

Penerapan GWR dan MGWR dengan Pembobot Kernel *Adaptive Tricube* pada Pemodelan Prevalensi *Stunting* di Provinsi Jawa Tengah

Imas Fitri Ningrum, Sri Sulistijowati Handajani*, Respatiwan

Program Studi Statistika, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Corresponding author: rr_ssh@staff.uns.ac.id

Abstrak

Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi dengan prevalensi stunting yang tinggi di Indonesia pada tahun 2022 sebesar 20,8% dan hampir mendekati prevalensi stunting di Indonesia sebesar 21,6%. Wilayah di Jawa Tengah beragam dalam hal geografi, ekonomi, sosial budaya, kualitas sumber daya manusia, dan ketersediaan sumber daya alam. Regresi spasial digunakan untuk memodelkan faktor-faktor yang mempengaruhi prevalensi stunting di Jawa Tengah dengan mempertimbangkan pengaruh lokasi. Perbedaan karakteristik antar lokasi menyebabkan heterogenitas spasial, sehingga masalah tersebut diatasi dengan pemodelan menggunakan geographically weighted regression (GWR). Pemodelan dengan GWR memberikan hasil bahwa tidak ada heteroskedastisitas pada salah satu variabel, sehingga pemodelan juga dilakukan menggunakan mixed geographically weighted regression (MGWR) dengan kernel tricube tertimbang adaptif. Namun, dari analisis, model GWR memberikan hasil yang lebih baik daripada model MGWR. Unit sampel dalam penelitian ini adalah 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah. Model GWR untuk memodelkan prevalensi stunting di Jawa Tengah menghasilkan model yang lebih baik dengan nilai AIC yang lebih kecil dibandingkan dengan model MGWR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa balita yang kekurangan gizi memiliki pengaruh positif terhadap stunting, sedangkan bayi baru lahir yang menerima IMD, balita yang menerima vitamin A, dan pengeluaran riil per kapita memiliki pengaruh negatif terhadap stunting.

Central Java is one of the provinces with a high prevalence of stunting in Indonesia in 2022 at 20.8% and is almost close to the prevalence of stunting in Indonesia at 21.6%. The regions in Central Java are diverse in terms of geography, economy, socio-culture, quality of human resources, and availability of natural resources. Spatial regression was used to model the factors that influence the prevalence of stunting in Central Java by considering the influence of location. The differences in characteristics between location cause spatial heterogeneity, so the problem is overcome by modeling using geographically weighted regression (GWR). Modelling with GWR give the result that there is no heteroscedasticity in one of the variables, so modelling is also done using mixed geographically weighted regression (MGWR) with adaptive tricube kernel weighted. However, from the analysis, the GWR model gave better results than the MGWR model. The sample units in this study were 35 districts/cities in Central Java Province. The GWR model for modeling stunting prevalence in Central Java produced a better model with a smaller AIC value compared to the MGWR model. The results showed that malnourished toddlers had a positive effect on stunting, while newborns receiving IMD, toddlers receiving vitamin A, and real per capita expenditure had a negative effect on stunting.

Kata kunci: Tricube adaptif; GWR; MGWR; stunting.

Keywords: Adaptive tricube; GWR; MGWR; stunting.

This is an open access article under
the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



How to Cite:

I. F. Ningrum, S. S. Handajani, and Respatiwan, "Penerapan GWR dan MGWR dengan pembobot kernel adaptive tricube pada pemodelan prevalensi stunting di Provinsi Jawa Tengah," *Indonesian Journal of Applied Statistics*, vol. 8, no. 2, pp. 160-174, 2025, doi: 10.13057/ijas.v8i2.94657.

1. PENDAHULUAN

Kualitas sumber daya manusia dipengaruhi oleh kualitas gizi pada anak, sehingga stunting menjadi masalah gizi yang masih diprioritaskan di Indonesia [1]. *Stunting* merupakan kondisi kurangnya gizi secara kronis yang diakibatkan karena berbagai faktor seperti asupan gizi yang tidak cukup dalam jangka waktu yang panjang, kebiasaan makan yang kurang sesuai, rendahnya mutu pangan, meningkatnya angka kejadian penyakit, dan pertumbuhan tinggi badan yang tidak sesuai dengan usia [2]. Menurut Kemenkes RI, *stunting* diartikan sebagai gagalnya pertumbuhan yang terjadi pada anak balita terutama pada periode awal kehidupan, yaitu dalam 1000 hari pertama, yang diakibatkan kekurangan gizi kronis [3]. Balita pendek atau *stunting* merupakan kondisi status gizi anak yang ditentukan berdasarkan indeks TB/U dengan hasil pengukuran kurang dari -2 SD hingga -3 SD dalam standar antropometri [4].

Prevalensi *stunting* di Indonesia mencapai angka yang cukup tinggi. Menurut informasi yang diperoleh dari Studi Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2022, tingkat prevalensi *stunting* di Indonesia tercatat sebesar 21,6% yang mengalami penurunan sebesar 2,81% dari tahun 2021. Pada tahun 2022, Provinsi dengan prevalensi *stunting* tertinggi adalah Provinsi Sulawesi Barat sebesar 35%, Provinsi Papua sebesar 34,6%, dan Nusa Tenggara Barat sebesar 32,7%. Secara nasional, Provinsi Jawa Tengah menempati peringkat ke-19 dari seluruh provinsi di Indonesia. Dengan tingkat prevalensi *stunting* mencapai 20,8% yang menunjukkan penurunan sebesar 0,1% dari tahun 2021 [5]. Meskipun terjadi penurunan, masalah *stunting* masih perlu dikendalikan. Hal ini dikarenakan angka prevalensi *stunting* di Indonesia maupun di Jawa Tengah masih di atas standar yang telah ditetapkan oleh WHO yaitu 20% [6].

Faktor utama yang mempengaruhi *stunting* adalah kekurangan pemenuhan nutrisi selama 1000 hari awal kehidupan [7]. Status gizi menggambarkan pola konsumsi seseorang dalam jangka panjang. Oleh karena itu, tersedianya nutrisi dalam tubuh, termasuk pada bayi dan balita menentukan apakah kurang, optimum, atau lebih. Salah satu zat gizi yang penting bagi perkembangan anak adalah vitamin A yang dapat mencegah anak dari infeksi penyakit [8]. Kondisi perekonomian juga berdampak pada meningkatnya prevalensi *stunting*. Hal ini dikarenakan kondisi ekonomi dalam keluarga memengaruhi ketersediaan makanan yang berdampak pada asupan gizi keluarga termasuk pada anak-anak balita [7].

Penanganan mengenai kasus *stunting* tidak dapat dilakukan dengan pendekatan yang sama pada setiap wilayah. Masing-masing wilayah memiliki keragaman baik segi geografis, ekonomi, maupun kualitas sumber daya manusia yang berbeda-beda, yang menyebabkan adanya perbedaan faktor yang mempengaruhi *stunting*. Perbedaan tersebut dapat memberikan hasil yang kurang optimal apabila dilakukan pemodelan dengan regresi linear ganda. Variasi pada masing-masing lokasi seringkali tidak dapat mewakili wilayah yang luas. Oleh karena itu, untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi *stunting* di Provinsi Jawa Tengah digunakan pendekatan yang mempertimbangkan pengaruh spasial atau lokasi. Regresi spasial adalah perluasan dari metode regresi linear konvensional dengan memperhatikan faktor geografi di dalam analisisnya [9]. Kemungkinan besar, masing-masing lokasi memiliki variasi yang berbeda-beda, baik dalam hal geografis, ekonomi, sosial-budaya, kualitas sumber daya manusia, maupun ketersediaan sumber daya alam. Hal ini mengakibatkan data yang digunakan bersifat heterogen dan apabila dilakukan pemodelan dengan regresi linear berganda memberikan hasil yang kurang optimal. Variasi yang berbeda pada masing-masing lokasi seringkali tidak dapat mewakili wilayah yang lebih luas. Oleh karena itu, pemodelan dengan *geographically weighted regression* (GWR) digunakan untuk menyelesaikan masalah heterogenitas spasial yang terjadi karena perbedaan kondisi atau karakteristik antara lokasi dengan memberikan hasil pemodelan yang berbeda-beda untuk masing-masing lokasi pengamatan. Apabila pada model GWR tidak semua variabel independen berpengaruh secara lokal, maka pemodelan dilanjutkan menggunakan model *mixed geographically weighted regression* (MGWR).

Penelitian sebelumnya mengenai kasus stunting telah dilakukan untuk memetakan faktor risiko *stunting* di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan pendekatan GWR dan fungsi pembobot adaptive Gaussian Kernel [6]. Penelitian lain juga telah dilakukan untuk mengetahui faktor penyebab *stunting* pada balita di wilayah kerja Puskesmas Moutong Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah menggunakan uji *chi-square* dan *odds ratio* [10]. Penelitian-penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan, seperti cakupan wilayah yang terbatas serta belum mempertimbangkan variasi spasial antar lokasi.

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi stunting di Provinsi Jawa Tengah tahun 2022 menggunakan regresi spasial yaitu dengan model GWR dan MGWR. Variabel yang diduga berpengaruh antara lain bayi lahir mendapatkan inisiasi menyusui dini (IMD), bayi dengan gizi kurang, balita mendapatkan vitamin A, dan pengeluaran perkapita. Diharapkan model terbaik yang diperoleh dapat digunakan oleh pemerintah sebagai bahan pertimbangan dalam mempercepat penurunan prevalensi *stunting*.

2. METODE

2.1. Stunting

Stunting adalah kondisi terhambatnya pertumbuhan pada anak yang ditandai dengan tinggi badan seseorang berdasarkan umur yang berada di bawah -2 SD (*standard deviation*) dari grafik pertumbuhan yang telah ditetapkan oleh WHO. Hal ini disebabkan oleh kondisi alami tubuh dan tidak dapat diubah yang diakibatkan karena asupan nutrisi yang kurang atau infeksi berulang atau kronis yang terjadi selama 1000 hari awal kehidupan [3].

2.2. Model Regresi Linear Berganda

Faktor-faktor yang memengaruhi stunting dapat diketahui dengan melakukan analisis regresi linear berganda. Regresi linear berganda merupakan model matematis yang menggambarkan pengaruh antara satu variabel dependen (Y) dengan dua atau lebih variabel independen ($X_1, X_2, \dots, X_p$). Secara umum, model regresi linear berganda dapat ditulis pada persamaan (1):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

dengan

Y_i : variabel dependen dalam pengamatan ke- i

β_p : parameter regresi ke- p

X_{ip} : variabel independen ke- p pada pengamatan ke- i

ε_i : residu pada pengamatan ke- i , diasumsikan berdistribusi normal, independen, dan identik

Parameter dalam model regresi linear berganda dapat ditentukan dengan menggunakan metode *ordinary least square* (OLS) atau juga disebut metode kuadrat terkecil, yaitu dengan meminimumkan jumlah kuadrat residu [11]. Berdasarkan persamaan umum regresi linear berganda, residu dari model dapat ditulis dalam bentuk matriks seperti pada persamaan (2):

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \quad (2)$$

Jumlah kuadrat residu dinyatakan dalam bentuk perkalian matriks pada persamaan (3):

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon} = (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})^T (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}) = \mathbf{Y}^T \mathbf{Y} - 2 \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{X}^T \mathbf{Y} + \mathbf{X}^T \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} \quad (3)$$

dengan syarat $\frac{\partial \boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon}}{\partial \boldsymbol{\beta}} = 0$, maka diperoleh:

$$\begin{aligned} -2 \mathbf{X}^T \mathbf{Y} + 2 \mathbf{X}^T \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} &= \mathbf{0} \\ 2 \mathbf{X}^T \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} &= 2 \mathbf{X}^T \mathbf{Y} \end{aligned}$$

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

Estimasi parameter untuk model regresi linear berganda adalah:

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

Pengujian parameter pada model regresi linear berganda dilakukan dengan uji serentak dan uji parsial. Uji serentak menggunakan uji F digunakan untuk menentukan apakah secara keseluruhan variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen. Uji F memiliki hipotesis sebagai berikut

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

$$H_1 : \text{paling tidak terdapat satu } \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji serentak model regresi linear berganda dituliskan dalam persamaan (5) [18]:

$$F_{hitung} = \frac{\frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{p}}{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - p - 1}} = \frac{RKR}{RKS} \quad (5)$$

Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{(\alpha, p, n-p-1)}$ atau $p - value < \alpha$.

Uji parsial menggunakan uji t digunakan untuk menentukan apakah variabel independen secara individual berpengaruh terhadap variabel dependen. Uji t memiliki hipotesis sebagai berikut:

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

$$H_1 : \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji parsial model regresi linear berganda ditulis dalam persamaan (6) [18]:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (6)$$

dengan $se(\hat{\beta}_k) = \sqrt{\hat{\sigma}^2 C_{kk}}$; C_{kk} adalah komponen diagonal ke- k dari matriks $(X^T X)^{-1}$. Daerah kritis yakni H_0 ditolak jika $t_{hitung} > t_{(\frac{\alpha}{2}, n-p-1)}$ atau $p - value < \alpha$.

Uji asumsi klasik adalah syarat yang harus dipenuhi dalam regresi linier berganda. Beberapa asumsi yang harus terpenuhi dalam model regresi antara lain, residu memiliki distribusi yang identik, tidak terdapat korelasi antar residu, dan residu berdistribusi normal [19].

2.3. Model Geographically Weighted Regression (GWR)

Model *geographically weighted regression* (GWR) adalah perluasan model regresi linear berganda dengan mempertimbangkan faktor geografis. Penambahan unsur pembobot geografis dalam estimasi parameter model GWR dapat menghasilkan parameter yang berbeda di setiap lokasi pengamatan. Model GWR menurut Fortheringham, dkk [12] dituliskan dalam persamaan (7):

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{p=1}^q \beta_p(u_i, v_i) X_{pi} + \varepsilon_i \quad (7)$$

dengan

Y_i : variabel dependen untuk lokasi ke- i

(u_i, v_i) : titik koordinat lokasi ke- i

$\beta_p(u_i, v_i)$: koefisien regresi variabel independen ke- p untuk lokasi ke- i

X_{pi} : variabel independen ke- p pada pengamatan ke- i

ε_i : residu ke- i

Metode *weighted least square* (WLS) merupakan metode yang digunakan dalam mengestimasi parameter model GWR. Estimasi parameter ini dilakukan dengan memberikan bobot yang berbeda pada

masing-masing wilayah pengamatan. Misal $w_j(u_i, v_i)$ adalah pembobot pada setiap lokasi pengamatan (u_i, v_i) dengan $i = 1, 2, \dots, n$, maka parameter untuk wilayah pengamatan (u_i, v_i) diestimasi dengan menambahkan unsur pembobot $w_j(u_i, v_i)$, kemudian meminimumkan jumlah kuadrat residu. Jumlah kuadrat residu dengan pembobot dapat ditulis dalam bentuk matriks pada persamaan (8) [12]:

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\varepsilon}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \boldsymbol{\varepsilon} &= (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})^T \mathbf{W}(u_i, v_i) (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}) \\ &= \mathbf{Y}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{Y} - 2\boldsymbol{\beta}^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{Y} + \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}\end{aligned}\quad (8)$$

dengan syarat $\frac{\partial \boldsymbol{\varepsilon}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \boldsymbol{\varepsilon}}{\partial \boldsymbol{\beta}^T} = 0$, maka diperoleh estimasi parameter untuk model GWR pada masing-masing lokasi pengamatan dituliskan dalam persamaan (9):

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{Y} \quad (9)$$

Estimasi parameter yang berbeda pada model GWR diperoleh dengan penambahan pembobot pada masing-masing lokasi pengamatan. Fungsi kernel merupakan salah satu fungsi yang digunakan dalam penentuan besarnya pembobotan pada masing-masing lokasi pengamatan [13]. Kernel *adaptive* dapat mengatasi masalah heterogenitas spasial dengan lebih akurat karena menghasilkan nilai *bandwidth* yang berbeda-beda pada masing-masing lokasi pengamatan. Pembobot yang terbentuk dari fungsi kernel *adaptive* terdiri dari [14]:

a. Fungsi Kernel Adaptive Gaussian

$$w_j(u_i, v_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h_i} \right)^2 \right\} \quad (10)$$

dengan $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$ merupakan jarak Euclidean antara lokasi (u_i, v_i) ke lokasi (u_j, v_j) dan h_i merupakan *bandwidth* (parameter penghalus) pada lokasi pengamatan ke- i .

b. Fungsi Kernel Adaptive Bisquare

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i} \right)^2 \right)^2 & , \text{untuk } d_{ij} \leq h_i \\ 0 & , \text{untuk } d_{ij} > h_i \end{cases} \quad (11)$$

c. Fungsi Kernel Adaptive Tricube

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i} \right)^3 \right)^3 & , \text{untuk } d_{ij} \leq h_i \\ 0 & , \text{untuk } d_{ij} > h_i \end{cases} \quad (12)$$

Uji kesesuaian model GWR dilakukan dengan menentukan statistik uji *goodness of fit* yang didasarkan pada jumlah kuadrat residu (JKS) dengan uji hipotesis *goodness of fit* yang digunakan [15]:

Hipotesis: $H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k; k = 1, 2, \dots, p; i = 1, 2, \dots, n$.

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k; k = 1, 2, \dots, p; i = 1, 2, \dots, n$

Statistik uji kesesuaian model GWR dituliskan dalam persamaan (13) [15]:

$$F_1 = \frac{\mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{L})^T (\mathbf{I} - \mathbf{L}) \mathbf{Y} / df_1}{\mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{H}) \mathbf{Y} / df_2} \quad (13)$$

dengan

$\mathbf{I}$ adalah matriks identitas berukuran $n \times n$

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

$$\mathbf{L} = \mathbf{X}_i^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i)$$

$$df_1 = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}; \delta_i = \text{tr}[(\mathbf{I} - \mathbf{L})^T (\mathbf{I} - \mathbf{L})]^i \text{ untuk } i = 1, 2$$

$$df_2 = n - p - 1$$

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $F_1 \geq F_{(\alpha; df_1; df_2)}$ atau $p\text{-value} \leq \alpha$.

Uji parameter model secara parsial model GWR dilakukan dengan hipotesis [16]:

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

$$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik uji parameter secara parsial model GWR dituliskan dalam persamaan (14):

$$t = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{d_{kk}}} \quad (14)$$

dengan

d_{kk} adalah elemen diagonal ke- k dari matriks $\mathbf{D}\mathbf{D}^T$

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

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{RSS_{GWR}}{df}}$$

$$df = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}; \delta_i = \text{tr}[(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})]^i \text{ untuk } i = 1, 2$$

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $|t| > t_{(\frac{\alpha}{2}, df)}$.

Uji pengaruh lokasi secara parsial dilakukan menggunakan hipotesis [15]:

Hipotesis: $H_0 : \beta_k(u_1, v_1) = \beta_k(u_2, v_2) = \dots = \beta_k(u_n, v_n)$

$H_1 : \text{tidak semua } \beta_k(u_i, v_i) \text{ adalah sama untuk } i = 1, 2, \dots, n$

Statistik uji pengaruh lokasi secara parsial dituliskan dalam persamaan (15):

$$F_3 = \frac{\frac{1}{n} \mathbf{B}_k^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] \mathbf{B}_k / \gamma_1}{\mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}) \mathbf{Y} / \delta_1} \quad (15)$$

dengan $\mathbf{J}$ merupakan matriks berukuran $n \times n$ yang semua elemennya adalah 1.

$$\gamma_i = \text{tr} \left(\frac{1}{n} \mathbf{B}_k^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] \mathbf{B}_k \right)^i \text{ untuk } i = 1, 2$$

$$\delta_i = \text{tr}[(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})]^i \text{ untuk } i = 1, 2$$

$$\mathbf{B}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_k^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \\ \mathbf{e}_k^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{e}_k^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \end{bmatrix}$$

$$df_1 = \frac{\gamma_1^2}{\gamma_2} \text{ dan } df_2 = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}$$

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $F_3 \geq F_{(\alpha; df_1; df_2)}$ atau $p\text{-value} \leq \alpha$.

2.4. Model Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)

Model MGWR merupakan pengembangan dari model GWR, dengan mempertimbangkan variabel independen baik secara lokal maupun global. Persamaan model MGWR juga dapat ditulis dalam bentuk matriks pada persamaan (16) [17]:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}_l \boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i) + \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (16)$$

dengan

X_l : matriks variabel independen lokal

X_g : matriks variabel independen global

$\beta_l(u_i, v_i)$: vektor parameter variabel independen lokal

β_g : vektor parameter variabel independen global

Estimasi parameter model MGWR menggunakan metode OLS untuk mengestimasi parameter global dan metode WLS untuk mengestimasi parameter lokal [15]. Persamaan estimasi parameter global dan lokal secara berturut-turut ditulis pada persamaan (17) dan persamaan (18)

$$\widehat{\beta}_g = [X_g^T(I - S_l)^T(I - S_l)X_g]^{-1}X_g^T(I - S_l)^T(I - S_l)Y \quad (17)$$

$$\widehat{\beta}_l(u_i, v_i) = [X_l^T W(u_i, v_i)X_l]^{-1}X_l^T W(u_i, v_i)(Y - X_g \widehat{\beta}_g) \quad (18)$$

Uji kesesuaian model regresi berganda dan model MGWR menggunakan uji F dengan hipotesis
Hipotesis: $H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k; k = 0, 1, 2, \dots, q; i = 1, 2, \dots, n$

H_1 : minimal terdapat satu $\beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k; k = 0, 1, 2, \dots, q; i = 1, 2, \dots, n$

Statistik uji kesesuaian model MGWR dituliskan dalam persamaan (19)

$$F(1) = \frac{(Y^T[(I - H) - (I - S)^T(I - S)]Y)/v_1}{(Y^T(I - S)^T(I - S)Y)/u_1} \quad (19)$$

dengan

$u_i = \text{tr}([(I - S)^T(I - S)]^i)$ untuk $i = 1, 2$.

$v_i = \text{tr}([(I - H) - (I - S)^T(I - S)]^i)$ untuk $i = 1, 2$.

$$df1 = \frac{v_1^2}{v_2} \text{ dan } df2 = \frac{u_1^2}{u_2}$$

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $F_1 \geq F_{(\alpha; df1; df2)}$ atau $p - \text{value} < 0,05$.

Uji serentak model MGWR dilakukan pada variabel independen global dan lokal. Uji serentak model MGWR pada variabel independen global x_k ($q + 1 \leq k \leq p$) memiliki hipotesis sebagai berikut

Hipotesis: $H_0 : \beta_{q+1} = \beta_{q+2} = \dots = \beta_p = 0$

H_1 : minimal terdapat satu $\beta_k \neq 0$

Statistik uji serentak untuk variabel independen global dituliskan dalam persamaan (20):

$$F(2) = \frac{(Y^T[(I - S_l)^T(I - S_l) - (I - S)^T(I - S)]Y)/r_1}{(Y^T(I - S)^T(I - S)Y)/u_1} \quad (20)$$

dengan

$r_i = \text{tr}([(I - S_l)^T(I - S_l) - (I - S)^T(I - S)]^i)$ untuk $i = 1, 2$.

$$df1 = \frac{r_1^2}{r_2} \text{ dan } df2 = \frac{u_1^2}{u_2}$$

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $F_2 \geq F_{(\alpha; df1; df2)}$ atau $p - \text{value} < \alpha$.

Uji serentak model MGWR pada variabel independen lokal x_k ($1 \leq k \leq q$) memiliki hipotesis sebagai berikut:

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

H_1 : minimal terdapat satu $\beta_k(u_i, v_i) \neq 0$

Statistik uji serentak untuk variabel independen lokal dituliskan dalam persamaan (21):

$$F(3) = \frac{(Y^T(I - S_g)^T(I - S_g) - (I - S)^T(I - S)]Y)/t_1}{(Y^T(I - S)^T(I - S)Y)/u_1} \quad (21)$$

dengan

$t_i = \text{tr}([(I - S_g)^T(I - S_g) - (I - S)^T(I - S)]^i)$ untuk $i = 1, 2$.

$$df1 = \frac{t_1^2}{t_2} \text{ dan } df2 = \frac{u_1^2}{u_2}$$

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $F_3 \geq F_{(\alpha; df1; df2)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Uji parsial model MGWR dilakukan pada variabel independen global dan lokal. Uji parsial model MGWR pada variabel global x_k ($q + 1 \leq k \leq p$), hipotesis yang dapat digunakan adalah:

$$\text{Hipotesis: } H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0$$

Statistik uji parsial variabel global dituliskan dalam persamaan (22):

$$t_{g_hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}} \quad (22)$$

dengan

g_{kk} adalah elemen diagonal ke- k dari matriks $\mathbf{G}\mathbf{G}^T$

$$\mathbf{G} = [\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)\mathbf{X}_g]^{-1} \mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)\mathbf{y}}{\text{tr}((\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l))}$$

$$df = \frac{u_1^2}{u_2}$$

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $|t_{g_hit}| \geq t_{(\frac{\alpha}{2}, df)}$.

Uji parsial model MGWR pada variabel lokal x_k ($1 \leq k \leq q$) memiliki hipotesis sebagai berikut:

$$\text{Hipotesis: } H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik uji parsial variabel lokal dituliskan dalam persamaan (23):

$$t_{l_hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\sigma} \sqrt{m_{kk}}} \quad (23)$$

dengan

m_{kk} adalah elemen diagonal ke- k dari matriks $\mathbf{M}\mathbf{M}^T$

$$\mathbf{M} = [\mathbf{X}_l^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)\mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)\mathbf{y}}{\text{tr}((\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l))}$$

$$df = \frac{u_1^2}{u_2}$$

Daerah kritis: H_0 ditolak jika $|t_{l_hit}| \geq t_{(\frac{\alpha}{2}, df)}$.

2.5. Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Model regresi dapat dikatakan model yang baik apabila mempunyai nilai Akaike *information criterion* (AIC) yang paling rendah dan koefisien determinasi (R^2) paling besar (mendekati 1) [12]. Untuk menghitung AIC, digunakan statistik uji pada persamaan (24):

$$AIC = 2n \ln(\hat{\sigma}) + n \ln(2\pi) + n + \text{tr}(S) \quad (24)$$

dengan

$$\pi : 3,14$$

$\hat{\sigma}$: nilai estimator standar deviasi dari residu hasil estimasi maksimum likelihood

n : jumlah pengamatan.

Nilai R^2 dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (25) [12].

$$R^2(u_i, v_i) = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(y_j - \hat{y}_j)^2}{\sum_{j=1}^n w_{ij}(y_j - \bar{y})^2} \quad (25)$$

2.6. Tahapan Analisis

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah dan Dinas Kesehatan Jawa Tengah. Unit sampel dalam penelitian ini adalah 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah, dengan data yang digunakan merupakan data tahun 2022. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel dependen (Y) yaitu persentase balita stunting atau balita pendek (TB/U) dalam satuan persen serta variabel independen (X) yang meliputi persentase bayi baru lahir mendapatkan inisiasi menyusui dini (X_1) dalam satuan persen, persentase balita dengan gizi kurang (X_2) dalam satuan persen, persentase balita mendapatkan vitamin A (X_3) dalam satuan persen, dan pengeluaran riil per kapita (X_4) dalam satuan ribu rupiah per tahun. Pada penelitian ini digunakan data geografis yaitu titik koordinat masing masing kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah.

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah

- a. Mendekripsikan data *stunting* di Jawa Tengah.
- b. Memodelkan menggunakan regresi linear berganda dengan langkah berikut.
 - 1) Melakukan estimasi parameter regresi linear menggunakan metode OLS.
 - 2) Melakukan pengujian asumsi yang meliputi uji normalitas, uji autokorelasi, uji multikolinearitas, dan uji homoskedastisitas.
 - 3) Apabila asumsi homoskedastisitas tidak terpenuhi, maka dilakukan pemodelan dengan model spasial yaitu dengan menggunakan model GWR.
- c. Melakukan pemodelan GWR dengan langkah berikut.
 - 1) Menentukan jarak Euclidean lokasi ke- i terhadap lokasi ke- j .
 - 2) Menentukan nilai *bandwidth* optimum menggunakan metode *cross validation* (CV).
 - 3) Memodelkan GWR dengan menggunakan pembobot *adaptive* kernel yang meliputi Gaussian, *bisquare*, dan *tricube* serta memilih model dengan pembobot terbaik yang memberikan R^2 yang paling besar dan nilai AIC yang paling kecil.
 - 4) Mengestimasi parameter model GWR, pengujian model dan uji pengaruh lokasi secara parsial.
 - 5) Apabila setelah dilakukan uji pengaruh lokasi secara parsial terdapat variabel independen yang berpengaruh secara global, maka dilakukan pemodelan dengan MGWR.
- d. Melakukan pemodelan MGWR dengan langkah berikut.
 - 1) Menentukan variabel yang memiliki pengaruh secara global dan variabel yang memiliki pengaruh secara lokal.
 - 2) Melakukan estimasi parameter model MGWR, pengujian kesesuaian model, pengujian parameter yang meliputi uji serentak pada variabel independen lokal dan global, serta uji parsial parameter pada variabel independen lokal dan global.
- e. Menentukan model yang lebih baik dengan membandingkan nilai R^2 terbesar dan AIC terkecil pada model regresi berganda, GWR, dan MGWR.
- f. Membuat interpretasi model yang terbentuk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran mengenai data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada statistik deskriptif yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Statistik deskriptif prevalensi *stunting* dan faktor yang diduga berpengaruh

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4
Minimum	1,4	40,0	1,1	6,5	8994
Rata-rata	8,9	84,1	5,5	86,1	11534
Maksimum	18,9	100,0	11,2	100,2	16351

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata prevalensi *stunting* di Jawa Tengah tahun 2022 sebesar 8,9 persen dengan prevalensi *stunting* terendah sebesar 1,4 persen berada di Kabupaten, sedangkan prevalensi *stunting* tertinggi sebesar 18,9 persen berada di Kabupaten Banjarnegara.

Pemodelan regresi linear berganda bertujuan untuk menentukan pengaruh variabel-variabel independen yang meliputi, persentase bayi memperoleh IMD, persentase bayi dengan gizi kurang, persentase balita memperoleh vitamin A, dan pengeluaran per kapita terhadap variabel dependen yaitu prevalensi *stunting*. Model regresi linear berganda prevalensi *stunting* adalah

$$\hat{Y} = 23,394 - 0,043 X_1 + 0,636 X_2 - 0,017 X_3 - 0,001 X_4$$

Pengujian parameter secara serentak dilakukan menggunakan uji F dengan hasil yang diperoleh menunjukkan terdapat paling tidak satu variabel independen yang berpengaruh terhadap prevalensi *stunting* di Jawa Tengah, yang ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} = 4,645 > F_{0,05;4;30} = 2,6896$ dan $p\text{ value} = 4,878 \times 10^{-3} < \alpha = 0,05$. Pengujian parameter dilanjutkan secara parsial menggunakan uji t pada tingkat signifikansi 5% dan diperoleh hasil pada Tabel 2:

Tabel 2. Hasil uji parsial model regresi linear berganda

Parameter	t hitung	t tabel	p value
β_1	-0,872	$t_{0,025;30} = 2,04$	0,415
β_2	2,441*		0,021*
β_3	-0,605		0,549
β_4	-2,360*		0,025*

* Signifikan pada $\alpha = 5\%$

Pengujian asumsi klasik model regresi linear berganda dilakukan dengan uji normalitas menggunakan statistik uji Shapiro Wilk dan diperoleh nilai $p\text{ value} = 0,2104 > \alpha = 0,05$ yang berarti bahwa residu berdistribusi normal dan uji autokorelasi menggunakan statistik uji Durbin Watson dan diperoleh nilai $p\text{ value} = 0,1028 > \alpha = 0,05$ yang berarti bahwa tidak terdapat autokorelasi antarresidu. Uji multikolinearitas dilakukan untuk melihat apakah terdapat hubungan yang kuat antarvariabel independen dan diperoleh nilai VIF untuk semua variabel kurang dari 10 yang berarti bahwa tidak terdapat hubungan yang kuat antarvariabel independen. Uji homoskedastisitas dilakukan untuk mengetahui variansi residu dan dengan uji Breusch-Pagan diperoleh nilai $p\text{ value} = 0,0417 < \alpha = 0,05$ yang berarti bahwa variansi residu tidak homogen. Oleh karena data yang digunakan merupakan data spasial, kondisi tersebut mengindikasikan adanya heterogenitas spasial sehingga pengaruh suatu variabel bervariasi secara lokal. Pendekatan regresi spasial titik dengan model GWR dilakukan untuk menangkap variasi hubungan antar variabel secara lokal.

Pemodelan GWR dilakukan dengan menentukan jarak *euclidean* antar lokasi dan dilanjutkan dengan penentuan nilai *bandwidth* yang optimum dengan metode *cross validation* (CV). Jarak *euclidean* dan nilai *bandwidth* optimum digunakan untuk membentuk matriks pembobot. Pembobot dalam model GWR diperoleh dengan menggunakan fungsi kernel *adaptive* yang meliputi *gaussian*, *bisquare*, dan *tricube*.

Pembobot yang selanjutnya digunakan adalah pembobot yang menghasilkan nilai AIC terkecil dan nilai R^2 terbesar yang disajikan dalam Tabel 3:

Tabel 3. Perbandingan Pembobot Model GWR

Kriteria		AIC	R^2
Adaptive	Gaussian	174,236	67,37%
	Bisquare	177,605	63,06%
	Tricube*	148,883	88,01%

*Pembobot GWR terbaik

Tabel 3 menunjukkan nilai AIC terkecil dan nilai R^2 terbesar dengan menggunakan pembobot kernel adaptive tricube sehingga pemodelan GWR dilakukan dengan menggunakan pembobot kernel *adaptive tricube*.

Pengujian kesesuaian model GWR dengan menggunakan pembobot kernel adaptive tricube menghasilkan nilai $F_{hitung} = 5,1514 \geq F_{(0,05;11,505;30)} = 2,5152$ dan $p - value = 0,0027 < \alpha = 0,05$ yang berarti bahwa model GWR berbeda dengan model regresi linear berganda. Pengujian pengaruh lokasi secara parsial dilakukan pada tingkat signifikansi 5% dan diperoleh hasil:

Tabel 4. Uji pengaruh lokasi model GWR

Variabel	F_3 hitung	F tabel	p value
X_1	7,489	$F_{(0,05;11,505;30)} = 2,5152$	0,0001
X_2	3,332		0,0118
X_3	1,552		0,1872
X_4	3,033		0,0149

Tabel 4 menunjukkan bahwa variabel independen X_1 , X_2 , dan X_4 memiliki pengaruh lokal sedangkan variabel independen X_3 memiliki pengaruh secara global. Oleh karena variabel independen tidak seluruhnya memiliki pengaruh lokal, maka dilanjutkan pemodelan dengan MGWR.

Model MGWR merupakan perluasan dari model GWR yang mempertimbangkan variabel independen baik lokal maupun global. Pemodelan MGWR dilakukan menggunakan pembobot *adaptive tricube* dengan X_1 , X_2 , dan X_4 sebagai variabel lokal dan X_3 sebagai variabel global.

Tabel 5. Pengujian model MGWR

F	$df1$	$df2$	p value
1,679 (F_1)	21,169	32,781	0,0887
3,019 (F_2)	9,966	32,781	0,0082
3,492 (F_3)	24,684	32,781	0,0005

Tabel 5 menunjukkan statistik uji F pada model MGWR. Statistik uji F_1 menunjukkan pengujian kesesuaian model MGWR dan diperoleh $F_1 = 1,679 \leq F_{(0,05;21,169;32,781)} = 1,8853$ dan p value = $0,0887 > \alpha = 0,05$ yang berarti bahwa model MGWR tidak berbeda dengan model regresi linear berganda. Statistik uji F_2 menunjukkan uji serentak variabel independen global dan diperoleh $F_2 = 3,019 > F_{(0,05;9,966;32,781)} = 2,1361$ dan nilai $p - value = 0,0082 < \alpha = 0,05$ yang berarti bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel independen global dengan variabel dependen. Statistik uji F_3 menunjukkan uji serentak variabel independen lokal dan diperoleh $F_3 = 3,492 >$

$F_{(0,05;9.966;32,781)} = 2,1361$ dan nilai $p - value = 0,0005 < \alpha = 0,05$ yang berarti bahwa terdapat paling tidak satu variabel independen lokal yang memiliki pengaruh terhadap variabel dependen.

Pengujian secara parsial variabel independen global menghasilkan nilai t hitung sebesar 2,0921 dengan $p - value$ sebesar 0,9779 yang berarti tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel independen global dengan variabel dependen. Pengujian secara parsial variabel independen lokal untuk setiap lokasi menghasilkan nilai $p - value$ lebih dari 0,05, yang berarti tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel independen lokal dengan variabel dependen.

Penentuan model terbaik dilakukan dengan membandingkan nilai AIC dan R^2 antara model regresi linear berganda, model GWR dan model MGWR dalam memodelkan prevalensi stunting di Provinsi Jawa Tengah tahun 2022.

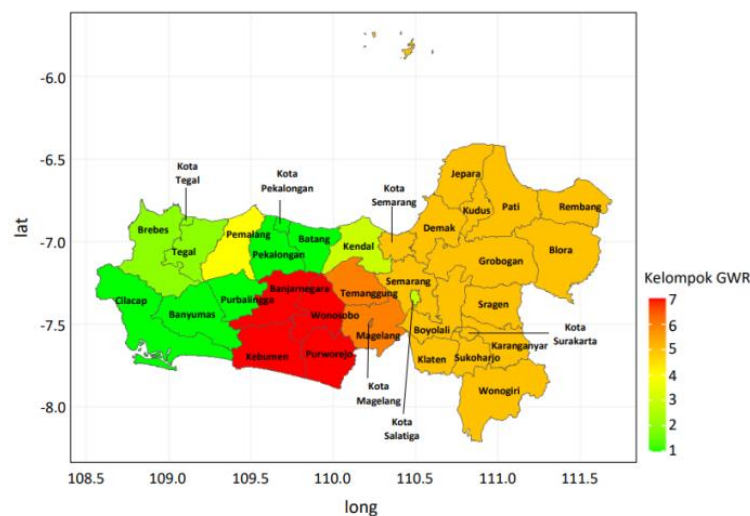
Tabel 6. Perbandingan model

Model	AIC	R^2
Regresi Linear Berganda	197,825	32,25%
GWR*	148,883	80,01%
MGWR	190,371	47,66%

*Model Terbaik

Tabel 6 menunjukkan bahwa model GWR dengan pembobot *adaptive tricube* merupakan model terbaik untuk memodelkan prevalensi *stunting* di Provinsi Jawa Tengah karena menghasilkan nilai AIC sebesar 148,883 dan nilai R^2 sebesar 88,01%.

Berdasarkan penerapan model GWR untuk memodelkan prevalensi *stunting* di Provinsi Jawa Tengah diperoleh bahwa terdapat tujuh kelompok variabel independen signifikan.



Gambar 1. Pemetaan *stunting* dengan model GWR

Gambar 1 menunjukkan pemetaan *stunting* berdasarkan variabel-variabel yang berpengaruh untuk setiap wilayah dengan model GWR. Terdapat tujuh kelompok dengan kelompok 1 ditandai dengan wilayah berwarna hijau terang dan variabel yang berpengaruh di wilayah kelompok 1 adalah X_1 , X_2 , X_3 , X_4 . Kelompok 2 ditandai dengan wilayah berwarna hijau pucat dan variabel yang berpengaruh di wilayah kelompok 2 adalah X_1 , X_2 , X_4 . Kelompok 3 ditandai dengan wilayah berwarna hijau kekuningan dan variabel yang berpengaruh di wilayah kelompok 3 adalah X_2 , X_4 . Kelompok 4 ditandai dengan wilayah berwarna kuning dan variabel yang berpengaruh di wilayah kelompok 4 adalah X_1 , X_2 . Kelompok 5

ditandai dengan wilayah berwarna orange dan variabel yang berpengaruh di wilayah kelompok 5 adalah X_2 . Kelompok 6 ditandai dengan wilayah berwarna cokelat dan variabel yang berpengaruh di wilayah kelompok 6 adalah X_4 . Kelompok 7 ditandai dengan wilayah berwarna merah dan tidak terdapat variabel yang berpengaruh di wilayah kelompok 7.

Model terbaik yang diperoleh untuk memodelkan prevalensi *stunting* di Provinsi Jawa Tengah adalah model GWR dengan menggunakan pembobot kernel *adaptive tricube*. Terdapat 6 kabupaten/kota dengan seluruh variabel independen signifikan. Contoh pemodelan untuk beberapa kabupaten/kota dengan seluruh variabel independen signifikan sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Cilacap} = 92,8775 - 0,5042 X_1 + 1,2062 X_2 - 0,1047 X_3 - 0,0034 X_4$$

$$\hat{Y}_{Banyumas} = 91,8687 - 0,4990 X_1 + 1,2154 X_2 - 0,1015 X_3 - 0,0034 X_4$$

$$\hat{Y}_{Purbalingga} = 94,9677 - 0,4954 X_1 + 0,9543 X_2 - 0,1289 X_3 - 0,0033 X_4$$

Interpretasi dari salah satu contoh model tersebut yaitu model GWR Kabupaten Cilacap adalah jika persentase bayi baru lahir mendapatkan IMD bertambah satu persen dengan variabel lain bernilai tetap, maka prevalensi *stunting* di Kabupaten Cilacap akan berkurang sebesar 0,5042 persen. Prevalensi *stunting* di Kabupaten Cilacap akan bertambah sebesar 1,2062 persen apabila persentase balita dengan gizi kurang bertambah satu persen dengan variabel lain bernilai tetap. Jika persentase balita mendapatkan vitamin A bertambah satu persen dengan variabel lain bernilai tetap, maka prevalensi *stunting* di Kabupaten Cilacap akan berkurang sebesar 0,0147 persen. Prevalensi *stunting* di Kabupaten Cilacap akan berkurang sebesar 0,0034 persen apabila pengeluaran rill per kapita bertambah satu ribu rupiah per tahun dengan variabel lain bernilai tetap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa balita dengan gizi kurang berpengaruh positif terhadap *stunting*, sedangkan bayi baru lahir mendapatkan IMD, balita mendapatkan vitamin A, dan pengeluaran rill per kapita berpengaruh negatif terhadap *stunting*. Hal ini mengindikasikan bahwa pemenuhan gizi awal dan peningkatan daya tahan tubuh anak berperan dalam penurunan *stunting*, hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya [10]. Sementara itu, pengeluaran rill per kapita menunjukkan pengaruh negatif yang relatif kecil dan pada beberapa wilayah tidak signifikan yang mengindikasikan bahwa faktor ekonomi tidak selalu berpengaruh langsung terhadap *stunting*. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pengaruh variabel ekonomi bersifat spasial sehingga tidak signifikan secara global di seluruh wilayah [6].

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa hasil pemodelan *stunting* di Provinsi Jawa Tengah dengan menggunakan model GWR dan pembobot *adaptive tricube* merupakan model terbaik. Variabel balita dengan gizi kurang berpengaruh secara signifikan terhadap persentase *stunting* di sebagian besar kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah. Variabel bayi baru lahir mendapatkan IMD dan pengeluaran rill perkapita berpengaruh secara signifikan terhadap persentase *stunting* di sebagian kecil kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah. Variabel balita mendapatkan vitamin A hanya berpengaruh secara signifikan pada beberapa kabupaten/kota di Jawa Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuwanti, F. M. Mulyaningrum, dan M. M. Susanti, "Faktor-faktor yang mempengaruhi stunting pada balita di kabupaten grobogan," *J. Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat.*, vol. 10, no. 1, p. 74-84, 2021, doi: <https://doi.org/10.31596/jcu.v10i1.704>.

- [2] M. Rohmah dan R. S. Natalie, "Kejadian stunting di tinjau dari pola makan dan tinggi badan orang tua anak usia 12-36 bulan di Puskesmas Kionoivaro Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah," *J. Quality in Women's Health.*, vol. 3, no. 2, p. 207-215, 2020, doi: <https://doi.org/10.30994/jqwh.v3i2.74>.
- [3] Kementrian Kesehatan RI. "Mengenal Lebih Jauh tentang Stunting." https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/2657/mengenal-lebih-jauh-tentang-stunting (diakses 6 Oktober 2023)
- [4] Kementrian Kesehatan RI. "Apa Itu Stunting?" https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/1516/apa-itu-stunting (diakses 6 Oktober 2023)
- [5] Kementrian Kesehatan RI. Hasil Survey Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022." <https://kesmas.go.id/assets/uploads/comtents/attachments/09fb5b8ccfd08808of2521ffob437f.pdf> (diakses 11 Oktober 2023)
- [6] A. Fadliana dan P. P. Darajat, "Pemetaan faktor risiko stunting berbasis system informasi geografis menggunakan metode geographically weighted regression," *J. Ikraith Informatika*, vol. 5, no. 3, p. 91-102, 2021, <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-informatika/article/view/1408>.
- [7] D. E. Kusumawati, Nursafitri, Adhyanti, W. Aslinda, dan P. Candriasih, "Praktek pemberian makan dan tingkat pendapatan keluarga balita stunting di wilayah kerja Puskesmas Kamaipura Kabupaten Sigi," *J. Ilmu Gizi*, vol. 2, no. 2, p. 30-35, 2022, doi: <https://doi.org/10.33860/shjig.v2i2.895>.
- [8] E. Bujawati, S. Alam, M. Amansyah, Y. Adnan, Jean, D. A. Putri, Nurlaela, D. Afika, dan W. Wahab, "Determinan kejadian stunting di Kabupaten Maros," *J. Kesmas (JKMJ)*, vol. 7, no. 1, p. 22-30, 2023, doi: <https://doi.org/10.22437/jkmj.v7i1.23392>.
- [9] I. R. Akolo, "Perbandingan matriks pembobot rook dan queencontiguity dalam analisis spatial autoregressive model (SAR) dan spatial error model (SEM)," *J. Probability And Statistics*, vol. 3, no. 1 p. 11-18, 2022, doi: <https://doi.org/10.34312/jjps.v3i1.13582>.
- [10] Taqwin, A. V. Pont, dan Y. Iskandar, "Determinan stunting balita di wilayah kerja Puskesmas Moutong Kabupaten Parigi Moutong Sulawesi Tengah," *J. Bidan Cerdas*, vol. 5, no. 1, p. 43-50, 2023, doi: <https://doi.org/10.33860/jbc.v5i1.1809>.
- [11] D. C. Montgomery, E. A. Peck, dan G. Vining G 2, *Introduction Linear Regression Analysis Fifth Edition*, New York: John Wiley and Sons., 2012.
- [12] S. Fortheringham, M. Charlton, dan C. Brunsdon, *Geographically Weighted Regression - The Analysis of Spatially Varying Relationships*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2002.
- [13] D. Kusnandar, N. N. Debatara, dan S. Fitriani, "Pemodelan sebaran total dissolved solid menggunakan metode mixed geographically weighted regression," *J. Aplikasi Statistika & Komputasi Statistika*, vol. 12, no. 1, p. 9-16, 2021, doi: <https://doi.org/10.34123/jurnalasks.v13i1.257>.
- [14] N. F. Apriyani, D. Yuniarti, dan M. N. Hayati, "Pemodelan mixed geographically weighted regression (MGWR) (studi kasus: jumlah penderita diare di Provinsi Kalimantan Timur tahun 2015)," *J. Eksponensial*, vol. 9, p. 59-66, 2018.
- [15] R. B. Primasari, A. Rusgiyono, dan D. Ispriyanti, "Pemodelan mixed geographically weighted regression (mgwr) dengan jarak euclidean dan jarak manhattan (studi kasus: kematian bayi neonatal di Jawa Tengah tahun 2018-2020)," *J. Gaussian* vol. 11, p. 478 - 487, 2022, doi: <https://doi.org/10.14710/j.gauss.11.4.478-487>.

- [16] M. R. Shovalina, "Pemodelan dan Pemetaan Prevalensi Penderita Penyakit Kusta di Kabupaten / Kota Jawa Timur dengan Pendekatan Mixed Geographically Weighted Regression", Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember., 2016, <https://media.neliti.com/media/publications/133082-ID-pemodelan-dan-pemetaan-prevalensi-kusta.pdf>
- [17] W. S. M. Dewi, "Pemodelan Angka Kematian Balita Di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Metode Mixed Geographically Weighted Regression", Skripsi Universitas Sebelas Maret., 2020.
- [18] R. N. Harahap, "Implementasi Geographically Weighted Regression (GWR) Dan Mixed Geographically Weighted Regresion (MGWR) Dalam Perhitungan Jumlah Penduduk Miskin (Studi Kasus: Jumlah Penduduk Miskin Provinsi Jawa Tengah 2020)", Skripsi Universitas Islam Indonesia. 2022, <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/39664/18611099.pdf?sequence=1>
- [19] N. Khoirunnisa dan I. Rofiki, "Analisis pengaruh rata-rata lama sekolah, PDRB, upah minimum, dan tingkat partisipasi angkatan kerja terhadap tingkat pengangguran terbuka di Jawa Timur," *Jurnal Ilmiah Matematika (MATHunesa)*, vol. 13, no. 1, pp. 267-273, 2023, doi: <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v13n1.p267-273>.