

Pemodelan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) pada Angka Kematian Balita di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2011

Ika Febrina Wuryanti, Santi Wulan Purnami, dan Purnadi

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

Email : santi_wp@statistika.its.ac.id, purnadi@statistika.its.ac.id

Abstrak—Penurunan Angka Kematian Balita (AKABA) adalah salah satu tujuan *Millenium Development Goals* (MDGs). Peningkatan angka kematian balita di Jawa Timur masih sering terjadi khususnya di Kabupaten Bojonegoro. Namun penelitian mengenai kematian balita masih jarang dilakukan. Untuk itu, dilakukan pemodelan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan. Pemodelan dilakukan dengan regresi linier global yang dilanjutkan menggunakan model GWR dan MGWR untuk menduga adanya faktor-faktor yang berpengaruh secara spasial. Model GWR (*Geographically Weighted Regression*) adalah pengembangan dari model regresi global yang mempertimbangkan adanya faktor spasial. Semua variabel prediktornya berpengaruh secara lokal. Sedangkan pada MGWR (*Mixed Geographically Weighted Regression*) tidak semua variabel prediktor mempunyai pengaruh secara lokal, namun sebagian berpengaruh secara global. Penelitian bertujuan untuk memilih model terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik adalah model MGWR dengan pembobot *gaussian*. Variabel yang berpengaruh terhadap angka kematian balita adalah presentase ibu hamil mendapat Tablet FE (X1), presentase balita yang mendapat vitamin A (X2), balita mendapat pelayanan kesehatan (X5) dan presentase balita kurang gizi (X8).

Kata Kunci—AIC, Angka Kematian Balita, *gaussian*, GWR, MGWR

I. PENDAHULUAN

Pembangunan bidang kesehatan diarahkan untuk mencapai komitmen internasional yang dituangkan dalam *Millenium Development Goals* (MDGs). Salah satu tujuan MDGs di tahun 2015 yaitu menurunkan Angka Kematian Balita sebesar dua pertiga dari tahun 1990. Jawa Timur adalah salah satu provinsi yang turut menyumbang besarnya angka kematian balita di Indonesia karena provinsi ini memiliki jumlah penduduk yang besar. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur mencatat angka kematian balita meningkat dari 1,28 per 1000 kelahiran hidup pada tahun 2008 menjadi 10,0 per 1000 kelahiran hidup tahun 2010 [1]-[2]. Meskipun angka ini sudah berada di bawah target MDGs tahun 2015 yaitu sebesar 32 per 1000 kelahiran hidup namun dikatakan bahwa Provinsi Jawa Timur masih belum bisa memaksimalkan upaya penurunan angka kematian balita.

Bojonegoro adalah salah satu kabupaten di Jawa Timur yang memiliki angka kematian balita cukup tinggi. Berdasarkan Dinas Kesehatan Kabupaten Bojonegoro, terjadi peningkatan angka kematian balita (AKABA) dari tahun 2008 hingga tahun 2011. Pada tahun 2008, AKABA menunjukkan angka 7,79 per 1000 KH, sedangkan tahun 2009 terdapat peningkatan AKABA menjadi sebesar 8,87 per 1.000 KH [3]-[4]. Pada tahun 2011, nilai AKABA menunjukkan angka 10,53 per 1000 Kelahiran hidup, yang berarti AKABA meningkat dari 2 tahun sebelumnya [5]. Penyelesaian

permasalahan kematian balita ini tidak bisa dilakukan secara generalisir pada setiap wilayah karena faktor yang mempengaruhi kematian balita pada setiap wilayah bisa saja berbeda. Banyaknya jumlah fasilitas kesehatan seperti rumah sakit dan puskesmas di tiap kecamatan di Bojonegoro, dianggap sebagai penduga adanya aspek spasial. Model spasial yang diharapkan mampu menghasilkan model kematian balita di setiap kecamatan di Bojonegoro yaitu model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mendapatkan model terbaik yang dapat mempresentasikan angka kematian balita di Bojonegoro serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Penelitian sebelumnya yang mengkaji pemodelan GWR dan MGWR telah dilakukan oleh Hasbi Yasin yang melakukan pemodelan presentase rumah tangga miskin di Mojokerto dengan menggunakan pendekatan regresi global, GWR, dan MGWR[6]. Sedangkan Pecci dan Sassi yang melakukan pemodelan MGWR pada kasus pembangunan masyarakat desa di Uni Eropa dengan variabel prediktor didasarkan pada faktor agrikultur dan sosial ekonomi [7].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Model Regresi Linier

Regresi linier merupakan metode yang memodelkan hubungan linier antara variabel respon y dan variabel prediktor x_1, x_2, \dots, x_p . Model regresi linier untuk pengamatan ke- i dengan p variabel prediktor jika diambil sebanyak n pengamatan ditulis sebagai berikut :

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$; $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ adalah parameter model dan $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ adalah error yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varians konstan σ^2 atau ($\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$).

Estimator dari parameter model didapat dengan meminimumkan jumlah kuadrat residual atau yang dikenal dengan *Ordinary Least Square* (OLS)[8], yaitu:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (2)$$

B. Model GWR

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah pengembangan dari model regresi dimana setiap parameter dihitung pada setiap titik lokasi. Model GWR dapat ditulis sebagai berikut [9]:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (3)$$

Estimator parameter model GWR adalah sebagai berikut.

$$\widehat{\beta}(u_i, v_i) = [X^T W(u_i, v_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i) y \quad (4)$$

Estimator $\widehat{\beta}(u_i, v_i)$ merupakan estimator tak bias dan konsisten untuk $\beta(u_i, v_i)$ [10].

Pembobotan pada GWR dapat menggunakan fungsi kernel dimana fungsi pembobotnya masing-masing dapat ditulis sebagai berikut :

- Fungsi Kernel Gauss[9] :

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

- Fungsi Kernel Bisquare[9] :

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

- Fungsi Kernel Tricube :

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

- Fungsi Kernel Adaptif Gaussian

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}(d_{ij}/h_{i(p)})^2\right)$$

- Fungsi Kernel Adaptif Bisquare [11] :

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

dengan d_{ij} jarak antara lokasi (u_i, v_i) ke lokasi (u_j, v_j) dan h adalah parameter penghalus (*bandwidth*).

Pengujian parameter model GWR secara parsial dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang signifikan mempengaruhi variabel responnya. Bentuk hipotesisnya adalah sebagai berikut:

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

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

$$\text{Statistik uji yang digunakan adalah: } T = \frac{\widehat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\widehat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}}$$

Daerah penolakan : Tolak H_0 jika $|t_{hit}| > t_{\alpha/2, df}$, dimana $df = [\delta_1^2 / \delta_2]$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

C. Model MGWR

Pada model MGWR beberapa koefisien pada model GWR diasumsikan konstan untuk seluruh titik pengamatan sedangkan yang lain bervariasi sesuai lokasi pengamatan data [9]. Model MGWR dengan p variabel prediktor dan q variabel prediktor diantaranya bersifat lokal, dengan mengasumsikan bahwa intersep model bersifat lokal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^q \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \sum_{k=q+1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (5)$$

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

Estimasi parameter model ini dapat menggunakan pendekatan *Weighted Least Square* (WLS) [12].

Estimasi parameter model MGWR adalah sebagai berikut:

$$y = X_l \beta_l(u_i, v_i) + X_g \beta_g + \varepsilon \quad (6)$$

Dengan:

X_g : matriks variabel prediktor global

X_l : matriks variabel prediktor lokal

β_g : vektor parameter variabel prediktor global

$\beta_l(u_i, v_i)$: matriks parameter variabel prediktor lokal

$$X_l = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nq} \end{bmatrix}, X_g = \begin{bmatrix} x_{1,(q+1)} & x_{1,(q+2)} & \dots & x_{1p} \\ x_{2,(q+1)} & x_{2,(q+2)} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n,(q+1)} & x_{n,(q+2)} & \dots & x_{np} \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \text{ dan } \beta_l(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} \beta_0(u_i, v_i) \\ \beta_1(u_i, v_i) \\ \vdots \\ \beta_q(u_i, v_i) \end{bmatrix}, \beta_g = \begin{bmatrix} \beta_{q+1} \\ \beta_{q+2} \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, n$$

Estimator parameter untuk model GWR adalah:

$$\widehat{\beta}_l(u_i, v_i) = [X_l^T W(u_i, v_i) X_l]^{-1} X_l^T W(u_i, v_i) \widehat{y} \quad (8)$$

dengan W adalah matrik pembobot berukuran $n \times n$.

Estimator parameter model regresi global adalah:

$$\widehat{\beta}_g = (\widehat{\beta}_{q+1}, \widehat{\beta}_{q+2}, \dots, \widehat{\beta}_p)^T = [X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) X_g]^{-1} X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) y \quad (9)$$

Estimator $\widehat{\beta}_g$ merupakan estimator tak bias dan efisien untuk β_g . Sedangkan estimator $\widehat{\beta}_l(u_i, v_i)$ merupakan estimator tak bias dan efisien untuk $\beta_l(u_i, v_i)$ [6].

Uji hipotesis serentak ditujukan untuk mengetahui signifikansi variabel-variabel prediktor pada model MGWR secara serentak pada parameter variabel prediktor global $x_k (q + 1 \leq k \leq p)$. Bentuk hipotesisnya adalah:

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

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

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$F(2) = \frac{y^T [(I - S_l)^T (I - S_l) - (I - S)^T (I - S)] y / r_1}{y^T (I - S)^T (I - S) y / u_1} \quad (10)$$

dengan derajat bebas $df_1 = \left[\frac{r_1^2}{r_2^2} \right]$ dan $df_2 = \left[\frac{u_1^2}{u_2^2} \right]$ dengan $r_i = \text{tr}([(I - S_l)^T (I - S_l) - (I - S)^T (I - S)]^i), i = 1, 2$ dan $u_i = \text{tr}([(I - S)^T (I - S)]^i), i = 1, 2$. Tolak H_0 jika $F(2) \geq F_{\alpha, df_1, df_2}$.

Uji hipotesis selanjutnya adalah uji hipotesis serentak pada parameter variabel prediktor lokal $x_k (1 \leq k \leq q)$. Bentuk hipotesisnya adalah:

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

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

Statistik uji yang digunakan adalah [6]:

$$F(3) = \frac{y^T [(I - S_g)^T (I - S_g) - (I - S)^T (I - S)] y / t_1}{y^T (I - S)^T (I - S) y / u_1} \quad (11)$$

dengan derajat bebas $df_1 = \left[\frac{t_1^2}{t_2^2} \right]$ dan $df_2 = \left[\frac{u_1^2}{u_2^2} \right]$ dengan $t_i = \text{tr}([(I - S_g)^T (I - S_g) - (I - S)^T (I - S)]^i), i = 1, 2$ dan nilai $u_i = \text{tr}([(I - S)^T (I - S)]^i), i = 1, 2$. Tolak H_0 jika $F(3) \geq F_{\alpha, df_1, df_2}$.

Uji hipotesis selanjutnya ditujukan untuk mengetahui variabel lokal yang berpengaruh signifikan terhadap respon pada model MGWR. Untuk menguji signifikansi suatu variabel lokal $x_k (1 \leq k \leq q)$ digunakan hipotesis sebagai berikut:

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

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

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$T_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{m_{kk}}} \quad (12)$$

Daerah Penolakan : tolak H_0 jika $|T_{hit}| > t_{\alpha/2, df}$, dimana $df = \left[\frac{u_1^2}{u_2} \right]$.

D. Pemilihan Model Terbaik

Metode yang digunakan untuk memilih model terbaik adalah *Akaike Information Criterion* (AIC) yang didefinisikan sebagai berikut :

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

dengan :

$\hat{\sigma}$: Nilai estimator standar deviasi dari bentuk residual

S : Matriks proyeksi

Pemilihan model terbaik dilakukan dengan menentukan model dengan nilai AIC terkecil.

E. Angka Kematian Balita (AKABA)

Angka Kematian Balita (AKABA) adalah jumlah anak yang dilahirkan pada tahun tertentu dan meninggal sebelum mencapai usia 5 tahun, dinyatakan sebagai angka per 1000 kelahiran hidup. Indikator AKABA terkait langsung dengan target kelangsungan hidup anak dan merefleksikan kondisi sosial, ekonomi dan lingkungan anak-anak bertempat tinggal termasuk pemeliharaan kesehatannya.

$$AKABA = \frac{\text{banyaknya kematian balita (usia < 5 tahun)}}{\text{Banyaknya balita}} \times 1000$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

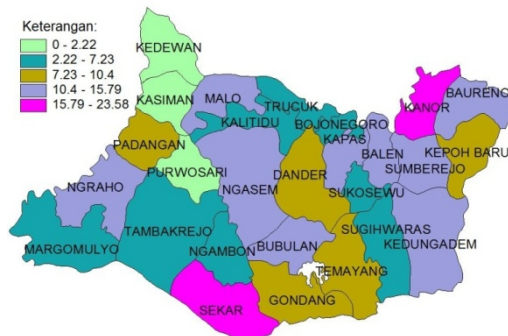
A. Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel respon (Y) yaitu Angka kematian balita dan variabel prediktor (X) sebanyak 8 variabel yaitu presentase ibu hamil yang mendapat Tablet Fe tiap kecamatan (X_1), presentase balita yang mendapat vitamin A tiap kecamatan (X_2), presentase bayi yang diberi ASI eksklusif tiap kecamatan (X_3), presentase rumah tangga miskin tiap kecamatan (X_4), presentase balita yang mendapat pelayanan kesehatan tiap kecamatan (X_5), presentase rumah tangga yang mengakses air bersih tiap kecamatan (X_6), presentase rumah tangga yang bebas dari jentik tiap kecamatan (X_7), dan presentase balita kurang gizi tiap kecamatan (X_8). Data ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kabupaten Bojonegoro Tahun 2011 dengan unit penelitian yang digunakan sebanyak 27 kecamatan yang ada di Kabupaten Bojonegoro. Sedangkan variabel garis lintang dan garis bujur yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pencitraan peta digital.

B. Langkah Analisis

Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis data untuk mencapai tujuan penelitian meliputi.

1. Melakukan analisis deskriptif data sebagai gambaran awal untuk mengetahui besarnya angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro tahun 2011
2. Melakukan uji multikolinieritas dan uji asumsi klasik
3. Menganalisis model regresi global
4. Menganalisis model regresi GWR dengan langkah-langkah sebagai berikut:



Gambar 1. Persebaran kematian balita per kecamatan di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2011

- a. Menentukan u_i dan v_i untuk setiap kecamatan di Kabupaten Bojonegoro
 - b. Menghitung jarak Euclidian antara lokasi ke- i terhadap lokasi ke- j yang terletak pada koordinat (u_i, v_i)
 - c. Menentukan *bandwidth* optimum dengan menggunakan metode *Cross Validation* (CV)
 - d. Menghitung matriks pembobot dengan menggunakan fungsi kernel untuk *bandwidth* optimum
 - e. Melakukan estimasi parameter model GWR dengan memasukkan semua variabel prediktor
 - f. Melakukan pengujian signifikansi parameter secara parsial
5. Menganalisis model MGWR dengan langkah-langkah sebagai berikut:
- a. Mendapatkan estimator parameter model MGWR dengan menggunakan *bandwidth* optimum dan pembobot yang sama seperti pada model GWR
 - b. Melakukan pengujian secara serentak pada parameter variabel prediktor global pada model MGWR
 - c. Melakukan pengujian secara parsial pada parameter variabel prediktor lokal pada model MGWR
6. Membandingkan model GWR dengan model MGWR

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Kematian Balita di Kabupaten Bojonegoro

Kabupaten Bojonegoro adalah salah satu kabupaten di Jawa Timur yang terletak di bagian utara Jawa Timur, yang dilewati oleh sungai terbesar di Jawa, Sungai Bengawan Solo. Kabupaten ini terbagi menjadi 27 kecamatan dengan kondisi social budaya yang bervariasi. Untuk mempermudah analisis maka tiap variable penelitian dibagi menjadi lima kategori yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, sangat rendah.

Gambar 1 menunjukkan bahwa kejadian kematian balita menyebar di beberapa kecamatan di kabupaten Bojonegoro. Kecamatan Kasiman, Kedewan, dan Purwosari mempunyai angka kematian balita yang tergolong sangat rendah. Kecamatan Bojonegoro mempunyai angka kematian balita yang tergolong rendah. Kecamatan yang tingkat kematian balitanya sangat tinggi adalah kecamatan Sekar dan Kanor.

B. Pemodelan Kematian Balita dengan Regresi OLS

Sebelum melakukan pemodelan regresi sebaiknya perlu untuk melakukan uji asumsi multikolinieritas yaitu dengan menggunakan nilai *Variance Inflation Factors* (VIF). Berikut adalah nilai VIF masing-masing variabel prediktor.

Tabel 1. Uji asumsi multikolinieritas

Variabel	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
VIF	1.2	1.76	1.06	1.17	1.64	1.42	1.15	1.95

Tabel 2.

Uji asumsi identik

Variabel	P-value
X ₁	0.021*
X ₂	0.915
X ₃	0.803
X ₄	0.003*
X ₅	0.758
X ₆	0.307
X ₇	0.288
X ₈	0.822

Tabel 1 menunjukkan nilai VIF kurang dari 10, maka dapat dikatakan tidak terjadi multikolinieritas

Uji asumsi kenormalan error dilakukan dengan uji Kolmogorov-Smirnov. Dari hasil pengujian, diperoleh nilai *p value* lebih dari 0,150. Dengan menggunakan α sebesar 10 % maka dinyatakan gagal tolak H₀ sehingga dapat disimpulkan bahwa error model regresi mengikuti distribusi normal.

Asumsi independensi error bertujuan untuk mengetahui apakah dalam model regresi linier terdapat korelasi antara error. Cara yang dilakukan yaitu dengan melihat statistik uji Durbin Watson. Nilai statistik Durbin Watson adalah 1.55944. Apabila dibandingkan dengan tabel statistik uji Durbin Watson untuk n=27 dan dengan variabel prediktor sebanyak 8 diperoleh batas bawah (*d_L*)= 0,8455 dan batas atas (*d_U*)= 2,0931 maka nilai statistik $4 - d_{hitung}$ tidak berada diantara *d_U* dan *d_L* sehingga tidak terdapat autokorelasi antar error.

Model regresi mengasumsikan varians dari errornya tetap (*homoskedastisitas*). Statistik uji yang digunakan adalah uji *Glejser* [13]. Hasil menunjukkan bahwa terdapat dua variabel prediktor yang signifikan mempengaruhi nilai absolut error, dan nilai P-value pada analisis variansi menunjukkan nilai kurang dari alfa ($\alpha = 0,1$) sehingga residual dinyatakan tidak identik.

Uji asumsi ini (Tabel 2) menunjukkan bahwa terdapat heterokedastisitas sehingga diperlukan pemodelan spasial.

Hasil analisis regresi global diperoleh dengan menggunakan software MINITAB adalah sebagai berikut.

$$\hat{Y} = -13,3 + 0,171 X_1 + 0,251 X_2 - 0,0129 X_3 + 0,669 X_4 - 0,241 X_5 - 0,068 X_6 + 0,0554 X_7 + 0,783 X_8$$

Model tersebut menjelaskan kematian balita akan naik sebesar 0,171 perseribu jika dilakukan penambahan pemberian tablet Fe kepada ibu hamil (X₁) sebesar 1 persen dengan syarat variabel prediktor yang lain adalah konstan. Interpretasi serupa berlaku untuk setiap variabel dalam model.

Pengujian parameter secara parsial model regresi OLS dilakukan berdasarkan hipotesis berikut.

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, 8$$

Dengan menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor yang berpengaruh secara parsial dalam model adalah presentase balita yang mendapat pelayanan kesehatan (X₅) dengan *p-value* sebesar 0,074.

C. Pemodelan Kematian Balita dengan model GWR

Tahap awal dalam pembentukan model GWR adalah menentukan lokasi pengamatan yaitu letak geografis tiap kecamatan di Kabupaten Bojonegoro. Kemudian mencari

Tabel 3.

Nilai AIC berdasarkan pembobot kernel pada model GWR

Statistik	Pembobot				
	Gaussian	Bisquare	Adaptif Gaussian	Adaptif Bisquare*	Tricube
AIC	154,632	153,151	150,001	133,956	155,2002

Tabel 4.

Variable yang signifikan dalam model GWR

Kecamatan	Variabel Signifikan
Ngambon, Ngasem, Kalitidu, Malo, Purwosari, Padangan, Kasiman, Kedewan	-
Trucuk, Bojonegoro	X ₁
Margomulyo, Ngraho, Tambakrejo	X ₅
Kepohbaru, Baureno, Kanor, Sumberrejo, Balen, Sukosewu, Kapas, Dander	X ₁ , X ₂
Bubulan	X ₂ , X ₈
Sekar	X ₁ , X ₂ , X ₅
Gondang, Temayang, Sugihwaras, Kedungadem	X ₁ , X ₂ , X ₈

bandwith optimum berdasarkan koordinat lokasi pengamatan dengan prosedur *cross validation*. Setelah mendapatkan nilai bandwidth optimum, maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan matriks pembobot.

Tabel 3 menunjukkan perbandingan estimasi model GWR dengan pembobot yang berbeda-beda. Tabel tersebut menunjukkan bahwa estimasi parameter model GWR terbaik diperoleh dengan menggunakan pembobot adaptif *bisquare* karena mempunyai AIC terkecil.

Pengujian parameter model secara parsial pada setiap lokasi pengamatan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0 ; i=1, 2, \dots, 27 ; k = 1, 2, \dots, 8$$

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

Hasil *t_{hitung}* yang diperoleh akan dibandingkan dengan $t_{0,05;11,734} = 1,78566$. Parameter ke-*k* signifikan pada lokasi ke-*I* dimana ; *i*=1, 2, ..., 27 bila nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$.

Tabel 4 menunjukkan variable-variabel yang berpengaruh signifikan terhadap kematian balita tiap kecamatan di Kabupaten Bojonegoro.

Variabel yang berpengaruh di suatu kecamatan berbeda dengan kecamatan yang lain. Variabel presentase ibu hamil yang mendapat Tablet Fe (X₁) dan variabel presentase balita yang mendapat vitamin A (X₂) berpengaruh signifikan di sebagian besar kecamatan di Bojonegoro. Variabel presentase balita yang mendapat pelayanan kesehatan (X₅) hanya berpengaruh di 4 kecamatan yaitu Kecamatan Margomulyo, Ngraho, Tambakrejo, dan Sekar. Sedangkan variabel presentase balita kurang gizi (X₈) berpengaruh di 5 kecamatan yaitu Kecamatan Gondang, Temayang, Sugihwaras, Kedungadem dan Bubulan.

Model GWR yang terbentuk untuk salah satu kecamatan yaitu Kecamatan Sekar adalah sebagai berikut.

$$\hat{Y} = -43.082 + 0.321 X_1 + 0.416 X_2 - 0.068 X_3 + 0.269 X_4 - 0.440 X_5 + 0.143 X_6 + 0.082 X_7 + 0.796 X_8$$

Dari model yang terbentuk tersebut, terdapat 3 variabel yang signifikan di salah satu kecamatan yaitu Kecamatan Sekar yaitu variabel presentase pemberian Tablet Fe kepada ibu hamil (X₁), variabel balita yang mendapat Vitamin A (X₂) dan variabel presentase balita yang mendapat pelayanan kesehatan (X₅).

Tabel 5.
Nilai AIC berdasarkan pembobot Kernel model MGWR

Statistik	Pembobot				
	Gaussian*	Bisquare	Adaptif Gaussian	Adaptif Bisquare	Tricube
AIC	95,2252	96,8269	99,5915	118,851	95,2687

Ket: *) Model MGWR Terbaik

Tabel 6.
Uji Serentak untuk Variabel Global X₁ dan X₂ Model MGWR dengan Pembobot Gaussian

Uji Serentak	Variabel	F	P-value
Global	X ₁ , X ₂	3.2025	0,0066
Lokal	X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈	1.9328	0.0569

D. Pemodelan Kematian Balita dengan model MGWR

Setelah dilakukan analisis menggunakan model GWR dengan pembobot adaptif *bisquare*, didapatkan hasil bahwa terdapat 6 variabel yang berpengaruh lokal yaitu X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, dan X₈ sedangkan variable X₁ dan X₂ diduga berpengaruh secara global. Dengan adanya variable global dan lokal, maka selanjutnya akan dilakukan analisis dengan menggunakan model MGWR.

Dari Tabel 5 ditunjukkan bahwa estimasi parameter model MGWR terbaik diperoleh dengan menggunakan pembobot *gaussian* karena mempunyai AIC terkecil. Oleh karena itu, model MGWR yang dipilih adalah model MGWR dengan pembobot *gaussian*.

Pengujian pengaruh variabel global secara serentak dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut :

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

$$H_1 : \beta_1 = \beta_2 \neq 0$$

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai statistik uji F sebesar 3.2025 dengan p-value sebesar 0,0066. Dengan menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor global secara serentak berpengaruh terhadap pemodelan angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro.

Pengujian pengaruh variabel lokal secara serentak dilakukan dengan menggunakan hipotesis berikut :

$$H_0 : \beta_3(u_i, v_i) = \beta_4(u_i, v_i) = \dots = \beta_8(u_i, v_i), i=1,2,\dots,27$$

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

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai statistik uji F sebesar 1.9328 dengan p-value sebesar 0.0569. Dengan menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor lokal secara serentak berpengaruh terhadap pemodelan angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro.

Untuk mengetahui variabel prediktor global mana yang berpengaruh signifikan terhadap respon maka dilakukan pengujian parameter global secara parsial dengan hipotesis:

$$H_0 : \beta_k = 0 \quad (\text{variabel global } X_k \text{ tidak signifikan})$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0 \quad (\text{variabel global } X_k \text{ signifikan})$$

Berdasarkan Tabel 7 diperoleh informasi bahwa dengan menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor global tidak berpengaruh secara signifikan karena p-value yang dihasilkan melebihi nilai α .

Tabel 7.

Uji Parsial Variabel Prediktor Global X₁ dan X₂ ModelMGWR dengan Pembobot Gaussian

Variabel	beta	t	p-value
X ₁	0.146252	4.936652	0.999978
X ₂	-0.03851	-0.99176	0.165386

Tabel 8.

Uji Variabel Prediktor Global X₁ Model MGWR dengan Pembobot Gaussian

Uji Serentak	Variabel	F	P-value
Global	X ₁	2.2645	0.0562
Lokal	X ₂ ,X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈	1.8956	0.0614

Tabel 9.

Uji Variabel Prediktor Global X₂ Model MGWR dengan Pembobot Gaussian

Uji Serentak	Variabel	F	P-value
Global	X ₂	2.7521	0.0243
Lokal	X ₁ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈	2.1041	0.0365

Untuk selanjutnya dilakukan analisis menggunakan model MGWR dengan memasukkan X₁ dan X₂ satu-persatu sebagai variabel global.

Berikut adalah analisis model MGWR dengan variabel globalnya adalah X₁ dan variabel lokal adalah X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, dan X₈. Pengujian pengaruh variabel global secara serentak dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 : \beta_1 = 0$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0$$

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai statistik uji F sebesar 2.2645 dengan p-value sebesar 0.0562. Dengan menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor global berpengaruh terhadap pemodelan angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro.

Pengujian pengaruh variabel lokal secara serentak dilakukan dengan menggunakan hipotesis berikut:

$$H_0 : \beta_2(u_i, v_i) = \beta_3(u_i, v_i) = \dots = \beta_8(u_i, v_i), i=1,2,\dots,27$$

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

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai statistik uji F sebesar 1.896 dengan p-value sebesar 0.061. Dengan menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor lokal secara serentak berpengaruh terhadap pemodelan angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro.

Berikut adalah analisis model MGWR dengan menggunakan variabel global X₂ dan variabel lokal adalah X₁, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, dan X₈.

Pengujian pengaruh variabel global secara serentak dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 : \beta_2 = 0$$

$$H_1 : \beta_2 \neq 0$$

Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai statistik uji F sebesar 2.7521 dengan p-value sebesar 0.0243. Dengan menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor global berpengaruh terhadap pemodelan angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro.

Pengujian pengaruh variabel lokal secara serentak dilakukan dengan menggunakan hipotesis berikut:

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_3(u_i, v_i) = \dots = \beta_8(u_i, v_i), i=1,2,\dots,27$$

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

Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai statistik uji F sebesar

Tabel 10.

Pengelompokan kecamatan di Kab. Bojonegoro Berdasarkan Variabel yang Signifikan Dengan Pembobot *Gaussian*

Kecamatan	Variabel Signifikan
Sekar, Gondang	X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇
Margomulyo, Ngraho, Padangan, Kasiman, Kedewan, Tambakrejo, Malo, Purwosari, Ngambon, Ngasem, Kalitidu, Bubulan, Temayang, Sugihwaras, Kepohbaru, Baureno, Kanor, Sumberrejo, Balen, Sukosewu, Kapas, Bojonegoro, Dander, Trucuk, Kedugadem	X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇

2.104 dengan p-value sebesar 0.037. Dengan menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 10% maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor lokal secara serentak berpengaruh terhadap pemodelan angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro.

Setelah dilakukan analisis dengan memasukkan variabel X₁ dan X₂ satu persatu sebagai variabel global didapatkan hasil bahwa X₁ dan X₂ signifikan berpengaruh terhadap pemodelan angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro. Sehingga dinyatakan bahwa variabel X₁ dan X₂ adalah variabel global.

Perhitungan statistik uji parameter model MGWR dilakukan untuk masing-masing parameter di setiap kecamatan. Hasil t_{hitung} yang diperoleh akan dibandingkan dengan $t_{0.05;25.11761} = 1,70783$. Parameter ke- k signifikan pada lokasi ke- l dimana ; $i=1, 2, \dots, 27$ bila nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$.

Dengan menggunakan $\alpha = 10\%$, kecamatan di Kabupaten Bojonegoro dapat dikelompokkan berdasarkan variabel-variabel yang signifikan dalam mempengaruhi angka kematian balita dengan menggunakan fungsi kernel *gaussian* yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 menunjukkan bahwa terdapat dua kelompok kecamatan berdasarkan variabel yang berpengaruh pada tiap kecamatan.

Untuk lokasi pengamatan pada kecamatan Margomulyo, model yang dihasilkan pada pemodelan MGWR dengan fungsi pembobot *gaussian* adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 15.295 - 0.028 X_3 + 0.631 X_4 - 0.196 X_5 - 0.1004 X_6 + 0.092 X_7 + 0.053 X_8$$

Dari model yang terbentuk tersebut, terdapat 4 variabel yang signifikan di Kecamatan Margomulyo yaitu variabel presentase rumah tangga miskin (X₄), variabel presentase balita yang mendapat pelayanan kesehatan (X₅), presentase rumah tangga yang mengakses air bersih (X₆), dan presentase balita kurang gizi (X₈).

E. Perbandingan Model GWR dan Model MGWR

Perbandingan model GWR dan model MGWR dilakukan menggunakan nilai AIC untuk mengetahui model mana yang lebih baik diterapkan untuk menggambarkan fenomena angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro.

Berdasarkan Tabel 11 diperoleh bahwa model MGWR dengan menggunakan pembobot fungsi kernel *Gaussian* lebih baik digunakan untuk angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro karena mempunyai nilai AIC terkecil.

Tabel 11.

Perbandingan Nilai AIC Model GWR dan MGWR

Pembobot / Model	Nilai AIC	
	GWR	MGWR
Gaussian	154,6324	95,2252*
Bisquare	153,1508	96,8269
Adaptif Gaussian	150,0013	99,5915
Adaptif Bisquare	133,9557	118,851
Tricube	155,2002	95,2687

Ket : *) Model Terbaik

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Model MGWR dengan fungsi pembobot *Gaussian* adalah model yang paling baik untuk menggambarkan angka kematian balita di Kabupaten Bojonegoro.
2. Berdasarkan model MGWR dengan fungsi pembobot *gaussian*, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap angka kematian balita adalah variabel presentase bayi yang mendapat ASI eksklusif (X₃), presentase rumah tangga miskin (X₄), presentase balita yang mendapat pelayanan kesehatan (X₅), presentase rumah tangga yang mengakses air bersih (X₆), dan presentase rumah tangga yang bebas jentik (X₇). Sedangkan presentase ibu hamil yang mendapat Tablet Fe (X₁) dan presentase balita mendapat vitamin A (X₂) berpengaruh secara menyeluruh di setiap kecamatan di Bojonegoro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dinkes, *Profil Kesehatan Kabupaten Tahun 2008*. Bojonegoro : Dinas Kesehatan, (2008).
- [2] Dinkes, *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur 2010*. Jawa Timur : Dinas Kesehatan, (2010).
- [3] Dinkes, *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur 2008*. Jawa Timur : Dinas Kesehatan, (2008).
- [4] Dinkes, *Profil Kesehatan Kabupaten Tahun 2009*. Bojonegoro : Dinas Kesehatan, (2009).
- [5] Dinkes, *Profil Kesehatan Kabupaten Tahun 2011*. Bojonegoro : Pemerintah Kabupaten Bojonegoro, (2011).
- [6] Y., Hasbi. "Model Mixed Geographically Weighted Regression Studi Kasus : Persentase Rumah Tangga Miskin Di Kabupaten Mojokerto Tahun 2008" Tesis Jurusan Statistika FMIPA ITS, Surabaya, (2011).
- [7] F. Pecci, dan M. Sassi, "A Mixed Geographically Weighted Approach to Decoupling and Rural Development in the EU-15", *Seminar EAAE ke 107 "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies"*, Sevilla, Spanyol, (2008).
- [8] A.C. Rencher, *Linear Model in Statistics*, John Wiley&Sons Inc,Singapore, (2000).
- [9] A.S. Fotheringham, C. Brunson, dan M. Charlton, *Geographically Weighted Regression*, Jhon Wiley & Sons, Chichester, UK, (2002).
- [10] F.I. Nurdin, *Estimasi dan Pengujian Hipotesis Geographically Weighted Regression (Studi Kasus Produktivitas Padi Sawah di Jawa Tmur)*. Tesis Jurusan Statistika FMIPA ITS, Surabaya, (2008).
- [11] G.M. Foody, Spatial nonstationarity and scale-dependency in the relationship between speciesrichness and environmental determinants for the sub-Saharan endemic avifauna. *Glob.Ecol.Biogeogr*, 13, (2004). 315-320.
- [12] C.L. Mei, S.Y. He, dan K.T. Fang , "A note on the mixed geographically weighted regression model", *Journal of Regional Science*, 44, (2004) 143-157.
- [13] D. Gujarati, *Basic Econometrics*, Fourth Edition. The McGraw-Hill, New York, America, (2004).