

MODEL MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON REGRESSION DENGAN PEMBOBOT FUNGSI KERNEL FIXED BI-SQUARE PADA PENDERITA TUBERCULOSIS DI SURABAYA

Hani Khaulasari¹, Rudi Antonius²

^{1,2}Program Pendidikan Matematika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IKIP Widya Darma Surabaya
Email : hanikhaulasari@gmail.com

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 yang dapat digunakan adalah *Mixed Geographically Weighted Poisson Regresssion (MGWPR)*. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh secara lokal dan global. 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 MGWPR dengan fungsi kernel *Fixed Bi-Square* memberikan hasil bahwa faktor global 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), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}) sedangkan faktor lokal penyebab Tuberculosis di tiap-tiap lokasi kecamatan di Surabaya adalah jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase penduduk miskin (X_3), persentase rumah sehat (X_4) dan jumlah sarana kesehatan (X_9). Model MGWPR membentuk empat kelompok dengan faktor yang mempengaruhi berbeda-beda. Model MGWPR adalah model terbaik untuk memodelkan faktor-faktor Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018.

Kata kunci : MGWPR, Fungsi Kernel Fixed Bi-Square, Tuberculosis.

PENDAHULUAN

Tuberculosis adalah suatu penyakit menular yang mematikan yang disebabkan oleh bakteri *mycobacterium Tuberculosis*. Bakteri tersebut masuk ke dalam tubuh manusia melalui udara yang dihirup ke dalam paru, kemudian kuman tersebut menyebar dari paru ke bagian tubuh lain melalui sistem peredaran darah, sistem saluran limfa, saluran pernafasan (bronchus) atau bagian tubuh lainnya. Bakteri TB merupakan bakteri basil yang sangat kuat sehingga memerlukan pengobatan yang relatif lama. Penderita akan merasakan sakit

dibagian organ yang diserang oleh bakteri Tuberculosis dan kerusakan organ hingga berujung kematian. Dampak mengerikan dari penyakit Tuberculosis tidak hanya dirasakan oleh penderita TB tetapi juga dirasakan oleh semua masyarakat bahkan negara. Penyakit ini banyak ditemukan di permukiman padat penduduk dengan lingkungan yang tidak sehat, sanitasi yang kurang baik, kurangnya ventilasi dan pencahayaan matahari Kota Surabaya merupakan salah satu kota dengan pemukiman padat penduduk dan jumlah penyebaran penderita

Tuberculosis tertinggi di Jawa Timur[1]. 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 penyakit Tuberculosis, salah satu diantaranya yaitu regresi Poisson. Penelitian tentang regresi Poisson pernah dilakukan oleh [2] dan[3]. Pada hasil penelitian tersebut memberikan kesimpulan bahwa terdapat efek spasial yang mempengaruhi model.

Salah satu metode spasial yang dapat digunakan adalah *Geographically Weighted Poisson Regression*. Penelitian tentang *Geographically Weighted Poisson Regression* pernah dilakukan oleh [4],[5],[6],[7],[8]. 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).

Pada kenyataan tidak semua variabel berpengaruh secara lokal ataupun secara global saja. Ada beberapa variabel yang berpengaruh secara local ataupun secara global. Metode yang sesuai untuk memodelkan variabel yang berpengaruh secara local dan global adalah dengan mengembangkan metode *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) menjadi Mixed metode *Geographically Weighted Poisson Regression* (MGWPR). Model Mixed *Geographically Weighted Poisson Regression* memberikan hasil yang lebih baik daripada metode *Geographically Weighted Poisson Regression* dan regresi poisson [9]dan[10]. Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan faktor yang berpengaruh secara local dan berpengaruh secara global. Penelitian ini menggunakan pembobot fungsi kernel *Fixed bi-square*.

Menurut penelitian [10], dengan menggunakan fungsi kernel *Fixed Bi-Square* menghasilkan nilai R^2 yang memuaskan.

Regresi Poisson

Regresi Poisson merupakan salah satu jenis analisis regresi yang digunakan untuk menganalisis variabel respon bertipe diskrit dan integer tidak negatif atau data *count*. Distribusi Poisson digunakan untuk memodelkan kejadian yang relatif jarang terjadi selama periode waktu yang dipilih. Model regresi poisson seperti pada persamaan 1

$$\mu_i = \exp\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_{1j} X_{ij}\right) \quad (1)$$

Penaksiran parameter model regresi Poisson dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* yaitu dengan cara memaksimumkan fungsi *likelihood* [11]. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan statistik uji dalam pengujian parameter model regresi Poisson adalah dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT).

Geographically Weighted Poisson Regression

GWPR merupakan model regresi linier lokal yang menghasilkan penaksir parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi dimana data tersebut dikumpulkan[12]. Model GWPR adalah

$$\mu_i = \exp\left(\beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) x_{ij}\right) \quad (2)$$

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.

Mixed Geographically Weighted Poisson Regression

Metode *Mixed Geographically Weighted Poisson Regression* (MGWPR) adalah pengembangan dari metode *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR). Metode ini digunakan ketika terdapat variabel prediktor yang berpengaruh secara global dan juga berpengaruh secara local[13]. Model MGWPR mengikuti persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \mu_i &= \exp\left(\sum_{j=0}^{k^*} \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \sum_{p=k^*+1}^k \gamma_p x_{ip}\right) \\ &= \exp(X_i^T \beta(U_i, V_i) + X_{i*}^T \gamma) \end{aligned} \quad (3)$$

Estimasi parameter model MGWPR dapat diperoleh dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Uji serentak diperoleh dengan uji *Maximum Likelihood Ratio* (MLRT) method. Uji serentak diperoleh dengan menggunakan perbandingan nilai pada model regresi poisson dan model *Mixed Geographically Weighted Poisson Regression*.

$$\begin{aligned} H_0 : (\beta_j(u_i, v_i), \gamma_p) &= (\beta_j, \gamma_p) \\ H_1 : \text{minimal ada satu } (\beta_j(u_i, v_i), \gamma_p) &\neq (\beta_j, \gamma_p) \end{aligned} \quad (4)$$

$j = 1, 2, \dots, p^*; i = 1, 2, \dots, n$

Statistik Uji :

$$F_{hit} = \frac{D(\beta) / v_1}{D(\beta(u_i, v_i), \hat{\gamma}) / v_2} \quad (5)$$

Tolak H_0 jika $F_{hit} \geq F_{\alpha, v_1, v_2}$

Uji signifikansi parameter secara parsial pada model *Mixed Geographically Weighted Poisson Regression* terdiri dari dua yaitu secara global dan lokal. Uji hipotesis signifikansi parameter parsial secara local, mengikuti sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = 0 \quad (6)$$

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

Statistik Uji :

$$Z_{hit} = \frac{\beta_j(u_i, v_i)}{SE(\beta_j(u_i, v_i))} \quad (7)$$

Tolak H_0 jika $|Z_{hit}| \geq Z_{\alpha/2}$

Uji hipotesis signifikansi parameter parsial secara local, mengikuti sebagai berikut.

$$H_0 : \gamma_p = 0 \quad (8)$$

$$H_1 : \gamma_p \neq 0$$

Statistik Uji:

$$Z_{hit} = \frac{\gamma_p}{SE(\gamma_p)} \quad (9)$$

Tolak H_0 jika $|Z_{hit}| \geq Z_{\alpha/2}$

Proses penaksiran parameter model spasial titik (u_i, v_i) membutuhkan pembobot spasial dimana salah satu pembobot yang digunakan adalah fungsi kernel *Fixed bisquare* sebagai berikut.:

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(d_{ij}/h\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq b \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > b \end{cases} \quad (10)$$

dimana

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

adalah jarak euclidean antara lokasi (u_j, v_j) dan b adalah nilai *bandwith* optimum pada tiap lokasi. *Bandwidth* adalah pengontrol keseimbangan antara kesamaan kurva terhadap data dan kemulusan data. *Bandwidth* optimum akan berpengaruh terhadap ketepatan model[14]. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk menentukan *bandwidth* optimum adalah metode *Cross Validation* (CV) yang didefinisikan sebagai berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - y_{\neq 1}(h))^2 \quad (11)$$

Dengan $\hat{y}_{\neq i}(h)$ adalah nilai penaksir y_i dengan pengamatan di lokasi $((u_i, v_i)$ dihilangkan dari proses penaksiran. Pengujian dependensi Spasial digunakan untuk melihat apakah pengamatan disuatu lokasi berpengaruh terhadap pengamatan dilokasi lain yang letaknya berdekatan. Pengujian dependensi Spasial dapat dilakukan menggunakan analisis Moran's I (I_m), dengan hipotesis sebagai berikut [15]

$H_0 : I_m = 0$ (tidak ada dependensi antar lokasi)

$H_1 : I_m \neq 0$ (terdapat dependensi antar lokasi)

Statistik Uji :

$$Z_I = \frac{(I - E(I))}{se(I)} \quad (12)$$

Keputusan:

Tolak H_0 jika $|Z_I| > Z_{\alpha/2}$. Nilai I berada pada kisaran antara -1 dan 1.

Pengujian heterogenitas Spasial digunakan untuk melihat suatu karakteristik di suatu lokasi pengamatan. Pengaruh yang terjadi akibat adanya heterogenitas Spasial adalah adanya parameter regresi yang berbeda-beda secara Spasial[15]. Heterogenitas Spasial dapat diuji menggunakan statistik uji *Breusch-Pagan* sebagai berikut.

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$
(homokedastisitas)

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ (heterokedastisitas)

Statistik Uji :

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f \sim \chi_k^2 \quad (13)$$

Keputusan :

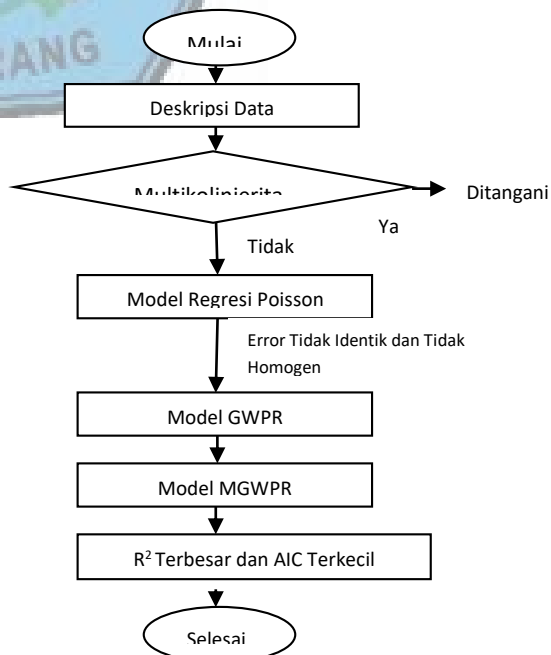
Tolak H_0 jika $BP \geq \chi_{k,\alpha}^2$ yang artinya ada parameter yang berbeda-beda secara spasial.

METODELOGI PENELITIAN

Sumber Data dan Variabel 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. 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}).

Metode Analisis



Gb.1. Diagram Alir Analisis Model MGWR

Langkah memodelkan MGWPR yaitu menentukan *latitude* dan *longitude*, menghitung jarak Euclidean, menentukan nilai *bandwidth* optimum dengan metode *Cross Validation (CV)*, menghitung matriks pembobot fungsi kernel *Fixed Bi-Square*, mencari nilai estimasi parameter model GWPR, menguji kesamaan antara model regresi Poisson dengan model MGWPR, menguji signifikansi parameter model secara serentak dan parsial

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis deskriptif

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 rumah yang tidak sehat. Kecamatan rawan Tuberculosis ini harus mendapat perhatian khusus dari Pemerintah Kota Surabaya, seperti yang ditunjukkan pada Gb 2



Gb.2. Deskripsi Data Penyebaran Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018.

Model 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 $|z_{hitung}| > z_{\alpha/2}$.

Tb.1 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

Parame ter	Estimate	Standard Error	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%

Tb.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.

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

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)*.

Model Geographically Weighted Poisson Regression

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. Selanjutnya melakukan uji kesamaan model GWPR dengan regresi Poisson.

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

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

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

Tb. 2 Uji Kesamaan Model GWPR dan Regresi Poisson

Source	Deviance	Df	Deviance/df	F
Global	137,748	19	7,249	2,35
GWPR	45,937	14,9	3,074	8

Tb.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.

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

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



Gb.3 Pengelompokan Kecamatan Model GWPR

Pada model GWPR, seperti pada Gb.3 terbentuk lima kelompok kecamatan yang bergabung sesuai dengan karakteristik faktor yang mempengaruhinya, yaitu :

- a. 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 $X_1, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}$.
- b. Kelompok kedua terdiri dari Gayungan, Tenggilis, Wonolocolo dengan variabel yang mempengaruhi $X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}$.
- c. Kelompok ketiga terdiri dari Kecamatan Genteng, Gubeng, Pabean cantian, Semampir, Simokerto, Tambaksari, Bulak dengan variabel yang mempengaruhi adalah $X_1, X_5, X_6, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}$.
- d. Kelompk keempat terdiri dari Gununganyar dengan variabel yang mempengaruhinya adalah $X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$.
- e. Kelompok kelima terdiri dari Mulyorejo, Rungkut, Sukoliko $X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$.

Model *Geographically Weighted Poisson Regression* yang diperoleh yaitu :

$$y_{(1)Asemrowo} = 5,169 + 0,046X_1 - 0,075X_4 - 0,071X_5 - 0,147X_6$$

$$- 0,078X_7 + 0,093X_8 + 0,036X_{10} + 0,1009X_{11}$$

$$y_{(2)Bubutan} = 5,161 + 0,047X_1 - 0,075X_4 - 0,076X_5 - 0,162X_6$$

$$- 0,070X_7 + 0,091X_8 + 0,037X_{10} + 0,094X_{11}$$

:

:

$$\widehat{y}_{(31)} = 5,181 + 0,042X_1 - 0,075X_4 - 0,074X_5 - 0,121X_6$$

$$- 0,068X_7 + 0,123X_8 + 0,134X_{10} + 0,104X_{11}$$

Model Mixed Geographically Weighted Poisson Regression

Model MGWPR digunakan untuk mengetahui variabel yang berpengaruh secara lokal dan global. Pengujian kesamaan model digunakan untuk mengetahui apakah model Mixed GWPR lebih sesuai digunakan dibandingkan dengan model regresi Poisson yang dilakukan dengan uji F dan diperoleh hasil pada Tb.3 berikut.

$$H_0: (\beta_j(u_i, v_i), \gamma_p) = (\beta_j, \gamma_p) \quad ;$$

$$i=1,2,3,\dots,31 \text{ dan } j=0,1,2,\dots,11$$

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

Tb. 3 Uji Kesamaan Model MGWPR dengan Bi-Square

Source	Deviance	Df	Deviance/df	F
Global	167,748	19	8,829	2,61
Mixed GWPR	59,309	17	3,375	

Tb.3 menghasilkan nilai F_{hitung} adalah sebesar 2,616 yang lebih kecil dari $F_{(0.20;19;17)}$ sebesar 1,51 sehingga tolak H_0 yang berarti terdapat perbedaan model regresi poisson dengan *Mixed GWPR* pada taraf signifikan 20%, yang berarti data jumlah penderita Tuberculosis di Surabaya dapat dianalisis menggunakan *Mixed Geographically Weighted Poisson Regression*.

Pengujian serentak *Mixed Geographically Weighted Poisson Regression* dilakukan untuk mengetahui perbedaan parameter yang signifikan terhadap model dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta(u_1, v_1) = \beta(u_2, v_2) = 0$$

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

Statistik Uji :

$$D(\beta(u_i, v_i), \hat{\gamma}) = -2 \ln \left\{ \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\omega})} \right\} = 59,309$$

Nilai devians $D(\beta)$ adalah sebesar 59,309 lebih besar dari nilai $\chi_{(0.20;11)}$ sebesar 14,63, sehingga tolak H_0 , yang

berarti minimal ada satu parameter yang signifikan terhadap model pada taraf 20%.

Pengujian parameter model digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah penderita Tuberculosis di setiap lokasi pengamatan. Berikut ini adalah uji parsial parameter model untuk parameter variabel lokal.

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

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

Sedangkan hipotesis untuk variabel global adalah sebagai berikut.

$$H_0: \gamma_p = 0$$

$$H_1: \gamma_p \neq 0$$

Tb.4 Uji Parsial Variabel Global Model *Mixed* GWPR

Parameter	Estimasi	Standart Error	Z-hitung
β_0	5,16026	0,014636	352,5734
Variabel Yang Berpengaruh Secara Global			
B ₁	0,046100	0,015795	2,918573*
B ₅	-0,084414	0,030077	-2,806624*
B ₆	-0,148509	0,028895	-5,139625*
B ₇	-0,074279	0,023726	-3,130733*
B ₈	0,102192	0,018242	5,602156*
B ₁₀	0,032541	0,014438	2,253878*
B ₁₁	0,106684	0,023244	4,589694*
B ₂	0,028034	0,016356	1,714016*
B ₃	0,017222	0,011913	1,454969*
B ₄	-0,063165	0,016895	-3,73870*
B ₉	0,022347	0,014332	1,559302*

*) Signifikan dengan taraf signifikan 20%

Tb.4 dapat disimpulkan bahwa dengan tingkat signifikansi 20%, variabel yang berpengaruh secara global pada penyebab Tuberculosis di 31 kecamatan di Surabaya 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), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}) sedangkan variabel yang berpengaruh secara lokal pada penyebab Tuberculosis di tiap-tiap lokasi

kecamatan di Surabaya adalah jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase penduduk miskin (X_3), persentase rumah sehat (X_4) dan jumlah sarana kesehatan (X_9).

Model estimasi parameter dari model *Mixed* GWPR pada faktor penyebab Tuberculosis di Surabaya adalah

$$y_{(1)Asemrowo} = 5,169 + 0,046X_1 - 0,064X_4 - 0,084X_5 - 0,147X_6 - 0,078X_7 + 0,093X_8 + 0,036X_{10} + 0,1009X_{11}$$

$$y_{(2)Bubutan} = 5,161 + 0,046X_1 - 0,061X_4 - 0,084X_5 - 0,162X_6 - 0,070X_7 + 0,091X_8 + 0,037X_{10} + 0,094X_{11}$$

:

:

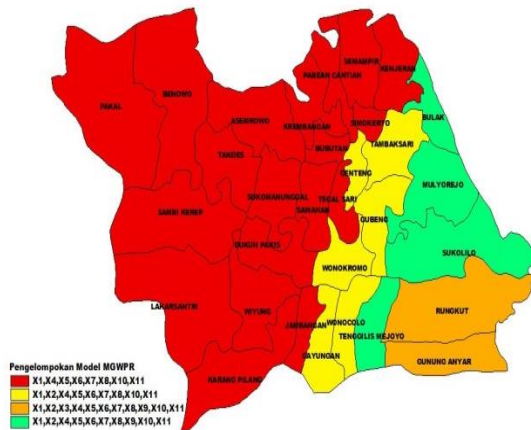
$$\widehat{y}_{(31)} = 5,181 + 0,046X_1 - 0,071X_4 - 0,084X_5 - 0,148X_6 - 0,074X_7 + 0,102X_8 + 0,032X_{10} + 0,106X_{11}$$

Model *Mixed Geographically Weighted Poisson Regression* dapat diinterpretasikan bahwa untuk lokasi

Kecamatan Asemrowo, jika penderita HIV/AIDS (X_1) di Kecamatan Asemrowo meningkat 1 orang dengan asumsi variabel prediktor yang lain tetap, maka jumlah penderita Tuberculosis akan naik sebesar 0,046. Interpretasi ini juga berlaku untuk jumlah tenaga medis (X_8), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X_{10}) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X_{11}). Kemudian jika terjadi penurunan satu persen rumah sehat (X_4) di Kecamatan Asemrowo dengan asumsi variabel prediktor yang lain tetap, maka jumlah penderita Tuberculosis akan naik sebesar 0,064. Interpretasi ini juga berlaku untuk persentase rumah tangga yang berPHBS (X_5), rasio penyuluhan kesehatan (X_6), keterbukaan informasi terkait Tuberculosis (X_7).

Tb.5 Kelompok Variabel yang Signifikan Model *Mixed* GWPR dengan Bi-Square pada setiap Kabupaten

Kelompok	Kabupaten	Variabel yang Signifikan
1	Asemrowo, Bubutan, Dukuh pakis, Jambangan, Karang pilang, Krembangan, Pabean Cantian, Sawahan, Semampir, Simokerto, Sukomanunggal, Tandes, Tegalsari, Wiyung, sambikerep, lakarsantri, kenjeran, benowo, pakal	$X_1, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}$
2	Gayungan, genteng, gubeng, tambaksari, wonocolo,	$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}$
3	Gunung anyar, rungkut,	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$
4	Mulyorejo, sukoliolo, tenggilis mejoyo, bulak	$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$



Gb.4 Pengelompokan Variabel Signifikan Model MGWPR

Pada kelompok 1 Tb.5 dan Gb.4 yang terdiri dari kecamatan Asemrowo, Bubutan, Dukuh pakis, Jambangan, Karangpilang, Krembangan, Pabean Cantian, Sawahan, Semampir, Simokerto, Sukomanunggal, Tandes, Tegalsari, Wiyung, sambikerep, lakarsantri, kenjeran, benowo, pakal dipengaruhi

oleh 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}). Faktor lokal yang berpengaruh pada kelompok 1 yaitu persentase rumah sehat (X_4). Hal ini menggambarkan bahwa seluruh wilayah kecamatan Surabaya Barat (Kecamatan Benowo, Pakal, Asemrowo, Sukomanunggal, Tandes, Sambikerep, lakarsantri), seluruh wilayah kecamatan Surabaya utara (Bulak, Kenjeran, Semampir, Pabean, Cantian, Krembangan), beberapa wilayah Surabaya Selatan (Dukuh pakis, Sawahan, Karangpilang, Wiyung, Jambangan) dan beberapa kecamatan wilayah Surabaya Pusat (Tegalsari dan Simokerto) memiliki kondisi rumah penduduk yang tidak sehat, seperti kurangnya ventilasi udara, tidak ada pembuangan sanitasi, rumah terlalu berdekatan sehingga kurangnya tempat pertukaran udara, banyak penduduk yang tinggal di rumah yang tidak layak dihuni misalnya masih banyak rumah yang berada di dekat Kali atau dekat TPA.

Pada kelompok 2 Tb.5 dan Gb.4, terdiri dari kecamatan Gayungan, genteng, gubeng, tambaksari, wonocolo dipengaruhi oleh 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}). Faktor local yang berpengaruh pada kelompok 2

yaitu jumlah kepadatan penduduk (X_2) dan persentase rumah sehat (X_4). Hal ini menggambarkan bahwa beberapa wilayah kecamatan Surabaya Timur (Kecamatan Gubeng dan Tambaksari), satu wilayah kecamatan Surabaya pusat (Genteng), beberapa wilayah Surabaya Selatan (Gayungan dan Wonocolo) memiliki jumlah penduduk yang padat dan kondisi rumah penduduk yang tidak sehat, seperti kurangnya ventilasi udara, tidak ada pembuangan sanitasi, rumah terlalu berdekatan sehingga kurangnya tempat pertukaran udara, banyak penduduk yang tinggal di rumah yang tidak layak dihuni misalnya masih banyak rumah yang berada di dekat Kali atau dekat TPA. Selain itu, di wilayah kecamatan ini banyak rumah dengan ukuran kecil dihuni dengan banyak anggota keluarga. Kepadatan penduduk yang tidak sadar lingkungan di wilayah ini menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan rusak.

Pada kelompok 3 Tb.5 dan Gb.4, yang terdiri dari kecamatan Gunung anyar dan Rungkut dipengaruhi oleh 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 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}). Faktor local yang berpengaruh pada kelompok 3 yaitu jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase penduduk miskin (X_3), persentase rumah sehat (X_4) dan jumlah sarana kesehatan (X_9). Hal ini menggambarkan bahwa beberapa wilayah kecamatan Surabaya Timur (Kecamatan Gunung anyar dan Rungkut) memiliki jumlah penduduk yang padat,

kondisi rumah penduduk yang tidak sehat dan kurang efektifnya peran sarana kesehatan. Penduduk di Wilayah ini banyak yang memiliki rumah yang kurang ventilasi udara, tidak ada pembuangan sanitasi, rumah terlalu berdekatan sehingga kurangnya tempat pertukaran udara, banyak penduduk yang tinggal di rumah yang tidak layak dihuni misalnya masih banyak rumah yang berada di dekat Kali atau dekat TPA dan banyak rumah dengan ukuran kecil dihuni dengan banyak anggota keluarga. Kepadatan penduduk yang tidak sadar lingkungan di wilayah ini menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan rusak. Selain itu juga, menggambarkan bahwa terjadinya ketidakefektifan peran sarana kesehatan di wilayah Gunung anyar dan Rungkut akan peduli tuberculosis, walaupun jumlah sarana kesehatan di wilayah Rungkut dan gunung anyar cukup banyak. Adanya penduduk miskin di wilayah ini yang tidak sanggup memenuhi kebutuhan hidup seperti makan makanan yang sehat dan bergizi setiap hari, bertempat tinggal di rumah yang layak dan berobat.

Pada kelompok 4 Tb.5 dan Gb.3, yang terdiri dari kecamatan Mulyorejo, sukolilo, tenggilis mejoyo, bulak dipengaruhi oleh 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}). Faktor local yang berpengaruh pada kelompok 4 yaitu jumlah kepadatan penduduk (X_2), persentase rumah sehat (X_4) dan jumlah sarana kesehatan (X_9). Hal ini menggambarkan bahwa beberapa

wilayah kecamatan Surabaya Timur (Kecamatan Mulyorejo, sukulilo, tenggilis mejoyo) dan satu wilayah kecamatan Surabaya utara (Bulak) memiliki jumlah penduduk yang padat, kondisi rumah penduduk yang tidak sehat dan kurang efektifnya peran sarana kesehatan. Penduduk di Wilayah ini banyak yang memiliki rumah yang kurang ventilasi udara, tidak ada pembuangan sanitasi, rumah terlalu berdekatan sehingga kurangnya tempat pertukaran udara, banyak penduduk yang tinggal di rumah yang tidak layak dihuni misalnya masih banyak rumah yang berada di dekat Kali atau dekat TPA dan banyak rumah dengan ukuran kecil dihuni dengan banyak anggota keluarga. Kepadatan penduduk yang tidak sadar lingkungan di wilayah ini menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan rusak. Selain itu juga, menggambarkan bahwa terjadinya ketidakefektifan peran sarana kesehatan di wilayah Gunung anyar dan rungkut akan peduli tuberculosis, walaupun jumlah sarana kesehatan di wilayah Rungkut dan gunung anyar cukup banyak.

Tb.6 Kriteria Kebaikan Model Nilai AIC dan R²

Kriteria	Regresi Poisson	GWP R	MGWP R
AIC	171,250	98,543	99,245
R ²	48,76%	64,20%	70%

Berdasarkan hasil yang ditampilkan dalam Tb.6, memberikan kesimpulan bahwa model MGWPR dapat meningkatkan nilai R² sebesar 21,24% dari nilai R² model regresi Poisson, menghasilkan R² tertinggi dan nilai AIC terendah sehingga model MGWPR adalah model terbaik untuk memodelkan faktor-faktor Tuberculosis di Surabaya Tahun 2018.

KESIMPULAN

Faktor yang berpengaruh secara global pada penyebab Tuberculosis di 31 kecamatan di Surabaya adalah jumlah

penderita HIV/AIDS (X₁), persentase rumah tangga yang berPHBS (X₅), Rasio penyuluhan kesehatan (X₆), Persentase Penduduk yang mendapatkan keterbukaan informasi TB (X₇), jumlah tenaga medis (X₈), persentase penduduk yang tidak tamat SD (X₁₀) dan persentase penduduk yang tamat SMA (X₁₁) sedangkan faktor yang berpengaruh secara lokal pada penyebab Tuberculosis di tiap-tiap lokasi kecamatan di Surabaya adalah jumlah kepadatan penduduk (X₂), persentase penduduk miskin (X₃), persentase rumah sehat (X₄) dan jumlah sarana kesehatan (X₉). Model MGWPR membentuk empat kelompok dengan faktor yang mempengaruhi berbeda-beda. Model MGWPR 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 Bi-Square.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini *disupport* dan didanai oleh Kementerian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi atas pemberian hibah penelitian dosen pemula (PDP) Tahun 2019 dan perbaikan *paper* yang dibimbing melalui klinik penulisan artikel ilmiah nasional Tanggal 5-7 September 2019 di Surabaya. Peneliti mengucapkan Terima Kasih.

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] 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.
- [3] D. P. Firdaus, "Pemodelan Jumlah Kasus Tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Regresi Binomial Negatif dan Regresi Nonlinier," PhD Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [4] 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.
- [5] A. Hadayeghi, A. S. Shalaby, dan B. N. Persaud, "Development of planning level transportation safety tools using Geographically Weighted Poisson Regression," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 42, no. 2, hlm. 676–688, 2010.
- [6] D. Noviani, R. Wasono, dan I. M. Nur, "Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) untuk Pemodelan Jumlah Penderita Kusta di Jawa Tengah," *J. Stat. Univ. Muhammadiyah Semarang*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [7] R. D. Lestari, S. P. Wulandari, dan P. Purhadi, "Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Penyakit Tuberkulosis 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.
- [8] Y. Ji, X. Ma, M. Yang, Y. Jin, dan L. Gao, "Exploring spatially varying influences on metro-bikeshare transfer: A geographically weighted poisson regression approach," *Sustainability*, vol. 10, no. 5, hlm. 1526, 2018.
- [9] H. Nurcahyani, "Pemodelan Spasial Kemiskinan dengan Mixed Geographically Weighted Poisson Regression dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic (Studi Kasus: Jumlah Rumah Tangga Sangat Miskin di Kabupaten Kulonprogo, Bantul, dan Gunungkidul Tahun 2011)," PhD Thesis, Tesis. Institut Teknologi Sepuluh November, 2014.
- [10] E. D. Priyana dan P. Purhadi, "Pemodelan Jumlah Penderita Hipertensi di Propinsi Jawa Timur dengan Mixed Geographically Weighted Poisson Regression," *J. Sains Dan Seni ITS*, vol. 3, no. 2, hlm. D260–D265, 2014.
- [11] A. C. Cameron dan P. K. Trivedi, *Regression analysis of count data*, vol. 53. Cambridge university press, 2013.
- [12] A. S. Fotheringham, C. Brunson, dan M. Charlton, "Geographically weighted regression," *Sage Handb. Spat. Anal.*, hlm. 243–254, 2009.
- [13] M. C. Ribeiro, A. J. Sousa, dan M. J. Pereira, "A coregionalization model to assist the selection process of local and global variables in semi-parametric geographically weighted poisson regression," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 26, hlm. 53–56, 2015.
- [14] M. R. Shovalina dan R. M. Atok, "Pemodelan dan Pemetaan Prevalensi Kusta di Kabupaten/Kota Jawa Timur dengan Pendekatan Mixed Geographically Weighted Regression," *J. Sains Dan Seni ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.

- [15] L. Anselin dan R. Florax, *New directions in spatial econometrics*. Springer Science & Business Media, 2012.

