

Pemodelan Jumlah Kasus Tuberkulosis pada Anak di Kota Bandung dengan Pendekatan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*

Brenda Bunga Prasenda¹, Mohamad David Hermawan², Mutiara Aisharezka³, Sufyan Ats Tsauri⁴, Nur Chamidah^{5✉}

^{1, 2, 3, 4, 5} Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 04-01-2024

Direvisi : 06-01-2024

Diterima : 13-01-2024

Kata Kunci:

Regresi Binomial Negatif
Berbobot Geografis;
Regresi Spasial;
Tuberkulosis.

Keywords :

*Geographically Weighted
Negative Binomial
Regression; Spatial
Regression; Tuberculosis.*

Corresponding Author :

Nur Chamidah

Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Indonesia

Jl. Dr. Ir. H. Soekarno, Surabaya, 60116, Indonesia

Email: nur-c@fst.unair.ac.id

ABSTRAK

Penyakit Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit yang menular. Menurut data WHO tahun 2020, sebanyak 1,5 juta orang kehilangan nyawa karena tuberkulosis. Penyakit ini menduduki peringkat ke-13 sebagai penyebab kematian paling utama di seluruh dunia, menjadi penyakit menular dengan peringkat kematian tertinggi kedua setelah COVID-19. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pemodelan yang baru berdasarkan metode, sasaran, dan waktu yang berbeda menggunakan pendekatan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR), dilakukan pemodelan terhadap faktor-faktor yang memengaruhi tingkat kejadian penyakit tuberkulosis di Kota Bandung. Pemodelan dalam penelitian ini diketahui mempunyai perbedaan antara *Negative Binomial Regression* dengan *Geographically Weight Negative Binomial Regression* (GWNBR) dengan Bojongloa Kaler memiliki kasus tertinggi, dipengaruhi secara signifikan oleh jumlah kasus pada laki-laki dewasa. Penelitian ini mendorong pemerintah Kota Bandung untuk memberikan pelayanan kesehatan merata, mempertimbangkan faktor tersebut, dan mengevaluasi kebijakan guna mengurangi kasus tuberkulosis pada anak usia 0-14 tahun, terutama pada laki-laki dewasa.

ABSTRACT

Tuberculosis (TB) is an infectious disease. According to WHO data in 2020, as many as 1.5 million people lost their lives due to tuberculosis. This disease is ranked 13th as the leading cause of death worldwide, becoming the infectious disease with the second highest death rate after COVID-19. This research aims to create new modeling based on different methods, targets and time using the Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR) approach, modeling the factors that influence the incidence of tuberculosis in Bandung City. The modeling in this study is known to have differences between Negative Binomial Regression and Geographically Weight Negative Binomial Regression (GWNBR) with Bojongloa Kaler having the highest cases, significantly influenced by the number of cases in adult men. This research encourages the Bandung City government to provide equitable health services, consider these factors, and evaluate policies to reduce tuberculosis cases in children aged 0-14 years, especially in adult males.

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TBC) adalah penyakit yang menular akibat bakteri *Mycobacterium Tuberculosis*. Menurut WHO (2020), sejumlah 1,5 juta jiwa tewas akibat TBC, sehingga menjadikan TBC sebagai penyumbang angka kematian tertinggi ke-13 di dunia dan menjadi penyakit menular yang menyebabkan kematian tertinggi ke-2 di dunia setelah COVID-19. Menurut WHO (2020), Indonesia termasuk ke dalam salah satu dari 30 negara dengan kasus tuberkulosis tertinggi di dunia. Penyakit tuberkulosis dapat disebabkan karena beberapa faktor. Beberapa faktor tersebut antara lain kepadatan penduduk, yaitu jumlah penduduk per satuan luas wilayah (BPS, 2018). Kedua, perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) dalam bentuk kampanye kesadaran juga menjadi bagian kunci dalam upaya pencegahan TBC di tingkat masyarakat. Selanjutnya, jumlah kasus TBC pada laki-laki dewasa dengan peluang yang mendekati 1,5 kali dibandingkan perempuan (Andayani, 2020). Terakhir, adalah vaksin BCG yaitu salah satu vaksinasi wajib dari pemerintah bagi bayi dan anak-anak untuk mencegah TBC. (Kemenkes, 2022).

Pendekatan spasial untuk memahami hal-hal yang berkontribusi terhadap penyakit TBC yaitu metode GWPR. Dalam proses analisis regresi poisson, tidak jarang munculnya overdispersi. Salah satu solusi dari overdispersi adalah pendekatan regresi binomial negatif (Winata, 2023). Pada penelitian sebelumnya, Damayanti dan Sunandiari (2021) memanfaatkan metode MARS untuk mengkaji beberapa faktor yang berdampak terhadap penyakit TBC di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur pada tahun 2019. Namun, pada penelitian tersebut dari tujuh faktor yang diperkirakan mempengaruhi tuberkulosis, hanya terbukti enam faktor yang mempengaruhi jumlah penderita TBC. Demikian pula, studi serupa yang dilakukan oleh Salim, dkk. (2023), yaitu analisis regresi Poisson terhadap beberapa faktor yang memiliki pengaruh terhadap jumlah pasien TBC di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2020, menemukan bahwa dari enam faktor yang diperkirakan mempengaruhi hanya lima faktor yang memiliki pengaruh signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pemodelan yang baru berdasarkan metode, sasaran, dan waktu yang berbeda dapat menentukan permodelan beberapa faktor yang memiliki pengaruh terhadap jumlah pasien TBC di Kota Bandung. Hal ini selaras terhadap Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) yaitu pada bidang kehidupan sehat dan sejahtera (SDG 3), tujuan SDGs ini memiliki berbagai target yang berfokus pada peningkatan kesehatan masyarakat global dan penanggulangan penyakit menular (Bappenas, 2015).

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Studi ini memanfaatkan data sekunderr yang didapat dari *open data* Dinas Kesehatan Kota Bandung. *Dataset* yang diambil mencakup jumlah kasus tuberkulosis pada anak usia 0-14 tahun (Y), kepadatan penduduk (X_1), praktik perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) di rumah tangga (X_2), jumlah penduduk dewasa laki-laki yang terkena tuberkulosis (X_3), dan cakupan vaksin BCG di Kota Bandung (X_4) pada tahun 2021. Unit observasi terdiri dari 30 kecamatan di Kota Bandung.

Uji Multikolinearitas

Ghozali (2016) menjelaskan bahwa uji multikolinaritas dilakukan untuk mengetahui terjadi atau tidaknya hubungan antara variabel prediktor pada suatu model regresi. Pengujian ini melibatkan penilaian terhadap *Variance Inflation Factor* (VIF) dan *Tolerance* dalam model regresi. Kriteria untuk mengambil keputusan mengenai pengujian multikolinearitas dapat diuraikan sebagai berikut (Ghozali, 2016):

1. Jika nilai VIF < 10 atau nilai *Tolerance* > 0,01, sehingga dianggap tidak terjadi multikolinearitas.
2. Jika nilai VIF > 10 atau nilai *Tolerance* < 0,01, sehingga dapat disimpulkan bahwa multikolinearitas terjadi.

3. Jika koefisien korelasi antar variabel bebas bernilai $> 0,8$, ada indikasi terjadi multikolinaritas. Sebaliknya, apabila koefisien korelasi antara masing-masing variabel bebas bernilai $< 0,8$, maka multikolinearitas dianggap tidak ada.

Terdapat cara-cara yang umum digunakan untuk mengatasi masalah terjadinya multikolinearitas, di antaranya:

1. Menggantikan atau menghilangkan variabel yang memiliki korelasi tinggi.
2. Memperluas jumlah pengamatan.
3. Mengubah bentuk data menjadi bentuk alternatif, seperti *first difference delta*, akar kuadrat, atau logaritma natural.

Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)

Regresi Binomial Negatif Berbobot Geografis adalah pendekatan statistik yang digunakan untuk memodelkan data dengan heterogenitas spasial pada kasus di mana terdapat overdispersi. GWNBR berasal dari model regresi binomial negatif yang memperhitungkan parameter lokal yang tidak sama untuk setiap wilayah spesifik. Struktur matematis dari Model GWNBR dijabarkan seperti berikut (Delvia, dkk., 2021).

$$y_i \sim NB \left[\exp \left(\sum_{k=0}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} \right), \theta(u_i, v_i) \right], i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

dimana,

y_i : Nilai pengamatan ke- i
 x_{ik} : Nilai pengamatan variabel independen ke- k di pengamatan wilayah (u_i, v_i)
 $\beta_k(u_i, v_i)$: Koefisien regresi variabel independen ke- k untuk tiap wilayah (u_i, v_i)
 $\theta(u_i, v_i)$: Parameter disperse wilayah (u_i, v_i)

Persamaan yang menggambarkan distribusi binomial negatif pada masing-masing lokasi dirumuskan sebagai berikut:

$$\left(y_i \mid x_{ik} \beta_k(u_i, v_i), \theta(u_i, v_i) \right) = \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta_i})}{\Gamma(\frac{1}{\theta_i}) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta_i}} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i}, y_i = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

dimana, $\mu_i = \exp(x_i^T \beta(u_i, v_i))$ dan $\theta_i = \theta(u_i, v_i)$. Estimasi parameter koefisien dalam GWNBR dilakukan melalui pendekatan *likelihood maksimum*. Faktor pembobotan disesuaikan berdasarkan lokasi geografis, dengan nilai yang bervariasi untuk setiap lokasi. Fungsi likelihood yang telah dimodifikasi dengan faktor penimbang tersebut adalah sebagai berikut:

$$(\beta(u_i, v_i), \theta_i, i = 1, 2, \dots, n) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y_i-1} \left(r + \frac{1}{\theta_i} \right) \right) \frac{1}{y_i!} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta_i}} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i} \quad (3)$$

Kriteria Kebaikan Model

Beberapa kriteria yang sering digunakan dalam pemilihan model yang optimal melibatkan penggunaan parameter statistik seperti *R-Square* (R^2) dan *Akaike Information Criteriaon* (AIC). Menurut Ghazali (2013) dalam Kusumo dan Yuyetta (2019), R^2 berguna untuk mengetahui seberapa baik model mampu mendefinisikan variasi variabel respon. Nilai R^2 diperoleh dari ekspresi matematis berikut (Karch, 2020):

$$R^2 = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Semakin tinggi nilai *R-Square* (R^2) semakin indikatif bahwa model yang diterapkan lebih optimal.

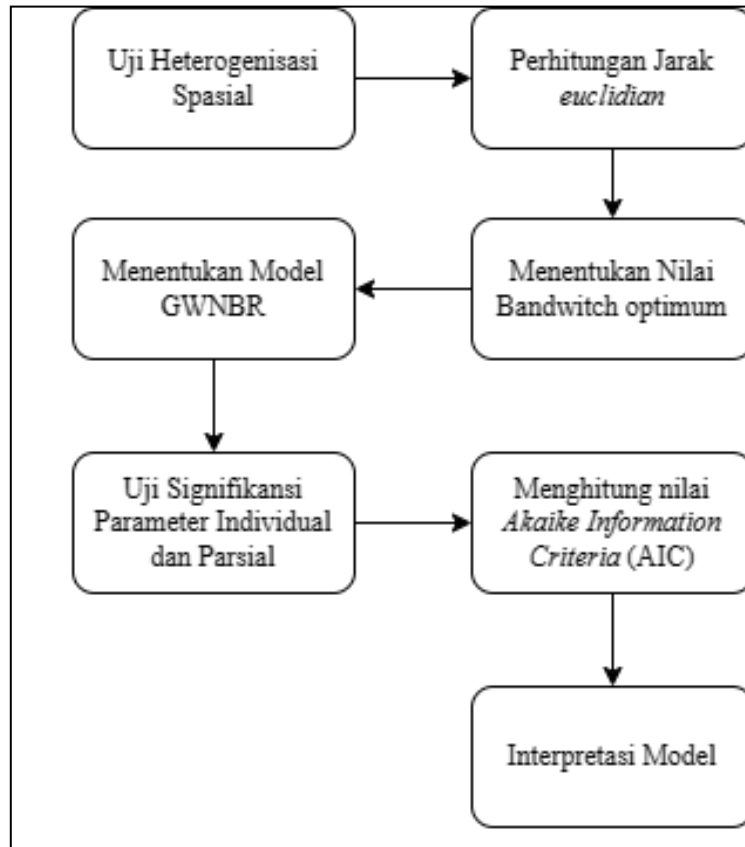
Akaike Information Criteriaon (AIC) adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat kecocokan model dalam melakukan estimasi statistik. AIC menjadi relevan dalam konteks pemodelan regresi ketika tujuannya adalah untuk menganalisis faktor yang signifikan terhadap model. nilai devians dari model berkorelasi dengan skor AIC. Ketika devians kecil, tingkat ketepatan model dalam menghasilkan prediksi semakin tinggi, sehingga model menjadi semakin akurat (Maulidiyah, dkk., 2019). Hal tersebut menggambarkan bahwa parameter yang sedang dilakukan pengujian mendekati nilai parameter populasi aslinya, menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kecocokan yang lebih baik. Oleh sebab itu, model yang dianggap

terbaik adalah model dengan nilai AIC yang terendah dan devians yang minimal. Persamaan yang menggambarkan nilai AIC adalah sebagai berikut (Handayani, 2021):

$$AIC = 2p - 2\ln\hat{L}(\hat{\theta}) \quad (5)$$

$\hat{L}(\hat{\theta})$ adalah nilai *likelihood* sedangkan p adalah banyaknya parameter pada model yang terbentuk.

Langkah-langkah analisis dengan menggunakan metode GWNBR adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Flowchart Alur Pemodelan *Geographical Weighted Negative Binomial Regression*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

Data penelitian dijelaskan menggunakan statistik deskriptif yang mencakup nilai tertinggi (maksimum), nilai tengah (median), nilai terendah (minimum), nilai rata-rata, dan variabilitas. Informasi statistik deskriptif data dapat ditemukan dalam Tabel 1.

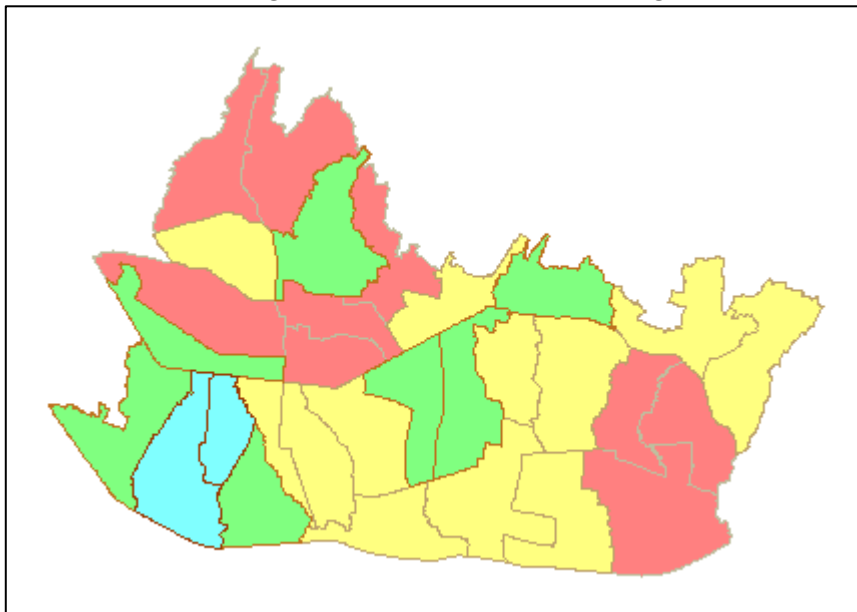
Tabel 1. Nilai Statistika Deskriptif

Variabel	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata-rata	Variansi
(Y)	145,00	13,00	53	752,13
(X ₁)	42,07	4,40	16,41	60,40
(X ₂)	88,62	37,16	61,27	197,74
(X ₃)	232,00	25,00	97,60	2563,35
(X ₄)	310,49	26,18	101,06	2025,43

Berdasarkan Tabel 1, Kecamatan Bojongloa Kaler mencatat jumlah kasus tuberkulosis tertinggi pada anak usia 0-14 tahun dengan 145 individu, sementara Kecamatan Bandung Wetan memiliki jumlah kasus terendah, yaitu 13 individu. Kepadatan penduduk paling tinggi terdapat di Kecamatan Astana Anyar dengan 42,07 jiwa per KM², melainkan kepadatan paling rendah berada di Kecamatan Gedebage, yaitu 4,40 jiwa per KM². Tingkat Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) tertinggi ditemukan di Kecamatan Panyileukan sebesar 42,07%, sedangkan nilai terendahnya berada di Kecamatan Bojongloa Kidul dengan 37,16%. Jumlah laki-laki dewasa yang menderita tuberkulosis paling banyak berada di Kecamatan Babakan Ciparay, mencapai 232 orang, sedangkan yang terendah adalah di Kecamatan Cinambo dengan 25 orang. Untuk persentase cakupan vaksin BCG, Kecamatan Astana Anyar menunjukkan angka tertinggi yaitu 310,49%, sementara Kecamatan Bojongloa Kaler mencatatkan angka terendah dengan 26,18%.

Peta Tematik Tuberkulosis Anak di Kota Bandung

Peta tematik untuk variabel respon dan prediktor dikelompokkan menjadi empat kelas menggunakan metode klasifikasi "*Natural Breaks*", yang dibuat dengan bantuan perangkat lunak GeoDa. Gambar 1 menampilkan peta tematik yang menunjukkan jumlah kasus tuberkulosis pada anak-anak usia 0-14 tahun di berbagai kecamatan di Kota Bandung.



Gambar 2. Peta Tematik Jumlah Kasus Tuberkulosis Anak Usia 0-14 Tahun di Kota Bandung

Dari Gambar 2, area berwarna merah muda mengindikasikan kecamatan di Kota Bandung dengan jumlah kasus tuberkulosis pada anak-anak usia 0-14 tahun kurang dari 45 individu. Beberapa kecamatan yang masuk kategori ini meliputi Sukasari, Cidapad, Cibeunying Kaler, Cicendo, Bandung Wetan, Sumur Bandung, Cinambo, Panyileukan, dan Gedebage. Sementara itu, area berwarna kuning menandakan kecamatan dengan kasus tuberkulosis dalam kisaran 45-62 individu, termasuk Sukajadi, Cibeunying Kidul, Astana Anyar, Lengkong, Regol, Bandung Kidul, Rancasari, Buah Batu, Arcamanik, Cibiru, dan Ujungberung. Area berwarna hijau mencerminkan kecamatan dengan jumlah kasus antara 63-115 individu, seperti Coblong, Andir, Bandung Kulon, Bojongloa Kidul, Batununggal, Kiaracondong, dan Mandalajati. Di sisi lain, area berwarna biru menonjolkan kecamatan dengan angka kasus tuberkulosis paling tinggi, yakni 116 individu atau lebih, yaitu Babakan Ciparay dan Bojongloa Kaler.

Pemeriksaan Multikolinearitas

Dalam pengembangan model regresi, penting untuk memastikan bahwa tidak ada multikolinearitas. Untuk mendeteksi multikolinearitas, kita menggunakan metode *Variance Inflation Factor* (VIF) sebagai kriteria. Hasil dari pengukuran VIF untuk setiap variabel prediktor untuk X_1 sebesar 3,597; X_2 sebesar 1,074; X_3 sebesar 2,759; dan X_4 sebesar 2,136. Dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat tanda-tanda multikolinearitas, mengingat semua nilai VIF dari variabel prediktor berada di bawah angka 10.

Pengujian Equidispersion

Overdispersion dapat diketahui jika pembagian devians dengan derajat kebebasannya menghasilkan angka di atas 1. Sebagai kontras, *underdispersion* teridentifikasi saat pembagian tersebut menghasilkan nilai di bawah 1. Dalam analisis regresi Poisson yang telah dilaksanakan, kita mendapatkan:

$$Equidispersion = \frac{112,875}{25} = 4,515$$

Dengan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai yang lebih dari 1. Hal ini mengindikasikan adanya *overdispersion* dalam model tersebut. Oleh karena itu dilakukan pemodelan jumlah kasus tuberkulosis anak menggunakan regresi negatif binomial.

Pengujian Heterogenitas Spasial

Penilaian heterogenitas spasial dilakukan mengingat setiap wilayah atau area memiliki ciri khasnya sendiri yang membedakannya dari lokasi lainnya. Uji ini menggunakan metode Breusch-Pagan, berikut merupakan hipotesisnya.

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$ (tidak ada perbedaan variansi antar wilayah)

$H_1 : \text{Paling sedikit terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \dots \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, n$ (ada perbedaan variansi antar wilayah)

Melalui uji heterogenitas spasial menggunakan aplikasi *R*, ditemukan bahwa nilai *P-value* adalah 0,02014. Apabila nilai BP dibandingkan nilai *P-value* dengan tingkat signifikansi 10 persen, maka *P-value* < 0,1. Oleh sebab itu, diperoleh kesimpulan bahwa variasi setiap wilayah tidak sama atau terdapat heterogenitas spasial dalam data.

Pengujian Dependensi Spasial

Pengujian ini dilakukan untuk memeriksa hubungan atau ketergantungan observasi di suatu lokasi dengan lokasi tetangganya. Dalam proses pengujian ini, digunakan indeks *Morans' I*, berikut adalah hipotesis yang dirumuskan.

$H_0 : I = 0$ (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (ada dependensi spasial)

Perolehan hasil uji dependensi spasial yang dibantu aplikasi *R* memperlihatkan bahwa nilai *P-value* sebesar 0,02319312. Apabila *P-value* dibandingkan dengan tingkat signifikansi 10%, diperoleh kesimpulan bahwa *P-value* < 0,1 yang mengindikasikan adanya dependensi spasial antara wilayah satu dengan wilayah lainnya.

Perolehan hasil analisis spasial terkait jumlah kasus tuberkulosis pada anak di Kota Bandung menunjukkan adanya hubungan spasial antara berbagai wilayah, namun tidak ada variasi spasial yang signifikan. Sehingga, metode GWNBR dapat diterapkan dalam proses analisis berikutnya.

Pengujian Kesesuaian Model GWNBR dengan Regresi Binomial Negatif

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kebaikan model GWNBR. Uji kesesuaian model dilakukan dengan hipotesis berikut:

$$H_0: \beta_j(u_i, v_i) = \beta_j$$

$$H_1: \text{Minimal ada satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq \beta_j$$

Dengan $j = 1, 2, \dots, 4$ dan $i = 1, 2, \dots, 30$. Untuk menguji kesesuaian model, statistik uji F_{hitung} digunakan untuk membandingkan nilai $F_{(\alpha; df; B)}$ dengan taraf signifikansi 10%.

Dengan bantuan *software R* dihasilkan nilai F_{hitung} sebesar 483,3361 artinya nilai F_{hitung} lebih besar dari $F_{(0,1;25;25)}$ sebesar (483,3361 > 1,683101). Sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 , ini menunjukkan bahwa model regresi poisson dan GWPR berbeda.

Pengujian Secara Serentak Parameter Model GWNBR

Dilakukan uji ini untuk menentukan variabel memiliki pengaruh terhadap model, berikut merupakan hipotesis yang dirumuskan (Fitrial & Fatikhurizqi, 2020).

$$H_0: \beta_1(u_1, v_1) = \beta_2(u_2, v_2) = \dots = \beta_j(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \text{Paling sedikit terdapat satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq 0$$

Dengan $j = 1, 2, \dots, 4$ dan $i = 1, 2, \dots, 30$. Menurut temuan analisis dengan bantuan *Software R* diperoleh nilai *likelihood ration* yaitu 10,44. Nilai $\chi^2_{(0,1;4)}$ sebesar 7,779 tersebut dibandingkan dengan nilai devians. Sehingga keputusannya adalah tolak H_0 , hal itu disebabkan oleh nilai devians yang lebih besar dari nilai $\chi^2_{(0,1;4)}$. Maka diperoleh kesimpulan bahwa paling sedikit terdapat satu variabel prediktor yang memiliki pengaruh pada model.

Pengujian Secara Parsial Parameter Model GWNBR

Uji ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap model, berikut adalah hipotesis yang dirumuskan (Solikhah & Sutikno, 2022).

$$H_0: \beta_j(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \beta_j(u_i, v_i) \neq 0; j = 1, 2, \dots, 4$$

Menurut hasil pengujian signifikansi parameter yang dibantu GWR4 ditemukan hasil bahwa variabel yang berpengaruh tidak sama untuk setiap kecamatan. Variabel disebut signifikan pada model jika $|Z_{hitung}|$ lebih dari $Z_{(0,05)}$ senilai 1,64. Berikut ini merupakan estimasi parameter model GWNBR variabel di kecamatan Bojongloa Kaler karena memiliki tingkat signifikan paling tinggi diantara kecamatan lainnya.

Tabel 2. Estimasi Parameter Model GWNBR di Kecamatan Bojongloa Kaler

Parameter	Estimasi	Standart Error	Z_{hitung}
β_0	3,161145	0,220337	14,346845
β_1	0,020385	0,007496	2,719360
β_2	-0,000737	0,003656	-0,201596
β_3	0,006549	0,000993	7,019639
β_4	-0,002221	0,000884	-2,512979

Variabel dapat disebut signifikan pada model jika $|Z_{hitung}|$ lebih dari $Z_{(0,05)}$ senilai 1,64. Maka dari itu, variabel yang mempengaruhi jumlah kasus tuberkulosis pada anak usia 0-14 tahun meliputi kepadatan penduduk (X_1), jumlah penduduk dewasa laki-laki yang menderita

tuberkulosis (X_3), dan cakupan vaksin BCG di Kota Bandung (X_4). Oleh sebab itu, model yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_{15} = \exp(3,161145 + 0,020385 X_1 - 0,000737 X_2 + 0,006549 X_3 - 0,002221 X_4)$$

Dari model yang telah disebutkan, dapat disimpulkan bahwa jika kepadatan penduduk suatu kecamatan meningkat sebesar 20 jiwa per KM^2 , maka diperkirakan akan menaikkan rata-rata jumlah kasus tuberkulosis pada anak usia 0-14 tahun sekitar $\exp(0,4077) = 1,51$ kali. Hal ini masuk akal karena peningkatan kepadatan penduduk berpotensi meningkatkan risiko penyebaran dan peningkatan kelompok yang terinfeksi oleh tuberkulosis.

Pemilihan Model Terbaik

Model optimal diperoleh menggunakan GWNBR, dan perbandingannya dilakukan dengan regresi binomial negatif, regresi Poisson, serta GWNBR. Evaluasi dilakukan berdasarkan perhitungan nilai AIC. Model yang menunjukkan nilai AIC terendah atau minimum dianggap sebagai model yang paling optimal. Di bawah ini adalah hasil perhitungan AIC untuk semua model berdasarkan berbagai pembobot kernel yang tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai AIC

Model	AIC
Regresi Poisson	254,09
Regresi Negative Binomial	240,6
GWNBR	145,5065

Menurut Tabel 3, terlihat model GWNBR dengan pembobot *fixed gaussian* menunjukkan nilai AIC yang terendah. Di sisi lain, model regresi Poisson menunjukkan nilai AIC tertinggi. Dengan demikian, model GWNBR dengan pembobot *fixed gaussian* diputuskan sebagai pilihan utama karena memperoleh nilai AIC terendah, yakni 145,5065.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan nilai AIC terendah diperoleh hasil bahwa GWNBR adalah model terbaik untuk memodelkan jumlah kasus tuberkulosis pada anak usia 0-14 tahun di Kecamatan Bojongloa Kaler, Kota Bandung yaitu sebagai berikut.

$$\hat{\mu}_{15} = \exp(3,161145 + 0,020385 X_1 - 0,000737 X_2 + 0,006549 X_3 - 0,002221 X_4)$$

Berdasarkan model secara global, variabel yang memengaruhi jumlah kasus tuberkulosis pada anak di Kota Bandung yaitu persentase Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) rumah tangga dan jumlah kasus terkena tuberkulosis pada laki-laki dewasa.

Saran

Ditinjau dari bidang kesehatan, jumlah kasus tuberkulosis pada anak usia 0-14 tahun pada tahun 2021 berbeda setiap kecamatan. Jumlah kasus tertinggi berada di Bojongloa Kaler dengan variabel yang mempengaruhi secara signifikan pada seluruh kecamatan yaitu jumlah kasus terkena tuberkulosis pada laki-laki dewasa. Dengan adanya penelitian ini diharapkan pemerintah Kota Bandung dapat memberikan pelayanan yang merata pada seluruh kecamatan di Kota Bandung dengan mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi serta mengevaluasi kebijakan untuk menurunkan jumlah kasus tuberkulosis pada anak usia 0-14 tahun di Kota Bandung khususnya pada jumlah kasus terkena tuberkulosis pada laki-laki dewasa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Program Studi Statistika Universitas Airlangga atas kesempatan dan dukungannya untuk mahasiswa dalam melaksanakan proyek penelitian sebagai sarana pelaksanaan materi pembelajaran pada saat perkuliahan pemodelan statistika. Kemudian penulis juga memberikan ucapan terima kasih kepada Dinas Kesehatan Kota Bandung atas data yang penulis gunakan pada penelitian ini.

REFERENSI

- Andayani, S. (2020). Jurnal Ilmiah Prediksi Kejadian Penyakit Tuberkulosis Paru Berdasarkan Jenis Kelamin. *Jurnal Keperawatan Muhammadiyah Bengkulu*, 8(2), 135-140.
- Bappenas. (2015). *Sustainable Development Goals (SDGs)*. Diakses dari <https://sdgs.bappenas.go.id/tujuan-3/>.
- BPS. (2018). *Istilah*. Diakses dari https://www.bps.go.id/istilah/index.html?Istilah_page=22&Istilah_sort=deskripsi_ind
- Damayanti, Y., & Sunendiari, S. (2021). Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Tuberkulosis Menggunakan Metode Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) (Studi kasus Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur dan Jawa Tengah tahun 2019). *Prosiding Statistika*, 676-683.
- Fitrial, N. H., & Fatikhurrizqi, A. (2020). Pemodelan Jumlah Kasus COVID-19 di Indonesia dengan Pendekatan Regresi Poisson dan Regresi Binomial Negatif. *Seminar Nasional Official Statistics*. 65-72.
- Ghozali, I. (2016). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 23: Edisi 8*. Semarang. Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- Handayani, P. (2021). Pemetaan Spasial dan Deteksi Wilayah Kantong Tuberkulosis Menggunakan Metode Geographically Weighted Negative Binomial Regression dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta.
- Karch, J. (2020). Improving on Adjusted R-Squared. *Collabra: Psychology*. 6(1). 45. <https://doi.org/10.1525/collabra.343>.
- Maulidiyah, F., Utami, T. W., & Wasono, R. (2019). Pemodelan Regresi Binomial Negatif dan Geographically Weighted Negative Binomial Regression untuk Kasus HIV di Provinsi Papua. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Matematika. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.
- Kemkes. (2022). *Pentingnya Imunisasi bagi Anak*. Diakses dari https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/1331/pentingnya-imunisasi-bagi-anak.
- Kusumo, I. J., & Yuyetta, E. N. (2019). Pengaruh Independensi, Kompetensi, dan Tekanan Waktu Terhadap Kualitas Audit. *Diponegoro Journal of Accounting*. 8(1). 1-10.
- Delvia, N., Mustafid, & Yasin, H. (2021). Geographically Weighted Negative Binomial Regression untuk Menangani Overdispersi pada Jumlah Penduduk Miskin. *Jurnal Gaussian*. 10(4). 532-543.
- Salim, R. B., Pratiwi, S. D., Alhakam, M. A., & Hapsery, A. (2023). Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Tuberkulosis di Jawa Timur pada Tahun 2020 Menggunakan Model Regresi Poisson. *Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian*, 318-323.

- Solikhah, P. H., & Sutiko. (2022). Model Geographically Weighted Negative Binomial Regression pada Kasus Jumlah Rumah Tangga Miskin di Kabupaten Tuban. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 11(2). D235-D242.
- Winata, H. M. (2023). Mengatasi Overdispersi dengan Regresi Binomial Negatif pada Angka Kematian Ibu di Kota Bandung. *Jurnal Gaussian*, 11(4), 616-622.
- World Health Organization. (2020). *Fakta-Fakta Utama Tuberkulosis*. Diakses dari <https://www.who.int/indonesia/news/campaign/tb-day-2022/fact-sheets>.