
PEMODELAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION (GWNBR) PADA KEJADIAN STUNTING DI KABUPATEN BARITO KUALA TAHUN 2022

Azki^{1*}, Dewi Sri Susanti², Monica Raina Listya³

^{1,2}Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Lambung, Kalimantan Selatan

³Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan, Indonesia

e-mail: azkiaazk18@gmail.com

Abstract

Stunting is a condition of malnutrition in toddlers that causes their height to be lower than other children their age. In 2022, South Kalimantan Province has a stunting prevalence of 24.6% and ranks fifteenth in Indonesia. Barito Kuala Regency, one of the regions in South Kalimantan Province, has the highest stunting rate at 33.6% which is included in the Chronic-Acute category ($\geq 20\%$). This study uses the GWNBR model to characterize the factors that cause stunting in Barito Kuala Regency. The GWNBR model will make it easier for researchers to find out the factors that affect stunting in each sub-district. The weight matrix used is a fixed kernel function and an adaptive kernel function. The predictor variables used were the percentage of infant history of complete basic immunization, history of exclusive breastfeeding in infants <6 months, history of low birth weight babies, new visits to pregnant women (K1), sixth antenatal care (ANC) visit (K6), history of pregnant women who received blood supplement tablets, history of infants 6-11 months who received vitamin A, active posyandu and households with access to appropriate sanitary facilities (healthy latrines). The best model results obtained with adaptive gaussian weighting with an AIC value of 167.25.

Keywords: *Stunting Cases, GWNBR model.*

1. PENDAHULUAN

Perbaikan gizi masyarakat adalah salah satu target dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs). Tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) adalah program global untuk pembangunan berkelanjutan yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan penduduk dunia dan melindungi lingkungan. Program ini terdiri dari 17 tujuan utama dan 169 indikator yang dapat diukur untuk memastikan bahwa tujuan-tujuan ini tercapai sesuai dengan target pada tahun 2030. Masalah gizi sesuai dengan tujuan pembangunan berkelanjutan ke-2, yakni mengakhiri kelaparan serta mencapai ketahanan pangan dan nutrisi serta dampak Stunting sesuai dengan tujuan ke-3, yakni kesehatan dan kesejahteraan. Tujuan ini sejalan dengan situasi di Indonesia, dimana prevalensi stunting masih tinggi, terutama disebabkan oleh kekurangan gizi dalam jangka waktu yang cukup lama.

Stunting adalah kegagalan pertumbuhan pada anak usia di bawah lima tahun (balita). Pertumbuhan terhambat pada balita disebabkan oleh asupan gizi yang tidak memadai dan infeksi berulang selama kurun waktu tertentu, khususnya dalam rentang 1.000 Hari Pertama Kehidupan (HPK), yang dimulai sejak pembentukan janin hingga anak mencapai usia 24 bulan. Seorang anak dianggap mengalami stunting jika panjang atau tinggi badannya lebih pendek dari dua standar deviasi dari panjang atau tinggi rata-rata anak sebaya.

Kalimantan Selatan menjadi provinsi dengan angka prevalensi stunting masih di atas angka nasional dan berada pada peringkat ke-15 secara nasional (Kemenkes RI, 2022). Kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Selatan yang memiliki prevalensi stunting tertinggi yaitu Kabupaten Barito Kuala sebesar 33.6%. Angka tersebut secara signifikan melebihi rata-rata nasional sebesar 21.6%.

Banyaknya kasus stunting di Kabupaten Barito Kuala adalah data yang bersifat diskrit dan mengikuti distribusi poisson. Regresi poisson sering menunjukkan bahwa variansnya lebih besar daripada rata-ratanya, yang dikenal sebagai overdispersi. Untuk mengatasi overdispersi dalam regresi poisson, salah satu metode yang dapat digunakan adalah regresi binomial negatif. Perbedaan dalam faktor-faktor yang memengaruhi di setiap wilayah menunjukkan adanya pengaruh kondisi lokal di wilayah tertentu. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, metode regresi binomial negatif yang disesuaikan secara geografis digunakan untuk melakukan analisis yang memperhitungkan faktor spasial.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stunting

Stunting merupakan kondisi dimana balita yang berusia di bawah lima tahun mengalami kegagalan pertumbuhan yang disebabkan oleh kekurangan gizi kronis, menyebabkan pertumbuhan mereka terhambat untuk usianya. Kekurangan gizi dimulai selama perkembangan janin dan berlanjut ke tahap awal setelah kelahiran. Tetapi, stunting hanya mulai terlihat setelah bayi mencapai usia 2 tahun.

2.2 Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah terdapat hubungan linear yang sempurna antara beberapa atau semua variabel prediktor dari suatu model regresi (Gujarati, 2003). Dalam penelitian ini, akan digunakan nilai VIF dalam mendeteksi multikolinearitas pada variabel prediktor yang digunakan, sebagai berikut (Montgomery, Peck and Vining, 2012):

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (2.1)$$

Dengan R_j^2 merupakan nilai koefisien determinasi antara variabel x_j dengan variabel prediktor lainnya. Jika nilai $VIF \geq 10$ maka variabel prediktor tersebut mengalami multikolinearitas.

2.3 Regresi Poisson

Regresi poisson adalah sebuah pola penyebaran untuk kejadian yang memiliki probabilitas terjadinya sangat kecil dan tergantung pada interval waktu tertentu, di mana nilai pengamatannya berupa variabel diskrit. Dalam distribusi poisson peubah acak yang di gunakan adalah bilangan bulat non-negatif yang memiliki varians yang sama, dengan fungsi kepadatan peluang sebagai berikut:

$$f(y; \mu) = \frac{\mu^y e^{-\mu}}{y!}, y = 0, 1, 2, \dots \quad (2.2)$$

Dengan μ merupakan nilai rata-rata dan varians dari variabel respon yang mengikuti distribusi poisson lebih besar dari nol.

Persamaan untuk regresi poisson dapat dirumuskan seperti berikut:

$$\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik}) \quad (2.3)$$

μ_i merupakan model regresi poisson dengan x_{ik} sebagai variabel prediktor dan β_k sebagai parameter regresi yang akan ditaksir.

Metode yang digunakan untuk menduga parameter model regresi poisson adalah dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Fungsi *likelihood* dinyatakan sebagai berikut:

$$\ln L(\beta) = - \sum_{i=1}^n (\exp(x_i^T \beta)) + \sum_{i=1}^n y_i x_i^T \beta - \sum_{i=1}^n \ln(y_i) \quad (2.4)$$

Uji parameter pada model regresi poisson bertujuan untuk menentukan apakah suatu parameter memiliki dampak yang signifikan terhadap model. Pengujian signifikansi parameter regresi poisson dapat dilakukan dengan uji serentak dan parsial. Uji signifikansi secara serentak dapat dilakukan dengan menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT).

Hipotesis:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

H_1 : paling sedikit ada satu $\beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$

Statistik uji:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Lambda = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2(\ln L(\hat{\Omega}) - L(\hat{\omega})) \quad (2.5)$$

dimana:

$D(\hat{\beta})$: nilai devians model regresi poisson

$L(\hat{\omega})$: suatu fungsi *likelihood* untuk model sederhana tanpa melibatkan variabel prediktor

$L(\hat{\Omega})$: suatu fungsi *likelihood* untuk model yang lengkap yang melibatkan variabel prediktor

Tolak H_0 jika nilai $D(\hat{\beta}) > \chi_{(p, \alpha)}^2$ yang berarti setidaknya ada satu parameter dalam regresi poisson yang memiliki dampak yang signifikan pada variabel respon. Jika $D(\hat{\beta})$ semakin kecil nilainya, maka tingkat kesalahan yang dihasilkan oleh model juga semakin rendah.

Setelah pengujian secara serentak, dilakukan pengujian secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan dampak signifikan pada variabel respon.

Hipotesis:

$$H_0: \beta_k = 0, k = 1, 2, \dots, p$$

$H_1: \beta_k \neq 0$

Statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (2.6)$$

dimana:

$\hat{\beta}_k$: koefisien model variabel prediktor ke-k

$se(\hat{\beta}_k)$: *standard error* dari estimasi *maximum likelihood*

Tolak H_0 jika nilai dari $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ yang artinya parameter tersebut memiliki dampak yang signifikan terhadap variabel respon dalam model regresi poisson.

2.4 Overdispersi

Overdispersi dalam regresi poisson terjadi ketika nilai varians data melebihi nilai rata-ratanya. Overdispersi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Var}(Y) > E(Y) \quad (2.7)$$

Overdispersi bisa diidentifikasi melalui pembagian nilai dispersi *pearson chi-square* atau *deviance* dengan derajat kebebasannya. Apabila hasil pembagian tersebut melebihi 1, dapat disimpulkan bahwa overdispersi terjadi. Jika overdispersi terdeteksi dalam regresi poisson, salah satu opsi alternatif yang dapat dipertimbangkan adalah menggunakan regresi binomial negatif (Hilbe, 2011).

2.5 Regresi Binomial Negatif

Regresi binomial negatif merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kejadian overdispersi. Dalam regresi binomial negatif, diasumsikan bahwa variabel respon mengikuti distribusi binomial negatif yang berasal dari distribusi campuran poisson-gamma. Fungsi probabilitas binomial negatif dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f(y; \mu, \theta) = \frac{\Gamma\left(y + \frac{1}{\theta}\right)}{y! \Gamma\left(\frac{1}{\theta}\right)} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu}\right)^{1/\theta} \left(\frac{\theta\mu}{1 + \theta\mu}\right)^y; y = 0, 1, 2, \dots \quad (2.8)$$

Model regresi binomial negatif dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik}) \quad (2.9)$$

Estimasi parameter model regresi binomial negatif menggunakan metode maksimum *likelihood* dengan prosedur *Newton Raphson*.

Uji Kesesuaian model regresi binomial negatif dengan uji serentak sebagai berikut:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Lambda = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2 (\ln L(\hat{\Omega}) - L(\hat{\omega})) \quad (2.10)$$

Tolak H_0 jika nilai $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(p, \alpha)}$ yang artinya minimal terdapat satu parameter dalam regresi binomial negatif yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

Setelah dilakukan pengujian serentak, dilakukan pengujian secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon.

Hipotesis:

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0$$

Statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (2.11)$$

Tolak H_0 jika nilai dari $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ yang artinya parameter tersebut memiliki dampak yang signifikan terhadap variabel respon dalam model regresi binomial negatif.

2.6 Heterogenitas Spasial

Uji heterogenitas spasial dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan karakteristik antara satu lokasi pengamatan dengan lokasi pengamatan lainnya, yang mengakibatkan heterogenitas spasial.

Hipotesis:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$ (varians antar lokasi sama)

H_1 : paling sedikit ada satu $\sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, n$ (varians antar lokasi berbeda)

Statistik uji:

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \sim \chi_{(p)}^2 \quad (2.12)$$

Tolak H_0 jika $BP > \chi_{(\alpha;p)}^2$ yang artinya adalah variansi antar lokasi berbeda.

2.7 Bandwidth dan Pembobot Optimum

Dalam mengakomodir masalah heterogenitas spasial pada data, maka digunakan pembobot spasial untuk setiap wilayah yang diamati. Fungsi pembobot yang digunakan mencakup fungsi *fixed gaussian*, *bisquare kernel*, dan *adaptive gaussian*, *bisquare kernel* seperti berikut ini:

a. Fungsi Kernel Tetap (*Fixed Kernel*)

Fungsi kernel tetap merupakan fungsi kernel yang memiliki nilai *bandwidth* yang sama pada tiap lokasi pengamatan. Fungsi yang sering digunakan adalah fungsi *gaussian* dan fungsi *bisquare*.

1. *Fixed Kernel Gaussian*

$$w_{ij} = \begin{cases} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right], & \text{jika } d_{ij} \leq b \\ 0, & \text{jika } d_{ij} > b \end{cases} \quad (2.13)$$

2. *Fixed Kernel Bisquare*

$$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq b \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > b \end{cases} \quad (2.14)$$

b. Fungsi Kernel Adaptif (*Adaptive Kernel*)

Fungsi kernel adaptif merupakan fungsi kernel yang memiliki nilai *bandwidth* yang berbeda pada tiap lokasi pengamatan. Fungsi yang sering digunakan adalah fungsi *gaussian* dan fungsi *bisquare*.

1. *Adaptive Kernel Gaussian*

$$w_{ij} = \begin{cases} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{b_i}\right)^2\right], & \text{jika } d_{ij} \leq b_i \\ 0, & \text{jika } d_{ij} > b_i \end{cases} \quad (2.15)$$

2. *Adaptive Kernel Bisquare*

$$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{b_i}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq b_i \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > b_i \end{cases} \quad (2.16)$$

Dengan :

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (2.17)$$

Pemilihan *bandwidth* optimum menjadi sangat penting karena akan mempengaruhi ketepatan model terhadap data, yaitu mengatur varians dan bias model. Penentuan *bandwidth* optimum dilakukan menggunakan metode *Cross Validation* (CV), yang dirumuskan sebagai berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(b)]^2 \quad (2.18)$$

$\hat{y}_{\neq i}(b)$ merupakan nilai penaksir y_i dengan pengamatan lokasi (u_i, v_i) dihilangkan dari proses penaksiran.

2.8 Geographically Weighted Negative Binomial Regression

Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR) adalah metode yang efektif untuk memperkirakan parameter lokal dengan unit pengamatan berupa wilayah pada data diskrit yang menunjukkan heterogenitas spasial dan mengalami overdispersi. Model GWNBR dapat dirumuskan sebagai berikut (Ricardo & Carvalho, 2013):

$$y_i \sim NB \left[\exp \left(\sum_{k=0}^p \beta_k(u_k, v_k) x_{ik} \right), \theta(u_i, v_i) \right], i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.19)$$

dimana:

y_i : nilai observasi variabel respon ke- i

x_{ik} : nilai observasi variabel prediktor ke- k pada pengamatan lokasi (u_i, v_i)

$\beta_k(u_i, v_i)$: koefisien regresi variabel prediktor ke- k untuk setiap wilayah (u_i, v_i)

$\theta(u_i, v_i)$: parameter dispersi untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

Estimasi parameter model GWNBR dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation*. Fungsi *likelihood* dapat dituliskan sebagai berikut (Ricardo & Carvalho, 2013):

$$L(\beta(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y_i-1} \left(r + \frac{1}{\theta_i} \right) \right) \left(\frac{1}{y_i!} \right) \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta_i}} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i} \quad (2.20)$$

Pengujian model GWNBR dapat dilakukan dengan:

1. Pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi binomial negatif. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara model GWNBR dengan model regresi binomial negatif.

Hipotesis:

$H_0: \beta_j(u_i, v_i) = \beta_j, j = 1, 2, \dots, p, i = 1, 2, \dots, n$

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

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{\text{deviance model A}/df_A}{\text{deviance model B}/df_B} \quad (2.21)$$

Tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{(a,df_A,df_B)}$ yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara model regresi binomial negatif dengan model GWNBR.

2. Pengujian serentak dan parsial

Hipotesis:

$$H_0: \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_p(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \text{paling sedikit ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Lambda = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2 (\ln L(\hat{\Omega}) - L(\hat{\omega})) \quad (2.22)$$

dimana:

$\ln L(\hat{\omega})$ = fungsi *likelihood* untuk model tanpa melibatkan variabel prediktor

$\ln L(\hat{\Omega})$ = fungsi *likelihood* untuk model yang melibatkan variabel prediktor

Tolak H_0 jika nilai $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(p,\alpha)}$ yang artinya minimal terdapat satu parameter dalam model GWNBR yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

Setelah itu dilakukan pengujian secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon pada tiap - tiap lokasi.

Hipotesis:

$$H_0: \beta_1(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))} \quad (2.23)$$

$\hat{\beta}_k$: koefisien model variabel prediktor ke-k

$se(\hat{\beta}_k)$: *standard error* dari estimasi *maximum likelihood*

Tolak H_0 jika nilai dari $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ yang artinya parameter tersebut berpengaruh signifikan terhadap variabel respon pada tiap - tiap lokasi dalam model-GWNBR.

3. METODE PENELITIAN

a. Sumber Data dan Variabel

Data pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kabupaten Barito Kuala. Data terdiri dari satu variabel respon yaitu Jumlah Kejadian Stunting (Y) dan 9 variabel prediktor yaitu persentase riwayat bayi diimunisasi dasar lengkap (X_1), riwayat pemberian ASI eksklusif pada bayi <6 bulan (X_2), riwayat bayi berat badan lahir rendah (X_3), kunjungan baru ibu hamil (K1) (X_4), kunjungan ANC keenam (K6) (X_5), riwayat ibu hamil yang mengonsumsi tablet tambah darah (X_6), riwayat bayi 6 - 11 bulan yang mengonsumsi vitamin A (X_7), posyandu aktif (X_8), dan KK dengan akses terhadap fasilitas sanitasi yang layak (jamban sehat) (X_9). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR).

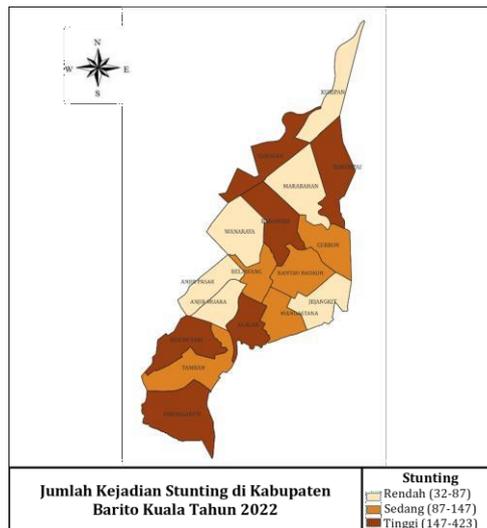
b. Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan melalui tahapan sebagai berikut:

- 1) Mendeskripsikan data
- 2) Melakukan uji multikolinearitas
- 3) Pemodelan regresi poisson
- 4) Melakukan pengujian overdispersi
- 5) Pemodelan regresi binomial negatif
- 6) Pemeriksaan heterogenitas spasial
- 7) Pemodelan GWNBR
 - a) Menghitung jarak *Euclidean* antar titik lokasi pengamatan
 - b) Menentukan *bandwidth* optimum dan matrik pembobot
 - c) Melakukan pengujian kesamaan model GWNBR dengan model regresi binomial negatif
 - d) Melakukan pengujian signifikansi parameter secara serentak dan parsial
- 8) Pemilihan model terbaik dengan membandingkan model regresi global binomial negatif dengan GWNBR menggunakan nilai AIC
- 9) Kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Deskriptif



Gambar 1 Peta Sebaran Jumlah Kejadian Stunting di Kabupaten Barito Kuala Tahun 2022
 Sumber: Dinas Kesehatan Kabupaten Barito Kuala, (2022,diolah)

Gambar 1 menunjukkan peta sebaran jumlah kejadian stunting di Kabupaten Barito Kuala Tahun 2022. Pada gambar 1 tersebut jumlah kejadian stunting di bagi menjadi tiga kategori yaitu kategori tinggi, sedang, dan rendah, dimana wilayah yang menunjukkan warna terang menunjukkan kejadian stunting dalam kategori rendah dan warna paling gelap menunjukkan kejadian stunting dalam kategori tinggi. Jumlah kecamatan yang termasuk dalam kategori tinggi sebanyak 6 kecamatan yaitu Kecamatan Tabunganen, Mekarsari, Alalak, Barambai, Bakumpai, dan Tabukan. Sebanyak 5 kecamatan yaitu Kecamatan Tamban, Mandastana, Belawang, Rantau Badauh, dan Cerbon termasuk dalam kategori sedang. Kecamatan Anjir Pasar, Anjir Muara, Wanaraya, Jejangkit, Marabaha, dan Kuripan termasuk dalam kategori rendah yaitu sebanyak 6 kecamatan.

4.2 Multikolinearitas

Cara untuk mengidentifikasi keberadaan multikolinearitas dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Nilai VIF untuk setiap variabel prediktor dihitung menggunakan rumus 2.1 dengan Program R. Hasil *output* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 VIF Masing - Masing Variabel Prediktor

Variabel	VIF
X_1	1.96
X_2	2.36
X_3	1.51
X_4	3.56
X_5	2.87
X_6	2.71
X_7	1.88
X_8	2.52
X_9	2.44

Berdasarkan Tabel 1 nilai VIF untuk setiap variabel prediktor kurang dari 10, sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas dan dapat dilanjutkan ke analisis selanjutnya.

4.3 Pemodelan Regresi Poisson

Setelah dilakukan pemeriksaan multikolinearitas antar variabel prediktor, langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan regresi poisson.

Tabel 2 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

	Nilai Estimasi	Std.Error	Z_{hitung}	$P_r(Z > Z_{hit})$
(Intercept)	-2.573070	0.581075	-4.428	9.51e-06***
X_1	0.001175	0.002188	0.537	0.591
X_2	0.022793	0.002023	11.269	< 2e-16***
X_3	-0.003128	0.006133	-0.510	0.610
X_4	0.109487	0.005236	20.910	< 2e-16***
X_5	-0.015054	0.002026	-7.431	1.08e-13***
X_6	-0.029142	0.002836	-10.275	<2e-16***
X_7	0.020684	0.002108	9.810	< 2e-16***
X_8	-0.004614	0.005383	-0.857	0.391
X_9	-0.025255	0.001998	-12.643	< 2e-16***
Deviance : 470.25				DF : 7
AIC : 602.1				

Berdasarkan hasil pengujian serentak dengan taraf signifikansi 5% didapatkan nilai $\chi^2(9;0.05) = 16.919$ karena nilai $\chi^2(9;0.05)$ lebih kecil dari nilai $D(\beta) =$

621.52, sehingga tolak H_0 yang berarti paling sedikit ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Untuk pengujian secara parsial dengan taraf 5% didapatkan nilai $|Z_{hitung}|$ yang dibandingkan dengan $Z_{\alpha/2}$ yaitu $Z_{\left(\frac{0,05}{2}\right)} = 1.96$ maka variabel yang mempengaruhi jumlah kejadian stunting di Kabupaten Barito Kuala yaitu persentase riwayat pemberian ASI eksklusif pada bayi <6 bulan (X_2), persentase kunjungan baru ibu hamil (K1) (X_4), persentase kunjungan ANC keenam (K6) (X_5), persentase riwayat ibu hamil yang mengonsumsi tablet tambah darah (X_6), persentase riwayat bayi 6-11 bulan yang mendapat vitamin A (X_7), dan persentase KK dengan akses terhadap fasilitas sanitasi yang layak (jamban sehat) (X_9) di tiap kecamatan. Berdasarkan hasil tersebut dapat dituliskan model regresi poisson berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = -2.5731 + 0.0012X_1 + 0.0228X_2 - 0.0031X_3 + 0.1095X_4 - 0.0151X_5 - 0.0291X_6 + 0.0207X_7 - 0.0046X_8 - 0.0253X_9$$

4.4 Overdispersi

Data regresi poisson memiliki asumsi bahwa nilai rata-rata sama dengan varian (equidispersi). Namun, dalam data jumlah kejadian stunting ini, dugaan muncul bahwa terdapat kasus overdispersi, di mana $Var(Y) > E(Y)$. Untuk mendeteksi kasus overdispersi, dilakukan penggunaan nilai dispersi *pearson chi-square* atau *devians* yang dibagi dengan derajat bebasnya. Dengan menggunakan program R, perhitungan overdispersi menghasilkan nilai dispersi sebesar 70.081. Nilai ini melebihi 1, yang mengindikasikan bahwa data jumlah kejadian stunting mengalami overdispersi.

4.5 Pemodelan Regresi Binomial Negatif

Estimasi parameter model regresi binomial negatif menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* dengan prosedur *Newton Raphson*.

Tabel 3 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

	Nilai Estimasi	Std.Error	Z_{hitung}	$P_r(Z > Z_{hit})$
(Intercept)	-1.842090	2.894126	-0.636	0.52446
X_1	-0.003642	0.012051	-0.302	0.76252
X_2	0.016931	0.009189	1.843	0.06538
X_3	-0.003505	0.035740	-0.098	0.92189
X_4	0.084879	0.026505	3.202	0.00136**
X_5	-0.011208	0.010916	-1.027	0.30457
X_6	-0.020035	0.014772	-1.356	0.17502
X_7	0.019272	0.009629	2.001	0.04535*
X_8	0.009734	0.026537	0.367	0.71377
X_9	-0.025128	0.009257	-2.715	0.00664**
Deviance : 17.513				DF : 7
AIC : 206.65				

Berdasarkan hasil pengujian dengan taraf signifikansi 5% didapatkan nilai $\chi^2(9;0.05) = 16.919$ karena nilai $\chi^2(9;0.05)$ lebih kecil dari nilai $D(\beta) = 17.687$, sehingga tolak H_0 yang berarti paling sedikit ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Untuk pengujian secara parsial dengan taraf 5% didapatkan nilai $|Z_{hitung}|$ yang dibandingkan dengan $Z_{\alpha/2}$ yaitu $Z_{\left(\frac{0.05}{2}\right)} = 1.96$ maka variabel yang mempengaruhi jumlah kejadian stunting di Kabupaten Barito Kuala yaitu persentase kunjungan baru ibu hamil (K1), persentase riwayat bayi 6-11 bulan yang mendapat vitamin a, dan persentase KK dengan akses terhadap fasilitas sanitasi yang layak (jamban sehat) di tiap kecamatan. Model regresi binomial negatif yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = -1.8421 - 0.0036X_1 + 0.0169X_2 - 0.0035X_3 + 0.0849X_4 - 0.0112X_5 - 0.0200X_6 + 0.0193X_7 + 0.0097X_8 - 0.0251X_9$$

4.6 Heterogenitas Spasial

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan aplikasi R *Studio*, diperoleh nilai uji *Breusch-Pagan* (BP) sebesar 8.385 dengan nilai p sebesar 0.496. Jika nilai uji BP dibandingkan dengan nilai *chi-square* tabel, yaitu sebesar 16.919, dapat disimpulkan bahwa nilai uji BP lebih rendah dari 16.919. Hal ini menunjukkan bahwa variasi antara lokasi pengamatan tidak berbeda secara signifikan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa parameter yang dihasilkan memiliki kesamaan di setiap wilayah.

4.7 Pemodelan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*

Terdapat tiga macam pengujian parameter untuk pemodelan GWNBR yaitu, pengujian kesamaan model GWNBR dengan binomial negatif, pengujian serentak dan pengujian parsial.

a. Pengujian kesamaan model GWNBR dan binomial negatif

Berdasarkan hasil perhitungan dengan *software* R pada Tabel 4 didapatkan nilai F_{hit} lebih besar dari F_{tabel} . Dengan taraf signifikansi 5% diperoleh $F_{(0.05,9,7)}$ sebesar 3.68 yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model binomial negatif dengan model GWNBR. Namun dalam penelitian ini dipilih model GWNBR sehingga dilanjutkan untuk pengujian parameter.

Tabel 3 F_{hit} Tiap Pembobot

	<i>Adaptive Gaussian</i>	<i>Adaptive Bisquare</i>	<i>Fixed Gaussian</i>	<i>Fixed Bisquare</i>
F hitung	14.73	13.90	14.93	12.49

b. Pengujian Serentak

Berdasarkan Tabel 5 nilai devians pada setiap pembobot dibandingkan dengan $\chi^2_{(0.05;9)} = 16.919$. Semua nilai devians pada semua pembobot lebih besar dari 16.919 sehingga tolak H_0 , hal ini mengindikasikan bahwa setidaknya satu variabel prediktor memiliki pengaruh signifikan terhadap model.

Tabel 4 Nilai Devians Tiap Pembobot

	<i>Adaptive Gaussian</i>	<i>Adaptive Bisquare</i>	<i>Fixed Gaussian</i>	<i>Fixed Bisquare</i>
devians	2137.08	2265.43	2108.41	2521.01

c. Pengujian Parsial

Hasil uji signifikansi parameter menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada parameter di setiap kecamatan, karena masing-masing pembobot menghasilkan signifikansi variabel yang berbeda. Nilai $|Z_{hitung}|$ yang dibandingkan dengan $Z_{\alpha/2}$ yaitu

$Z_{0.05/2} = 1.96$. Jika nilai $|Z_{hitung}| > 1.96$ maka tolak H_0 dan variabel tersebut signifikan terhadap model. Berikut ini merupakan tabel variabel yang signifikan pada tiap pembobot:

Tabel 6 Variabel Signifikan di Tiap Pembobot

Pembobot	Variabel Signifikan	Jumlah Kecamatan
<i>Adaptive Gaussian</i>	$X_1, X_2, X_5, X_6, X_7, \text{ dan } X_9$	12
	$X_1, X_5, X_6, X_7, \text{ dan } X_9$	5
<i>Adaptive Bisquare</i>	$X_1, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, \text{ dan } X_9$	1
	$X_1, X_2, X_5, X_6, X_7, \text{ dan } X_8$	1
	$X_1, X_2, X_5, X_7, X_8, \text{ dan } X_9$	1
	$X_1, X_5, X_6, X_7, \text{ dan } X_9$	3
	$X_1, X_5, X_7, X_8, \text{ dan } X_9$	1
	$X_1, X_2, X_5, X_8, \text{ dan } X_9$	2
	$X_1, X_4, X_5, X_7, \text{ dan } X_9$	1
	$X_1, X_5, X_6, \text{ dan } X_7$	2
	$X_1, X_5, \text{ dan } X_6$	1
	$X_1, X_5, \text{ dan } X_7$	3
	$X_1, \text{ dan } X_5$	1
<i>Fixed Gaussian</i>	$X_1, X_2, X_5, X_6, X_7, \text{ dan } X_9$	12
	$X_1, X_2, X_5, X_7, \text{ dan } X_9$	1
	$X_1, X_5, X_6, X_7, \text{ dan } X_9$	3
	$X_1, X_5, X_6, \text{ dan } X_7$	1
<i>Fixed Bisquare</i>	$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, \text{ dan } X_9$	1
	$X_1, X_2, X_5, \text{ dan } X_7$	1
	$X_1, X_2, \text{ dan } X_5$	3
	$X_1, X_5, \text{ dan } X_7$	10
	$X_1, \text{ dan } X_5$	2

Sebagai contoh akan disajikan pengujian parameter pada salah satu pembobot pada lokasi penelitian yang ke-6 (u_6, v_6) yaitu Kecamatan Alalak.

Tabel 7 Pengujian Parameter Model GWNBR dengan pembobot *adaptive gaussian* di Kecamatan Alalak

Parameter	Nilai Estimasi	$ Z_{hitung} $	$Z_{0.05/2}$	Keputusan
<i>Intercept</i>	-1.7285	0.0834	± 1.96	Tidak Signifikan
X_1	-0.0044	-836.8800		Signifikan
X_2	0.0171	-3.2422		Signifikan
X_3	-0.0084	0.5961		Tidak Signifikan
X_4	0.0837	-0.9292		Tidak Signifikan
X_5	-0.0104	34.5311		Signifikan
X_6	-0.0196	-3.0752		Signifikan
X_7	0.0194	-12.0139		Signifikan
X_8	0.0098	1.7178		Tidak Signifikan
X_9	-0.0255	6.4700		Signifikan

Berdasarkan Tabel 7 disimpulkan bahwa variabel $X_1, X_2, X_5, X_6, X_7, X_9$ berpengaruh signifikan terhadap kejadian stunting di Kabupaten Barito Kuala.

Setelah dilakukan analisis ulang dengan menggunakan variabel $X_1, X_2, X_5, X_6, X_7, X_9$ dapat disimpulkan model GWNBR dengan pembobot *adaptive gaussian* yang terbentuk untuk kejadian stunting di Kecamatan Alalak adalah.

$$\ln(\hat{\mu}_6) = 47.1551 + 0.9874X_1 - 0.1576X_2 - 6.2398X_5 + 1.1593X_6 - 0.3499X_7 - 1.5395X_9$$

Variabel yang signifikan adalah persentase riwayat bayi diimunisasi dasar lengkap (X_1), riwayat pemberian ASI eksklusif pada bayi <6 bulan (X_2), kunjungan ANC keenam (K6) (X_5), riwayat ibu hamil yang mengonsumsi tablet tambah darah (X_6), riwayat bayi 6-11 bulan yang mendapat vitamin A (X_7), dan KK dengan akses terhadap fasilitas sanitasi yang layak (jamban sehat) (X_9) dengan aggotanya Kecamatan Tabunganen, Tamban, Mekarsari, Anjir Pasar, Anjir Muara, Alalak, Mandastana, Jejangkit, Belawang, Wanaraya, Barambai, dan Rantau Badauh.

4.8 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik berdasarkan kriteria AIC pada model regresi poisson, regresi binomial negatif, dan GWNBR sebagai berikut :

Tabel 8 Pengujian Parameter Model GWNBR dengan pembobot *adaptive gaussian* di Kecamatan Alalak

Model	AIC
Regresi Poisson	602.1
Regresi Binomial Negatif	206.65
<i>Adaptive Gaussian</i>	167.25
<i>Adaptive Bisquare</i>	168.79
<i>Fixed Gaussian</i>	167.93
<i>Fixed Bisquare</i>	168.50

Berdasarkan Tabel 8 model GWNBR dengan pembobot *adaptive gaussian* memiliki nilai AIC terendah, sedangkan nilai AIC tertinggi terdapat pada model regresi binomial negatif tanpa pembobot. Oleh karena itu, model GWNBR dengan pembobot *adaptive gaussian* dipilih karena memiliki AIC yang paling kecil, yakni sebesar 167.25.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, model terbaik yang terbentuk yaitu model GWNBR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* dengan nilai AIC terkecil sebesar 167.25, dimana salah satunya model Kecamatan Alalak dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{\mu}_6 = \exp(-34.3572 + 0.0732X_1 - 0.0080X_2 - 0.3463X_5 + 0.0895X_6 - 0.0209X_7 - 0.0781X_9)$$

Dari model tersebut, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kejadian stunting di Kecamatan Alalak yaitu persentase riwayat bayi diimunisasi dasar lengkap (X_1), riwayat pemberian ASI eksklusif pada bayi <6 bulan (X_2), kunjungan ANC keenam (K6) (X_5), riwayat ibu hamil yang mengonsumsi tablet tambah darah (X_6), riwayat bayi 6-11 bulan yang mendapat vitamin A (X_7), dan KK dengan akses terhadap fasilitas sanitasi yang layak (jamban sehat) (X_9).

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Delvia, N., Mustafid, M., & Yasin, H. (2021). Geographically Weighted Negative Binomial Regression Untuk Menangani Overdispersi Pada Jumlah Penduduk Miskin. *Jurnal Gaussian*, 10(4), 532–543.
- [2] Cahyani, P. D. W. I. (n.d.). *Pemodelan Jumlah Kematian Ibu Di Provinsi Jawa Timur Tahun 2015 Dengan Geographically Weighted Negative Binomial Regression*.
- [3] Gujarati, Damodar, 2003, *Ekonometri Dasar*. Terjemahan: Sumarno Zain, Jakarta: Erlangga.
- [4] Johnson, T.R. J.M. HILBE (2011) *Negative Binomial Regression*, second edition. *Psychometrika* 77, 611–612 (2012).
- [5] Kemenkes, R. (2023). *Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022*.
- [6] Khumaida, A. (2023). *Pendekatan Model Geographically Weighted Regression Pada Kondisi Stunting Di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2019 Dan 2021*. Universitas Lambung Mangkurat.
- [7] Montgomery, D.C., Peck, E.A. and Vining, G.G. (2012) *Introduction to Linear Regression Analysis*. Vol. 821, John Wiley & Sons, Hoboken.
- [8] Ni'mah, K., & Nadhiroh, S. R. (2015). Faktor yang berhubungan dengan kejadian stunting pada balita. *Media Gizi Indonesia*, 10(1), 13–19.
- [9] *Peta Jalan SDGs Indonesia Menuju 2030*. (n.d.). Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- [10] Pratiwi, E., Pramoedyo, H., Astutik, S., & Fauwziyah, F. (2022). Bahasa Indonesia Modeling Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR) on Stunting Incidence in Malang Regency: Bahasa Indonesia. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 19(1), 163–171.
- [11] *Profil Kesehatan Barito Kuala Tahun 2022*. (2023). Dinas Kesehatan Kabupaten Barito Kuala.
- [12] Ricardo, A., & Carvalho, T. (2013). *Geographically Weighted Negative Binomial Regression-Incorporating Overdispersion*. Business Media New York: Springer Science.
- [13] Supariasa, I. D. N., & Purwaningsih, H. (2019). Faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian stunting pada balita di kabupaten malang. *Karta Rahardja: Jurnal Pembangunan Dan Inovasi*, 1(2), 55–64.