

## Pemodelan *Geographically Weighted Regression (GWR)* Dengan Fungsi Pembobot Tricube Terhadap Angka Kematian Ibu (AKI) Di Kabupaten Kutai Kartanegara Tahun 2015

### *Geographically Weighted Regression (GWR) Modelling with Tricube Weighted Function for Maternal Mortality in Kutai Kartanegara Year of 2015*

Muhammad Rahmad Fadli<sup>1</sup>, Rito Goejantoro<sup>2</sup>, dan Wasono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Statistika Terapan FMIPA Universitas Mulawarman

<sup>2</sup>Laboratorium Statistika Komputasi FMIPA Universitas Mulawarman

<sup>3</sup>Laboratorium Matematika Komputasi FMIPA Universitas Mulawarman

<sup>1</sup>E-mail: mrkingfadli@gmail.com

#### Abstract

*Maternal Mortality in Kutai Kartanegara is a geographical problem that suspected affected by geographical factor which the global regression cannot model the relation well between the main problem and its independent variable. Therefore, Geographically Weighted Regression (GWR) is used to solve it. Spatial statistics is a method for analyzing data that has spatial correlation. GWR Model is the locally of global regression which considering the geographical or location as the weighted function for estimating the parameters of models. The tricube weighted function is used for the weighting. From this study, the models are different from location to others with also has the independent variables. For Samboja, Muara Jawa, Sanga-Sanga, Anggana, Muara Badak, Marang Kayu, and Tabang which are not affected by the indicators. Loa Janan, Loa Kulu, Muara Muntai, Kota Bangun, Tenggarong, Sebulu, Tenggarong Seberang, Muara Kaman, and Kenohan have the Maternal Mortality affected by Hospital Ratio per 1.000 Pregnant Mothers ( $x_1$ ). Muara Wis, Kenohan, dan Kembang Janggut have the Maternal Mortality affected by Childbirth with Medical Help ( $x_2$ ). Muara Muntai, Muara Wis, Kota Bangun, Sebulu, Tenggarong, Muara Kaman, Kenohan, and Kembang Janggut have the Maternal Mortality affected by Health Care of Childbed ( $x_4$ ).*

**Keywords :** *Geographically Weighted Regression (GWR), Maternal Mortality, Tricube Weighted Function*

#### Pendahuluan

Metode regresi adalah suatu metode statistik yang digunakan untuk menentukan hubungan atau pengaruh antara satu variabel terhadap variabel yang lain, yaitu antara terikat dan variabel bebas (Fotheringham dkk, 2002). Namun, metode regresi biasa tidak mempertimbangkan aspek lokal yang berbeda-beda antar wilayah.

Spasial secara umum adalah data yang berkaitan dengan wilayah atau memiliki gambaran wilayah yang terdapat di permukaan bumi (Prahasta, 2009). Statistika Spasial adalah suatu metode untuk menganalisis data yang berkorelasi secara spasial, yang merupakan salah satu cabang dari statistika terapan. Karakteristik yang dimiliki metode statistika spasial adalah penggunaan variogram atau teknik-teknik lainnya untuk mengkuantifikasi dan memodelkan struktur korelasi (Indarto, 2013).

*Geographically Weighted Regression (GWR)* adalah bentuk lokal dari regresi. GWR memungkinkan peneliti untuk menilai variasi spasial (geografis) yang mungkin ada dalam hubungan antara variabel terikat dan bebas di seluruh daerah pengamatan (Clement dkk, 2009). Ide dasar dari model GWR adalah dengan mempertimbangkan unsur geografi atau lokasi sebagai pembobot dalam menaksir parameter modelnya. Penaksir ini diperoleh dengan menggunakan metode *Weighted Least Square*

(WLS) yaitu dengan memberikan pembobot (*weighted*) yang berbeda pada setiap lokasi. Meskipun tak ada batasan pembobot mana yang harus digunakan pada suatu GWR, namun akan lebih baik memiliki pembobot yang mempunyai *smoothing*/penghalus yang paling baik.

Kematian ibu merupakan peristiwa kompleks yang disebabkan oleh berbagai penyebab yang dapat dibedakan atas determinan dekat, antara, dan jauh (Kemenkes, 2013). Determinan dekat adalah penyebab yang berhubungan langsung dengan kematian ibu yang merupakan gangguan obstetrik seperti pendarahan, preeklamsi/eklamasi, dan infeksi atau penyakit yang diderita ibu sebelum atau selama kehamilan seperti jantung, malaria, TBC, ginjal, dan AIDS. Determinan dekat dipengaruhi secara langsung oleh determinan antara yang berhubungan dengan faktor kesehatan, seperti status kesehatan ibu, status reproduksi, akses terhadap pelayanan kesehatan, dan perilaku penggunaan fasilitas kesehatan. Determinan jauh adalah penyebab yang berhubungan dengan faktor demografi dan sosiokultural. Kesadaran masyarakat yang rendah tentang kesehatan ibu hamil, pemberdayaan perempuan yang tidak baik, latar belakang pendidikan, sosial ekonomi keluarga, lingkungan masyarakat dan politik, serta kebijakan secara tidak langsung diduga ikut berperan dalam meningkatkan kematian ibu (Kemenkes, 2013).

Setiap tahun, di seluruh dunia diperkirakan terjadi 358.000 kematian ibu dan sekitar 99% kematian tersebut terjadi di negara berkembang yang miskin dan sekitar 67% merupakan sumbangan sebelas negara termasuk Indonesia. *Millenium Development Goals* (MDGs) menargetkan Angka Kematian Ibu (AKI) di Indonesia pada tahun 2015 adalah 102 kematian per 100.000 kelahiran hidup (Herawati, 2011). Sementara itu berdasarkan Survei Demografi dan Kesehatan Indonesia (SDKI) tahun 2012, AKI di Indonesia adalah sebesar 359 per 100.000 kelahiran hidup. Hal ini hampir dapat dipastikan bahwa Indonesia tidak akan mampu mencapai target tersebut. Di Provinsi Kalimantan Timur sendiri menurut SDKI tahun 2012, AKI mencapai 111 per 100.000 kelahiran hidup dengan Kabupaten Kutai Kartanegara terdapat 27 kasus sepanjang tahun 2012, kedua tertinggi setelah kota Balikpapan dengan 28 kasus (Dinkes Kaltim, 2013).

AKI di Kabupaten Kutai Kartanegara sendiri diduga mempunyai kaitan erat dengan pelayanan kesehatan dan kebudayaan masyarakat seperti upacara adat, sehingga mendorong dilakukannya penelitian ini, yaitu untuk melihat kontribusi sektor pelayanan kesehatan di kabupaten Kutai Kartanegara serta kebudayaan suku Kutai terhadap AKI. AKI di kabupaten Kutai Kartanegara diduga suatu permasalahan spasial yang dipengaruhi oleh faktor geografis, maka sering kali analisis regresi biasa tidak dapat menggambarkan pola hubungan dengan baik. Sebab pada permasalahan besarnya AKI di kabupaten Kutai Kartanegara perbedaan lokasi geografis juga diduga memberikan pengaruh terhadap pola hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.

**Statistika Spasial**

Statistika spasial adalah suatu metode untuk menganalisis data yang berkorelasi secara spasial, yang merupakan salah satu cabang dari statistika terapan yang dikembangkan oleh George Matheron dari *Centre de Morphologie Mathematique* di Fontainebleu, Perancis (1960). Karakteristik yang dimiliki metode statistika spasial adalah penggunaan variogram atau teknik-teknik lainnya untuk mengkualifikasi dan memodelkan struktur korelasi (Indarto, 2013).

Analisis spasial dilakukan jika data yang digunakan memenuhi aspek spasial yaitu memiliki sifat *error* yang saling berkorelasi atau memiliki heterogenitas spasial (Anselin, 1998). Heterogenitas spasial dapat dideteksi dengan uji Breuch-Pagan.

**Regresi**

Regresi adalah suatu metode yang digunakan untuk menyatakan pola hubungan antara variabel

bebas (x) dengan variabel terikatnya (y). Untuk n pengamatan dengan p variabel bebas maka model regresi tersebut dapat ditulis:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i; \\ i = 1, 2, 3, \dots, n; k = 1, 2, 3, \dots, p$$

dimana :

- $y_i$  = nilai observasi variabel terikat ke -i
- $x_{ik}$  = nilai observasi pengamatan ke -i variabel bebas ke -k
- $\beta_0$  = nilai intersep model regresi
- $\beta_k$  = koefisien regresi variabel bebas ke -k
- $\varepsilon_i$  = *error* pada pengamatan ke -i, ( $\varepsilon \sim IIDN(0, \sigma^2)$ )

Regresi dapat dijelaskan bahwa hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikatnya diasumsikan konstan (*stationer*) untuk semua lokasi dimana data tersebut diamati (Leung, 2000). *Error* diasumsikan IIDN(0,σ<sup>2</sup>) yaitu identik, independen, dan berdistribusi normal. Karena asumsi hubungan yang konstan tersebut, maka dalam pendugaan parameter model regresi setiap pengamatan memberikan kontribusi yang sama besar dalam membentuk model.

**Aspek Data Spasial**

Analisis spasial dilakukan jika data yang digunakan memenuhi aspek spasial yaitu memiliki sifat *error* yang saling berkorelasi atau memiliki heterogenitas spasial (Anselin, 1998). Heterogenitas spasial dapat dideteksi dengan uji Breuch-Pagan yang mempunyai hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis

- $H_0$  : Tidak terjadi heterogenitas pada data
- $H_1$  : Terjadi heterogenitas pada data

Statistik Uji

$$BP = (1/2) f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f$$

dimana,

$e_i = y_i - \hat{y}$  adalah *error* untuk pengamatan ke -i,  $i = 1, 2, \dots, n$

$f = (f_1, f_2, \dots, f_n)^T$  dengan  $f_i = (\frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1)$

Daerah Penolakan

$H_0$  ditolak apabila nilai peluang  $BP > \chi^2_{(\alpha, db)}$

Kesimpulan

Jika  $H_0$  ditolak maka dapat disimpulkan bahwa terjadi heterogenitas pada data. Sebaliknya jika gagal menolak  $H_0$  maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi heterogenitas pada data. Elemen

vektor  $f$  adalah  $f_i = (\frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1)$  dimana  $e_i$  merupakan residual kuadrat terkecil dan  $Z$  adalah matriks berukuran  $n \times (p+1)$  yang berisi vektor yang sudah dinormalstandartkan untuk setiap observasi. Tolak  $H_0$  jika BP lebih besar dari  $\chi^2_{(\alpha, db)}$ .

**Geographically Weighted Regression (GWR)**

*Geographically Weighted Regression* adalah hasil pengembangan dari model global dimana ide dasarnya diambil dari model regresi non

parametrik (Mei, 2005). Model ini merupakan model regresi linier lokal (*locally linier regression*) yang menghasilkan penaksir parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi dimana data tersebut dikumpulkan. Dalam model GWR, variabel terikat diprediksi dengan variabel bebas yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati. Untuk  $n$  pengamatan dengan  $p$  variabel independen maka model GWR dapat ditulis:

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

dimana  $y_i$ ;  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$  adalah nilai observasi variabel terikat  $y$  dan variabel bebas  $x_1, x_2, \dots, x_p$  di lokasi  $(u_i, v_i)$  pada wilayah geografi yang diteliti. Sedangkan  $\beta_k(u_i, v_i)$ ,  $k = 1, 2, \dots, p$  adalah parameter regresi untuk setiap lokasi  $(u_i, v_i)$  dan  $\varepsilon_i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  adalah *error* yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varians konstan (IIDN(0,  $\sigma^2$ )).

**Penentuan Bandwidth Optimum**

Secara teoritis *bandwidth* merupakan lingkaran dengan radius sebesar  $b$  dari titik pusat lokasi, dimana digunakan sebagai dasar menentukan bobot setiap pengamatan terhadap model regresi pada lokasi tersebut. Untuk pengamatan-pengamatan yang terletak dekat dengan lokasi  $i$  maka akan lebih berpengaruh dalam membentuk parameter model pada lokasi  $i$  (Mei, 2005). Karena itu pengamatan-pengamatan yang terletak di dalam radius  $b$  masih dianggap berpengaruh terhadap model pada lokasi tersebut sehingga akan diberi bobot yang akan tergantung pada fungsi yang digunakan.

Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan *bandwidth* optimum adalah metode *cross validation* (CV) (Fotheringham, 2002). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

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

$\hat{y}_{\neq i}^*(h)$  adalah nilai prediksi  $y_i$  (*fitting value*) dengan pengamatan di lokasi  $i$  dihilangkan dari proses prediksi (Fotheringham, 2002).

Dengan meminimumkan persamaan diatas maka akan diperoleh *bandwidth* yang optimum. Dalam prakteknya, pemilihan *bandwidth* optimum diperoleh menggunakan teknik optimalisasi komputer.

**Pembobot Geographically Weighted Regression**

Untuk mendapatkan matrik pembobot di lokasi  $i$  terletak pada koordinat  $(u_i, v_i)$  yaitu  $W(u_i, v_i)$ . Perlu terlebih dahulu menentukan fungsi pembobot yang akan digunakan. Apabila lokasi  $j$  terletak pada koordinat  $(u_j, v_j)$  maka akan diperoleh jarak Euclid antara lokasi  $i$  dan lokasi  $j$  dengan menggunakan persamaan:

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

Fungsi dari pembobot adalah untuk memberikan hasil estimasi parameter yang berbeda pada lokasi yang berbeda. Pada analisis spasial, penaksiran parameter di suatu lokasi  $i$  akan lebih dipengaruhi oleh titik-titik yang dekat dengan lokasi tersebut daripada titik-titik yang lebih jauh (Leung dkk, 2000). Oleh karena itu pemilihan pembobot spasial yang digunakan dalam menaksir parameter menjadi sangat penting.

Jika  $w_j(u_i, v_i)$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$  adalah bobot lokasi  $j$  pada lokasi  $i$ ,  $d_{ij}$  adalah jarak Euclid antara lokasi  $i$  dan lokasi  $j$ . Misalkan  $b$  terdekat maka beberapa jenis fungsi pembobot yang digunakan.

1. Fungsi Invers Jarak

Fungsi tersebut dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} 1, & \text{jika } d_{ij} \leq b \\ 0, & \text{jika } d_{ij} > b \end{cases}$$

Fungsi invers akan memberi bobot nol ketika lokasi  $j$  berada di luar radius  $b$  dari lokasi  $i$ , sedangkan apabila lokasi  $j$  berada di dalam radius  $b$  maka akan mendapat bobot satu.

2. Fungsi Pembobot Gauss

Fungsi tersebut dapat dinotasikan sebagai berikut:

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

Fungsi pembobot Gauss akan memberi bobot nol ketika lokasi  $j$  berada pada atau di luar radius  $b$  dari lokasi  $i$ , sedangkan apabila lokasi  $j$  berada di dalam radius  $b$  maka akan mendapat bobot yang mengikuti fungsi Gauss.

3. Fungsi Pembobot Bi-square

Fungsi tersebut dapat dinotasikan sebagai berikut:

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

Fungsi pembobot *Bi-square* akan memberi bobot nol ketika lokasi  $j$  berada pada atau di luar radius  $b$  dari lokasi  $i$ , sedangkan apabila lokasi  $j$  berada di dalam radius  $b$  maka akan mendapat bobot yang mengikuti fungsi *Bi-square*.

4. Fungsi Pembobot Tricube

Fungsi tersebut dapat dinotasikan sebagai berikut:

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

Fungsi pembobot *Tricube* akan memberi bobot nol ketika lokasi  $j$  berada pada atau di luar radius  $b$  dari lokasi  $i$ , sedangkan apabila lokasi  $j$  berada di dalam radius  $b$  maka akan mendapat bobot yang mengikuti fungsi *Tricube*.

**Penaksir Parameter GWR**

Jika pada model global penaksiran parameter modelnya menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS), maka pada model GWR menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS) dalam penaksiran parameter, yaitu dengan memberi pembobot yang berbeda untuk setiap lokasi dimana data tersebut dikumpulkan (Leung dkk, 2000).

Penaksir parameter untuk model GWR adalah:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = [\hat{\beta}_0(u_i, v_i), \hat{\beta}_1(u_i, v_i), \dots, \hat{\beta}_p(u_i, v_i)]^T = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y}$$

**Uji Signifikansi Parameter**

Uji ini digunakan untuk mengetahui signifikansi parameter  $\beta(u_i, v_i)$  terhadap variabel terikat secara parsial pada model GWR. Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut (Purhadi dkk, 2012).

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$  (Variabel bebas ke  $-k$  tidak berpengaruh terhadap variabel terikat)

$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, \dots, p$  (Variabel bebas ke  $-k$  berpengaruh terhadap variabel terikat)

Statistik Uji:  $T = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}}$

$H_0$  akan ditolak jika  $|T_{hitung}| > t_{\alpha \frac{\delta_1}{2 \delta_2}}$

dimana  $\delta_1$  adalah selisih error dari GWR dengan error regresi lokasi pertama dan  $\delta_2$  adalah selisih error dari GWR dengan error regresi lokasi kedua.

**Hasil dan Pembahasan**

Kabupaten Kutai Kartanegara memiliki 18 kecamatan yang tiap tahunnya menjadi salah satu kabupaten yang memiliki AKI tertinggi. Pada tahun 2015 di Kabupaten Kutai Kartanegara terdapat 29 kasus kematian ibu yang menyebar di 18 kecamatan. Adapun objek pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah wilayah Kecamatan di Kabupaten Kutai Kartanegara. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari satu variabel terikat ( $y$ ) dan delapan variabel bebas ( $x$ ).

- $y$  : Angka Kematian Ibu (AKI) per kecamatan
- $x_1$  : Rasio RS/Puskesmas per 1.000 ibu hamil per kecamatan
- $x_2$  : Persentase persalinan ditolong tenaga kesehatan per kecamatan
- $x_3$  : Rasio bidan per 1.000 ibu hamil per kecamatan
- $x_4$  : Persentase pelayanan kesehatan ibu nifas per kecamatan
- $x_5$  : Persentase pelayanan ibu hamil K1(Periode Triwulan Pertama) per kecamatan

- $x_6$  : Persentase pelayanan ibu hamil K4 (Periode Mendekati Persalinan) per kecamatan
- $x_7$  : Persentase ibu nifas mendapat vitamin A per kecamatan
- $x_8$  : Persentase rumah tangga miskin per kecamatan

**Analisis Deskriptif**

Deskripsi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap AKI adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Statistika Deskriptif

Variabel	Minimum	Maksimum	Mean	Variansi
y	0,00	916,03	296,34	95.020
x <sub>1</sub>	1,19	9,35	3,09	4,04
x <sub>2</sub>	71,57	106,94	92,21	76,99
x <sub>3</sub>	14,86	133,14	50,24	1.167,2
x <sub>4</sub>	52,63	102,83	88,89	130,54
x <sub>5</sub>	91,66	128,67	107,30	72,02
x <sub>6</sub>	59,35	99,28	84,19	154,74
x <sub>7</sub>	76,53	120,81	97,34	93,92
x <sub>8</sub>	3,08	25,54	9,25	36,02

**Pengujian Multikolinearitas**

Uji multikolinearitas adalah uji yang menunjukkan ada tidaknya korelasi antara dua variabel bebas atau lebih dalam model regresi. Multikolinearitas pada model terjadi jika nilai *Variance Inflating Factor* (VIF) lebih dari 10. VIF adalah nilai yang menggambarkan kenaikan varians dari dugaan parameter antar variabel bebas.

Tabel 2. Nilai VIF tiap Variabel Bebas

Variabel	VIF
x <sub>1</sub>	12,60
x <sub>2</sub>	13,10
x <sub>3</sub>	5,47
x <sub>4</sub>	4,89
x <sub>5</sub>	1,72
x <sub>6</sub>	2,81
x <sub>7</sub>	13,67
x <sub>8</sub>	1,56

Dikarenakan terdapat nilai VIF yang lebih dari 10, maka data diasumsikan mengalami multikolinearitas. Oleh karena dieliminasi variabel bebas yang memiliki nilai VIF yang tertinggi yaitu  $x_7$ .

**Pengujian Aspek Data Spasial**

Hipotesis

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_8^2 = \sigma^2$  (tidak terdapat heterogenitas spasial)

$H_1: \text{Minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i=1,2,\dots, 8,$  (terdapat heterogenitas spasial)

Taraf Signifikansi

$$\alpha = 0,1$$

Statistik Uji

Tabel 4. Nilai BP Uji Breusch-Pagan

Uji Breusch-Pagan	
BP	5,4341

Daerah Penolakan

Menolak  $H_0$  apabila BP lebih besar daripada  $\chi^2_{(0,1; 6)}$

Keputusan dan Kesimpulan

Berdasarkan Tabel 4 didapat nilai BP sebesar 5,4341 yang mana lebih kecil daripada  $\chi^2_{(0,1; 6)}$  (10,645) maka diputuskan gagal menolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa data tidak terjadi heterogenitas.

**Penentuan Jarak Euclid**

Tabel 5. Jarak Euclid Tiap Lokasi

Lokasi	Titik Koordinat ( $u_i, v_i$ )		Jarak Euclid ( $d_{ij}$ )
	Latitude	Longitude	
1	-1,053949	117,044101	0
2	-0,822525	117,197056	0,277402775
3	-0,686631	117,244096	0,418234998
4	-0,70488	117,032331	0,349267376
5	-0,522753	117,015503	0,531965258
6	-0,640317	116,466598	0,710352832
7	-0,043826	116,038201	1,425546662
8	-0,301354	116,655335	0,847076287
9	-0,432914	116,989678	0,623415058
10	-0,272509	116,992798	0,783122258
11	-0,283418	117,102943	0,772774484
12	-0,634989	117,408649	0,555358196
13	-0,366213	117,408649	0,778380402
14	-0,066378	117,267612	1,012548096
15	0,066602	116,891034	1,130957139
16	0,033463	116,277707	1,330347556
17	0,23512	116,183207	1,550108824
18	0,884506	115,75752	2,326563658

Nilai jarak Euclid tersebut digunakan untuk menentukan nilai pembobot tiap lokasi pengamatan dengan menentukan nilai *bandwidth* yang berbeda di tiap lokasi pengamatan terlebih dahulu.

**Penentuan Bandwidth**

Dikarenakan terdapat variabel bebas yang tidak signifikan di setiap lokasi, maka dilakukan eliminasi variabel bebas yang tidak signifikan. Dengan empat kali eliminasi dengan urutan eliminasi yaitu  $x_5, x_3, x_6, x_8$ , maka didapat seluruh variabel bebas yang tersisa telah signifikan.

Setelah didapat seluruh variabel bebas yang tersisa telah signifikan, diperoleh nilai *bandwidth* terbaik dari metode *Cross Validation (CV)* yaitu sebesar 1,397836.

**Penentuan Pembobot**

Tabel 6. Nilai Pembobot Tiap Lokasi

Lokasi	Jarak Euclid	Nilai Bandwidth	Nilai Pembobot
1	0	1,397836	1
2	0,277402775	1,397836	0,976736
3	0,418234998	1,397836	0,921778
4	0,349267376	1,397836	0,953928
5	0,531965258	1,397836	0,843597
6	0,710352832	1,397836	0,6557
7	1,425546662	1,397836	-0,00022
8	0,847076287	1,397836	0,46994
9	0,623415058	1,397836	0,756785
10	0,783122258	1,397836	0,5598
11	0,772774484	1,397836	0,573934
12	0,555358196	1,397836	0,823416
13	0,778380402	1,397836	0,566295
14	1,012548096	1,397836	0,238232
15	1,130957139	1,397836	0,104071
16	1,330347556	1,397836	0,002626
17	1,550108824	1,397836	-0,04811
18	2,326563658	1,397836	-47,0771

Berdasarkan Tabel 6, maka matriks pembobot yang terbentuk dengan fungsi *tricube* pada lokasi ( $u_i, v_i$ ) yaitu Kecamatan Samboja adalah:

$$W(u_i, v_i) = \text{diag} \begin{pmatrix} 1 & 0,976736 & 0,921778 \\ & 0,953928 & 0,843597 & 0,6557 \\ & & -0,00022 & 0,469994 & 0,756785 \\ & & & 0,5598 & 0,573934 & 0,823416 \\ & & & & 0,566295 & 0,238232 & 0,104071 \\ & & & & & 0,002626 & -0,04811 & -47,0771 \end{pmatrix}$$

Matriks pembobot di atas digunakan untuk menaksir parameter di lokasi ( $u_1, v_1$ ), sedangkan untuk menaksir parameter di lokasi ( $u_2, v_2$ ) perlu dicari terlebih dahulu matriks pembobot  $W(u_2, v_2)$  dengan cara yang sama seperti langkah di atas, demikian untuk  $W$  seterusnya hingga matriks pembobot pengamatan terakhir  $W(u_{18}, v_{18})$ .

**Pengujian Signifikansi Parameter**

Uji ini digunakan untuk mengetahui signifikansi parameter  $\beta(u_i, v_i)$  terhadap variabel terikat secara parsial pada model GWR

Hipotesis

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0 \text{ (Variabel bebas ke -k tidak berpengaruh terhadap variabel terikat)}$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, 4 \text{ (Variabel bebas ke -k berpengaruh terhadap variabel terikat)}$$

Taraf Signifikansi

$$\alpha = 0,1$$

Statistik Uji

Tabel 7.  $T_{hitung}$  Variabel Tiap Daerah

Lokasi	$x_1$	$x_2$	$x_4$
1	1,76	0,01	-1,11
2	1,80	-0,25	-1,41
3	1,81	-0,37	-1,49
4	2,38*	-0,10	-1,83
5	2,80*	-0,09	-2,07
6	4,04*	0,84	-2,97*
7	2,17	2,67*	-3,22*
8	4,00*	0,55	-2,87*

Tabel 7.  $T_{hitung}$  Variabel Tiap Daerah (Lanjutan)

Lokasi	$x_1$	$x_2$	$x_4$
9	3,05*	-0,04	-2,21*
10	3,24*	-0,08	-2,29*
11	2,78*	-0,34	-2,00
12	1,57	-0,60	-1,26
13	1,68	-0,77	-1,35
14	2,20	-0,90	-1,51
15	3,73*	0,03	-2,56*
16	3,11*	2,66*	-3,74*

Daerah Penolakan

$$\text{Menolak } H_0 \text{ apabila } |T_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Keputusan dan Kesimpulan

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat setiap  $T_{hitung}$  variabel tiap daerah, yang mana nilai yang lebih besar daripada nilai  $T_{tabel}$  (2,200) adalah variabel bebas yang berpengaruh terhadap variabel terikat di setiap kecamatan, Berikut rangkuman variabel yang berpengaruh di setiap daerah.

Tabel 8. Variabel Signifikan Tiap Daerah

Lokasi	Kecamatan	Variabel Berpengaruh
1	Samboja	-
2	Muara Jawa	-
3	Sanga-Sanga	-
4	Loa Janan	$x_1$
5	Loa Kulu	$x_1$
6	Muara Muntai	$x_1, x_4$
7	Muara Wis	$x_2, x_4$
8	Kota Bangun	$x_1, x_4$
9	Tenggarong	$x_1, x_4$
10	Sebulu	$x_1, x_4$
11	Tenggarong Seberang	$x_1$
12	Anggana	-
13	Muara Badak	-
14	Marang Kayu	-
15	Muara Kaman	$x_1, x_4$
16	Kenohan	$x_1, x_2, x_4$
17	Kembang Janggut	$x_2, x_4$
18	Tabang	-

**Model GWR**

Model-model yang terbentuk berbeda-beda di tiap kecamatan. Dari kecamatan yang tidak mempunyai variabel bebas yang menunjukkan kenaikan ataupun penurunan AKI (kecamatan Samboja, Muara Jawa, Sanga-Sanga, dll.), hingga kecamatan yang mempunyai tiga variabel bebas yang menunjukkan kenaikan ataupun penurunan AKI (kecamatan Kenohan).

Adapun kecamatan Kenohan yang memiliki tiga variabel bebas signifikan mempunyai model  $\hat{y}_{16} = 12,57 + 115,30x_1 + 24,53x_2 - 25,33x_4$  dengan variabel yang berpengaruh yaitu  $x_1, x_2,$  dan  $x_4$  yang mana berarti jika variabel bebas lainnya dianggap konstan maka setiap penurunan satu rasio RS/Puskesmas per 1.000 ibu hamil akan

menurunkan AKI sebesar 115,30 satuan AKI, jika variabel bebas lainnya dianggap konstan maka setiap penurunan satu persen persalinan ditolong tenaga kesehatan akan menurunkan AKI sebesar 24,53 satuan AKI dan jika variabel bebas lainnya dianggap konstan maka setiap kenaikan satu persen pelayanan kesehatan ibu nifas akan menurunkan AKI sebesar 25,33 satuan AKI.

**Ketepatan Model GWR**

Tabel 9. Nilai  $R^2$  Model GWR

Ketepatan Model	
$R^2$ - Value	0,7381221

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa  $R^2$  bernilai 0,7381221 yang berarti bahwa AKI dapat dijelaskan oleh variabel bebas sebesar 73,8% dengan 26,2% sisanya dijelaskan oleh variabel lainnya tidak terlibat dalam model.

**Kesimpulan**

- Variabel bebas yang mempunyai pengaruh pada masing-masing kecamatan adalah sebagai berikut:
  - Rasio RS/Puskesmas per 1.000 Ibu Hamil ( $x_1$ ) berpengaruh pada AKI di kecamatan Loa Janan, Loa Kulu, Muara Muntai, Kota Bangun, Tenggarong, Sebulu, Tenggarong Seberang, Muara Kaman, dan Kenohan,
  - Persentase Persalinan Ditolong Tenaga Kesehatan ( $x_2$ ) berpengaruh pada AKI di kecamatan Muara Wis, Kenohan, dan Kembang Janggut.
  - Persentase Pelayanan Kesehatan Ibu Nifas ( $x_4$ ) berpengaruh pada AKI di kecamatan Muara Muntai, Muara Wis, Kota Bangun, Tenggarong, Sebulu, Muara Kaman, Kenohan, dan Kembang Janggut.
- Setiap kecamatan mempunyai model yang berbeda, namun memiliki kemiripan variabel bebas yang signifikan pada beberapa kecamatan yang berdekatan seperti kecamatan Loa Kulu dan Loa Janan yang memiliki variabel Rasio/RS per 1.000 Ibu Hamil signifikan atau kecamatan Muara Muntai, Muara Wis, dan Kota Bangun yang memiliki variabel Pelayanan Kesehatan Ibu Nifas yang signifikan terhadap AKI.

**Daftar Pustaka**

Anselin, L. (1998). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Clement, Orange, dkk. (2009). *Drivers of Afforestation in Northern Vietnam: Assessing Local Variations Using Geographically Weighted Regression*. International Journal of Applied Geography. Vol. 29, Issue: 4, Pages: 561-576.

- Dinkes Kaltim. (2013). *Profil Kesehatan Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2012*. Samarinda: Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Timur.
- Fotheringham, A.S, Brunsdon, dan M. Charlton. (2002), *Geographically Weighted Regression*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Herawati, I. (2011). *Analisis Kematian Ibu di Indonesia tahun 2010 berdasarkan data SDKI, Riskesdas, dan Laporan Rutin Kesehatan Ibu dan Anak. Pertemuan Teknis Kesehatan Ibu 6 April 2011, Bandung, Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia 2011.
- Indarto. (2013). *Analisis Geostatistik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kemenkes RI. (2013). *Percepatan Penurunan Angka Kematian Ibu di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Leung, Y, C.I. Mey, dan W.X. Zhang. (2000). *Statistical Test for Spatial Non-Stationarity Based on the Geographically Weighted Regression Model*. Environment and Planning. Vol. 32, Pages: 9-32.
- Mei, C.L. (2005). *Geografically Weighted Regression Technique for Spatial Data Analysis*, School of Science Suzhou: Xi'an Jiaotong University.
- Prahasta, Eddy. (2009). *Sistem Informasi Geografis: Kosep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Purhadi, M. Rifada, dan S. P. Wulandari. (2012). *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression Model*. International Journal of Mathematics and Computation. Vol. 16, Issue: 3.

