

# Model Geographically Weighted Regression Menggunakan Adaptive Gaussian Kernel untuk Pemetaan Faktor Penyebab Stunting

Febi Vianti, Hani Khaulasari, Yuniar Farida, Cicik Swantika dan Havid Efendi



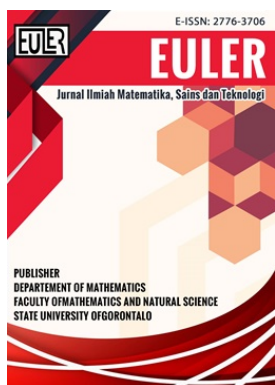
Volume 12, Issue 2, Pages 190–199, Dec 2024

Diterima 30 Oktober 2024, Direvisi 11 Desember 2024, Disetujui 14 Desember 2024, Diterbitkan 16 Desember 2024

To Cite this Article : F. Vianti, dkk., “Model Geographically Weighted Regression Menggunakan Adaptive Gaussian Kernel untuk Pemetaan Faktor Penyebab Stunting”, *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 12, no. 2, pp. 190–199, 2024, <https://doi.org/10.37905/euler.v12i2.28072>

© 2024 by author(s)

## JOURNAL INFO • EULER : JURNAL ILMIAH MATEMATIKA, SAINS DAN TEKNOLOGI

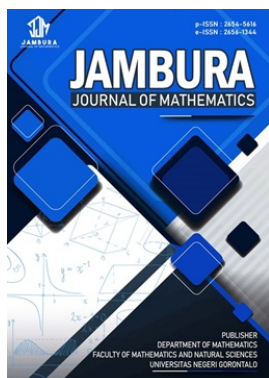


	Homepage	:	<a href="http://ejournal.ung.ac.id/index.php/euler/index">http://ejournal.ung.ac.id/index.php/euler/index</a>
	Journal Abbreviation	:	Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.
	Frequency	:	Biannual (June and December)
	Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
	DOI	:	<a href="https://doi.org/10.37905/euler">https://doi.org/10.37905/euler</a>
	Online ISSN	:	2776-3706
	License	:	Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License
	Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
	Country	:	Indonesia
	OAI Address	:	<a href="http://ejournal.ung.ac.id/index.php/euler/oai">http://ejournal.ung.ac.id/index.php/euler/oai</a>
	Google Scholar ID	:	QF_r-gAAAAJ
	Email	:	<a href="mailto:euler@ung.ac.id">euler@ung.ac.id</a>

## JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



Jambura Journal of Biomathematics



Jambura Journal of Mathematics



Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Probability and Statistics

# Model Geographically Weighted Regression Menggunakan Adaptive Gaussian Kernel untuk Pemetaan Faktor Penyebab Stunting

Febi Vianti<sup>1</sup>, Hani Khaulasari<sup>1,\*</sup>, Yuniar Farida<sup>1</sup>, Cicik Swantika<sup>2</sup> dan Havid Efendi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, Indonesia

## ARTICLE HISTORY

Diterima 30 Oktober 2024  
Direvisi 11 Desember 2024  
Disetujui 14 Desember 2024  
Diterbitkan 16 Desember 2024

## KATA KUNCI

Geographically Weighted  
Regression  
Adaptive Gaussian  
Stunting

## KEYWORDS

Geographically Weighted  
Regression  
Adaptive Gaussian  
Stunting

**ABSTRAK.** Stunting merupakan gangguan pertumbuhan anak yang nampak dari keadaan kurang tinggi badan berdasarkan umur. Kabupaten Jember memiliki tingkat prevalensi stunting sebesar 34,90% pada tahun 2022, menjadikannya sebagai daerah dengan kasus stunting tertinggi di Jawa Timur. Tujuan penelitian ini untuk memetakan faktor yang mempengaruhi stunting di Kabupaten Jember dengan pendekatan analisis spasial. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah Geographically Weighted Regression (GWR) untuk menganalisis hubungan spasial antara prediktor dan respon. GWR menggunakan kernel yang optimum untuk menentukan bobot spasial berdasarkan jarak dengan akurat, serta kriteria kebaikan AIC dan  $R^2$  untuk menghitung kebaikan model. Variabel penelitian mencakup jumlah kasus stunting di Kabupaten Jember sebagai variabel respon ( $Y$ ), dan variabel prediktor ( $X$ ) yaitu ibu hamil kurang energi kronis (KEK) ( $X_1$ ), ibu hamil anemia ( $X_2$ ), asi eksklusif ( $X_3$ ), sanitasi layak ( $X_4$ ), ibu hamil mengonsumsi TTD minimal 90 hari ( $X_5$ ), imunisasi dasar lengkap ( $X_6$ ), dan wasting ( $X_7$ ). Hasil penelitian dengan menggunakan kernel adaptive gaussian dengan CV paling minimum dari pada kernel yang lain dapat meningkatkan akurasi, sehingga dapat diterapkan untuk analisis data. Model GWR didapatkan akurasi  $R^2$  80,59% dan AIC 360.  $R^2$  menunjukkan kemampuan menjelaskan 80,59% variabilitas data respon, dan nilai AIC 360, yang mencerminkan efisiensi serta kecocokan model terhadap data spasial. Dari parameter GWR terbentuk 14 kelompok dimana terdapat beberapa faktor yang berbeda-beda pada setiap daerah di kecamatan yang ada di Kabupaten Jember.

**ABSTRACT.** Stunting is a child growth disorder that is evident from a lack of height for age. Jember Regency has a stunting prevalence rate of 34.90% in 2022, making it the region with the highest stunting cases in East Java. The purpose of this research is to map the factors that influence stunting in Jember Regency with a spatial analysis approach. The method applied in this study is Geographically Weighted Regression (GWR) to analyze the spatial relationship between predictors and responses. GWR uses an optimal kernel to determine the spatial weights based on distance accurately, as well as the AIC and  $R^2$  goodness criteria to calculate the goodness of the model. The research variables include the number of stunting cases in Jember Regency as the response variable ( $Y$ ), and the predictor variables ( $X$ ) are chronic energy deficiency pregnant women ( $X_1$ ), anemic pregnant women ( $X_2$ ), exclusive breastfeeding ( $X_3$ ), proper sanitation ( $X_4$ ), pregnant women consuming TTD at least 90 days ( $X_5$ ), complete basic immunization ( $X_6$ ), and wasting ( $X_7$ ). The results of the study using the adaptive gaussian kernel with the minimum CV compared to other kernels can improve accuracy, so it can be applied to data analysis. The GWR model obtained an accuracy of  $R^2$  80.59% and AIC 360.  $R^2$  indicates the ability to explain 80.59% of the variability of the response data, and the AIC value is 360, which reflects the efficiency and suitability of the model to spatial data. From the GWR parameters, 14 groups were formed where there are several different factors in each area in the sub-districts in Jember Regency.



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

## 1. Pendahuluan

Stunting merupakan kondisi di mana proses tumbuh dan kembang anak terhambat akibat kurangnya asupan gizi yang dibutuhkan, penyakit infeksi, serta kurangnya pemahaman akan faktor psikososial. Menurut WHO anak dikatakan stunting jika usia 0 – 59 bulan berada di bawah - 2 standar deviasi [1]. Angka stunting di atas 20% menunjukkan bahwa suatu wilayah memiliki masalah gizi kronis serta tantangan dalam bidang kesehatan ma-

syarakat [2]. Menurut data SKI pravelensi stunting di Indonesia pada tahun 2023 di angka 21,50% [3]. Hal tersebut menunjukkan bahwa Indonesia masih menghadapi tantangan besar terkait gizi.

Target nasional 2024, stunting diharapkan turun ke angka 14% [4]. Prevalensi kasus stunting di Jawa Timur tahun 2023 di angka 17,70%, yakni masih di atas target yang ditetapkan pemerintah [3]. Di Kabupaten Jember tahun 2022 prevalensi stunting berada di angka 34,90%, menjadikan Kabupaten Jember sebagai kabupaten tertinggi kasus stunting di Jawa Timur [5]. Tahun 2023

\*Penulis Korespondensi.

angka stunting di Jember di angka 29,70% [3]. Untuk mengurangi angka prevalensi stunting perlu dianalisis faktor-faktor yang memengaruhi stunting, pendekatan yang sering digunakan adalah regresi linier. Penggunaan metode regresi linier berganda untuk mengetahui hubungan antara variabel respon dan prediktor [6]. Daerah di sekitar Jember yaitu Kabupaten dan Kota Probolinggo serta Lumajang juga menjadi penyumbang terbesar pravelensi stunting. Hal ini mungkin terjadi karena terdapat keterkaitan spasial, dimana daerah yang lebih dekat memiliki pengaruh yang lebih besar daripada yang berjauhan [7]. Angka prevalensi stunting yang berbeda bisa terjadi karena perbedaan karakteristik wilayah, sosial, dan budaya. Hal ini dapat menyebabkan heterogenitas spasial. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan metode pengembangan regresi dengan mempertimbangkan aspek spasial yaitu *Geographically Weighted Regression* (GWR). Metode GWR dapat mengatasi heterogenitas spasial yaitu keadaan dimana perbedaan angka prevalensi stunting yang terjadi akibat perbedaan karakteristik antar wilayah [8].

Penelitian terdahulu mengenai faktor-faktor penyebab stunting oleh Mufidah [6] dengan metode regresi linier berganda didapatkan ukuran kebaikan  $R^2$  45%. Penggunaan metode regresi linier berganda untuk mengetahui hubungan antara variabel respon dan prediktor, nilai estimasi parameter pada regresi ini sama pada tiap wilayah. Penelitian lain oleh Sari [9] mengenai faktor-faktor penyebab stunting ditemukan kasus heterogenitas spasial sehingga perlu menggunakan metode GWR didapatkan ukuran kebaikan  $R^2$  75% dimana lebih baik dari regresi linier berganda. GWR dalam penggunaannya melibatkan pembobot. Pembobot digunakan untuk mengatur seberapa jauh pengaruh suatu titik terhadap pengamatan lain dalam model GWR. Penelitian oleh Sihombing [10] menggunakan metode GWR berdasarkan perhitungan kebaikan model fungsi kernel terbaik yaitu adaptive gaussian. Fungsi adaptive gaussian dipilih karena nilai bandwidth dapat menyesuaikan kondisi setiap titik pengamatan atau tidak sama untuk seluruh lokasi [8]. Beberapa faktor dapat mempengaruhi stunting. Penelitian terdahulu oleh Putri [11] menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara sanitasi layak dengan kejadian stunting. Penelitian oleh Taswin [12] menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara imunisasi dasar lengkap serta asi eksklusif terhadap kejadian stunting. Penelitian lain oleh Karjono [13] mengenai risiko terjadinya stunting ditemukan pengaruh yang signifikan antara ibu hamil anemia, ibu hamil Kurang Energi kronis (KEK) dengan kejadian stunting. Penelitian lain oleh Fentiana [14] menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara ibu hamil mengkonsumsi tablet tambah darah terhadap kejadian stunting. Penelitian lain oleh Thurstans [15] menyimpulkan adanya hubungan signifikan antara wasting (gizi buruk) dengan stunting.

Penelitian sebelumnya oleh Mufidah [6] menggunakan regresi linier berganda dengan  $R^2$  sebesar 45%, yang menunjukkan keterbatasan metode tersebut dalam menangkap heterogenitas spasial. Metode GWR yang lebih baik dalam menangkap keragaman spasial telah dibuktikan memiliki  $R^2$  lebih tinggi (75%), tetapi model tersebut hanya menggunakan 3 variabel prediktor sehingga dapat ditingkatkan dengan menambahkan variabel baru. Penelitian terdahulu oleh Cholid [16] terkait stunting menggunakan GWR didapatkan variabel yang signifikan yaitu imunisasi dasar lengkap dan ibu hamil KEK. Penelitian oleh Hariani [17]

mengenai stunting menggunakan GWR didapatkan hasil variabel yang signifikan yaitu gizi buruk (wasting) dan asi eksklusif.

Pada penelitian ini akan ditambahkan variabel yang belum ada pada penelitian sebelumnya yaitu ibu hamil anemia, sanitasi layak, ibu hamil mengkonsumsi TTD minimal 90. Stunting dapat menciptakan generasi yang tidak mampu mengoptimalkan potensi yang dimilikinya, sehingga menjadi ancaman bagi masa depan bangsa, dan menimbulkan kerugian ekonomi hingga Rp 300 triliun per tahun. Dalam jangka pendek, stunting meningkatkan risiko penyakit dan kematian. Dampak jangka menengahnya meliputi penurunan kemampuan intelektual dan kognitif, sedangkan dalam jangka panjang, stunting memengaruhi kualitas sumber daya manusia dan meningkatkan risiko penyakit degeneratif di usia dewasa [18]. Hingga saat ini belum ada penelitian terkait stunting yang menggunakan metode GWR di Jember. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memetakan faktor penyebab stunting di Kabupaten Jember menggunakan metode GWR dan menentukan kebaikan model. Hasil penelitian dengan menggunakan GWR akan berupa faktor yang menyebabkan stunting pada masing-masing kecamatan di Jember. Penyajian hasil penelitian dalam bentuk peta digital menggunakan aplikasi *Arc geographical information system* (ArcGIS). Hasil penelitian diharapkan dapat mengidentifikasi daerah di Kabupaten Jember yang memiliki kriteria rawan gizi berdasarkan kecamatan, serta memberikan gambaran untuk penentuan prioritas penanggulangan stunting yang disesuaikan dengan faktor-faktor pada masing-masing kecamatan sehingga dapat membantu.

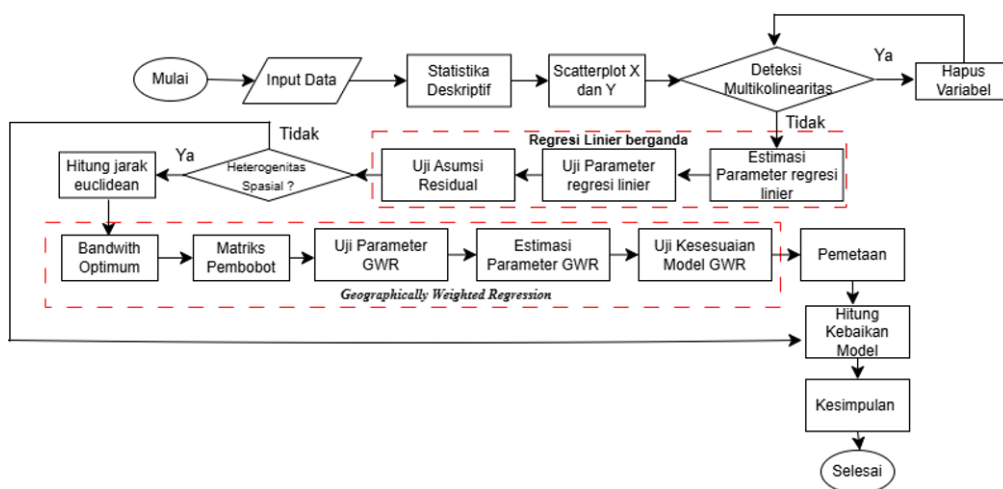
## 2. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian mengenai jumlah kasus stunting adalah GWR dengan pembobot kernel bisquare, gaussian, dan tricube, kriteria kebaikan menggunakan AIC dan  $R^2$ . Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari Dinas Kesehatan Provinsi Jatim tahun 2023 mengenai data stunting di Kabupaten Jember dengan titik lokasi pengamatan 31 Kecamatan, variabel yang digunakan pada penelitian ini antara lain variabel respon (Y) adalah jumlah kasus stunting di Kabupaten Jember, serta variabel (X) sebagaimana pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Variabel data penelitian stunting Jember 2023

Variabel Penelitian	Simbol	Skala
Jumlah kasus stunting	Y	Rasio
Ibu hamil kurang energi kronis (kek)	$X_1$	Rasio
Ibu hamil anemia	$X_2$	Rasio
ASI eksklusif	$X_3$	Rasio
Sanitasi layak	$X_4$	Rasio
Ibu hamil mengkonsumsi ttd minimal 90	$X_5$	Rasio
Imunisasi dasar lengkap	$X_6$	Rasio
Wasting	$X_7$	Rasio
Longitude	$u$	
Latitude	$v$	

Setelah mengumpulkan data tahap selanjutnya yaitu mengolah data. Tahapan yang digunakan untuk mendapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah stunting dapat dijelaskan pada Gambar 1. Tahapan penelitian berdasarkan diagram alur penelitian pada Gambar 1, diuraikan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alur penelitian

### 2.1. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah menyajikan ciri-ciri dari suatu data. Adapun statistika deskriptif dalam penelitian ini yaitu nilai minimum adalah nilai terendah pada data, nilai maksimum adalah nilai terbesar pada data, mean adalah rata-rata dari keseluruhan data, standar deviasi adalah ukuran sebaran dalam data [19].

### 2.2. Multikolinearitas

Pengujian multikolinearitas untuk mendeteksi kasus multikolinearitas pada variabel prediktor. Jika nilai Variance Inflation Factors (VIF) lebih dari 10 maka ditemukan kasus multikolinearitas pada variabel prediktor [20]. Hipotesis pengujian multikolinearitas yaitu

$H_0$  : tidak ditemukan kasus multikolinearitas

$H_1$  : ditemukan kasus multikolinearitas.

Statistik pengujian multikolinearitas sebagai berikut:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_k^2}; \quad k = 1, 2, \dots, p. \quad (1)$$

dengan  $R_k^2$  adalah koefisien determinasi antar variabel prediktor.

### 2.3. Model Regresi Berganda

Model regresi linier bertujuan untuk menggambarkan keterkaitan antara variabel respon  $y$  dan variabel prediktor  $x_1, x_2, \dots, x_k$ . Adapun model regresi linier yaitu:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1k} + \beta_2 x_{2k} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n; \quad k = 1, 2, \dots, p$$

dimana  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  adalah parameter dari model. Model dalam regresi linier berganda tidak melibatkan pengaruh dari wilayah atau kondisi geografis [21]. Adapun notasi matriks, model regresi yaitu:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (3)$$

dengan

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}, \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix}$$

Adapun rumus estimasi parameter OLS sebagai berikut

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} \quad (4)$$

dengan

$\mathbf{y}$  : vektor yang berisi variabel prediktor,

$\mathbf{X}$  : matriks yang berisi variabel prediktor dengan ukuran  $(n \times (k + 1))$ ,

$\boldsymbol{\varepsilon}$  : error (selisih nilai aktual dan prediksi).

Uji estimasi parameter regresi linier berganda dilakukan secara serentak dan parsial. Uji parsial dilakukan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon. Adapun uji parameter secara parsial menggunakan hipotesis yaitu :

$H_0$  :  $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_7 = 0$ ,

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

Selanjutnya, statistik uji parsial [22], mengikuti persamaan berikut:

$$T_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} = \frac{\hat{\beta}_k}{\sqrt{\sigma^2 C_{kk}}}, \quad (5)$$

dengan

$\hat{\beta}_k$  : Koefisien regresi linier,

$s$  : Standar error

$C_{kk}$  :  $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$

$\sigma^2$  :  $\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k - 1}$ .

Uji parameter serentak yaitu pengujian secara serentak untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon [23]. Hipotesis uji parameter secara serentak yaitu :

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

$H_0$  :  $\beta_k(u_i, v_i) \neq 0$  dengan  $k = 0, 1, 2, \dots, p$ .

Perhitungan Statistik uji serentak menggunakan persamaan berikut:

$$F_{hitung} = \frac{\sum \frac{(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{k}}{\sum \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - k - 1)}} = \frac{MSR}{MSE} \quad (6)$$



### 2.4. Uji Asumsi Residual

Uji asumsi residual digunakan untuk mengevaluasi residual berdistribusi normal melalui uji Shapiro-Wilk [23]. Hipotesis yang digunakan yaitu:

$H_0$  : Residual memiliki distribusi normal,

$H_1$  : Residual tidak memiliki distribusi normal,

Statistik uji yang digunakan mengacu pada persamaan sebagai berikut [24]:

$$W_{hitung} = \frac{1}{D} \left[ \sum_{i=1}^k a_i (\varepsilon_{n-i-1} - \varepsilon_i) \right]^2 \quad (7)$$

$$D = \sum_{i=1}^k (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2,$$

dengan  $a_i$  : koefisien uji Shapiro-Wilk.

### 2.5. Uji Keberagaman Spasial

Adanya perbedaan karakteristik suatu wilayah dan letak geografis berakibat terjadi keberagaman spasial. Keberagaman spasial dapat dideteksi melalui uji Breusch-Pagan (BP), menggunakan wilayah sebagai objek pengamatan [25]. Adapun hipotesis pengujian keberagaman spasial yaitu:

$H_0$  : tidak ditemukan keragaman spasial,

$H_1$  : ditemukan keberagaman spasial.

Perhitungan uji Breusch-Pagan (BP) yaitu :

$$BP = \left( \frac{1}{2} \right) f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f \sim X^2_{(\infty, n)} \quad (8)$$

dimana nilai elemen vektor  $f^T$  diperoleh dari  $f = \frac{\varepsilon_i^2}{\sigma^2} - 1$ . Nilai  $\varepsilon_i^2$  adalah residual kuadrat terkecil untuk data ke- $i$ , didapat dari  $\varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ .  $Z$  adalah matriks dengan ukuran  $n \times (k + 1)$  berisi vektor yang telah dinormalisasi jika  $BP > X^2_{(\infty, n)}$  atau maka tolak  $H_0$ .

### 2.6. Jarak euclidean

Dalam penelitian spasial membutuhkan jarak antar setiap titik lokasi dimana dihitung menggunakan koordinat bujur ( $u_i$ ) dan lintang ( $v_i$ ) [26]. Adapun perhitungan jarak euclid pada lokasi ( $u_i, v_i$ ):

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}. \quad (9)$$

### 2.7. Bandwidth

Bandwidth merupakan jarak maksimal dari suatu titik terhadap titik di pusat lokasi untuk penentuan bobot di setiap observasi terhadap model regresi di lokasi tersebut [27]. Metode untuk mendapatkan bandwidth yang optimum yaitu melalui metode Cross Validation sebagai berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2, \quad (10)$$

dengan:

$\hat{y}_{\neq i}(h)$  : nilai estimasi  $y_i$  dimana lokasi ke ( $u_i, v_i$ ) tidak dimasukkan dari prose penaksiran,

$n$  : total sampel.

### 2.8. Fungsi Pembobot

Dalam model GWR, estimasi parameter dilakukan dengan memperhitungkan jarak antara observasi menggunakan fungsi kernel. Fungsi kernel ini memberikan bobot yang mencerminkan letak spasial antar observasi. Ada dua jenis pembobot yang umum digunakan untuk aspek spasial adalah fungsi kernel tetap (*fixed kernel*) dan fungsi kernel adaptif (*adaptive kernel*) [16].

1. Fungsi Fixed Kernel Gaussian

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right\}. \quad (11)$$

2. Fungsi Adaptive Kernel Gaussian

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{h_i} \right)^2 \right\} \quad (12)$$

3. Fungsi Fixed Kernel Bisquare

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \left\{ \begin{array}{ll} \left( 1 - \left( \frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right)^2 & , \text{ untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & , \text{ untuk } d_{ij} > h \end{array} \right\} \quad (13)$$

4. Fungsi Adaptive Kernel Bisquare

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \left\{ \begin{array}{ll} \left( 1 - \left( \frac{d_{ij}}{h_i} \right)^2 \right)^2 & , \text{ untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & , \text{ untuk } d_{ij} > h_i \end{array} \right\} \quad (14)$$

5. Fungsi Fixed Kernel Tricube

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \left\{ \begin{array}{ll} \left( 1 - \left( \frac{d_{ij}}{h} \right)^3 \right)^3 & , \text{ untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & , \text{ untuk } d_{ij} > h \end{array} \right\} \quad (15)$$

6. Fungsi Adaptive Kernel Tricube

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \left\{ \begin{array}{ll} \left( 1 - \left( \frac{d_{ij}}{h_i} \right)^3 \right)^3 & , \text{ untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & , \text{ untuk } d_{ij} > h_i \end{array} \right\} \quad (16)$$

### 2.9. Estimasi Parameter Model Geographically Weighted Regression (GWR)

Estimasi parameter pada model GWR didapatkan menggunakan metode *Weighted Least Squares* (WLS), dengan menggunakan pembobot berbeda-beda berdasarkan jarak dari titik pusat lokasi pada tiap titik lokasi pengamatan [28]. Rumus estimasi parameter model GWR untuk setiap titik lokasi yaitu:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \quad (17)$$

Uji kesesuaian model digunakan untuk mengetahui apakah model GWR lebih baik dalam menjelaskan data dibandingkan dengan model regresi linier. Hipotesis pengujian yaitu:

$H_0$  :  $\beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$  untuk setiap,  $k = 0, 1, 2, \dots, p$ , dan  $i = 1, 2, \dots, n$  (tidak ada perbedaan yang signifikan antara model regresi global dan GWR)

$H_1$  : Paling sedikit ada satu  $\beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$   $k = 0, 1, 2, \dots, p$  (ada perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan GWR).

**Tabel 2.** Statistik deskriptif data penelitian stunting

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
Minimum	48	0	0	250	4431	428	0	94
Median	300	129	29	688	14234	947	501	389
Mean	329,50	124,90	54,68	1052	14852	971,80	531,50	398
Maksimum	648	258	237	3042	39318	1641	1558	786
Std deviasi	138,90	54,40	69,20	714,75	7695,50	352,30	428,90	175

Statistik uji kesesuaian model sebagai berikut [23]:

$$F_{hitung} = \frac{RSS(H_0)/df_1}{RSS(H_1)/df_2} = \frac{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{V})^T \mathbf{y}/n - k - 1}{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{V})^T \mathbf{y}/(n - 2tr(\mathbf{Q}) + tr(\mathbf{Q}^T \mathbf{Q}))} \quad (18)$$

dengan

$$\mathbf{V} = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T$$

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} x_1 (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \\ x_2 (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ x_n (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \end{bmatrix}$$

Uji parameter model digunakan untuk mengetahui variabel yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon, dilakukan dengan menguji parsial terhadap parameter-parameter tersebut, adapun hipotesis pengujian sebagai berikut:

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

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0 \text{ dengan } k = 0, 1, 2, \dots, p.$$

Adapun rumus uji signifikansi model yaitu [22]:

$$T_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{C_{kk}}} \quad (19)$$

dengan

$\hat{\sigma}$  : Estimasi standar deviasi residual,

$$C_{kk} : (\mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}$$

Model *geographically weighted regression* adalah pengembangan lebih lanjut dari model regresi linier. GWR memperhitungkan pengaruh geografis setiap titik lokasi pada setiap parameter. Dalam model GWR, variabel prediktor memprediksi variabel respon dengan bergantung pada wilayah pengamatan data [23]. Adapun model GWR yaitu:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^k \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (20)$$

dengan

- $y_i$  : Nilai variabel respon pada lokasi ke-i,
- $x_{ik}$  : nilai variabel prediktor pada lokasi ke-i,
- $(u_i, v_i)$  : titik koordinat (bujur, lintang) lokasi i,
- $\beta_k(u_i, v_i)$  : parameter regresi variabel prediktor ke-k pada lokasi ke-i.

### 2.10. Ukuran Keباikan

Ukuran kebaikan dalam penelitian ini menggunakan koefisien determinasi dan AIC. Koefisien determinasi atau  $R^2$  digunakan untuk mengevaluasi kebaikan model dan sejauh mana model dapat menjelaskan variasi atau perubahan dalam variabel prediktor terhadap variabel respon [29]. Nilai  $R^2$  model dianggap kuat menjelaskan variasi pada variabel respon apabila mendekati 1. Nilai  $R^2$  lemah dalam menjelaskan variasi pada variabel respon apabila mendekati 0 [30].

Adapun perhitungan koefisien determinasi yaitu:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (21)$$

Untuk memilih model terbaik dalam pemodelan spasial yang umum juga dapat menggunakan nilai Akaike Information Criterion(AIC). Nilai AIC paling kecil digunakan untuk memilih model terbaik [31]. Adapun rumus menghitung AIC sebagai berikut:

$$AIC = -2\log(\hat{\sigma}^2) + n \log(2\pi) + n + tr(\mathbf{Q}) \quad (22)$$

$\hat{\sigma}^2$  merupakan estimasi varian residual,  $tr(\mathbf{Q})$  adalah total matriks diagonal dari matriks Q.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi pemaparan hasil penelitian menggunakan metode GWR untuk mengevaluasi hubungan antara stunting dan variabel prediktor. Hasil mencakup perbandingan model GWR dengan regresi linier berganda untuk menilai akurasi, serta pemetaan distribusi spasial faktor signifikan penyebab stunting.

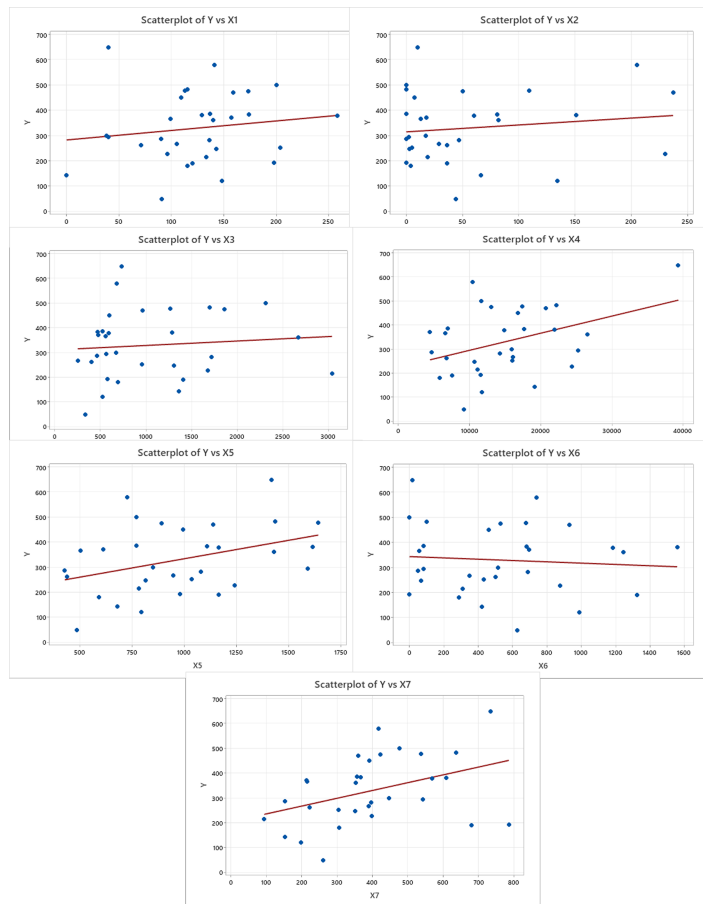
### 3.1. Statistika Deskriptif

Tahapan yang pertama pada penelitian ini yaitu melakukan analisis deskriptif pada variabel dalam penelitian untuk memahami gambaran umum pada data. Analisis deskriptif didapatkan menggunakan software RStudio, dengan hasil disajikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2** menunjukkan variasi signifikan pada semua variabel. Jumlah kasus stunting (Y) bervariasi antara 48 hingga 648 kasus, dengan rata-rata 329,5. Ibu hamil kurang energi kronis (KEK)  $X_1$  memiliki variasi moderat (rata-rata 124,9), sementara ibu hamil anemia  $X_2$  dan asi eksklusif  $X_3$  menunjukkan variasi lebih besar (rata-rata 54,68 dan 1052). Sanitasi layak  $X_4$  memiliki variasi terbesar (rata-rata 14852). Ibu hamil mengkonsumsi ttd minimal 90  $X_5$  dan imunisasi dasar lengkap  $X_6$  menunjukkan variasi sedang (rata-rata 971,8 dan 531,5). Wasting  $X_7$  bervariasi antara 94 dan 786, dengan rata-rata 398. Semua variabel menunjukkan perbedaan signifikan antar wilayah, yang menyoroti pentingnya faktor-faktor tersebut dalam analisis stunting.

### 3.2. Scatter Plot

Scatter plot digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor. Proses visualisasi data pada penelitian ini menggunakan Minitab. Hubungan bernilai positif jika garis membentang dari bawah sudut kiri ke kanan atas. Hubungan bernilai negatif jika garis membentang dari atas sudut kiri ke kanan bawah. Berikut visualisasi hubungan setiap variabel.



Gambar 2. Scatter plot data

Pada Gambar 2, dapat diketahui korelasi antara variabel prediktor dengan variabel respon. Dari variabel Y dengan variabel  $X_1$  didapatkan pola hubungan yang positif dengan korelasi cukup kuat. Dari variabel Y dengan variabel  $X_2$  didapatkan pola hubungan yang positif dengan korelasi cukup kuat. Dari variabel Y dengan variabel  $X_3$  didapatkan pola hubungan yang positif dengan korelasi cukup kuat. Dari variabel Y dengan variabel  $X_4$  didapatkan pola hubungan yang positif dengan korelasi cukup kuat. Dari variabel Y dengan variabel  $X_5$  didapatkan pola hubungan yang negatif dengan korelasi lemah. Dari variabel Y dengan variabel  $X_6$  didapatkan pola hubungan yang negatif dengan korelasi lemah. Dari variabel Y dengan variabel  $X_7$  didapatkan pola hubungan yang positif dengan korelasi cukup kuat.

### 3.3. Multikolinearitas

Multikolinearitas digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya kasus multikolinearitas pada variabel prediktor. Deteksi multikolinearitas menggunakan pers. (1), dengan hipotesis pengujian sebagai berikut:

$H_0$  : tidak ditemukan kasus multikolinearitas,  
 $H_1$  : ditemukan kasus multikolinearitas.  
 Nilai VIF pada variabel prediktor disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai vif variabel prediktor

Variabel	Nilai vif
$X_1$	1,41
$X_2$	1,93
$X_3$	1,24
$X_4$	3,57
$X_5$	5,18
$X_6$	2,13
$X_7$	2,41

Nilai vif variabel prediktor pada Tabel 3 menunjukkan tidak terjadi kasus multikolinearitas pada variabel-variabel prediktor dikarenakan  $VIF < 10$ . Dengan demikian, tidak terjadi kasus multikolinearitas sehingga dapat digunakan untuk pembentukan model regresi linier.

### 3.4. Estimasi Parameter Regresi Linier Berganda

Estimasi parameter regresi digunakan mendapatkan model regresi dengan menggunakan pers. (4). Adapun nilai estimasi parameter regresi linier berganda yaitu:

$$\hat{y} = 115,99 + 0,65x_1 + 0,55x_2 + 0,01x_3 + 0,01x_4 + 0,01x_5 - 0,12x_6 + 0,19x_7.$$

Setelah didapatkan estimasi parameter regresi linier, selanjutnya akan dilakukan uji serentak untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon, dengan hipotesis yang digunakan yaitu:

$H_0$  :  $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_7 = 0$   
 $H_1$  : Paling sedikit ada satu  $\beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, 7$ .  
 Adapun hasil pengujian serentak disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji serentak regresi linear

$df_1, df_2$	F-hitung	F-table	P-value	R-square
7,23	1,61	1,55	0,18	34%

Berdasarkan Tabel 4, didapatkan F-hitung sebesar 1,61 dengan nilai p-value = 0,18. Dengan menggunakan alpha 20%, nilai F-table yaitu  $F(0,20;7;23) = 1,55$ , sehingga nilai Fhitung  $> F(0,20;7;23)$  atau nilai pvalue  $< \alpha = 20\%$  yang berarti tolak  $H_0$ . Dapat disimpulkan bahwa terdapat paling sedikit satu variabel prediktor yang mempengaruhi variabel respon.

Selain melakukan pengujian parameter secara serentak, dilakukan uji secara parsial untuk mengetahui hubungan variabel prediktor terhadap respon menggunakan pers. (5), dengan hipotesis pengujian parsial regresi yaitu:

$H_0$  :  $\beta_k = 0, k = 0, 1, 2, \dots, 7$   
 (tidak memiliki hubungan yang signifikan),  
 $H_1$  :  $\beta_k \neq 0, k = 0, 1, 2, \dots, 7$   
 (memiliki hubungan yang signifikan).  
 Selanjutnya, hasil uji parsial disajikan pada Tabel 5.

Pada Tabel 5, didapatkan hasil pengujian parsial dimana tolak  $H_0$  jika p-value  $< \alpha = 20\%$  atau t-hitung  $>$  dari t-tabel  $(0.10;23) = -1,32$ . Berdasarkan hipotesis pengujian parsial regresi didapatkan hasil tolak  $H_0$  yaitu terdapat minimal 1 variabel signifikan yaitu variabel  $X_6$  (Imunisasi dasar lengkap).

**Tabel 5.** Uji parsial

Variabel	T-hitung	P-value	Kesimpulan
$X_1$	1,26	0,22	Tidak Signifikan
$X_2$	1,16	0,26	Tidak Signifikan
$X_3$	0,08	0,94	Tidak Signifikan
$X_4$	0,96	0,35	Tidak Signifikan
$X_5$	0,04	0,97	Tidak Signifikan
$X_6$	-1,51	0,15	Signifikan
$X_7$	0,90	0,38	Tidak Signifikan

### 3.5. Uji Asumsi Residual

Asumsi residual dilakukan untuk mengevaluasi residual berdistribusi normal melalui uji Shapiro-Wilk dengan menggunakan pers. (7). Hipotesis yang digunakan yaitu:

- $H_0$  : Residual memiliki distribusi normal,
- $H_1$  : Residual tidak memiliki distribusi normal.

Hasil pengujian disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Uji asumsi residual

P – value	W-hitung	W-tabel
0,70	0,98	0,95

Uji Shapiro-Wilk pada Tabel 6 menggunakan  $\alpha = 20\%$  menghasilkan nilai p-value = 0.70 >  $\alpha = 0.20$  dan W-hitung = 0.98 > W-tabel = 0.95. Berdasarkan hipotesis pengujian asumsi residual didapatkan hasil tolak  $H_0$  yang artinya residual memiliki distribusi yang normal.

### 3.6. Uji Heterogenitas Spasial

Setelah diketahui residual berdistribusi normal, dilakukan uji breusch-pagan. Uji breusch-pagan digunakan untuk medeteksi keberagaman spasial. Adapun hipotesis pengujian keberagaman spasial yaitu:

- $H_0$  : tidak ditemukan keragaman spasial
- $H_1$  : ditemukan keberagaman spasial.

Pengujian menggunakan pers. (8) didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Uji breusch-pagan (BP)

p – value	BP	$\alpha$
0,11	11,88	0,20

Berdasarkan uji Breusch-Pagan (BP) pada Tabel 7 didapatkan BP yaitu 11,88 serta nilai pvalue = 0,11 menunjukkan bahwa P-value kurang dari  $\alpha$  20%. Oleh karena itu, didapatkan kesimpulan berdasarkan hipotesis pengujian bahwa terdapat keragaman spasial pada data, sehingga digunakan metode GWR untuk mengatasi heterogenitas spasial.

### 3.7. Jarak Euclidean

Karena data memiliki keragaman spasial, maka dilanjutkan ke metode GWR langkah awal yaitu menghitung jarak euclidean dengan menggunakan data bujur dan lintang. Dengan menggu-

nakan pers. (9), diperoleh perhitungan sebagai berikut:

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

$$d_{11} = \sqrt{(-8,28 - (-8,28))^2 + (113,36 - 113,36)^2} = 0$$

$$d_{ij_{31 \times 31}} = \begin{bmatrix} 0 & 0,06 & \dots & 0,38 & 0,38 \\ 0,06 & 0 & \dots & 0,43 & 0,44 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0,38 & 0,43 & \dots & 0 & 0,05 \\ 0,38 & 0,44 & \dots & 0,05 & 0 \end{bmatrix}.$$

Pehitungan jarak euclidian digunakan untuk menghitung bandwith. Perhitungana diatas merupakan contoh perhitungan euclid dari kecamatan Kencong dimana 0 adalah titik pusat.

### 3.8. Bandwith optimum

Bandwith merupakan jarak maksimal dari suatu titik terhadap titik di pusat lokasi untuk penentuan bobot di setiap observasi. Bandwith optimum didapatkan dari nilai CV yang minimum menggunakan pers. (16) yang disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Bandwith optimum pada masing-masing kernel

Kernel	Bandwith	CV
Adaptive gaussian	0,19*	731429,50*
Fixed gaussian	0,81	888832,30
Adaptive bisquare	0,84	842320,10
Fixed bisquare	0,56	926268,40
Adaptive tricube	0,85	854225,10
Fixed tricube	0,58	934474

Dari Tabel 8, didapatkan nilai CV paling minimum yaitu adaptive gaussian. Setelah didapatkan nilai CV minimum selanjutnya dihitung fungsi kernel dengan menggunakan pers. (12). Kernel dengan nilai AIC minimum dan nilai  $R^2$  paling maksimum akan dipilih untuk perhitungan model yang disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Pemilihan model terbaik

Fungsi Kernel	R square	AIC
Adaptive gaussian	<b>80,59*</b>	<b>360*</b>
Fixed gaussian	35,45	387
Adaptive bisquare	70,88	371
Fixed bisquare	57,50	378
Adaptive tricube	66,95	374
Fixed tricube	51,74	381

\*) Fungsi kernel yang terpilih

Berdasarkan nilai AIC dan  $R^2$  optimum pada Tabel 9, yaitu nilai AIC minimum dan nilai  $R^2$  maksimum, maka pembobot yang digunakan untuk melakukan pemodelan adalah pembobot kernel adaptive gaussian. Adapun matriks dari pembobot adaptive gaussian sebagai berikut:

$$w_{ij}(u_i, v_i)_{31 \times 31} = \begin{bmatrix} 1 & 0,90 & \dots & 0,02 & 0,02 \\ 0,90 & 1 & \dots & 0,01 & 0,01 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0,02 & 0,01 & \dots & 1 & 0,93 \\ 0,02 & 0,01 & \dots & 0,93 & 1 \end{bmatrix}.$$



### 3.9. Uji Kesesuaian Model

Pengujian kesesuaian model digunakan untuk mengetahui model GWR atau regresi yang lebih baik dalam menjelaskan data. Perhitungan uji kesesuaian model menggunakan pers. (18), dengan hipotesis pengujian yaitu:

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$  untuk setiap,  $k = 0, 1, 2, \dots, p$ , dan  $i = 1, 2, \dots, n$  (tidak ada perbedaan yang signifikan antara model regresi global dan GWR),

$H_1$ : Paling sedikit ada satu  $\beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$   $k = 0, 1, 2, \dots, p$  (ada perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan GWR).

Selanjutnya, hasil uji kesesuaian model disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji kesesuaian model

	SSE	df <sub>1</sub> , df <sub>2</sub>	F-hitung	F-table	Pvalue
GWR	195096	23,14.39	1,99	1,54	0,09
Regresi Global	388511				

Berdasarkan hasil uji kesesuaian model GWR fungsi pembobot adaptive gaussian, didapatkan p-value = 0,09 <  $\alpha = 0,20$  dan F-hitung = 1,99 >  $F(0.2, 23; 14.39) = 1,54$ , maka diambil keputusan terima  $H_1$ , yaitu terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi linear berganda dengan model GWR dilihat dari nilai SSE yang lebih kecil dari regresi global. Nilai SSE yang lebih baik menunjukkan model lebih efektif dalam menjelaskan hubungan variabel prediktor dan respon.

### 3.10. Uji Parameter Model GWR

Pengujian parameter model GWR penting dilakukan untuk mengetahui variabel prediktor yang berpengaruh terhadap variabel respon. Pengujian dilakukan menggunakan pers. (19), dengan hipotesis yang digunakan yaitu:

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$ ;  $k = 1, 2, \dots, 7$  dan  $i = 1, 2, \dots, 31$  (tidak terdapat hubungan signifikan variabel prediktor terhadap variabel respon)

$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$ ;  $k = 1, 2, \dots, 7$  dan  $i = 1, 2, \dots, 31$  (paling sedikit ada satu  $\beta_k(u_i, v_i) \neq 0$  menandakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan variabel prediktor terhadap variabel respon).

Uji parameter model GWR dengan fungsi kernel adaptive gaussian secara parsial menggunakan  $\alpha = 20\%(0,2)$  menghasilkan p-value dan t-hitung pada tiap lokasi pengamatan,  $T_{(0.10;23)} = -1,32$ . Jika nilai t-hitung <  $T_{(0.10;23)} = -1,32$ , maka tolak  $H_0$  yang artinya terdapat pengaruh signifikan antara variabel prediktor terhadap variabel respon. Berdasarkan parameter variabel prediktor yang berpengaruh secara parsial di setiap kecamatan dengan menggunakan fungsi pembobot adaptive gaussian membentuk 14 kelompok yang dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 mengelompokkan kecamatan berdasarkan variabel signifikan yang memengaruhi model GWR, dengan setiap kelompok menunjukkan kombinasi variabel yang berbeda sesuai pengaruh lokalnya. Sebagai contoh, estimasi parameter model GWR untuk Kecamatan Kencong menunjukkan nilai koefisien setiap variabel signifikan yang menjelaskan hubungan antara variabel prediktor dan respon di wilayah tersebut. Estimasi parameter

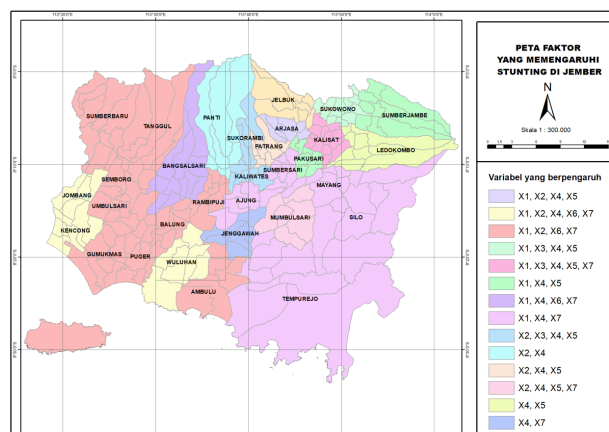
Tabel 11. Kelompok variabel yang berpengaruh pada model GWR

Kelompok	Variabel signifikan	Kecamatan
1	$X_1, X_2, X_4, X_6, X_7$	Jombang, Kencong, Wuluhan
2	$X_1, X_2, X_6, X_7$	Puger, Gumuk Mas
3	$X_1, X_4, X_6, X_7$	Ambulu, Rambipuji, Balung, Umbulsari, Semboro, Sumberbaru, Tanggul, Bangsalsari
4	$X_1, X_4, X_7$	Tempurejo, Ajung
5	$X_2, X_4, X_5$	Silo, Mayang, Sumber-sari, Patrang
6	$X_2, X_4, X_5, X_7$	Mumbulsari
7	$X_4, X_7$	Jenggawah
8	$X_2, X_4$	Panti
9	$X_2, X_3, X_4, X_5$	Sukorambi, Kaliwates
10	$X_1, X_2, X_4, X_5$	Arjasa
11	$X_1, X_4, X_5$	Pakusari, Sumberjambe
12	$X_1, X_3, X_4, X_5, X_7$	Kalisat
13	$X_4, X_5$	Ledokombo
14	$X_1, X_3, X_4, X_5$	Sukowono

model pada kecamatan Kencong sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Kencong} = -124,92 + 0,96x_1 + 0,85x_2 + 0,04x_3 + 0,01x_4 - 0,01x_5 - 0,23x_6 + 0,58x_7.$$

Estimasi parameter GWR untuk Kecamatan Kencong menunjukkan bahwa prediktor  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_7$  memiliki hubungan positif dengan respon, artinya peningkatan nilai prediktor tersebut cenderung meningkatkan nilai respon. Sebaliknya,  $X_5, X_6$  memiliki hubungan negatif, sehingga peningkatan nilai prediktor ini justru menurunkan nilai respon. Hal ini mencerminkan pengaruh lokal setiap prediktor terhadap respon di wilayah tersebut. Untuk memberikan gambaran visual, disajikan distribusi spasial hasil estimasi parameter di seluruh wilayah penelitian pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemetaan faktor stunting Kabupaten Jember

Pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_1, X_2, X_4, X_6, X_7$  signifikan pada 3 kecamatan yaitu Jombang, Kencong, Wuluhan, variabel  $X_1, X_2, X_6, X_7$  signifikan pada 2 kecamatan yaitu Puger, Gumuk Mas, variabel

$X_1, X_4, X_6, X_7$  signifikan pada 8 kecamatan yaitu Ambulu, Rambipuji, Balung, Umbulsari, Semboro, Sumberbaru, Tanggul, Bangsalsari, variabel  $X_1, X_4, X_7$  signifikan pada 2 kecamatan yaitu Tempurejo, Ajung, variabel  $X_2, X_4, X_5$  signifikan pada 4 kecamatan yaitu Silo, Mayang, Sumbarsari, Patrang, variabel  $X_2, X_4, X_5, X_7$  signifikan pada 1 kecamatan yaitu Mumbulsari, variabel  $X_4, X_7$  signifikan pada 1 kecamatan yaitu Jenggawah, variabel  $X_2, X_4$  signifikan pada 1 kecamatan yaitu Panti, variabel  $X_2, X_3, X_4, X_5$  signifikan pada 2 kecamatan yaitu Sukorambi, Kaliwates, variabel  $X_1, X_4, X_5$  signifikan pada 2 kecamatan yaitu Pakusari, Sumberjambe, variabel  $X_1, X_2, X_4, X_5$  signifikan pada 1 kecamatan yaitu Arjasa, variabel  $X_1, X_3, X_4, X_5, X_7$  signifikan pada 1 kecamatan yaitu Kalisat, variabel  $X_4, X_5$  signifikan pada 1 kecamatan yaitu Ledokombo, variabel  $X_1, X_3, X_4, X_5$  signifikan pada 1 kecamatan yaitu Sukowono.

### 3.11. Model Terbaik

Ukuran kebaikan pada penelitian ini menggunakan  $R^2$  dan AIC. Nilai  $R^2$  yang mendekati 1 efektif dalam menjelaskan model. Nilai AIC paling kecil menunjukkan model yang lebih baik. Dalam perhitungan ukuran kebaikan model, digunakan pers. (21) dan pers. (22), dengan hasil perhitungan kebaikan model disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Pemilihan model terbaik

	$R^2$	AIC
Regresi global	34%	398
GWR	80,59%	360

Berdasarkan Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa GWR lebih baik dari regresi linier berganda dilihat dari nilai  $R^2$  tertinggi mendekati 1 dan nilai AIC terkecil, sehingga dalam penelitian mengenai jumlah kasus stunting di Jember tahun 2023 model terbaik menggunakan GWR dengan kernel *Adaptive gaussian*. Model GWR memiliki sebesar 80,59%, yang berarti model ini mampu menjelaskan 80,59% variabilitas data respon, jauh lebih baik dibandingkan regresi global dengan sebesar 34%. Selain itu, nilai AIC GWR sebesar 360, yang lebih rendah dibandingkan regresi global (398), menunjukkan bahwa GWR adalah model yang lebih efisien dan lebih sesuai untuk data dengan variasi spasial.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji parsial regresi global didapatkan 1 variabel yang signifikan yaitu Imunisasi dasar Lengkap (IDL). Model kernel yang digunakan pada model GWR adalah kernel *adaptive gaussian* dengan CV paling minimum dari pada kernel yang lain. GWR dengan kernel *adaptive gaussian* diperoleh  $R^2$  80,59% dan AIC 360. Hal tersebut berarti 80,59% dari variasi pada variabel respon dapat dijelaskan oleh model. Model dengan AIC 360 lebih baik dari AIC 398 karena lebih optimal dalam menyeimbangkan kecocokan data dan kompleksitas. Dari parameter GWR terbentuk 14 kelompok dimana terdapat beberapa faktor yang berbeda-beda pada setiap daerah di kecamatan yang ada di Kabupaten Jember. Ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linear berganda (global) dengan model GWR. Model GWR memiliki SSE lebih kecil, nilai  $R^2$  lebih besar, dan nilai AIC lebih kecil dari regresi linier. GWR mampu menangkap variasi spasial

sehingga menghasilkan model yang lebih akurat dari regresi linier. Hasil faktor-faktor stunting dapat digunakan sebagai acuan untuk mengatasi stunting di Kabupaten Jember.

**Kontribusi Penulis.** Febi Vianti: Penulisan-persiapan draft asli, Konseptualisasi, Analisis formal, Investigasi, Perangkat lunak, Visualisasi. Hani Khaulasari: Metodologi, Validasi, Penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Supervisi, Pendanaan. Yuniar Farida: Supervisi, Penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Pendanaan. Cicik Swantika: Supervisi, Penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Kurasi Data. Havid Efendi: Supervisi, Penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Kurasi Data. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang diterbitkan.

**Ucapan Terima Kasih.** Para penulis menyampaikan terima kasih kepada editor dan reviewer yang telah mendukung kami dalam meningkatkan kualitas naskah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dinas Kesehatan Jawa Timur yang telah mendukung penelitian ini melalui penyediaan data penelitian.

**Pembiayaan.** Penelitian ini tidak menerima pendanaan dari pihak eksternal.

**Konflik Kepentingan.** Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang terkait dengan artikel ini.

## Referensi

- [1] E. S. Sakti, M. R. Makful, and R. Dewi, "Analisis Spasial Prioritas Penanganan Stunting Di Provinsi Aceh Tahun 2021," *J. Mutiara Kesehat. Masy.*, vol. 8, no. 1, pp. 10–23, 2023, doi: 10.51544/jmkm.v8i1.3856.
- [2] Z. Wardani, D. Sukandar, Y. F. Baliwati, and H. Riyadi, "Sebuah Alternatif: Indeks Stunting Sebagai Evaluasi Kebijakan Intervensi Balita Stunting Di Indonesia," *Gizi Indones.*, vol. 44, no. 1, pp. 21–30, 2021, doi: 10.36457/gizindo.v44i1.535.
- [3] Kemenkes BKPK, "Survei Kesehatan Indonesia (SKI)," Kemenkes RI, 2023. [Online]. Available: <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/ski-2023-dalam-angka/>. [Accessed: Nov. 03, 2024].
- [4] BKKBN, "Kebijakan dan Strategi Percepatan Penurunan Stunting di Indonesia," 2021. [Online]. Available: <https://lms-elearning.bkkbn.go.id>. [Accessed: Nov. 01, 2024].
- [5] Kemenkes RI, "Status Gizi SSGI 2022," BKPK Kemenkes RI, 2022. [Online]. Available: <https://promkes.kemkes.go.id>. [Accessed: Nov. 03, 2024].
- [6] I. M. Mufidah and H. Basuki, "Analisis Regresi Linier Berganda Untuk Mengetahui Faktor Yang Mempengaruhi Kejadian Stunting Di Jawa Timur," *Indones. Nurs. J. Educ. Clin.*, vol. 3, no. 3, pp. 51–59, 2023.
- [7] L. O. A. R. Halidun and A. R. Rachman, "Keterkaitan Spasial Antarwilayah Berdasarkan Potensi Ekonomi (Studi Kasus: Kawasan Mamminasata)," *J. Wil. dan Kota Marit.*, vol. 7, pp. 295–303, 2019, doi: 10.20956/jwkm.v7i0.1239.
- [8] A. Fadliana and P. P. Darajat, "Pemetaan Faktor Risiko Stunting Berbasis Sistem Informasi Geografis Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression," *J. IkraiTth-Informatika*, vol. 5, no. 3, pp. 91–102, 2021.
- [9] R. S. Sari, Rida Purnama, and Winanda, "Pemodelan Stunting pada Balita di Indonesia Menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR)," *J. Math. UNP*, vol. 8, no. 3, pp. 106–116, 2023, doi: 10.24036/unpjomath.v8i3.15057.
- [10] D. S. Esther, A. Andini, R. D. Yanti, and N. Hidayati, "Pemodelan Konsumsi Beras Menggunakan Geographically Weighted Regression (Gwr)," *J. Ilm. Sain dan Teknol.*, vol. 1, no. 3, pp. 27–36, 2023, doi: 10.572349/scientica.v1i3.353.
- [11] M. R. Putri, T. Y. Handayani, and D. P. Sari, "Pengaruh Sanitasi Lingkungan Terhadap Kejadian Stunting Pada Balita," *J. Kesehat. Mercusuar*, vol. 5, no. 1, pp. 63–68, 2022, doi: 10.36984/jkm.v5i1.260.
- [12] T. Taswin, L. O. M. Taufiq, W. O. A. Damayanti, and M. Subhan, "Pemberian ASI Eksklusif dan Imunisasi Dasar dengan Kejadian Stunting Pada Balita," *J. Kebidanan Malakbi*, vol. 4, no. 1, p. 51, 2023, doi: 10.33490/b.v4i1.789.
- [13] M. Karjono and L. D. Erna, "Anemia dan Kurang Energi Kronik (KEK) sebagai Faktor Risiko Terjadinya Stunting di Wilayah Kerja UPT Blud Puskesmas Se-

- narur Kabupaten Lombok Utara," *J. Ilm. Sangkareang Mataram*, vol. 8, no. 1, pp. 76–79, 2021.
- [14] N. Fentiana, F. Tambunan, and D. Ginting, "Stunting, Pemeriksaan Kehamilan Dan Konsumsi Tablet Tambah Darah Ibu Hamil Di Indonesia: Analisis Data Riskesdas 2013," *J. Keperawatan Suaka Insa.*, vol. 7, no. 2, pp. 133–138, 2022, doi: [10.51143/jksi.v7i2.351](https://doi.org/10.51143/jksi.v7i2.351).
- [15] S. Thurstans *et al.*, "The relationship between wasting and stunting in young children: A systematic review," *Matern. Child Nutr.*, vol. 18, no. 1, p. e13246, Jan. 2022, doi: [10.1111/mcn.13246](https://doi.org/10.1111/mcn.13246).
- [16] F. Cholid, D. Trishnanti, and H. Al Azies, "Pemetaan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Stunting pada Balita dengan Geographically Weighted Regression(GWR)," in *SEMNAKes*, 2019, pp. 156–165.
- [17] F. Hariani, H. Herniyati, B. I. Hardani, I. D. Amlu, and S. H. Hastuti, "Pemodelan Stunting di Lombok Utara: Studi Geographically Weighted Regression," *J. Sains Mat. dan Stat.*, vol. 10, no. 2, pp. 216–226, 2024, doi: [10.24014/jsms.v10i2.28683](https://doi.org/10.24014/jsms.v10i2.28683).
- [18] T. Siswati, *Stunting*, 1st ed. Yogyakarta: Husada Mandiri, 2018.
- [19] Y. Dong, "Descriptive Statistics and Its Applications," *Highlights Sci. Eng. Technol.*, vol. 47, pp. 16–23, 2023, doi: [10.54097/hset.v47i.8159](https://doi.org/10.54097/hset.v47i.8159).
- [20] M. Sriningsih, D. Hatidja, and J. D. Prang, "Penanganan Multikolinearitas Dengan Menggunakan Analisis Regresi Komponen Utama Pada Kasus Impor Beras Di Provinsi Sulut," *J. Ilm. Sains*, vol. 18, no. 1, p. 18, 2018, doi: [10.35799/jis.18.1.2018.19396](https://doi.org/10.35799/jis.18.1.2018.19396).
- [21] H. Basri, "Pemodelan Regresi Berganda Untuk Data Dalam Studi Kecerdasan Emosional," *Didakt. J. Kependidikan*, vol. 12, no. 2, pp. 103–116, 2019, doi: [10.30863/didaktika.v12i2.179](https://doi.org/10.30863/didaktika.v12i2.179).
- [22] F. Adrian, Y. Yundari, and S. Aprizkiyandari, "Geographically Weighted Ridge Regression Modeling At the Open Unemployment Rate in West Kalimantan," *J. Difer.*, vol. 5, no. 2, pp. 83–95, 2023, doi: [10.35508/jd.v5i2.12063](https://doi.org/10.35508/jd.v5i2.12063).
- [23] K. Khariyani, Angeliya Milla, and Kismiantini and E. P. and Setiawan, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Penderita Tuberkulosis Menggunakan Geographically Weighted Regression Di Provinsi Jawa Timur," in *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika*, 2022, pp. 16–26.
- [24] S. S. Shapiro and M. B. Wilk, "An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)," *Biometrika*, vol. 52, no. 3/4, p. 591, 1965, doi: [10.2307/2333709](https://doi.org/10.2307/2333709).
- [25] U. Saftri and L. Amaliana, "Model Geographically Weighted Regression dengan Fungsi Pembobot Adaptive dan Fixed Kernel pada Kasus Kematian Ibu di Jawa Timur," *J. Stat. dan Apl.*, vol. 5, no. 2, pp. 208–220, 2021, doi: [10.21009/jsa.05209](https://doi.org/10.21009/jsa.05209).
- [26] Ridhawati, Suyitno, and Wasono, "Model Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) dengan Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian (Studi Kasus: Angka Kematian Ibu di 24 Kab/Kota Kalimantan Timur dan Kalimantan Barat Tahun 2017)," *J. EKSPONENSIAL*, vol. 12, no. 2, pp. 143–152, 2021, doi: [10.30872/eksponsional.v12i2.807](https://doi.org/10.30872/eksponsional.v12i2.807).
- [27] H. Ismanto, "Pemodelan Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) Dengan Pembobot Adaptive Gaussian Kernel Dan Adaptive Bisquare Kernel Pada Angka Kematian Ibu (Aki)," Muhammadiyah University, 2019.
- [28] Y. Taek, R. D. Bekti, K. Suryowati, and J. Statistika, "Penerapan Model Geographically Weighted Regression (GWR) Menggunakan Fungsi Pembobot Adaptive Kernel Gaussian Dan Adaptive Kernel Bisquare Pada Tingkat Pengangguran Terbuka Di Pulau Papua," *J. Stat. Ind. dan Komputasi*, vol. 08, no. 2, pp. 84–101, 2023, doi: [10.34151/statistika.v8i2.4459](https://doi.org/10.34151/statistika.v8i2.4459).
- [29] I. N. Luku and K. Suryowati, "Aplikasi Metode Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis (GWRPCA) Pada Pemodelan Laju Pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto Di Provinsi Nusa Tenggara Timur," *J. Stat. Ind. dan Komputasi*, vol. 07, no. 2, pp. 12–22, 2022, doi: [10.34151/statistika.v7i2](https://doi.org/10.34151/statistika.v7i2).
- [30] Erlando, "Dampak Gaya Kepemimpinan Otoriter terhadap Kinerja Pegawai: Studi Kasus pada Kantor Dinas Pendidikan Provinsi Sulawesi," *JIMS J. Ilm. Mhs.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–30, 2023, doi: [10.37531/10.51263/jameb.v7i2](https://doi.org/10.37531/10.51263/jameb.v7i2).
- [31] R. Wahyudi, Y. Fauzi, and J. Rizal, "Analisis Kemiskinan Ekstrem Provinsi Bengkulu Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR) Dengan Pembobot Adaptive Gaussian Kernel Dan Adaptive Bisquare," *J. Math. UNP*, vol. 8, no. 2, p. 134, 2023, doi: [10.24036/unpjomath.v8i2.14914](https://doi.org/10.24036/unpjomath.v8i2.14914).