^{n} W_{ij}^{*} y_j$ =Model yang menggabungkan pengaruh nilai variabel dependen
$x_i \beta$ =Kombinasi linear dari variabel-variabel independen x_i dengan koefisien regresi β
ε_i =Kesalahan acak pada titik i

dengan ρ merupakan koefisien spasial otoregresif, W^{*} merupakan matriks pembobot spasial yang sudah dibakukan pada daerah ke-i dan tetangga ke-j, serta galat acak yang bebas dan identik secara stokastik. Jika model *SAR* ditulis dalam bentuk matriks, maka sebagai berikut:

$$y = \rho W^{*} y + X\beta + \varepsilon \tag{7}$$

Bentuk reduksi *SAR* di atas kemudian menjadi persamaan berikut:

$$y = A^{-1} X\beta + \varepsilon^{*} \tag{8}$$

Jika $A = I - \rho W^{*}$, maka A^{-1} adalah invers matriks A dan $\varepsilon^{*} = A^{-1}\varepsilon$. Penggunaan spasial pada model autoregresif untuk data cacah (Lambert et al., 2010) dalam Rohimah dan Riyantobi [8] adalah:

$$\mu_i^{SAR} = \exp\left(a_i X\beta\right) \tag{9}$$

di mana:

μ_i^{SAR} = Nilai ekspektasi dari variabel dependen
$\exp\left[a_i X\beta\right]$ = Fungsi eksponensial

Pada model *Poisson SAR*, nilai ekspektasi wilayah atau lokasi ke-i merupakan fungsi dari wilayah atau lokasi ke-j tetangganya. Selain itu, model *Poisson SAR* juga digunakan untuk data respon yang berbentuk cacahan (*count data*). Fungsi massa probabilitas dari model *SAR Poisson* adalah:

$$y(y_i \mid X, W^{*}; \beta, \rho) = \frac{(\mu_i^{SAR})^{y_i} \exp(-\mu_i^{SAR})}{y_i!} \tag{10}$$

di mana:

$y(y_i \mid X, W^{*}; \beta, \rho)$ =Fungsi massa probabilitas dari distribusi *Poisson* untuk variabel dependen y_i,
diberikan variabel-variabel independen X,
matriks pembobot spasial W^{*},
parameter regresi β, dan
parameter autokorelasi spasial ρ
μ_i^{SAR} = Ekspektasi dari variabel dependen y_i
$(\mu_i^{SAR})^{y_i}$ = Menyatakan μ_i^{SAR} dipangkatkan dengan y_i
$\exp(-\mu_i^{SAR})$ = Fungsi eksponensial dari $-\mu_i^{SAR}$
$y_i!$ = Faktorial dari y_i

2.5. Menguji signifikansi parameter dengan menggunakan Uji Wald

Uji Wald dilakukan untuk pengujian pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial [17]. Adapun hipotesis dan statistik uji bagi koefisien korelasi adalah sebagai berikut:

$H_0 : \rho = 0$ (tidak ada korelasi spasial)
$H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi spasial)

$$G_p = \left(\frac{\hat{\rho}_0}{\text{se}\,\hat{\beta}_0}\right)^2 \tag{11}$$

G_p = Statistik uji *Wald* untuk menguji signifikansi parameter ρ_0
$\hat{\rho}_0$ = Estimasi dari parameter ρ_0
$\text{se}\,\hat{\beta}_0$ = *Standard error* dari estimasi parameter β_0

Statistik G_p akan mengikuti sebaran χ^2 dengan derajat bebas 1. Kriteria keputusan yang diambil yaitu menolak H_0 jika $G_p > \chi^2_{(\alpha/2;1)}$.

Adapun hipotesis dan statistik uji bagi koefisien parameter β_k adalah:

$H_0 : \beta_k = 0$
$H_1 : \beta_k \neq 0$

$$G_p = \left(\frac{\hat{\beta}_k}{\text{se}\,\hat{\beta}_k}\right)^2 \tag{12}$$

G_p = Statistik uji *Wald* untuk parameter β_k
$\hat{\beta}_k$ = Estimasi dari parameter β_k
$\text{se}\,\hat{\beta}_k$ = *Standard error* dari estimasi parameter $\hat{\beta}_k$

Statistik G_β akan mengikuti sebaran χ^2 dengan derajat bebas 1. Kriteria keputusan yang diambil yaitu menolak H_0 jika $G_\beta > \chi^2_{(\alpha/2;1)}$.

2.6. Menghitung Kebaikan Model

Kualitas model dilihat berdasarkan nilai R^2_{DEV} dan R^2_{adjusted}. Jika kedua nilai tersebut berada di atas 50%, maka dapat dinyatakan baik. Berikut rumus yang digunakan:

$$R^2_{\text{DEV}} = 1 - \frac{\ln L(y) - \ln L(y \mid \hat{\mu})}{\ln L(y) - \ln L(y \mid \hat{y})} \tag{13}$$

$\ln L(y) = \sum_{i=1}^{n} \left[y_i \ln(y_i) - y_i - \ln(y_i!) \right]$ adalah logaritma natural dari fungsi kemungkinan maksimum ketika semua parameter β_j ($j = 0, 1, 2, \ldots, k$) tidak disertakan dalam model, dan y_i adalah nilai pengamatan dari peubah respon.

$\ln L(\hat{\mu}) = \sum_{i=1}^{n} \left[y_i \ln(\hat{\mu}_i) - y_i - \ln(\hat{\mu}_i!) \right]$ adalah logaritma natural dari fungsi kemungkinan maksimum ketika semua parameter β_j disertakan dalam model, dan $\hat{\mu}_i$ adalah nilai dugaan untuk pengamatan ke-i.

$\ln L(\bar{y}) = \sum_{i=1}^{n} \left[y_i \ln(\bar{y}) - y_i - \ln(\bar{y}!) \right]$ adalah logaritma natural dari fungsi kemungkinan maksimum ketika hanya β_0 yang disertakan dalam model, dan $\bar{y}$ adalah rata-rata respon y.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji Multikolinearitas

Berikut adalah hasil nilai VIF pada uji multikolinearitas dari masing-masing variable bebas.

Tabel 1. Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel Bebas	VIF
Penderita HIV	0,804
Jumlah tenaga medis	0,304
Pengelolaan sampah rumah tangga	0,564
Jumlah penduduk	-0,002

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa seluruh variabel bebas memiliki nilai VIF < 10. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi multikolinearitas antar variabel bebas.

3.2. Menghitung Matriks Pembobot

Berikut adalah hasil matriks pembobot spasial menggunakan *Inverse Distance Weight* (IDW), dengan pemberian bobot berdasarkan jarak.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}0415 & \cdots & \cdots & 0{,}0317 & 0{,}0351 \\ 0{,}0206 & 0 & \cdots & \cdots & 0{,}0491 & 0{,}056 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \ddots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ 0{,}012 & 0{,}0453 & \cdots & \cdots & 0{,}1178 & 0 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan matriks pembobot spasial yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa semakin dekat lokasi tersebut dengan jarak tempat kasus TB terbesar menunjukkan bahwa semakin besar bobot angkanya, dan demikian juga sebaliknya.

3.3. Analisis Model Regresi Poisson

Analisis regresi dapat digunakan untuk melihat hubungan antara jumlah kasus TB dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Model regresi Poisson yang dibentuk menggunakan empat variabel terikat. Nilai dugaan parameter dari model ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa semua parameter bernilai signifikan. Hal ini ditandai dengan nilai *p-value* yang lebih kecil dari taraf $\alpha = 0.05$. Dengan demikian, penderita HIV (x_1), tenaga medis (x_2), pengelolaan sampah rumah tangga (x_3), dan kepadatan penduduk (x_4) berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TBC di Kabupaten Lombok Timur. Kemudian, hasil penduga parameter dari regresi Poisson tersebut digunakan sebagai nilai awal untuk memperoleh penduga parameter pada model *SAR Poisson*.

3.4. Analisis Model SAR Poisson

Estimasi parameter koefisien model (SAR Poisson) dilakukan dengan menggunakan metode estimasi kemungkinan maksimum. Model SAR Poisson merupakan model nonlinier dan tidak mempunyai bentuk tertutup. Oleh karena itu, proses pendugaan parameter koefisien regresi menggunakan iterasi dengan metode Newton-Raphson. Didapatkan nilai awal iterasi ke-0 dan hasil dari setiap proses iterasi. Nilai konvergensi ditentukan ketika diperoleh selisih $|\beta^*_{t+1} - \beta^*_t| < 10^{-18}$. Pada iterasi ke-11, nilai koefisien estimasi parameter mencapai konvergensi.

Analisis model SAR Poisson di Kabupaten Lombok Timur dengan melibatkan seluruh Kecamatan memperlihatkan bahwa jumlah kasus TB dipengaruhi oleh jumlah penduduk. Pada Tabel 3 ditunjukkan uji signifikansi setiap penduga parameter menggunakan Uji Wald. Hasil uji Wald memperlihatkan bahwa nilai korelasi spasial signifikan. Parameter ρ digunakan untuk menggambarkan tingkat signifikan antara wilayah-wilayah yang dianalisis. Hasil yang diperoleh nilai korelasi spasial $= 1,572 \times 10^{-4}$ dengan nilai galat $= 1,415 \times 10^{-2}$ dan nilai $\chi^2 = 3,841$. Hal ini menunjukkan korelasi spasial pada model nyata pada taraf $\alpha = 5\%$. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jumlah kasus TB pada suatu penduduk atau penduduk yang bertempat tinggal berdekatan dengan penduduk lainnya akan berpengaruh terhadap jumlah kasus TB pada lokasi di sekitarnya. Uji signifikansi untuk setiap penduga parameter diperoleh nilai $G_\beta > \chi^2$.

Berdasarkan koefisien determinasi diperoleh bahwa jumlah keragaman dari jumlah kasus TB dapat dijelaskan oleh variabel bebas sebesar 72% berdasarkan R^2 devians R^2_{DEV} dan 71% R^2 terkoreksi (R^2_{adj}), 66% berdasarkan R^2 deviansi yang telah dikoreksi oleh derajat bebas ($R^2_{\text{DEV,db}}$), dan 81% berdasarkan R^2 jumlah kuadrat (R^2_{jk}). Model SAR Poisson yang diperoleh dapat ditulis sebagai berikut:

Model SAR Poisson yang diperoleh dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mu_i^{\text{SAR}} = \exp\left(a_i X \beta\right)$$

dengan $\rho = 0,1$ dan

$$\beta = \begin{bmatrix} 1,482749 \times 10^{-4} \\ 2,930781 \times 10^{-5} \\ 2,881784 \times 10^{-7} \\ 2,461567 \times 10^{-10} \\ -1,243391 \times 10^{-21} \end{bmatrix}$$

Berdasarkan model yang diperoleh, menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu satuan jumlah penduduk di suatu wilayah akan menyebabkan nilai harapan kasus tuberkulosis meningkat sebesar $\exp\left(1,482749 \times 10^{-4}\right) = 1,000148$ kali dengan asumsi peubah lain dianggap tetap. Artinya, setiap terjadi penambahan 10.000 jumlah penduduk maka nilai harapan kasus TB juga akan meningkat sebanyak 1,000148 orang dengan asumsi peubah lain

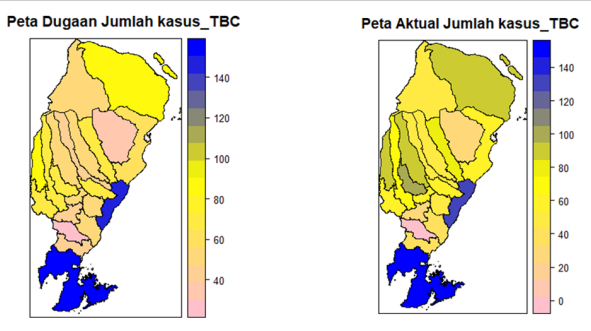
Tabel 2. Nilai dugaan parameter model regresi Poisson

Parameter	Nilai dugaan	Galat baku	p-value
β_0 (Intercept)	3,147	$8,638 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-16***}$
$\beta_1(x_1)$	$9,334 \times 10^{-2}$	$1,191 \times 10^{-3}$	$4,5 \times 10^{-15***}$
$\beta_2(x_2)$	$2,757 \times 10^{-2}$	$1,287 \times 10^{-2}$	$0,032^{*}$
$\beta_3(x_3)$	$1,691 \times 10^{-2}$	$7,050 \times 10^{-3}$	$0,016^{*}$
$\beta_4(x_4)$	$-9,007 \times 10^{-5}$	$3,174 \times 10^{-5}$	$0,004^{**}$

Keterangan: $*$ = Hasil signifikansi uji pada tingkat 5%
$**$ = Hasil signifikansi uji pada tingkat 1%
$***$ = Hasil signifikansi uji pada tingkat 0,1%

Tabel 3. Nilai dugaan parameter model SAR Poisson

Parameter	Nilai Dugaan	Galat Baku	X^2
ρ	$1,572 \times 10^{-4}$	$1,415 \times 10^{-2}$	
β_0 (Intercept)	3,176	$2,453 \times 10^{-3}$	
$\beta_1(x_1)$	$29,525 \times 10^{-3}$	$1,203 \times 10^{-3}$	3,841
$\beta_2(x_2)$	$2,211 \times 10^{-2}$	$1,184 \times 10^{-2}$	
$\beta_3(x_3)$	$1,336 \times 10^{-2}$	$7,232 \times 10^{-3}$	
$\beta_4(x_4)$	$-9,204 \times 10^{-5}$	$3,174 \times 10^{-5}$	



Gambar 1. Peta Perbandingan Data Aktual dan Dugaan Model SAR Poisson

dianggap tetap. Pemodelan jumlah kasus tuberkulosis menggunakan SAR Poisson diperoleh nilai R^2 sebesar 81%.

3.5. Pemetaan Wilayah Terkena Kasus Tuberculosis

Berdasarkan Gambar 1, didapatkan peta perbandingan penyebaran kasus TB di Kabupaten Lombok Timur dengan melihat jumlah kasus TB berdasarkan analisis warna sebagai indikator tingkat risiko dan sebaran penyakit. Untuk kasus TB paling rendah di Kabupaten Lombok Timur ditunjukkan oleh warna *pink*, yang berada pada wilayah Jerowaru dan Wanasaba, sedangkan untuk kasus TB tertinggi ditunjukkan oleh warna biru yang berada pada wilayah Ekas, Tanjung Ringgit, Kaliantan, Pemokong, Serubung, Tembere, dan Awang.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya ketergantungan spasial dalam sebaran kasus TB di Kabupaten Lombok Timur, di mana wilayah-wilayah dengan nilai tinggi cenderung dikelilingi oleh wilayah dengan nilai serupa. Pola ini sejalan dengan temuan dari Zebua dan Jaya (2022) yang menggunakan model *Spatial Autoregressive (SAR)* di Provinsi Jawa Tengah dan menemukan adanya autokorelasi spasial positif antarwilayah [15].

4. Kesimpulan

Hasil penelitian mengungkapkan adanya ketergantungan spasial yang signifikan dalam data berdasarkan hasil uji Moran's I. Pemodelan *SAR Poisson* menunjukkan bahwa dari semua variabel yang diuji, hanya variabel Kepadatan Penduduk (X_4) yang memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TB di Kabupaten Lombok Timur, dengan nilai parameter sebesar $-1{,}24 \times 10^{-21}$. Koefisien determinasi terkoreksi (*adjusted* R^2) menunjukkan hasil yang cukup tinggi, yaitu sebesar 71,8%. Adapun hasil pemetaan perbandingan data aktual dan nilai dugaan kasus TB dari model *SAR Poisson* menunjukkan pola sebaran yang serupa. Jumlah kasus TB pada peta persebaran digambarkan berdasarkan analisis warna sebagai indikator tingkat risiko dan sebaran penyakit. Untuk kasus TB paling rendah di Kabupaten Lombok Timur ditunjukkan oleh warna *pink*, yang berada pada wilayah Jerowaru dan Wanasaba, sedangkan kasus TB tertinggi ditunjukkan oleh warna biru yang berada pada wilayah Ekas, Tanjung Ringgit, Kaliantan, Pemokong, Serubung, Tembere, dan Awang.

5. Daftar Pustaka

[1] S. Yunita *et al.*, "Analisis spasial kejadian tuberkulosis berdasarkan lingkungan fisik," *Environmental Occupational Health and Safety Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2022.
[2] I. Faizah and B. Raharjo, "Penanggulangan tuberkulosis paru dengan strategi dots (directly observed treatment short-course)," *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, vol. 3, no. 3, pp. 430–441, 2019. [Online]. Available: https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/higeia/article/view/25499
[3] "Tuberkulosis paru post wodec pleural efusion: Laporan kasus," *Jurnal Medical Profession*, vol. 4, no. 2, pp. 174–182, 2020.
[4] M. Making *et al.*, "Analisa faktor pengetahuan dan sikap dengan perilaku pencegahan tb paru pada kontak serumah selama era new normal covid 19," *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, vol. 5, no. 1, pp. 43–50, 2023.
[5] "Penanggulangan tuberkulosis paru dengan strategi dots," *Higeia J Public Heal Res Dev*, vol. 3, no. 2, pp. 223–233, 2019.
[6] "Penanganan multikolinearitas dengan menggunakan analisis regresi komponen utama pada kasus impor beras di provinsi sulut," *Jurnal Ilmiah Sains*, vol. 18, no. 1, p. 18, 2018.
[7] "Analisis autokorelasi spasial titik panas di kalimantan timur menggunakan indeks moran dan local indicator of spatial autocorrelation (lisa)," *Jurnal Eksponensial*, vol. 8, no. 1, pp. 63–70, 2020.
[8] "Model spasial otoregresif poisson untuk mendeteksi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah penderita hiv aids di jakarta timur," *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, vol. 3, no. 2, pp. 35–44, 2020.
[9] A. P. Pertiwi, "Using the quizizz as an assessment of students' english learning," *Journal of English Teaching, Applied Linguistics and Literatures (JETALL)*, vol. 5, no. 1, pp. 37–44, 2020.
[10] "Poisson spatial autoregressive (sar) for estimating factors influencing covid-19," *Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam LLDikti Wilayah 1 (JUMPA)*, vol. 3, no. 2, pp. 57–64, 2020.

[11] H. Bahri, "Penggunaan model spatial autoregressive (sar) poisson untuk melihat faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran virus hiv/aids di provinsi sulawesi selatan," Doctoral dissertation, Universitas Negeri Makassar, 2017.

[12] "Model spasial autotoregresif poisson untuk mendeteksi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah penderita hiv di provinsi jawa timur," *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, vol. 38, no. 2, pp. 169–175, 2020.

[13] "Analisis pengaruh curent ratio, debt to equity ratio, total asset turnover, dan return on equity terhadap harga saham," *Jurnal Ekonomika dan Manajemen*, vol. 9, no. 2, pp. 179–198, 2020.

[14] R. Yudanegara *et al.*, "Penggunaan metode inverse distance weighted (idw) untuk pemetaan zona nilai tanah (studi kasus: Kelurahan gedong meneng, bandar lampung)," *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, vol. 4, no. 2, pp. 85–90, 2021.

[15] "Analisis autokorelasi spasial kasus positif covid-19 menggunakan indeks moran dan lisa," *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, vol. 11, no. 3, pp. 483–492, 2020.

[16] "Pemodelan regresi poisson terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya hipertensi di kota kendari," *Jurnal Matematika, Komputasi dan Statistika*, vol. 3, no. April, pp. 255–262, 2020.

[17] "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi audit delay pelaporan keuangan pada perusahaan manufaktur yang terdaftar di bursa efek indonesia," *Jurnal Darma Agung*, vol. 29, no. 2, p. 223, 2022.