



Pemodelan Angka Kematian Ibu (AKI) Di Indonesia Menggunakan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR)

(*Modeling Maternal Mortality Rate (MMR) In Indonesia Using Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)*)

Tamsilul Lawwamah^a, Lisa Harsyiah^{b*}, Qurratul Aini^c

- a. Program Studi Matematika, Universitas Mataram, Indonesia. Email: tamsilul067@gmail.com
b. Program Studi Statistika, Universitas Mataram, Indonesia. Email: lisa_harsyiah@unram.ac.id
c. Program Studi Matematika, Universitas Mataram, Indonesia. Email: qurratul.aini@unram.ac.id

ABSTRACT

Maternal Mortality Rate (MMR) is one of the targets for achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). The aim of this research is to find the right model for estimating MMR and to look at the factors that influence MMR in Indonesia. Estimation was carried out using the Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) model. The MGWR model is a combination of GWR and linear regression with variables that have influence locally and some globally. The results obtained are that the MGWR model is superior to the GWR model, because the smallest AIC value for MGWR is 463,0564 while GWR is 466,9302. Factors that have significant influence using the adaptive Gaussian kernel weighting are postpartum mothers (X_4), postpartum mothers receiving vitamin A (X_5), giving Fe3 tablets to pregnant women (X_6), and handling obstetric complications (X_7).

Keywords: Adaptive Gaussian Kernel, Akaike Information Criterion (AIC), Maternal Mortality Rate (MMR), Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR).

ABSTRAK

Angka Kematian Ibu (AKI) menjadi salah satu target pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs). Tujuan dari penelitian ini untuk mencari model yang tepat dalam mengestimasi AKI serta melihat faktor-faktor yang mempengaruhi AKI di Indonesia. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diambil dari Profil Kesehatan Indonesia tahun 2021. Estimasi parameter menggunakan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). Model MGWR merupakan gabungan dari GWR dan regresi linier dengan variabel berpengaruh secara lokal dan sebagian secara global. Hasil yang diperoleh yaitu model MGWR lebih unggul dibandingkan model GWR, karena nilai AIC terkecil MGWR sebesar 463,0564 sedangkan GWR sebesar 466,9302. Faktor yang berpengaruh secara signifikan menggunakan pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* yaitu ibu nifas (X_4), ibu nifas mendapat kapsul Vitamin A (X_5), pemberian tablet Fe3 pada ibu hamil (X_6) dan penanganan komplikasi kebidanan (X_7).

Keywords: *Adaptive Gaussian Kernel*, Akaike Information Criterion (AIC), Angka Kematian Ibu (AKI), *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR).

Diterima: 07-08-2024
Disetujui: 11-10-2024

Doi: <https://doi.org/10.29303/semeton.v1i2.241>

* Corresponding author
e-mail: lisa_harsyiah@unram.ac.id

Copyright: © 2024 by authors.
This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. Pendahuluan

Angka kematian ibu adalah banyaknya perempuan yang meninggal akibat gangguan kehamilan atau cara penanganannya (tidak termasuk bunuh diri, kecelakaan) selama masa kehamilan, persalinan dan nifas (selama 42 hari setelah melahirkan). Dari tahun ke tahun jumlah kematian ibu semakin meningkat, jumlah kematian ibu pada tahun 2021 di Indonesia mencapai 7.389 sedangkan jumlah kematian pada tahun 2020 sebesar 4.627. Penyebab tingginya jumlah kematian ibu saat melahirkan karena pendarahan, tertularnya virus Covid-19, hipertensi dalam kehamilan, penyakit jantung dan beberapa faktor lainnya [1].

Angka Kematian Ibu menjadi salah satu target dalam *Sustainable Development Goals* (SDG's) 2015 hingga 2030. AKI di Indonesia terjadi karena suatu permasalahan spasial yang disebabkan oleh faktor geografis. Sehingga perlu adanya analisis statistik untuk mengetahui letak geografis suatu daerah atau faktor lokasi/spasial dimana data tersebut diambil. Analisis regresi dengan metode *Ordinary Least Square* (OLS) digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah angka kematian ibu, Bila terjadi heterogenitas spasial pada parameter regresi, metode OLS tidak bisa digunakan karena tidak mampu menggambarkan kondisi data yang sebenarnya maka metode OLS dikembangkan menjadi *Geographically Weighted Regression* (GWR) [2]

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) merupakan pengembangan dari regresi linier dengan estimasi parameter yang bersifat lokal. Model GWR menggunakan penaksir parameter dengan metode *Weighted Least Square* (WLS), model yang dihasilkan yaitu untuk setiap lokasi memiliki model regresinya tersendiri dengan faktor-faktor yang mempengaruhi variabel independen yang bersifat lokal. Hal ini akan menimbulkan permasalahan jika terdapat variabel independen yang tidak bersifat lokal tetapi bersifat global maka digunakan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR)[3].

Model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) merupakan metode yang menggabungkan model GWR dengan model regresi linier global. Hasil Estimasi parameter yaitu sebagian bersifat global dan sebagian bersifat lokal. Penaksir parameter model MGWR menggunakan WLS seperti pada model GWR. Kelebihan model MGWR yaitu dapat menjelaskan sebuah model yang tidak berpengaruh secara global tetapi berpengaruh secara local. Oleh karena itu maka perlu dilakukan penelitian menggunakan metode MGWR untuk memodelkan angka kasus kematian ibu di Indonesia yang bersifat spasial/ faktor lokasi sehingga diketahui faktor apa saja yang mempengaruhi.

2. Metode Penelitian

Angka kematian ibu (AKI) adalah banyaknya ibu yang meninggal pada saat masa kehamilan atau masa nifas. Kematian ibu disebabkan karena gangguan kehamilan atau penanganannya. Terdapat 1 variabel terikat (Y) dan 7 variabel bebas (X) berikut:

1. Persentase ibu hamil melaksanakan program K1 (X_1)
2. Persentase ibu hamil melaksanakan program K4 (X_2)
3. Persentase persalinan ditolong tenaga medis (X_3)
4. Persentase pelayanan ibu nifas (X_4)
5. Persentase ibu nifas mendapat kapsul vitamin A (X_5)
6. Persentase pemberian tablet Fe3 pada ibu hamil (X_6)
7. Persentase penanganan komplikasi kebidanan (X_7)

Model MGWR dilakukan dengan data Angka Kematian Ibu di Indonesia yang diperoleh dari Dinas Kesehatan dan Badan Pusat Statistik di Indonesia tahun 2021 dengan langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Langkah awal penelitian dimulai dengan menginput data
2. Melakukan analisis deskriptif

3. Melakukan uji asumsi klasik, terdiri dari uji normalitas dan multikolinearitas. Jika pada uji asumsi klasik ini tidak terpenuhi maka dilakukan transformasi data. Adapun Uji normalitas menggunakan *Kolmogorov Smirnov*[4]

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$D = \max[F(e) - F_0(e)] \quad (2.1)$$

Kriteria keputusan: jika nilai $D_{hitung} > D_{tabel} (KS_{(n;\alpha)})$ atau nilai sig $< \alpha$ maka H_0 ditolak, artinya Residual tidak berdistribusi normal.

Sedangkan pengujian multikolinearitas dilihat dari nilai VIF. Jika nilai $VIF > 10$ artinya terjadi multikolinearitas, dengan persamaan berikut:

$$VIF = \frac{1}{(1 - R_j^2)}, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (2.2)$$

4. Melakukan uji aspek spasial terdiri dari uji dependensi spasial dan heterogenitas spasial. Dependensi spasial menggunakan uji *Moran's I* [5]

Hipotesis

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

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

Statistik uji:

$$Z_I = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}} \quad (2.3)$$

Kriteria keputusan: Tolak H_0 jika $|Z_I| > Z_{\alpha/2}$ atau $p - value < \alpha$, artinya bahwa ada dependensi spasial. Sedangkan heterogenitas spasial dilakukan dengan uji *Breusch-Pagan (BP)*[6]

Hipotesis

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$ (tidak ada heterogenitas)

$H_1: \text{minimal ada satu } \sigma_j^2 \neq \sigma^2$ (ada heterogenitas)

Statistik uji:

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f \sim \chi_{(\alpha;p)}^2 \quad (2.4)$$

Kriteria keputusan: Jika $BP_{hitung} > \chi_{(\alpha;p)}^2$ atau jika $p - value < \alpha$, maka H_0 ditolak, artinya terjadi heterogenitas dalam model.

5. Melakukan analisis *Geographically Weighted Regression (GWR)* berikut:
- Menghitung jarak *Euclidean* pada setiap wilayah.
 - Menentukan pembobot fungsi *adaptive gaussian* kernel untuk mengetahui nilai *bandwidth optimum* dengan metode *CV*, pada persamaan berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 \quad (2.5)$$

- Estimasi parameter model GWR menggunakan *WLS*.

6. Uji variabilitas spasial dilakukan sebagai penentuan koefisien yang bersifat global dan lokal. Uji ini juga digunakan untuk mengetahui parameter yang signifikan sehingga analisis bisa dilanjutkan, apabila parameter tidak signifikan maka penelitian berhenti pada model GWR.

Hipotesis

$$H_0 : \beta_k(u_1, v_1) = \beta_k(u_2, v_2) = \dots = \beta_k(u_n, v_n); k = 0, 1, 2, \dots, p$$

$$H_1 : \exists \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k(u_n, v_n); i = 1, 2, \dots, n$$

Statistik uji:

$$F_3 = \frac{V_j^2 / \text{tr} \left(\frac{1}{k} B_k^T \left[I - \frac{1}{k} J \right] B_k \right)}{SSE(H_1) / \delta_1} \quad (2.6)$$

Kriteria keputusan: jika $p - \text{value} < \alpha$ atau $F_3 > F_{\alpha; df_1; df_2}$ dengan $df_1 = \left(\frac{\gamma_1^2}{\gamma_2} \right)$ dan $df_2 = \left(\frac{\delta_1^2}{\delta_2} \right)$ dengan $\gamma_i = \text{tr} \left(\frac{1}{n} B_k^T \left[I - \frac{1}{k} J \right] B_k \right)^i, i = 1, 2, \dots, n$, maka H_0 ditolak.

7. Melakukan analisis *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) berikut [7]:
- Uji variabilitas spasial dilakukan untuk menentukan variabel global dan lokal.
 - Estimasi parameter model MGWR menggunakan metode *WLS*.
 - Melakukan uji signifikansi parameter model MGWR, dalam uji ini akan digunakan uji kesesuaian model, uji parameter secara serentak variabel independen lokal dan global serta uji parameter parsial variabel independen lokal dan global pada model MGWR.

Hipotesis

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k \text{ (tidak ada perbedaan signifikan)}$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k \text{ (ada perbedaan signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$F(1) = \frac{y^T [(I - H) - (I - S)^T (I - S)] y / v_i}{y^T (I - S)^T (I - S) y / u_i} \quad (2.7)$$

Daerah kritis: Jika $F(1) \geq F_{\alpha; df_1; df_2}$ dengan derajat bebas, $df_1 = \left[\frac{v_1^2}{v_2} \right]$, dan $df_2 = \left[\frac{u_1^2}{u_2} \right]$ maka H_0 ditolak.

Hipotesis uji serentak parameter global model MGWR sebagai berikut:

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0$$

Statistik Uji:

$$F(2) = \frac{y^T [(I - S_l)^T (I - S_l) - (I - S)^T (I - S)] y / r_1}{y^T (I - S)^T (I - S) y / u_1} \quad (2.8)$$

Daerah kritis: Tolak H_0 , jika $F(2) \geq F_{\alpha; df_1; df_2}$ dengan $df_1 = \left[\frac{r_1^2}{r_2} \right]$ dan $df_2 = \left[\frac{u_1^2}{u_2} \right]$

Adapun hipotesis uji serentak parameter lokal yaitu:

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik uji:

$$F(3) = \frac{y^T [(I - S_g)^T (I - S_g) - (I - S)^T (I - S)] y / t_i}{y^T (I - S)^T (I - S) y / u_i} \quad (2.9)$$

Daerah kritis: Tolak H_0 , jika p-value $> \alpha$ atau $F(3) \geq F_{\alpha df_1, df_2}$ dengan $df_1 = \left\lfloor \frac{t_1^2}{t_2} \right\rfloor$ dan $df_2 = \left\lfloor \frac{u_1^2}{u_2} \right\rfloor$. Pengujian parsial parameter global dilakukan menggunakan hipotesis:

$H_0: \beta_k = 0$ (variabel global X_k tidak signifikan)

$H_1: \beta_k \neq 0$ (variabel global X_k signifikan)

Statistik uji:

$$t_{g_{hit}} = \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}} \quad (2.10)$$

Daerah kritis: Jika $|t_{g_{hi}}| \geq t_{\alpha/2, df}$ dengan $df = \left\lfloor \frac{u_1^2}{u_2} \right\rfloor$ maka H_0 ditolak.

Hipotesis

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

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

Statistik uji:

$$t_{l_{hit}} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{m_{kk}}} \quad (2.11)$$

Daerah kritis: jika $|t_{l_{hi}}| > t_{\alpha/2, df}$ dimana $df = \left\lfloor \frac{u_1^2}{u_2} \right\rfloor$ maka H_0 ditolak.

8. Memilih model terbaik menggunakan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) dengan persamaan:

$$AIC = 2n \ln(\hat{\sigma}) + n \ln(2\pi) + n + tr(S) \quad (2.12)$$

9. Penarikan kesimpulan

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Statistika Deskriptif

Penelitian ini menggunakan data Angka Kematian Ibu di Indonesia Tahun 2021.

Tabel 3.1 Analisis Statistika Deskriptif

Variabel	n	minimum	maximum	Rata-rata	Std.deviasi
X_1	34	86,80	100	97,5332	3,81578
X_2	34	74,70	98,82	91,3194	4,93651
X_3	34	57,22	101,33	87,6156	10,35814
X_4	34	9,43	92,50	23,4359	26,80190
X_5	34	6,72	88,70	63,3612	20,09796
X_6	34	73,10	100,64	97,06	6,79109
X_7	34	78,10	100	96,4788	6,23958
Y	34	29	878	297,6471	278,41553

Pada tabel 3.1, rata-rata kasus angka kematian ibu (Y) sebesar 297,6471 kasus. Jumlah *minimum* berada di provinsi Kalimantan Utara yaitu 29 kematian dan jumlah *maximum* di provinsi Kalimantan Barat yaitu 878 kematian.

3.2. Uji Asumsi klasik

a. Uji Normalitas

Metode yang digunakan untuk menguji normalitas adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan hipotesis sebagai berikut:

- H_0 : Data berdistribusi normal
 H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Tabel 3.2 Uji *Kolmogorov-Smirnov*

Kolmogorov-Smirnov Z	1,46
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,065

Pada Tabel 3.2, nilai signifikan untuk uji *Kolmogorov-smirnov* sebesar $0,065 > \alpha = 0,05$ artinya data berdistribusi normal, sehingga asumsi normalitas terpenuhi.

b. Uji Multikolinearitas

Pengujian multikolinearitas menggunakan nilai VIF pada persamaan (2.2) dimana jika nilai $VIF < 10$ maka tidak terjadi multikolinearitas begitu juga sebaliknya.

Tabel 3.3 Uji Multikolinearitas

Variabel	VIF
X_1	2,535
X_2	3,170
X_3	1,123
X_4	5,930
X_5	1,250
X_6	1,045
X_7	9,932

Berdasarkan nilai VIF yang diperoleh pada tabel 3.3 maka dari tujuh variabel yaitu $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ dan X_7 memiliki nilai $VIF < 10$ yang berarti tidak terjadi multikolinearitas pada variabel independen.

3.3. Uji Aspek Spasial

a. Uji Dependensi Spasial

Uji Dependensi Spasial menggunakan uji *moran's I*.

Hipotesis

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

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

Menggunakan persamaan (2.3) maka dilakukan perhitungan Z_{hitung} sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{hitung} &= \frac{I - E(I)}{\sqrt{var(I)}} = \frac{0.1438286 - (-0.03030303)}{\sqrt{0.037089}} \\ &= \frac{0.17413163}{0.192585} \\ &= 0.90418 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka diperoleh keputusan bahwa nilai $Z_{hitung} < Z_{tabel}$ atau $0,90418 < 1,96$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima yang berarti tidak terjadi dependensi spasial.

b. Uji Heterogenitas Spasial

Heterogenitas spasial menggunakan uji *Breusch Pagan* (BP).

Hipotesis

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$

H_1 : $\sigma_k^2 \neq \sigma^2; k = 1, 2, \dots, n$

Hasil uji *Breusch-Pagan*.

Tabel 3.4 Uji Heterogenitas

<i>Breusch-Pagan</i>	Df	χ^2_{tabel}	p-value
15,9928	7	14,067	0,00608

Berdasarkan tabel 3.4 hasil dengan uji *Breusch-Pagan* menggunakan $\alpha = 5\%$ dengan bantuan *software R-Studio* diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,00608 < \alpha = 5\%$ dan $BP_{hitung} > \chi^2_{tabel}$ atau $15,9928 > 14,067$ maka diambil keputusan tolak H_0 yang artinya terdapat heterogenitas

3.4. Perhitungan Jarak Euclid

Langkah pertama yaitu mencari jarak *euclid* di masing-masing provinsi menggunakan matriks pembobot, kemudian bentuk dari matriks pembobot akan mensubstitusikan nilai *bandwidth* optimum dan jarak *euclidean* (d_{ij}) antar lokasi (u_i, u_j), dan (v_i, v_j). Perhitungan jarak *euclidean* menggunakan nilai *latitude* dan *longitude* dengan persamaan sebagai berikut:

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

Contoh perhitungan jarak Euclid:

1. Jarak *Euclid* Aceh dengan Aceh

$$d_{1,1} = \sqrt{(4,710613 - 4,710613)^2 + (96,695934 - 96,695934)^2}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk semua lokasi pengamatan sampai dengan 34 lokasi lainnya.

Tabel 3.5 Jarak *Euclid*

No	Nama Provinsi	U(lat)	V(long)	Aceh	Sumut	...	Papua
1	Aceh	4,710613	96,695934	0	3,506609	...	42,074016
2	Sumut	2,067209	99,00	3,506609	0	...	39,315861
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
34	Papua	-4,244072	137,805987	20,050753	19,303645	...	0

3.5. Pemilihan *Bandwidth* dan *Pembobot Optimum*

Setelah memperoleh nilai jarak *euclid*, kemudian menentukan nilai *bandwidth optimum* dengan metode *Cross Validation* (CV). Perhitungan *bandwidth* menggunakan persamaan 2.5.

Tabel 3.6 *Cross Validation*

<i>bandwith</i>	CV
0,381966	3336896
0,618034	2874741
0,763932	2818924
0,7373685	2827443
0,854102	2797094
0,9098301	2802857
0,8601332	2796344
0,8706884	2795937
0,8691372	2795935
0,869775	2795935
0,8697343	2795933
0,8698157	2795933
0,869775	2795933

Nilai CV yang diperoleh berdasarkan hasil *software* pada tabel 3.6 sebesar 3336896 dengan menggunakan jenis pembobot *Adaptive Gaussian*.

3.6. Estimasi Parameter Model *GWR*

Metode *Weighted Least Square* (WLS) digunakan untuk mengestimasi model *GWR*.

Hasil yang diperoleh

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) Y = \begin{bmatrix} 1141,513 \\ 22,20663 \\ 9,097097 \\ 1,27045067 \\ -10,69641 \\ 2,735548 \\ 11,736727 \\ -49,75387 \end{bmatrix}$$

Estimator parameter untuk setiap lokasi menggunakan matriks pembobot yang berbeda-beda pada setiap lokasi. Maka dari penjabaran matriks di atas diperoleh nilai estimasi parameter pada Provinsi Aceh:

$$Y_{Aceh} = 1141,492 + 22,20663X_1 + 9,097097X_2 + 1,27045067X_3 - 10,69641X_4 + 2,735548 X_5 + 11,736727 X_6 - 49,75387 X_7$$

Model di atas berarti jika ibu hamil melaksanakan K1 (X_1) sebesar 1% maka jumlah kematian ibu meningkat sebesar 22,2066, pengulangan yang sama dilakukan sampai (X_7).

3.7. Uji Variabilitas

Menentukan koefisien global dan lokal pada model MGWR dengan uji variabilitas spasial.

Hipotesis

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

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k(u_n, v_n)$$

Dengan

$$k = 0,1,2, \dots p$$

$$i = 1,2, \dots n$$

Hasil perhitungan yang diperoleh dari uji variabilitas.

Tabel 3.7 Uji Variabilitas Spasial

Variabel	F_3	F_{tabel}	$p - value$	Keputusan	Kesimpulan
X_1	0,75783	2,236474	0,669603	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
X_2	0,14967	2,111105	0,999724	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
X_3	3,30333	2,252097	0,007856	Tolak H_0	Signifikan
X_4	0,31564	2,337057	0,954143	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
X_5	0,80850	2,404728	0,592425	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
X_6	3,12832	2,991241	0,006905	Tolak H_0	Signifikan
X_7	0,16969	2,035289	0,999878	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan

Pada tabel 3.7 diperoleh variabel X_3 dan X_6 berpengaruh signifikan sedangkan variabel X_1, X_2, X_4, X_5 dan X_7 tidak berpengaruh signifikan, maka diperoleh dua kelompok variabel independen yaitu variabel lokal dan global.

3.8. Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)

Pemodelan MGWR merupakan gabungan dari model regresi global dengan regresi lokal. Pengaruh variabel prediktor secara lokal ada dua yaitu X_3 dan X_6 . Sedangkan lima variabel lainnya berpengaruh secara global yaitu X_1, X_2, X_4, X_5 dan X_7 . Sebelum mendapatkan model MGWR. Misalkan untuk provinsi Aceh, maka diperoleh nilai estimasi parameter global sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_g = [X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) X_g]^{-1} X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) y = \begin{bmatrix} 22,268898 \\ 8,581128 \\ -12,099686 \\ 3,283011 \\ -48,123484 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya penentuan nilai estimasi parameter lokal sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_l(u_i, v_i) = [X_l^T W(u_i, v_i) X_l]^{-1} X_l^T W(u_i, v_i) (Y - X_g \hat{\beta}_g) = \begin{bmatrix} 807,324260 \\ 2,565568 \\ 13,666211 \end{bmatrix}$$

3.9. Uji Hipotesis Model MGWR

a. Pengujian Kesesuaian Model MGWR

Pengujian ini digunakan dalam melihat perbedaan signifikan antara model regresi linear berganda dengan MGWR.

Hipotesis

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

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Dengan

$$k = 1, 2, \dots, q \text{ dan } i = 1, 2, \dots, n$$

Statistik Uji:

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

$$F(1) = 3,471779$$

Hasil uji kesesuaian model MGWR menggunakan taraf signifikan $\alpha = 5\%$ dengan bantuan *software R-Studio* diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,002830874 < \alpha = 5\%$ dan $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ atau $3,471779 > 2,44153$ maka diambil keputusan H_0 di tolak yang berarti ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linear (global) dengan MGWR.

b. Uji Serentak Parameter Global Model MGWR

Uji ini digunakan untuk melihat pengaruh variabel global yang signifikan secara simultan pada variabel dependen.

Hipotesis

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

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0$$

Statistik Uji:

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

$$F(2) = 2,826731$$

Hasil uji serentak parameter global model MGWR menggunakan $\alpha = 5\%$ dengan bantuan *software R-Studio* diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,005816300 < \alpha = 5\%$ dan $F(2) > F_{\text{tabel}}$ atau $2,826731 > 2,26339$ maka diambil keputusan tolak H_0 , yang berarti variabel independen global secara serentak berpengaruh terhadap Angka Kematian Ibu di Indonesia.

c. Uji Serentak Parameter Lokal Model MGWR

Uji serentak parameter lokal dilakukan untuk melihat pengaruh variabel lokal yang signifikan secara simultan pada variabel dependen.

Hipotesis

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

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik Uji:

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

$$F(3) = 3,37754$$

Hasil uji serentak parameter lokal model MGWR menggunakan $\alpha = 5\%$ dengan bantuan *software R-Studio* diperoleh nilai $p\text{-value} < \alpha$ atau $0,001748751 < 5\%$ dan $F(3) > F_{\text{tabel}}$ atau

$3,37754 > 2,290718$ maka diambil keputusan tolak H_0 yang artinya variabel independen lokal secara serentak berpengaruh terhadap angka kematian ibu di Indonesia.

d. Uji Parsial Parameter Global Model MGWR

Uji ini digunakan untuk melihat pengaruh variabel global yang signifikan pada jumlah Angka Kematian Ibu di Indonesia.

Hipotesis

$$H_0: \beta_k = 0 \text{ (tidak signifikan)}$$

$$H_1: \beta_k \neq 0 \text{ (signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{g_{hi}} = \frac{\hat{\beta}_g}{\hat{\sigma}\sqrt{g_{kk}}} = \begin{bmatrix} 1,6051235 \\ 0,7055458 \\ -3,9141813 \\ 1,7016690 \\ -2,712888 \end{bmatrix}$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh lima $t_{g_{hit}}$ untuk setiap variabel bebas yaitu $1,6051235X_1$, $0,7055458 X_2$, $-3,9141813X_4$, $1,7016690X_5$ dan $-2,712888X_7$. Variabel X_4, X_5, X_7 memiliki nilai $|t_{g_{hi}}| > t_{tabel}$ maka dapat diambil keputusan bahwa parameter global yang signifikan adalah variabel X_4, X_5, X_7 .

Tabel 3.8 Uji Parsial Parameter Global

Variabel	t_{hitung}	P-Value	Kesimpulan
X_1	1,6051235	0,0592290784	Tidak signifikan
X_2	0,7055458	0,2428308627	Tidak signifikan
X_4	-3,9141813	0,0002274436	Signifikan
X_5	1,7016690	0,0493402016	Signifikan
X_7	-2,7128888	0,0053605152	Signifikan

Pada Tabel 3.8 variabel prediktor global yang berpengaruh signifikan terhadap Angka Kematian Ibu (X_4), (X_5) dan (X_7). Sedangkan (X_1) dan (X_2) tidak berpengaruh signifikan terhadap Angka Kematian Ibu.

e. Uji Parsial Parameter Lokal Model MGWR

Uji ini digunakan untuk melihat pengaruh variabel lokal yang signifikan pada jumlah Angka Kematian Ibu di Indonesia.

Hipotesis:

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

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0 \text{ (signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{l_{hitung}} = \frac{\hat{\beta}_{lk}(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}\sqrt{m_{kk}}} = \begin{bmatrix} 0,9612980 \\ -0,28424007 \\ 2,6082154 \end{bmatrix}$$

Pengujian parameter model MGWR menggunakan $\alpha = 5\%$. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh dua $t_{l_{hitung}}$ untuk setiap variabel bebas yaitu $-0,28424007$ untuk X_3 dan $2,6082154$ untuk X_6 . Variabel X_6 memiliki nilai $t_{l_{hitung}} > t_{tabel}$. Sehingga dapat diartikan bahwa di provinsi Aceh parameter lokal yang signifikan adalah X_6 . Pengujian parsial dilakukan berulang pada setiap provinsi di Indonesia

Berdasarkan estimasi parameter yang telah dilakukan diperoleh dua model Angka Kematian Ibu di Indonesia tahun 2021 dengan metode *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) sebagai berikut:

1. Model MGWR untuk Provinsi Aceh

$$\hat{Y} = -12,099686X_4 + 3,283011X_5 - 48,123484X_7$$

2. Model MGWR untuk Provinsi Jambi

$$\hat{Y} = -12,099686X_4 + 3,283011X_5 + 12,645957X_6 - 48,123484X_7$$

Berdasarkan model MGWR Angka Kematian Ibu pada Provinsi Aceh dapat dijelaskan bahwa jika terjadi peningkatan persentase pelayanan ibu nifas maka akan mengurangi Angka Kematian Ibu sebesar 12.099686 kemudian jika terjadi peningkatan persentase ibu nifas mendapatkan Kapsul Vitamin A akan meningkatkan Angka Kematian Ibu sebesar 3.283011 dan jika terjadi peningkatan persentase penanganan komplikasi kebidanan maka akan mengurangi Angka Kematian Ibu sebesar 48.123484. Penjelasan model MGWR Angka Kematian Ibu pada Provinsi Jambi lebih kurang sama dengan penjelasan model MGWR pada Provinsi Aceh.

3.10. Pemilihan model terbaik

Nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) pada persamaan 2.12 digunakan untuk memilih model terbaik.

Tabel 3.9 Nilai Kriteria AIC

Model	AIC
GWR	466,9302
MGWR	463,0563

Berdasarkan tabel 3.9, nilai AIC yang diperoleh pada model GWR yaitu 466,9302 sedangkan nilai AIC pada model MGWR diperoleh sebesar 463,0563, dari dua model yang diperoleh maka dapat kita simpulkan bahwa model MGWR lebih baik dari model GWR karena dapat menjelaskan jumlah angka kematian ibu di Indonesia tahun 2021.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari pembahasan diatas sebagai berikut :

- Diperoleh 2 model Angka Kematian Ibu (AKI) untuk setiap provinsi di Indonesia dengan model MGWR yaitu:
 - Model MGWR untuk provinsi Aceh

$$\hat{Y} = -12,099686X_4 + 3,283011X_5 - 48,123484X_7$$
 - Model MGWR untuk provinsi Jambi

$$\hat{Y} = -12,099686X_4 + 3,283011X_5 + 12,645957X_6 - 48,123484X_7$$
- Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, terdapat faktor yang berpengaruh secara lokal dan global terhadap pemodelan Angka Kematian ibu (AKI) menggunakan pendekatan MGWR. Pembobot *Adaptive Kernel Gaussian* dalam model MGWR digunakan untuk melihat faktor yang berpengaruh signifikan secara lokal yaitu (X_6), sedangkan faktor yang berpengaruh signifikan secara global adalah (X_4), (X_5), (X_7).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. K. Indonesia, *Profil Kesehatan Indonesia. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta*. 2017.
- [2] H. Yasin, "Pemilihan Variabel Pada Model Geographically Weighted Regression," *Media Stat.*, vol. 4, no. 2, pp. 63–72, 2011, doi: <https://doi.org/10.14710/medstat.4.2.63-72>.
- [3] A. R. Hakim, H. Yasin, and S. Suparti, "Pemodelan Persentase Penduduk Miskin Di Kabupaten Dan Kota Di Jawa Tengah Dengan Pendekatan Mixed Geographically Weighted Regression," *J. Gaussian*, vol. 3, no. 4, pp. 575–584, 2015, doi: <https://doi.org/10.14710/j.gauss.3.4.575-584>.
- [4] G. D. Ahadi and N. N. L. E. Zain, "Pemeriksaan Uji Kenormalan dengan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling dan Shapiro-Wilk," *Eig. Math. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 11–19, 2023, doi: <https://doi.org/10.29303/emj.v6i1.131>.
- [5] M. Marizal and H. Atiqah, "Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia dengan Geographically Weighted Regression (GWR)," *J. Sains Mat. dan Stat.*, vol. 8, no. 2, p. 133,

- 2022, doi: <https://doi.org/10.24014/jsms.v8i2.17886>.
- [6] R. F. Ananda, L. Harsyiah, and M. R. Alfian, "Classification Of Perceptions Of The Covid-19 Vaccine Using Multivariate Adaptive Regression Spline," *J. Varian*, vol. 6, no. 2, pp. 137–148, 2023, doi: <https://doi.org/10.30812/varian.v6i2.2639>.
- [7] N. F. Apriyani, D. Yuniarti, D. Memi, and N. Hayati, "The Model of Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) (Case Study: The Number of Diarrhea Sufferers in East Kalimantan Province on 2015)," *J. EKSPONENSIAL*, vol. 9, no. 1, pp. 59–66, 2018, doi: <https://doi.org/10.30872/eksponensial.v9i1>.