ISSN: 2339-2541
JURNAL GAUSSIAN, Volume 3, Nomor 2, Tahun 2014, Halaman 161 - 171
Online di: http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI LAJU PERTUMBUHAN PENDUDUK KOTA SEMARANG TAHUN 2011 MENGGUNAKAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED LOGISTIC REGRESSION*

Catra Aditya Wisnu Aji[1], Moch. Abdul Mukid[2], Hasbi Yasin[3]
[1]Mahasiswa Jurusan Statistika Fakultas Sains dan Matematika UNDIP
[2,3]Staff Pengajar Jurusan Statistika Fakultas Sains dan Matematika UNDIP

ABSTRAK

Geographically Weighted Logistic Regression (GWLR) merupakan bentuk lokal dari regresi logistik dimana faktor geografis diperhatikan dan diasumsikan bahwa data berdistribusi Bernoulli yang digunakan untuk menganalisis data spasial dari proses yang tidak stasioner. Penelitian ini akan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Pertumbuhan Penduduk (LPP) Kota Semarang menggunakan regresi logistik dan GWLR dengan pembobot bisquare kernel dan kernel gaussian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model GWLR dengan pembobot kernel bisquare lebih baik daripada model regresi logistik dan model GWLR dengan pembobot kernel gaussian karena mempunyai nilai AIC paling kecil dengan ketepatan klasifikasi sebesar 87,5%. Faktor yang signifikan adalah jumlah pasangan usia subur di Kota Semarang.
Kata kunci : LPP, Regresi Logistik, GWLR, Kernel Bisquare, Kernel Gaussian, AIC

ABSTRACT

Geographically Weighted Logistic Regression (GWLR) is a local form of logistic regression where geographical factors considered and it is assumed that the Bernoulli distribution of data used to analyze spatial data from non-stationary processes. This research will determine the factors that affect the Population Growth Rate (PGR) in the Semarang city using logistic regression and GWLR with a weighting function of bisquare kernel and gaussian kernel. The result showed that GWLR model with a weighting function of bisquare kernel better than logistic regression model and GWLR model with a weighting function of gaussian kernel because it has the smallest AIC value and classification accuracy is 87,5%. Factor that have significant effect is the number of couples of childbearing age in the Semarang city.
Keyword : PGR, Logistic Regression, GWLR, Bisquare Kernel, Gaussian Kernel, AIC

1. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk merupakan masalah bagi negara-negara berkembang termasuk Indonesia. Dari hasil sensus penduduk tahun 2010 dapat dilihat bahwa Indonesia mengalami gejala ledakan penduduk. Pada tahun 2010 tercatat jumlah penduduk Indonesia mencapai 240 juta jiwa dengan nilai laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,49 persen pertahun. Apabila nilai laju pertumbuhan penduduk tidak berubah, maka ledakan penduduk akan terjadi pada tahun 2045 yang mencapai 450 juta jiwa.

Pertumbuhan penduduk yang tidak terkendali akan banyak menimbulkan dampak negatif. Pemerintah pusat maupun pemerintah daerah telah berupaya untuk menekan besarnya angka laju pertumbuhan penduduk tersebut namun dirasa masih belum maksimal. Upaya pemerintah diantaranya adalah mensosialisasikan dua anak lebih baik, pembagian alat kontrasepsi gratis, serta banyak memberikan penyuluhan tentang penggunaan KB.

Sejauh ini upaya yang dilakukan pemerintah dalam menekan laju pertumbuhan penduduk adalah dengan memberikan kebijakan yang bersifat global. Pada kenyataannya setiap daerah memiliki masalah masing-masing yang berpengaruh terhadap perubahan jumlah penduduknya. Bisa jadi suatu masalah menjadi faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan penduduk di suatu daerah tetapi masalah tersebut tidak berpengaruh pada angka laju pertumbuhan penduduk di daerah lainnya.

Salah satu metode statistika yang digunakan untuk mengatasi permasalahan pada data spasial yang tidak stasioner adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR), yaitu model yang menggunakan faktor geografis sebagai variabel bebas yang dapat mempengaruhi variabel respon. Metode statistik yang juga telah dikembangkan untuk analisis data dengan memperhitungkan faktor spasial yaitu *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR). GWLR adalah metode nonparametrik yang merupakan bentuk lokal dari regresi logistik dimana lokasi diperhatikan dan diasumsikan bahwa data variabel respon berdistribusi Bernoulli yang digunakan untuk menganalisis data spasial dari proses yang non stasioner.

Penulisan penelitian yaitu tentang penerapan model GWLR (Geographically Weighted Logistic Regression) dengan pembobot kernel gaussian dan kernel bisquare pada pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan penduduk pada tiap kecamatan di Kota Semarang tahun 2011.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Regresi Logistik

Regresi logistik merupakan metode yang dapat digunakan untuk mencari hubungan variabel respon yang dilambangkan dengan Y yang bersifat *dichotomus,* yaitu mempunyai skala nominal dengan dua kategori atau *polychotomous*, yaitu mempunyai skala nominal dengan lebih dari dua kategori, dengan satu atau lebih variabel prediktor yang dilambangkan dengan X , sedangkan variabel responnya bersifat kategorik (Agresti, 2002).

Pada metode regresi logistik $\pi(x) = E(Y \mid x)$ untuk menunjukkan bahwa nilai harapan dari Y bersyarat x. Bentuk umum model regresi logistik dinyatakan dengan persamaan (Hosmer dan Lemeshow, 2000):

$$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i}}{1 + e^{\beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i}}$$

Persamaan di atas disederhanakan dengan menggunakan transformasi logit $\pi(x)$. Bentuk logitnya sebagai berikut:

$$\mathrm{g}(x) = \ln\left[\frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)}\right] = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i$$

$$\mathrm{g}(x) = \ln\left[\frac{P(Y = 1|x)}{P(Y = 0|x)}\right] = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i$$

maka persamaan regresi logistiknya dapat dituliskan dalam bentuk:

$$\pi(\mathrm{x}) = \frac{\exp(\mathrm{g(x)})}{1 + \exp(\mathrm{g(x)})}$$

2.2. Penaksir Parameter Regresi Logistik

Penaksiran parameter regresi logistik dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Parameter β ditaksir dengan cara memaksimumkan fungsi likelihood yang merupakan penyelesaian dari turunan pertama dari fungsi likelihood. Penaksir varian dan kovarian diperoleh dari turunan kedua fungsi logaritma natural likelihood. Fungsi likelihoodnya adalah:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^{n} P(Y = y_i) = \prod_{i=1}^{n} \pi(x_i)^{y_i}(1 - \pi(x_i))^{1-y_i}$$

$$= \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{\pi(x_i)}{(1 - \pi(x_i))}\right)^{y_i} (1 - \mu(x_i))$$

$$= \left\{\prod_{i=1}^{n}(1-\pi(x_i))\right\}\left\{\prod_{i=1}^{n}\exp\left[\ln\left(\left(\frac{\pi(x_i)}{(1-\pi(x_i))}\right)^{y_i}\right)\right]\right\}$$
$$= \left\{\prod_{i=1}^{n}(1-\pi(x_i))\right\}\exp\left[\sum_{i=1}^{n}y_i\ln\left(\frac{\pi(x_i)}{(1-\pi(x_i))}\right)\right]$$
$$= \left\{\prod_{i=1}^{n}(1-\pi(x_i))\right\}\exp\left[\sum_{i=1}^{n}y_i\left(\sum_{k=0}^{n}\beta_k x_{ik}\right)\right]$$
$$= \left\{\prod_{i=1}^{n}(1-\mu(x_i))\right\}\exp\left[\sum_{k=1}^{n}\left(\sum_{i=0}^{n}\beta_k x_{ik}\right)\beta_k\right]$$
$$= \left\{\prod_{j=1}^{n}\left[1+\exp\left(\sum_{k=0}^{p}\beta_k x_{jk}\right)\right]^{-1}\right\}\exp\left[\sum_{k=0}^{p}\left(\sum_{j=1}^{n}y_j x_{jk}\right)\beta_k\right]$$
$$\ln L(\beta) = \sum_{k=0}^{p}\left(\sum_{j=1}^{n}y_j x_{jk}\right)\beta_k - \sum_{j=1}^{n}\ln\left\{1+\exp\left(\sum_{k=0}^{p}\beta_k x_{jk}\right)\right\}$$

Nilai parameter β fungsi L(β) didapatkan melalui suatu prosedur iteratif yang dikenal dengan *Iteratively Reweighted Least Square* (IRLS) yang dilakukan dengan metode Newton Rhapson yaitu memaksimumkan fungsi likelihood (Agresti, 2002).

2.3. Model GWLR (Geographically Weighted Logistic Regression)

GWLR adalah metode nonparametrik untuk mendapatkan parameter regresi dengan memperhitungkan faktor spasial dan merupakan pendekatan alternatif dari GWR (*Geographically Weighted Regression*) yang menggabungkan parameter non stasioner dan data kategorikal. Model GWLR dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi(x_j) = \frac{\exp\left(\sum_{k=0}^{p}\beta_k(u_i,v_i)x_{jk}\right)}{1+\exp\left(\sum_{k=0}^{p}\beta_k(u_i,v_i)x_{jk}\right)}$$
$$g(x_j) = \ln\left[\frac{\pi(x_j)}{1-\pi(x_j)}\right] = \beta_0(u_i,v_i) + \beta_1(u_i,v_i)x_{j1} + \cdots + \beta_p(u_i,v_i)x_{jp}$$

2.3.1. Pembobotan Model GWLR

Fungsi pembobot digunakan untuk memberikan hasil penaksiran parameter yang berbeda pada lokasi yang berbeda. Pada analisis spasial, penaksiran parameter pada suatu titik (u_i, v_i) akan lebih dipengaruhi oleh titik-titik yang dekat dengan lokasi tersebut daripada titik-titik yang lebih jauh. Pemilihan pembobot spasial yang digunakan dalam menaksir parameter sangat penting. Beberapa pembobot pada model GWR yaitu sebagai berikut:

- Fungsi Kernel Gaussian :
  $$w_j(u_i,v_i) = \exp(-(d_{ij}/h)^2)$$
- Fungsi Kernel Bisquare :
  $$w_j(u_i,v_i) = \begin{cases}\left[1-(d_{ij}/h)^2\right]^2, & \text{jika } d_{ij} \le h \\ 0, & \text{jika } d_{ij} > h\end{cases}$$
- Fungsi Adaptif Bisquare Kernel :

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

- Fungsi Adaptif Gaussian Kernel :

$$w_j(u_i, v_i) = \exp(-(d_{ij}/h_{i(q)})^2)$$

dengan *h* adalah parameter non negatif yang diketahui dan biasanya disebut parameter penghalus (*bandwidth*) dan $h_{i(q)}$ adalah *bandwidth* adaptif yang menetapkan *q* sebagai jarak tetangga terdekat (*nearest neighbor*) dari lokasi *i*.

2.3.2. Uji Kesesuaian Model

Pengujian kesamaan model Regresi Logistik dan model GWLR menggunakan perbandingan nilai *devians* model Regresi Logistik dan model GWLR. Pengujian menggunakan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : $\beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$ (Tidak ada perbedaan yang signifikan antara model Regresi Logistik dan model GWLR)

H_1 : paling tidak ada satu $\beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$, $k = 1,2,\ldots,p$, $i = 1,2,\ldots,n$ (Ada perbedaan yang signifikan antara model Regresi Regresi Logistik dan model GWLR)

Statistik Uji :

$$F_{hit} = \frac{\text{Devians model A}/\ \text{df}_\text{A}}{\text{Devians model B}/\ \text{df}_\text{B}}$$

Devians dirumuskan oleh :

Model Regresi Logistik (Atkinson, 2003)

$$D = -2\sum_{i=1}^{n} \pi(x_i)\ \text{logit}\,(\pi(x_i)) + \log(1 - \pi(x_i))$$

Model GWLR

$$D(h) = \sum_{i=1}^{n} (\pi(x_i)\ \ln\hat{\pi}(x_i)(\beta(u_i, v_i), h)/\pi(x_i) + (\pi(x_i) - \hat{\pi}(x_i)(\beta(u_i, v_i), h))$$

Kriteria Uji :

Akan mengikuti distribusi *F* dengan derajat bebas df_A dan df_B. Kriteria pengujiannya adalah tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{(\alpha; df_A; df_B)}$

2.4. Laju Pertumbuhan Penduduk

Laju pertumbuhan penduduk merupakan angka yang menunjukkan tingkat pertambahan penduduk pertahun dalam jangka waktu tertentu. Angka ini dinyatakan sebagai persentase dari penduduk dasar.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari BPS dalam buku Semarang Dalam Angka tahun 2011. Buku tersebut menggambarkan keadaan Kota Semarang dengan bentuk angka. Data yang dipublikasikan oleh buku tersebut meliputi banyak aspek diantaranya tentang keadaan geografi, pemerintahan, penduduk dan ketenagakerjaan, sosial, pertanian, perindustrian, pertambangan, energi, perdagangan, transportasi dan komunikasi, hotel dan pariwisata, keuangan dan harga-harga, pendapatan regional, serta pengeluaran konsumsi per kapita di Kota Semarang.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel respon (Y) pada penelitian ini adalah angka Laju Pertumbuhan Penduduk (LPP) tiap kecamatan di Kota Semarang. Sedangkan variabel prediktornya (X) adalah variabel-variabel yang mempengaruhi Laju Pertumbuhan Penduduk (LPP) tiap kecamatan di Kota Semarang. Berikut adalah variabel-variabel yang disajikan melalui tabel:

Tabel 1 Variabel Penelitian

No	Nama Variabel	Tipe Variabel	Kategori
1	Y = Laju pertumbuhan penduduk 2011	Kualitatif	0 = LPP < 0 1 = LPP> 0
2	X_1= Jumlah pasangan usia subur tiap kecamatan di Kota Semarang 2011	Kuantitatif	-
3	X_2 = Banyaknya rumah sakit dan puskesmas tiap kecamatan di Kota Semarang 2011	Kuantitatif	-
4	X_3= Banyaknya sarana pendidikan tiap kecamatan di Kota Semarang tahun 2011	Kuantitatif	-
5	X_4 = Jumlah angkutan umum tiap kecamatan di Kota Semarang tahun 2011	Kuantitatif	-

Selain itu juga digunakan dua variabel geografis mengenai lokasi kecamatan di Kota Semarang yang digunakan dalam menentukan pembobot pada model GWLR yaitu:
u_i = garis lintang selatan atau *longitude* kecamatan ke-i
v_i = garis bujur timur atau *latitude* kecamatanke-i

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

Kota Semarang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah dan menjadi salah satu kota besar yang ada di Indonesia. Sebagai salah satu kota besar, Kota Semarang juga mempunyai permasalahan yang sama dengan kota-kota besar lainnya yaitu masalah pertumbuhan penduduk yang pesat, dengan kata lain mempunyai angka laju pertumbuhan penduduk yang tinggi.

Sesuai data dari buku Semarang Dalam Angka tahun 2011 tentang jumlah penduduk secara umum Kota Semarang mengalami pertambahan penduduk selama tahun 2010 sampai 2011. Penyebaran pertumbuhan penduduk tersebut tidak merata pada semua kecamatan di Kota Semarang karena ada beberapa kecamatan yang mempunyai laju pertumbuhan penduduk yang negatif. Kecamatan yang mengalami penurunan jumlah penduduk antara tahun 2010 sampai 2011 tersebut diantaranya adalah Semarang Selatan, Candisari, Gayamsari, Semarang Timur, dan Semarang Tengah. Sedangkan kecamatan lain mempunyai nilai laju pertumbuhan penduduk positif.

Deskripsi variabel yang mempengaruhi laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang tahun 2011 adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Deskripsi Data Penelitian

Variabel	Rata-rata	Simpangan baku	Min	Maks
X1	16213	8222	5452	31880
X2	3,875	1,408	2	7
X3	98,69	33,18	28	162
X4	239	208,5	6	857

Keterangan :
X1 : Jumlah pasangan usia subur tiap kecamatan di Kota Semarang 2011
X2 : Banyaknya rumah sakit dan puskesmas tiap kecamatan di Kota Semarang 2011
X3 : Banyaknya sarana pendidikan tiap kecamatan di Kota Semarang tahun 2011
X4 : Jumlah angkutan umum tiap kecamatan di Kota Semarang tahun 2011

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa rata-rata dari jumlah pasangan usia subur, rumah sakit dan puskemas, sarana pendidikan, serta angkutan umum di Kota Semarang tahun 2011 adalah 16213; 3,875; 98,69; dan 239. Sedangkan untuk nilai simpangan baku dari masing-masing variabelnya adalah 8222; 1,408; 33,18; serta 208,5. Tabel 2 juga menunjukkan nilai minimum dan maksimum dari data semua variabel prediktor yang digunakan.

4.2. Model Regresi Logistik

model regresi logistik untuk laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang tahun 2011 yaitu sebagai berikut:

$g(x) = 1{,}936153 + 4{,}142242X_1 - 0{,}655061X_2 - 1{,}732611 + 0{,}488723X_4$

Parameter yang berpengaruh secara signifikan pada α = 10% adalah variabel X1 (jumlah pasangan usia subur tiap kecamatan di Kota Semarang 2011) karena nilai $|Z_{hit}|$ = 1,700315 > $Z_{(0.05)}$ = 1,64.

4.3. Model GWLR

Langkah pertama dalam mendapatkan model GWLR adalah menentukan letak geografis (garis lintang dan garis bujur) tiap kecamatan di Kota Semarang. Tahap selanjutnya adalah menghitung *bandwidth* optimum dengan menggunakan metode *Cross Validation* (CV). Proses untuk mendapatkan *bandwidth* yang meminimumkan nilai CV bisa dilakukan dengan menggunakan teknik *Golden Section Search* (Fotheringham. dkk, 2002). Nilai *bandwidth* optimum dari hasil analisis adalah 0,196 untuk pembobot bisquare kernel dan 0,098 untuk pembobot bisquare kernel.

Setelah mendapatkan nilai *bandwidth* optimum, maka langkah selanjutnya adalah menentukan matriks pembobot, dimana dalam penelitian ini akan digunakan dua pembobot yaitu fungsi *bisquare kernel* dan fungsi *gaussian kernel*. Matriks pembobot yang dibentuk dengan fungsi *bisquare kernel* pada lokasi (u_1, v_1) yaitu:

$$w(u_1, v_1) = \text{diag} \begin{bmatrix} 1{,}000000\ 0{,}903662\ 0{,}667864\ 0{,}715297\ 0{,}560348\ 0{,}658621 \\ 0{,}551963\ 0{,}374197\ 0{,}004788\ 0{,}467000\ 0{,}491126\ 0{,}597097 \\ 0{,}598574\ 0{,}749783\ 0{,}864419\ 0{,}893675 \end{bmatrix}$$

Sedangkan matriks pembobot yang dibentuk dengan fungsi *gaussian kernel* pada lokasi (u_1, v_1) adalah:

$$w(u_1, v_1) = \text{diag} \begin{bmatrix} 1{,}000000\ 0{,}680210\ 0{,}264863\ 0{,}320199\ 0{,}172285\ 0{,}255249 \\ 0{,}166602\ 0{,}081822\ 0{,}018670\ 0{,}118600\ 0{,}130616\ 0{,}199566 \\ 0{,}200748\ 0{,}367560\ 0{,}581397\ 0{,}653574 \end{bmatrix}$$

Hasil dari analisis menghasilkan nilai taksiran parameter pada semua lokasi pengamatan yaitu lokasi (u_1, v_1) sampai lokasi (u_{16}, v_{16}).

Tabel 3 Penaksir Parameter Model GWLR dengan Fungsi *Bisquare Kernel*

Model GWLR					
	Nilai $\hat{\beta}$				
Variabel	Min	Maks	Rentang	Rata-rata	Std
Intercept	1,072447	2,436258	1,363810	1,644863	0,335125
X1	3,990398	4,625206	0,634808	4,017132	0,300644
X2	-0,573824	1,721542	2,295366	-0,042933	0,522801
X3	-4,420704	-1,800100	2,620604	- 2,270951	0,610138
X4	0,094264	3,012697	2,918433	0,984617	0,621234

Tabel 4 Penaksir Parameter Model GWLR dengan Fungsi *Gaussian Kernel*

Model GWLR					
			Nilai $\hat{\beta}$		
Variabel	Min	Maks	Rentang	Rata-rata	Std
Intercept	1,423472	2,293623	0,870150	1,690496	0,263843
X1	4,002472	4,431873	0,429400	3,923658	0,281516
X2	-0,626920	0,176259	0,803179	-0,283712	0,178887
X3	-2,528644	-1,752714	0,775930	-1,970414	0,230234
X4	0,175814	1,647309	1,471496	0,791224	0,322032

4.4. Pengujian Kesesuaian Model

Pengujian hipotesis kesesuaian model antara model GWLR dengan model regresi logistik global adalah sebagai berikut:

H_0 : $\beta_k(u_i, v_i) = \beta_k; k = 1, 2, 3, 4\ ; i = 1, 2, \ldots, 16$ (Tidak ada perbedaan yang signifikan antara model regresi logistik dengan GWLR).

H_1 : Paling tidak ada satu $\beta_k(u_i, v_i)$ yang berhubungan dengan lokasi(u_i, v_i) (ada perbedaan yang signifikan antara model regresi logistik dan GWLR).

Pengujian kesamaan model dilakukan dengan menggunakan uji F dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5 Uji Kesesuaian Model Regresi Logistik dan Model GWLR

Model	Devians	Df	Devians/df	F_{hit}
Regresi Logistik	9,965	11,000	0,898	
GWLR (Bisquare)	7,177	9,827	0,730	1,230
GWLR (Gaussian)	7,583	9,839	0,771	1,165

Tabel 5 menunjukkan nilai F_{hit} dengan menggunakan pembobot *bisquare kernel* dan *gaussian kernel* masing-masing adalah 1,230 dan 1,165. Apabila menggunakan α = 0,05 maka nilai $F_{0,05;11;9} = 3{,}1$. Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara model regresi logistik dengan model GWLR dengan kedua pembobot.

4.5. Pengujian Parameter Model GWLR dengan Bisquare Kernel

Pengujian parameter model GWLR dengan pembobot Bisquare Kernel digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang tahun 2011 di setiap kecamatan. Sebagai contohnya adalah pengujian parameter untuk Kecamatan Mijen yang lokasinya pada koordinat (u_1, v_1) maka hipotesisnya adalah sebagai berikut:

H_0 : $\beta_k(u_1, v_1) = 0$;

H_1 : $\beta_k(u_1, v_1) \neq 0$; untuk setiap *k* = 1, 2, 3, 4

Tabel 6 Pengujian Parameter Model GWLR (Bisquare Kernel) Kecamatan Mijen

Parameter	Estimasi	Z_{hit}	Standard Error	*Odds Ratio*
β_0	2,436258	2,172591	1,301009	11,43019
β_1	4,392709	1,629719	3,303487	80,85917
β_2	-0,516351	-0,338132	1,527071	0,596694
β_3	-2,018776	-0,706957	2,855584	0,132818
β_4	0,094264	1,275507	0,373903	1,09885

Berdasarkan Tabel 6 maka didapat model GWLR dengan pembobot bisquare kernel Kecamatan Mijen yaitu sebagai berikut:

g(x) = 2,436258 + 4,392709$X_1 - 0{,}516351X_2 - 2{,}018776X_3 + 0{,}094264X_4$

Dengan tingkat signifikan α = 10% tidak ada satupun parameter diantara $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, dan β_4 yang signifikan karena nilai $|Z_{\text{hit}}| < Z_{(0.05)}$. Jadi pada Kecamatan Mijen tidak terdapat variabel prediktor yang berpengaruh signifikan.

Proses pengujian parameter tersebut dilakukan berulang pada setiap lokasi yaitu sampai lokasi (u_{16}, v_{16}) atau sampai Kecamatan Ngaliyan dan didapatkan model GWLR untuk tiap kecamatan dari hasil analisis adalah sebagai berikut:

Tabel 7 Model GWLR Kecamatan di Kota Semarang dengan Bisquare Kernel

Kecamatan	Model GWLR
Mijen	g(x)=2,436258+4,392709X1-0,51635X2-2,01878X3+0,094264X4
Gunungpati	g(x)=2,033942+4,212708 X1-0,57382 X2-1,8001X3+0,127992X4
Banyumanik	g(x)=1,646291+4,064054 X1-0,38971 X2-1,86385X3+0,706576X4
Gajah Mungkur	g(x)=1,856687+4,245757 X1-0,26815 X2-2,19418X3+0,827371X4
Semarang Selatan	g(x)=1,651167+4,227752X1-0,02261X2-2,41025X3+1,136316X4
Candisari	g(x)=1,690947+4,227752X1-0,02261X2-2,41025X3+1,136316X4
Tembalang	g(x)=1,475539+3,990398X1-0,32407X2-1,82619X3+0,840024X4
Pedurungan	g(x)=1,364351+4,225428X1+0,359181X2-2,73568X3+1,567511X4
Genuk	g(x)=1,072447+4,625206X1+1,721542X2-4,4207X3+3,012697X4
Gayamsari	g(x)=1,535627+4,251996X1+0,1837X2-2,62309X3+1,36463X4
Semarang Timur	g(x)=1,62804+4,310701X1+0,178989X2-2,68939X3+1,345329X4
Semarang Utara	g(x)=1,905411+4,399061X1-0,02338X2-2,59355X3+1,108137X4
Semarang Tengah	g(x)=1,79612+4,314082X1-0,04231X2-2,48812X3+1,096524X4
Semarang Barat	g(x)=2,01164+4,337805X1-0,29233X2-2,2604X3+0,781319X4
Tugu	g(x)=2,351089+4,488452X1-0,45408X2-2,20696X3+0,512856X4
Ngaliyan	g(x)=2,298503+4,441318X1-0,46917X2-2,14936X3+0,476769X4

Tabel 8 Variabel yang Signifikan Model GWLR dengan *Bisquare Kernel*

Kecamatan	Variabel yang Berpengaruh Signifikan
Mijen	-
Gunungpati	-
Banyumanik	X1
Gajah Mungkur	X1
Semarang Selatan	X1
Candisari	X1
Tembalang	-
Pedurungan	X1
Genuk	X1, X4
Gayamsari	X1
Semarang Timur	X1
Semarang Utara	X1
Semarang Tengah	X1
Semarang Barat	X1
Tugu	X1
Ngaliyan	X1

Dalam menentukan variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang digunakan hipotesis sebagai berikut:

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

$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, 3, 4$ dan $i = 1, 2, \ldots, 16$

Apabila digunakan tingkat signifikansi α = 0,1 maka diperoleh nilai $Z_{(0.05)} = 1{,}64$. Variabel yang berpengaruh signifikan dalam model GWLR dengan pembobot *bisquare kernel* tiap kecamatan di Kota Semarang dapat dilihat pada Tabel 8.

4.6. Pengujian Parameter Model GWLR dengan Gaussian Kernel

Pengujian parameter model GWLR dengan pembobot gaussian kernel digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang tahun 2011 di setiap kecamatan. Sebagai contohnya adalah pengujian parameter untuk Kecamatan Mijen yang lokasinya pada koordinat (u_1, v_1) maka hipotesisnya adalah sebagai berikut:

H_0 : $\beta_k(u_1, v_1) = 0$;

H_1 : $\beta_k(u_1, v_1) \neq 0$; k = 1, 2, 3, 4

Tabel 9 Pengujian Parameter Model GWLR (Gaussian Kernel) Kecamatan Mijen

Parameter	Estimasi	Z_{hit}	Standard Error	*Odds Ratio*
β_0	2,293623	2,12779	1,254861	9,910779
β_1	4,319847	1,684713	3,119669	75,17713
β_2	-0,617801	-0,409433	1,508919	0,539129
β_3	-1,88502	-0,686796	2,74466	0,151826
β_4	0,175814	0,439874	1,256939	1,192216

Berdasarkan Tabel 9 didapat model GWLR dengan pembobot Gaussian Kernel Kecamatan Mijen yaitu sebagai berikut:

g(x) = 2,293623 + $4{,}319847X_1 - 0{,}617801X_2 - 1{,}88502X_3 + 0{,}175814X_4$

Variabel yang berpengaruh secara signifikan pada α = 10% adalah variabel X1 (jumlah pasangan usia subur tiap kecamatan di Kota Semarang 2011) karena nilai $|Z_{hit}|$ = 1,684713 > $Z_{(0.05)}$ = 1,64.

Proses pengujian parameter tersebut dilakukan berulang pada setiap lokasi yaitu sampai lokasi (u_{16}, v_{16}) atau sampai Kecamatan Ngaliyan dan didapatkan model GWLR untuk tiap kecamatan dari hasil analisis adalah sebagai berikut:

Tabel 10 Model GWLR Kecamatan di Kota Semarang dengan Gaussian Kernel

Kecamatan	Model GWLR
Mijen	g(x)=2,293623+4,319847X1-0,6178X2-1,88502X3+0,175814X4
Gunungpati	g(x)=2,015538+4,20912X1-0,62692X2-1,75271X3+0,204396X4
Banyumanik	g(x)=1,687256+4,068095X1-0,44216X2-1,8322X3+0,646574X4
Gajah Mungkur	g(x)=1,869394+4,211919X1-0,34414X2-2,09311X3+0,77233X4
Semarang Selatan	g(x)=1,692232+4,128542X1-0,24283X2-2,12293X3+0,967147X4
Candisari	g(x)=1,71752+4,104061X1-0,36367X2-1,96412X3+0,770914X4
Tembalang	g(x)=1,564355+4,002472X1-0,42132X2-1,78138X3+0,712033X4
Pedurungan	g(x)=1,484692+4,015316X1-0,15931X2-2,09563X3+1,142053X4
Genuk	g(x)=1,423472+4,110681X1+0,176259X2-2,52864X3+1,647309X4
Gayamsari	g(x)=1,606326+4,091597X1-0,18146X2-2,15156X3+1,079586X4
Semarang Timur	g(x)=1,687281+4,155451X1-0,16749X2-2,22973X3+1,082313X4
Semarang Utara	g(x)=1,931857+4,313654X1-0,22203X2-2,31983X3+0,95445X4
Semarang Tengah	g(x)=1,826522+4,228784X1-0,23415X2-2,22888X3+0,953424X4
Semarang Barat	g(x)=2,015228+4,311315X1-0,35175X2-2,17677X3+0,73777X4
Tugu	g(x)=2,281999+4,431873X1-0,47155X2-2,14879X3+0,509076X4
Ngaliyan	g(x)=2,244263+4,395645X1-0,48687X2-2,10033X3+0,480209X4

Dalam menentukan variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang digunakan hipotesis sebagai berikut:

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

$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, 3, 4$ dan $i = 1, 2, \ldots, 16$

Pada tingkat signifikansi α = 0,1 maka diperoleh nilai $Z_{(0.05)} = 1{,}64$. Variabel yang berpengaruh signifikan dalam model GWLR dengan pembobot *bisquare kernel* tiap kecamatan di Kota Semarang dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11 Variabel yang Signifikan Model GWLR dengan Gaussian Kernel

Kecamatan	Variabel yang Berpengaruh Signifikan
Mijen	X1
Gunungpati	X1
Banyumanik	X1
Gajah Mungkur	X1
Semarang Selatan	X1
Candisari	X1
Tembalang	-
Pedurungan	-
Genuk	-
Gayamsari	X1
Semarang Timur	X1
Semarang Utara	X1
Semarang Tengah	X1
Semarang Barat	X1
Tugu	X1
Ngaliyan	X1

4.7. Perbandingan Model Regresi Logistik dengan GWLR

Perbandingan antara model regresi logistik dan model GWLR dengan kedua pembobot bisquare kernel dan gaussian kernel dilakukan untuk mengetahui model mana yang lebih baik dalam menggambarkan laju pertumbuhan penduduk di Kota Semarang tahun 2011. Perbandingan ini dapat dilihat dari besaran nilai AIC dari hasil analisis masing-masing model. Hasil yang analisis tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 12 Perbandingan Kesesuaian Model

Model	Devians	AIC
Model Regresi Logistik	9,874	19,873746
Model GWLR dengan Pembobot Bisquare Kernel	7,177	19,111286
Model GWLR dengan Pembobot Gaussian Kernel	7,583	19,189113

Dari hasil analisis pada Tabel 12 bahwa nilai AIC terkecil dimiliki oleh model GWLR dengan pembobot bisquare kernel yang artinya model GWLR dengan pembobot bisquare kernel adalah model yang lebih baik daripada model logistik dan model GWLR dengan pembobot bisquare kernel.

4.8. Ketepatan Klasifikasi Model Regresi Logistik dan GWLR

Perhitungan ketepatan hasil klasifikasi laju pertumbuhan penduduk dengan menggunakan model regresi logistik, GWLR pembobot bisquare kernel dan GWLR pembobot gaussian kernel menghasilkan nilai yang sama yaitu sebesar 87,5%.

5. KESIMPULAN

Model yang terbaik untuk laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang tahun 2011 adalah model GWLR dengan pembobot *bisquare kernel* dengan nilai AIC terkecil sebesar 19,111286 dan ketepatan klasifikasi model sebesar 87,5%.

6. DAFTAR PUSTAKA

Agresti, A. 2002. *Categorical Data Analysis, Second Edition.*. John Wiley & Sons, New York.

Atkinson, P. M., S. E. German, D. A. Sear, and M. J. Clark. 2003. *Exploring The Relations Between Riverbank Erosion and Geomorphological Controls Using Geographically Weighted Logistic Regression.* Ohio State University, Ohio.

Fotheringham, A.S. Brundson, C. dan Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression : Analysis of Spatially Varying Relationship.* John Wiley and Sons Ltd, England.

Hosmer, D. W. and S. Lemeshow. 2000. *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons, New York.