

Model Geographically Weighted Poisson Regression Pada Jumlah Kasus Penderita Tuberculosis di Surabaya

Hani Khaulasari

Jurusan Pendidikan Matematika, IKIP Widya Darma Surabaya

hanikhaulasari@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 21 Oktober 2019

Direvisi: 18 November 2019

Diterbitkan: 15 Januari 2020

Kata Kunci:

GWPR

Fungsi Kernel Fixed Gaussian

Tuberculosis

ABSTRAK

Tuberculosis adalah suatu penyakit menular yang mematikan yang disebabkan oleh bakteri *mycobacterium Tuberculosis*. Kota Surabaya merupakan kota dengan jumlah penyebaran penderita Tuberculosis tertinggi di Jawa Timur. Penyebaran penyakit Tuberculosis melibatkan efek spasial. Salah satu metode spasial yang dapat digunakan adalah *Geographically Weighted Poisson Regresssion (GWPR)*. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh secara lokal. Data penelitian diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surabaya dan BPS Kota Surabaya, yang terdiri dari variabel respon jumlah penderita Tuberculosis di 31 Kecamatan Surabaya Tahun 2018 dan sebelas faktor yang diduga mempengaruhi penyebaran Tuberculosis. Model GWPR dengan fungsi *kernel fixed Gaussian* menghasilkan faktor yang berpengaruh terhadap jumlah penyebaran penderita Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018 yaitu jumlah penderita HIV/AIDS (X_1), jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase rumah sehat (X_4), persentase rumah tangga yang berPHBS (X_5), Rasio penyuluhan kesehatan (X_6), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB (X_7), jumlah tenaga medis (X_8), jumlah sarana kesehatan (X_9), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}). Model GWPR membentuk lima kelompok dengan faktor yang mempengaruhi berbeda-beda. Model GWPR adalah model terbaik untuk memodelkan faktor-faktor Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018.

Copyright © 2019 SIMANIS.

All rights reserved.

Korespondensi:

Hani Khaulasari,

Jurusan Pendidikan Matematika,

IKIP Widya Darma Surabaya,

Jl. Ketintang 147-151, Surabaya, Indonesia

hanikhaulasari@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Tuberculosis (TB) merupakan penyakit kronis mematikan yang penularannya melalui udara dan percikan air liur yang mengandung kuman *microbacterium tuberculosis*. TB awalnya menyerang paru-paru, namun lama kelamaan bisa menyebar ke berbagai penyakit lain, seperti meningitis, otak, perut dan kulit. Jika tidak segera ditangani, penyakit ini bisa mengakibatkan kematian. Dampak mengerikan dari penyakit Tuberculosis tidak hanya dirasakan oleh penderita TB tetapi juga dirasakan oleh semua masyarakat bahkan negara. Penderita *Tuberculosis* banyak ditemukan di permukiman padat penduduk dengan lingkungan yang tidak sehat, sanitasi yang kurang baik, kurangnya ventilasi dan pencahayaan matahari. Kota Surabaya merupakan kota dengan permukiman padat penduduk dan jumlah penyebaran penderita Tuberculosis tertinggi di Jawa Timur [1] dan [2].

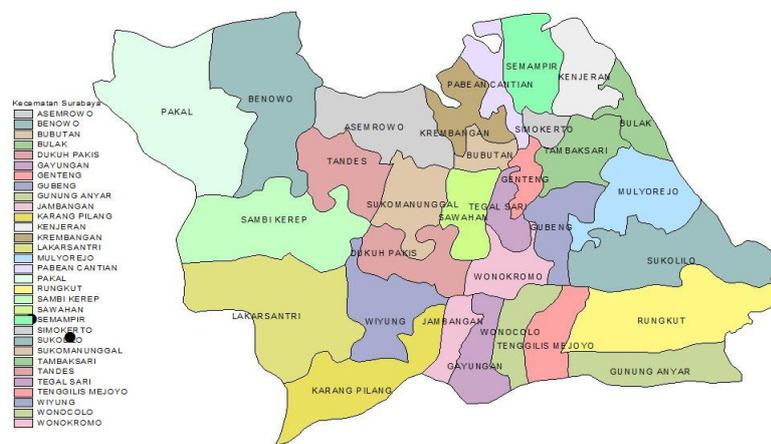
Penyakit Tuberculosis merupakan kasus penyakit yang jarang terjadi dan data jumlah penderita Tuberculosis merupakan data yang berbentuk *count* sehingga mengikuti distribusi poisson. Metode yang sesuai untuk menganalisis kasus jumlah penderita Tuberculosis dengan bentuk data *count*, salah satu diantaranya yaitu

regresi Poisson[3]. Penelitian tentang regresi Poisson pernah dilakukan oleh [4],[5] dan[6].. Pada hasil penelitian tersebut memberikan kesimpulan bahwa terjadi pelanggaran asumsi identik dan homogenitas *error* yang disebabkan karena adanya efek spasial yang mempengaruhi model. Selain itu, variasi data yang dapat menjelaskan model (R^2) belum memuaskan.

Salah satu metode spasial yang dapat digunakan adalah *Geographically Weighted Poisson Regression(GWPR)*. Penelitian tentang *Geographically Weighted Poisson Regression(GWPR)* pernah dilakukan oleh [7],[8],[9],[10]. Penelitian tersebut memberikan hasil bahwa metode GWPR lebih baik daripada metode regresi Poisson dan metode GWPR dapat mengatasi keheterogenan *error* yang terjadi karena ada efek spasial (lokasi) serta dapat meningkatkan variasi data (R^2). Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penyebaran jumlah penderita Tuberculosis di Surabaya.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surabaya dan Badan Pusat Statistika Kota Surabaya. Data yang diperoleh berupa faktor-faktor yang diduga menyebabkan penyebaran Tuberculosis dan Jumlah Penderita Tuberculosis Tahun 2018. Data pengamatan terdiri dari 31 kecamatan di Surabaya, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Data Tuberculosis di 31 Kecamatan di Surabaya

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Jumlah penderita Tuberculosis(Y),Jumlah Penderita HIV/AIDS(X_1), Jumlah Kepadatan Penduduk(X_2), Persentase penduduk miskin(X_3), Persentase rumah sehat(X_4),Persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS)(X_5), Rasio penyuluhan kesehatan(X_6), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB(X_7), Jumlah Tenaga Medis(X_8), Jumlah sarana kesehatan(X_9), Jumlah penduduk yang tidak tamat SD(X_{10}), Jumlah penduduk yang tamat SMA(X_{11}).

Langkah memodelkan GWPR yaitu

- 1) menentukan *latitude* dan *longitude*
- 2) menentukan nilai *bandwidth* optimum dengan metode *Cross Validation (CV)*[11]

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

Dengan $\hat{y}_{\neq i}(h)$ adalah nilai penaksir y_i dengan pengamatan di lokasi (u_i, v_i) dihilangkan dari proses penaksiran.

- 3) menghitung matriks pembobot fungsi kernel *Fixed Gaussian*[12]

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

dimana $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$ adalah jarak euclidean antara lokasi (u_j, v_j) dan h adalah nilai *bandwith* optimum pada tiap lokasi.

4) mencari nilai estimasi parameter model GWPR[7]

$$\mu_i = \exp \left(\beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} \right) \quad (3)$$

Keterangan :

μ_i adalah nilai observasi variabel respon ke-i, x_{ij} adalah nilai observasi variabel prediktor ke-j pada pengamatan ke-i, u_i adalah koordinat latitude pengamatan ke-i, v_i adalah koordinat longitude pengamatan ke-i, β adalah koefisien regresi.

Penaksir parameter pada model GWPR menggunakan MLE dengan menambahkan faktor pembobot letak geografis pada fungsi *ln-likelihood*nya sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\ln L^*(\beta(u_i, v_i)) = \sum_{i=1}^n \left(-\exp(x_i^T \beta(u_i, v_i)) \right) + y_i x_i^T \beta(u_i, v_i) - \ln(y_i!) w_{ij}(u_i, v_i)$$

Kemudian diferensiasikan persamaan terhadap $\beta(u_i, v_i)$ dan hasilnya harus sama dengan nol.

$$\sum_{i=1}^n \left[y_i x_i - x_i \exp(x_i^T \beta(u_i, v_i)) \right] w_{ij}(u_i, v_i) = 0$$

Kemudian diselesaikan dengan iterasi Newton-Raphson. Iterasi berhenti jika keadaan konvergen [13]

5) menguji kesamaan antara model regresi Poisson dengan model GWPR[7]

Hipotesis pengujian kesamaan antara model regresi Poisson dengan model GWPR,:

$$H_0 : (\beta_j(u_i, v_i)) = \beta_j ; i = 1, 2, \dots, n \text{ dan } j = 0, 1, 2, \dots, k$$

$$H_1 : \text{paling tidak ada satu } (\beta_j(u_i, v_i)) \neq \beta_j$$

$$\text{Statistik Uji} : D(\hat{\beta}) = 2(\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega})) \quad (4)$$

dengan,

$D(\hat{\beta})$ = devians model GWPR atau *likelihood ratio*

$L(\hat{\omega})$ = fungsi *likelihood* untuk himpunan parameter dibawah H_0

$L(\hat{\Omega})$ = fungsi *likelihood* dengan himpunan Ω yang terdiri dari parameter-parameter kecuali parameter di bawah H_0 .

Dengan nilai $L(\hat{\omega})$ dan $L(\hat{\Omega})$ adalah sebagai berikut :

$$L(\hat{\omega}) = \prod_{i=1}^n \frac{\exp(-\hat{\mu}_i) \hat{\mu}_i^{y_i}}{y_i!}, \text{ dimana } \hat{\mu}_i = \exp(\sum_{j=0}^k \hat{\beta}_j X_{ij})$$

$$L(\hat{\Omega}) = \prod_{i=1}^n \frac{\exp(-\hat{\mu}_i) \hat{\mu}_i^{y_i}}{y_i!}, \text{ dimana } \hat{\mu}_i = \exp(\sum_{j=0}^k \hat{\beta}_j(u_i, v_i) X_{ij})$$

Misalkan model GWPR disebut model B dengan derajat bebas df_B dan model poisson disebut model A dengan derajat bebas df_A , maka statistik uji didapatkan sebagai berikut:

$$F = \frac{\text{Devians Model A}/df_A}{\text{Devians Model B}/df_B} \quad (5)$$

Keputusan:

Tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{(\alpha, df_A, df_B)}$, artinya adalah bahwa ada perbedaan signifikan antara model poisson dengan model GWPR.

Ketika antara kedua model tidak ada perbedaan atau gagal tolak H_0 , maka dilakukan pengujian serentak parameter model GWPR.

6) menguji signifikansi parameter model secara serentak dan parsial [7]

a) Hipotesis pengujian parameter model GWPR secara serentak dengan menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT):

$$H_0 : \beta_1(u_1, v_1) = \beta_2(u_2, v_2) = \dots = \beta_k(u_i, v_i)$$

$$H_1 : \text{paling tidak ada satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik Uji :

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Lambda = -2 \ln \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \quad (6)$$

dengan,

$D(\hat{\beta})$ = devians model GWPR atau *likelihood ratio*

$L(\hat{\omega})$ = fungsi *likelihood* untuk himpunan parameter dibawah H_0

$L(\hat{\Omega})$ = fungsi *likelihood* dengan himpunan Ω yang terdiri dari parameter-parameter kecuali parameter di bawah H_0 .

Dengan nilai $L(\hat{\omega})$ dan $L(\hat{\Omega})$ adalah sebagai berikut :

$$L(\hat{\omega}) = \prod_{i=1}^n \frac{\exp(-\hat{\mu}_i) \hat{\mu}_i^{y_i}}{y_i!} \rightarrow \hat{\mu}_i = \exp\left(\sum_{j=0}^k \hat{\beta}_0(u_i, v_i)\right)$$

$$L(\hat{\Omega}) = \prod_{i=1}^n \frac{\exp(-\hat{\mu}_i) \hat{\mu}_i^{y_i}}{y_i!} \rightarrow \hat{\mu}_i = \exp\left(\sum_{j=0}^k \hat{\beta}_j(u_i, v_i) X_{ij}\right)$$

Keputusan :

Tolak H_0 jika $D(\hat{\beta}) > \chi_{(\alpha, k)}^2$, artinya adalah paling tidak ada satu parameter model GWPR yang signifikan berpengaruh.

b) Pengujian Parameter secara Parsial

Pengujian parameter secara parsial dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon pada tiap-tiap lokasi. Hipotesis pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

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

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

Statistik Uji :

$$z = \frac{\hat{\beta}_j(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_j(u_i, v_i))} \quad (7)$$

Keputusan :

Tolak H_0 jika $|z_{hitung}| > z_{(\alpha/2)}$.

7) Menghitung nilai kebaikan model GWPR

a. R^2 residual [14]

Pertimbangan penggunaan R^2 didasarkan sama seperti regresi linier biasa. Berikut adalah rumus untuk residual tak terboboti :

$$R^2 = 1 - \frac{SS_E}{SS_T} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (8)$$

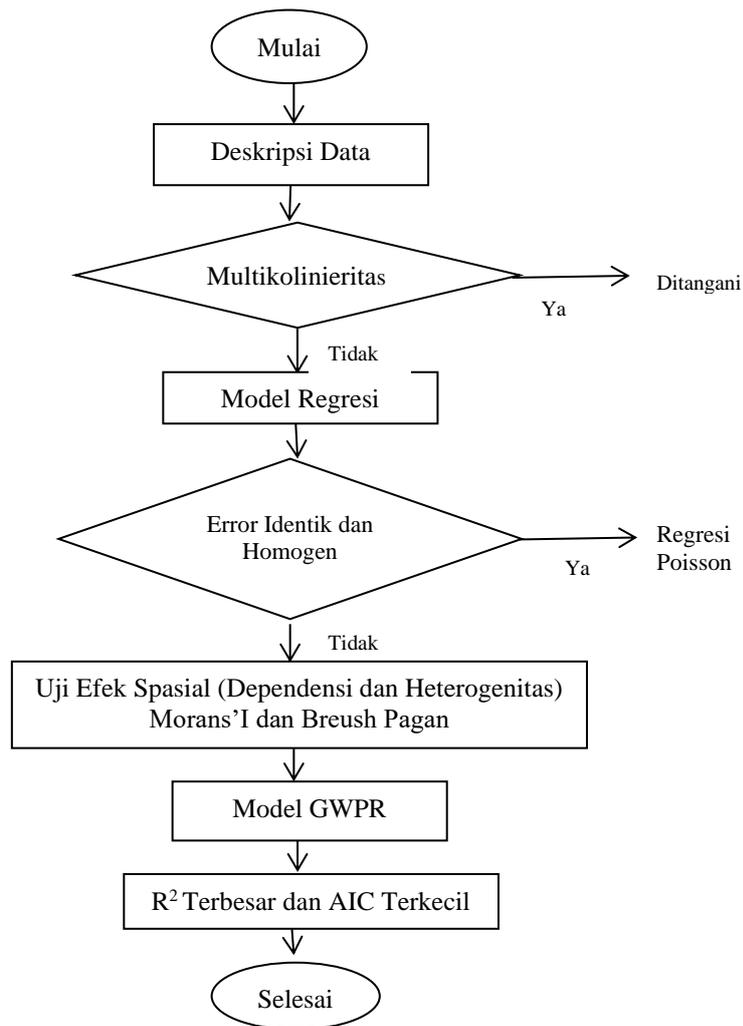
b. *Akaike Information Criterion* (AIC)[15]

$$AIC = D(b) + 2K(b) \quad (9)$$

dengan,

$$D(b) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i \ln \hat{y}_i(\hat{\beta}(u_i, v_i), b)}{y_i} + (y_i - \hat{y}_i(\hat{\beta}(u_i, v_i), b)) \right)$$

$D(b)$ merupakan nilai devians model dengan bandwidth (b) dan K adalah jumlah parameter dalam model dengan bandwidth (b). Model terbaik adalah model dengan AIC terkecil.



Gambar 2. Diagram Alir Analisis Model GWPR

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Data

Daerah Surabaya dengan tingkat penyebaran Tuberculosis Tinggi atau rawan Tuberculosis diberi symbol dengan warna coklat tua yaitu kecamatan Semampir, Kenjeran, Tambaksari, Krembangan, Tegalsari, Sawahan, Wonokromo, Gubeng, Sukolilo, Rungkut. Daerah ini merupakan daerah yang padat penduduk, kumuh, kurang menjaga kebersihan lingkungan dan banyak penduduk yang memiliki rumah yang tidak sehat. Kecamatan rawan Tuberculosis ini harus mendapat perhatian khusus dari Pemerintah Kota Surabaya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Deskripsi Data Penyebaran Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018

3.2. Regresi Poisson

Pengujian kesesuaian model regresi poisson dapat menggunakan nilai *devians* dimana model regresi Poisson yang baik adalah model yang memiliki nilai devians sekecil mungkin. Hasil pengujian kesesuaian model regresi Poisson didapatkan nilai statistic uji $D(\hat{\beta})$ yaitu sebesar 137,748. Nilai devians dibandingkan dengan nilai $\chi^2_{(0.05;11)} = 18,307$ memberikan kesimpulan tolak H_0 karena $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(0.05;11)}$ sebesar 137,748. Hal ini dapat disimpulkan bahwa model regresi Poisson layak digunakan tetapi model tersebut mengalami overdispersi karena hasil nilai *Devians* dibagi dengan derajat bebasnya lebih dari 1. Langkah selanjutnya yaitu melakukan uji signifikansi parameter secara parsial, parameter yang berpengaruh terhadap model jika $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$

Tabel 1 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

Parameter	Estimate	SE	Z-hitung	Exp (Est)
B ₀	5,160	0,014	356,601	174,316
B ₁	0,048	0,015	3,093*	1,049
B ₂	0,019	0,018	1,100	1,028
B ₃	0,016	0,017	0,948	1,016
B ₄	-0,079	0,034	-2,319*	0,923
B ₅	-0,071	0,029	-2,444*	0,930
B ₆	-0,137	0,028	-4,795*	0,871
B ₇	-0,075	0,023	-3,228*	0,926
B ₈	0,101	0,018	5,585*	1,106
B ₉	0,020	0,017	1,166	1,020
B ₁₀	0,032	0,014	2,299*	1,033
B ₁₁	0,100	0,022	4,389*	1,106

Catatan: * adalah variable yang berpengaruh pada tingkat signifikan 20%

Tabel.1 dapat disimpulkan bahwa dengan tingkat signifikansi sebesar 20% ($Z_{\alpha/2}=1,28$) maka variabel yang berpengaruh terhadap jumlah penyebaran penderita Tuberculosis di Surabaya yaitu jumlah penderita HIV/AIDS (X_1), persentase rumah yang sehat (X_4), persentase rumah tangga ber-PHBS (X_5), rasio penyuluhan kesehatan (X_6), persentase penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi tentang Tuberculosis (X_7), jumlah tenaga medis (X_8), jumlah penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan jumlah penduduk yang tamat SMA (X_{11}). Model regresi Poisson yang terbentuk untuk jumlah penyebaran penderita Tuberculosis di Surabaya tahun 2018 adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp \left(\begin{array}{l} 5,160+0,028X_1+0,028X_2+0,016 X_3-0,079X_4-0,071X_5-0,137X_6 \\ -0,075 X_7+0,101X_8+0,020X_9+0,032 X_{10}+0,100 X_{11} \end{array} \right)$$

Pada model regresi Poisson terjadi pelanggaran asumsi residual yaitu terjadi *error* yang tidak identik dan *error* yang heterogen. Hal ini mengindikasikan adanya efek spasial yang mempengaruhi model, sehingga diperlukan metode spasial untuk mengatasinya. Salah satu metode Spasial yaitu *Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR)*.

3.3. Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR)

Pada hasil uji efek spasial dari dependensi *error* spasial dengan menggunakan uji *Moran's I* dan uji *heterogenitas* spasial dengan menggunakan *Breush Pagan* diperoleh kesimpulan bahwa terdapat dependensi *error* spasial dan terjadi *heterogenitas* spasial sehingga metode GWPR layak digunakan. Selanjutnya melakukan uji kesamaan model GWPR dengan regresi Poisson.

Model GWPR adalah bentuk lokal dari regresi Poisson dengan memperhatikan faktor lokasi. Pengujian kesamaan model GWPR dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara model regresi poisson dan GWPR, dengan pengujian hipotesis.

$$H_0 : (\beta_j(u_i, v_i)) = \beta_j ; i = 1,2, \dots, 31 \text{ dan } j = 0,1,2, \dots, 11$$

$$H_1 : \text{paling tidak ada satu } (\beta_j(u_i, v_i)) \neq \beta_j$$

Tabel 2 Uji Kesamaan Model GWPR dan Regresi Poisson

Source	Deviance	Df	Deviance/df	F
Global	137,748	19	7,249	2,358
GWPR	45,937	14,9	3,074	

Tabel 2 diperoleh nilai F_{hitung} dengan pembobot fungsi kernel Fixed Bi-square adalah sebesar 2,358 yang lebih besar dari $F_{(0,20;19;15)}$ sebesar 1,54 sehingga tolak H_0 yang berarti terdapat perbedaan model regresi poisson dengan GWPR pada taraf signifikan 20%. Hal tersebut dapat diartikan bahwa sebenarnya data jumlah penderita Tuberculosis di Surabaya layak dianalisis menggunakan metode *Geographically Weighted Poisson Regression*.

Uji Serentak dilakukan untuk mengetahui perbedaan parameter yang signifikan, diperoleh Nilai devians $D(\hat{\beta})$ adalah sebesar 45,937 lebih besar dari nilai $\chi_{(0,20;11)}$ sebesar 14,64, sehingga minimal ada satu variabel yang signifikan terhadap model.

Pengujian parsial digunakan untuk mengetahui variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap model dengan hipotesis ialah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_{31}, v_{31}) = 0$$

$$H_1 : \beta_j(u_{31}, v_{31}) \neq 0$$

Tabel 3 Uji Signifikansi Parsial

No	Kecamatan	Variabel Yang Berpengaruh	No	Kecamatan	Variabel Yang Berpengaruh
1	Asemrowo	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	16	Simokerto	X ₁ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
2	Bubutan	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	17	Sukolilo	X ₁ ,X ₂ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₉ ,X ₁₀ ,X ₁₁
3	Dukuh pakis	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	18	Sukomanungga I	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
4	Gayungan	X ₁ ,X ₂ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	19	Tambaksari	X ₁ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
5	Genteng	X ₁ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	20	Tandes	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
6	Gubeng	X ₁ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	21	Tegalsari	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
7	gunung anyar	X ₁ ,X ₂ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₉ ,X ₁₀ ,X ₁₁	22	Tenggiling	X ₁ ,X ₂ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
8	Jambangan	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	23	Wiyung	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
9	Karang pilang	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	24	Wonocolo	X ₁ ,X ₂ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
10	Krembangan	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	25	Wonokromo	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
11	Mulyorejo	X ₁ ,X ₂ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₉ ,X ₁₀ ,X ₁₁	26	Sambikerep	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
12	Pabean cantian	X ₁ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	27	Lakarsantri	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
13	Rungkut	X ₁ ,X ₂ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₉ ,X ₁₀ ,X ₁₁	28	Kenjeran	X ₁ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
14	Sawahan	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	29	Bulak	X ₁ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
15	Semampir	X ₁ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁	30	Benowo	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁
			31	Pakal	X ₁ ,X ₄ ,X ₅ ,X ₆ ,X ₇ ,X ₈ ,X ₁₀ ,X ₁₁

Model *Geographically Weighted Poisson Regression* yang diperoleh, seperti pada Tabel 4 yaitu :

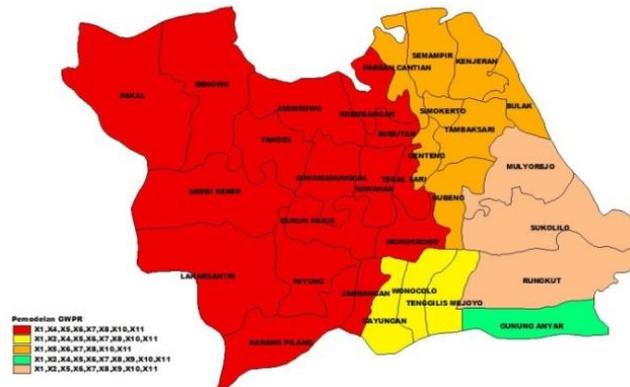
$$y_{(1)Asemrowo} = 5,169 + 0,046X_1 - 0,075X_4 - 0,071X_5 - 0,147X_6 - 0,078X_7 + 0,093X_8 + 0,036X_{10} + 0,1009X_{11}$$

$$y_{(2)Bubutan} = 5,161 + 0,047X_1 - 0,075X_4 - 0,076X_5 - 0,162X_6 - 0,070X_7 + 0,091X_8 + 0,037X_{10} + 0,094X_{11}$$

:

:

$$\widehat{y}_{(31)Pakal} = 5,181 + 0,042X_1 - 0,075X_4 - 0,074X_5 - 0,121X_6 - 0,068X_7 + 0,123X_8 + 0,134X_{10} + 0,104X_{11}$$



Gambar 4 Pengelompokan Kecamatan Model GWPR

Pada model GWPR, seperti pada Gambar 4 terbentuk lima kelompok kecamatan yang bergabung sesuai dengan karakteristik faktor yang mempengaruhinya, yaitu :

- Kelompok kesatu terdiri dari Kecamatan Asemrowo, Bubutan, Dukuh pakis, Jambangan, Karangpilang, Krembangan, Sawahan, Sukomanunggal, Tegalsari, Wiyung, Wonokromo, Sambikerep, Lakarsantri, Benowo, Pakal, Tandes dengan variabel yang mempengaruhi adalah jumlah penderita HIV/AIDS (X_1), persentase rumah sehat (X_4), persentase rumah tangga yang berPHBS (X_5), Rasio penyuluhan kesehatan (X_6), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB (X_7), jumlah tenaga medis (X_8), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}).
- Kelompok kedua terdiri dari Gayungan, Tenggilis, Wonolocolo dengan variabel yang mempengaruhi jumlah penderita HIV/AIDS (X_1), jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase rumah sehat (X_4), persentase rumah tangga yang berPHBS (X_5), Rasio penyuluhan kesehatan (X_6), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB (X_7), jumlah tenaga medis (X_8), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}).
- Kelompok ketiga terdiri dari Kecamatan Genteng, Gubeng, Pabean cantian, Semampir, Simokerto, Tambaksari, Bulak dengan variabel yang mempengaruhi adalah jumlah penderita HIV/AIDS (X_1), persentase rumah tangga yang berPHBS (X_5), Rasio penyuluhan kesehatan (X_6), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB (X_7), jumlah tenaga medis (X_8), jumlah sarana kesehatan (X_9), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}).
- Kelompok keempat terdiri dari Kecamatan Gununganyar dengan variabel yang mempengaruhinya adalah $X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$. jumlah penderita HIV/AIDS (X_1), jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase rumah sehat (X_4), persentase rumah tangga yang berPHBS (X_5), Rasio penyuluhan kesehatan (X_6), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB (X_7), jumlah tenaga medis (X_8), jumlah sarana kesehatan (X_9), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}).
- Kelompok kelima terdiri dari Mulyorejo, Rungkut, Sukolilo adalah jumlah penderita HIV/AIDS (X_1), jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase rumah tangga yang berPHBS (X_5), Rasio penyuluhan kesehatan (X_6), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB (X_7), jumlah tenaga medis (X_8), jumlah sarana kesehatan (X_9), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}).

Tabel 4 Kriteria Kebaikan Model Nilai AIC dan R^2

Kriteria	Regresi Poisson	GWPR
AIC	171,250	98,543
R^2	48,76%	64,20%

Berdasarkan hasil yang ditampilkan dalam Tabel 4, memberikan kesimpulan bahwa model GWPR dapat meningkatkan nilai R^2 sebesar 15,44% dari nilai R^2 model regresi Poisson, menghasilkan R^2 tertinggi dan nilai AIC terendah sehingga model GWPR adalah model terbaik untuk memodelkan faktor-faktor Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018.

4. KESIMPULAN

Faktor yang berpengaruh terhadap jumlah penyebaran penderita Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018 yaitu jumlah penderita HIV/AIDS (X_1), jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase rumah sehat (X_4), persentase rumah tangga yang berPHBS (X_5), Rasio penyuluhan kesehatan (X_6), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB (X_7), jumlah tenaga medis (X_8), jumlah sarana kesehatan (X_9), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}). Model GWPR membentuk lima kelompok dengan faktor yang mempengaruhi berbeda-beda. Model GWPR adalah model terbaik untuk memodelkan faktor-faktor Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018

Pada penelitian selanjutnya menggunakan nilai Standarisasi karena pada data ini memiliki satuan yang berbeda-beda. Selain itu, menggunakan pembobot selain *Fixed kernel Gaussian*.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan Terima Kasih kepada DIPA Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas pemberian Hibah Pendanaan Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. U. L. Fitri, "Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Tuberculosis di Jawa Timur Menggunakan Metode Geographically Weighted Generalized Poisson Regression dan Geographically Weighted Negative Binomial Regression," PhD Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [2] A. E. Noveyani dan S. Martini, "Evaluasi Program Pengendalian Tuberculosis Paru dengan Strategi DOTS di Puskesmas Tanah Kalikedinding Surabaya," *J. Berk. Epidemiol.*, vol. 2, no. 2, hlm. 251–262, 2014.
- [3] A. C. Cameron dan P. K. Trivedi, *Regression analysis of count data*, vol. 53. Cambridge university press, 2013.
- [4] S. N. Aulele, "Pemodelan Jumlah Kematian Bayi di Provinsi Maluku Tahun 2010 dengan Menggunakan Regresi Poisson," *BAREKENG J. Ilmu Mat. Dan Terap.*, vol. 6, no. 2, hlm. 23–27, 2012.
- [5] R. S. Pontoh, D. Y. Faidah, dan A. Citraningsih, "Count Data Regression pada Penyakit Tuberculosis di Jawa Barat," dalam *Prosiding Seminar Nasional Statistika/ Departemen Statistika FMIPA Universitas Padjadjaran*, 2014, vol. 4, hlm. 370–375.
- [6] D. Y. Faidah, "FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PENYAKIT TUBERCOLOSIS DENGAN PENDEKATAN REGRESI POISSON DAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON REGRESSION," *J. Biostatistics Dep. Stat. FMIPA Univ. Padjadjaran*, vol. 9, no. 1, hlm. 8–14, 2015.
- [7] T. Nakaya, A. S. Fotheringham, C. Brunson, dan M. Charlton, "Geographically weighted Poisson regression for disease association mapping," *Stat. Med.*, vol. 24, no. 17, hlm. 2695–2717, 2005.
- [8] R. D. Lestari, S. P. Wulandari, dan P. Purhadi, "Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Penyakit Tuberculosis di Jawa Timur dengan Pendekatan Generalized Poisson Regression dan Geographically Weighted Poisson Regression," *J. Sains Dan Seni ITS*, vol. 3, no. 2, hlm. D188–D193, 2014.
- [9] Octaviany, T. Toharudin, dan I. M. Jaya, "Geographically weighted poisson regression semiparametric on modeling of the number of tuberculosis cases (Case study: Bandung city)," dalam *AIP Conference Proceedings*, 2017, vol. 1827, hlm. 020022.
- [10] L. A. Makalew, B. W. Otok, S. Layuk, dan others, "Modeling the Number of Cases of Tuberculosis Sensitive Drugs (Tbsd) in East Java using Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR).," *Indian J. Public Health Res. Dev.*, vol. 10, no. 6, 2019.
- [11] A. S. Fotheringham, C. Brunson, dan M. Charlton, "Geographically weighted regression," *Sage Handb. Spat. Anal.*, hlm. 243–254, 2009.

- [12] L. Anselin, *Spatial econometrics: methods and models*, vol. 4. Springer Science & Business Media, 2013.
- [13] L. Anselin dan R. Florax, *New directions in spatial econometrics*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [14] N. R. Draper dan H. Smith, *Applied regression analysis*, vol. 326. John Wiley & Sons, 1998.
- [15] J. E. Cavanaugh dan A. A. Neath, "The Akaike information criterion: Background, derivation, properties, application, interpretation, and refinements," *Wiley Interdiscip. Rev. Comput. Stat.*, vol. 11, no. 3, hlm. e1460, 2019.