

Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Penyakit Tuberkulosis di Jawa Timur dengan Pendekatan *Generalized Poisson Regression* dan *Geographically Weighted Poisson Regression*

Rida Dwi Lestari, Sri Pingit Wulandari, dan Purhadi
 Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: sri_pingit@statistika.its.ac.id

Abstrak—Tuberkulosis merupakan salah satu penyakit saluran pernafasan bawah dan menular yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium Tuberculosis*. Provinsi Jawa Timur menduduki peringkat terbanyak kedua jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Indonesia. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur dengan pendekatan *Generalized Poisson Regression* (GPR) dan *Geographically Weighted Poisson Regressions* (GWPR). Pemodelan menggunakan regresi poisson diperoleh hasil bahwa terjadi kasus *over* dispersi, sehingga digunakan metode GPR untuk mengatasinya. GWPR merupakan pengembangan dari regresi Poisson dengan memperhatikan faktor spasial. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa dengan metode GWPR variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus penyakit tuberkulosis di seluruh kabupaten/kota di Jawa Timur adalah persentase penduduk usia produktif, persentase tenaga kesehatan terdidik tuberkulosis, dan persentase tempat umum dan pengelolaan makanan (TUPM) sehat. Sedangkan metode GPR memberikan hasil bahwa persentase penduduk usia produktif, dan TUPM sehat berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur.

Kata Kunci— GPR, GWPR, Regresi Poisson, Tuberkulosis.

I. PENDAHULUAN

TUBERKULOSIS sampai saat ini masih menjadi isu kesehatan global di semua negara. Sebanyak 8,9 juta penderita tuberkulosis dengan proporsi 80% pada 22 negara berkembang dengan kematian 3 juta orang pertahun, dan 1 orang dapat terinfeksi tuberkulosis setiap detik. Indonesia berada pada peringkat kelima negara yang berkategori negara beban tinggi terhadap tuberkulosis [1]. Memerangi HIV/AIDS, Malaria, Tuberkulosis dan penyakit lainnya merupakan salah satu agenda dari *Millenium Development Goals* (MDGs). *Tuberculosis* (TB) merupakan salah satu penyakit saluran pernafasan bawah dan menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium Tuberculosis*. Penyakit *Tuberculosis* diperkenalkan oleh Robert Koch di Berlin, Jerman pada 24 Maret 1882 [2].

Provinsi penyumbang jumlah penderita tuberkulosis terbanyak di Indonesia adalah Provinsi Jawa Timur yang

berada pada peringkat kedua di bawah Provinsi Jawa Barat. Jumlah penderita TB di Jawa Timur tahun 2012 sebanyak 41.472 orang dan 1.233 penderita tuberkulosis meninggal [3].

Penelitian [4] merupakan penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit *Tuberculosis* pada pasien dengan regresi logistik multinomial di Kota Semarang. Hasil yang diperoleh adalah variabel umur, tempat tinggal, dan kebiasaan merokok berpengaruh signifikan terhadap BTA positif sebesar 78,41%. Penelitian [5] tentang faktor kesehatan lingkungan yang berhubungan dengan kejadian *tuberculosis* paru di Kabupaten Cilacap, memberikan hasil bahwa pencahayaan, kelembaban, ventilasi, dan status gizi memiliki hubungan dengan terjadinya penyakit tuberkulosis.

Perbedaan faktor-faktor yang berpengaruh di masing-masing topografi menunjukkan adanya pengaruh kondisi lokal dari suatu wilayah tertentu dalam menentukan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap penyakit *tuberculosis*. Salah satu metode pemodelan dengan memperhatikan faktor spasial adalah metode *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR), dimana setiap wilayah pasti memiliki kondisi geografis yang berbeda.

Jumlah kasus tuberkulosis di Provinsi Jawa Timur merupakan data *count* yang mengikuti distribusi poisson. Regresi poisson sangat cocok digunakan untuk menganalisis data *count* jika *mean* dan variansnya sama (*equidispersion*). Akan tetapi, pada data jumlah kasus tuberkulosis kondisi *equidispersion* tidak terpenuhi, karena nilai varians lebih besar daripada rata-ratanya (*over* dispersi). Oleh karena itu, untuk mengatasi kasus *over* dispersi dalam penelitian ini dilakukan pemodelan menggunakan metode *Generalized Poisson Regression* (GPR). GPR merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi adanya kasus *over/under* dispersi pada pemodelan regresi poisson.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan pemodelan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus penyakit *tuberculosis* di Provinsi Jawa Timur dengan metode *Generalized Poisson Regression* dan *Geographically Weighted Poisson Regression*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Regresi Poisson

Regresi poisson merupakan model regresi nonlinear yang sering digunakan untuk mengatasi data *count* dimana variabel respon (Y) mengikuti distribusi poisson [6]. Probabilitas distribusi poisson adalah [7].

$$p(Y; y) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}; y = 0,1,2,\dots \tag{1}$$

Dengan μ adalah rata-rata (*mean*) dan varian dari variabel random Y yang berdistribusi poisson. Distribusi poisson digunakan untuk memodelkan peristiwa yang jarang terjadi dalam periode waktu tertentu. Misalkan terdapat sekumpulan data dengan struktur sebagai berikut,

$$\begin{bmatrix} y_1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{k1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_n & x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix}$$

dengan y_i = nilai observasi ke- i dari variabel respon (Y)

x_{ik} = nilai observasi ke- i dari variabel prediktor (X_k).

Model regresi poisson ditulis dengan persamaan berikut),

$$\mu_i = \exp(x_i^T \beta) \tag{2}$$

dimana $x_i = [1 \ x_{1i} \ x_{2i} \ \dots \ x_{ki}]^T$ $\beta = [\beta_0 \ \beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_k]^T$

B. Generalized Poisson Regression (GPR)

Model GPR merupakan suatu model yang sesuai untuk data *count* apabila terjadi *over/under* dispersi. Sehingga selain parameter μ , dalam model GPR juga terdapat θ sebagai parameter dispersi. Misal $y = 0,1,2,\dots$ merupakan variabel respon. Distribusi *Generalized Poisson* (GP) [8] sebagai berikut.

$$f(y; \mu; \theta) = \left(\frac{\mu}{1 + \theta\mu}\right)^y \frac{(1 + \theta y)^{y-1}}{y!} \exp\left(\frac{-\mu(1 + \theta y)}{1 + \theta\mu}\right), y = 0,1,2,\dots \tag{3}$$

Mean dan varians model GPR adalah sebagai berikut.

$$E(y) = \mu \text{ dan } Var(y) = \mu(1 + \theta\mu)^2$$

Apabila θ sama dengan 0 maka model GPR akan menjadi model regresi poisson biasa, sedangkan apabila $\theta > 0$ maka model GPR merepresentasikan terjadi *overdispersion* pada data *count*, dan apabila $\theta < 0$ maka model GPR merepresentasikan terjadi *underdispersion* pada data *count*. Model GPR memiliki bentuk yang sama dengan model regresi poisson sebagai berikut.

$$\mu_i = \exp(x_i^T \beta), i = 1,2,\dots, n \tag{4}$$

dengan $x_i = [1 \ x_{1i} \ x_{2i} \ \dots \ x_{ki}]^T$ $\beta = [\beta_0 \ \beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_k]^T$

C. Pengujian Aspek Data Spasial

Uji efek spasial dilakukan untuk mengetahui adanya efek spasial secara dependensi atau heterogenitas. Uji dependensi spasial dilakukan untuk melihat apakah pengamatan di suatu lokasi berpengaruh terhadap pengamatan di lokasi lain yang letaknya berdekatan. Pengujian dependensi spasial dilakukan menggunakan statistik uji Moran's I dengan hipotesis $H_0 : I = 0$ (tidak ada dependensi spasial) dan $H_1 : I \neq 0$ (terdapat

dependensi spasial). Statistik uji Moran's I adalah sebagai berikut.

$$z_I = \frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{Var(\hat{I})}} \tag{5}$$

Tolak H_0 jika nilai $|z_I| > z_{\alpha/2}$ atau $p\text{-value} < \alpha$, dimana I merupakan indeks Moran, dan $E(I)$ adalah nilai harapan dari indeks Moran.

Uji heterogenitas spasial dilakukan untuk melihat apakah terdapat kekhasan pada setiap lokasi pengamatan, sehingga parameter regresi yang dihasilkan berbeda-beda secara spasial. Pengujian heterogenitas spasial dilakukan menggunakan statistik uji *Breusch-Pagan* (BP) dengan hipotesisnya adalah.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2 \text{ (varians antar lokasi sama)}$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \text{ (varians antar lokasi berbeda)}$$

Statistik uji adalah sebagai berikut. (6)

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

Tolak H_0 jika nilai $BP > \chi^2_{(\alpha, k)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$, dimana Z

merupakan matriks berukuran $n \times (k + 1)$ berupa vektor yang sudah dinormalstandarkan untuk setiap observasi dan elemen

$$\text{matriks } f = (f_1, f_2, \dots, f_n)^T \text{ dengan } f_i = \left(\frac{\hat{e}_i^2}{\hat{\sigma}^2} - 1 \right).$$

D. Model Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR)

Model GWPR adalah salah satu metode statistika yang merupakan pengembangan dari regresi Poisson dengan penaksir parameter model bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi dimana data tersebut dikumpulkan dengan asumsi data berdistribusi Poisson. Model GWPR dikembangkan dari metode GWR yaitu suatu teknik yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi yang terboboti [9]. Dalam model GWPR, variabel respon (Y) diprediksi dengan variabel prediktor (X) yang koefisien regresinya dipengaruhi oleh letak geografis baik lintang maupun bujur dan disimbolkan (u_i, v_i) bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati. Model GWPR dengan u_i sebagai koordinat lintang dan v_i sebagai koordinat bujur yang digunakan sebagai pembobot parameter adalah sebagai berikut.

$$y_i \sim \text{poisson}(\mu_i), \text{ dimana } \mu_i = \exp\left(\sum_{j=0}^k \beta_j(u_i, v_i) x_{ji}\right),$$

$$\text{maka } y_i \sim \exp\left(\sum_{j=0}^k \beta_j(u_i, v_i) x_{ji}\right) \tag{7}$$

dengan k merupakan banyaknya variabel prediktor, y_i adalah nilai observasi respon ke- i , x_{ji} adalah nilai observasi variabel prediktor ke- j pada pengamatan lokasi (u_i, v_i) . $\beta_j(u_i, v_i)$ adalah koefisien regresi variabel prediktor ke- j untuk setiap lokasi (u_i, v_i) dan (u_i, v_i) adalah koordinat lintang dan bujur dari titik ke- i pada suatu lokasi geografis.

Dalam penaksiran parameter di suatu titik (u_i, v_i) dibutuhkan adanya pembobot spasial dimana pembobot yang digunakan adalah fungsi kernel gauss karena memiliki nilai *bandwidth* optimum, dengan rumusan sebagai berikut .

$$w_j(u_i, v_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right\} \quad (8)$$

Dengan $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$ adalah jarak *Euclidean* antara lokasi (u_i, v_i) dan lokasi (u_j, v_j) , dan b adalah nilai *bandwidth* optimum pada tiap lokasi.

E. Uji Parameter Model GWPR

Pengujian parameter model GWPR terdiri dari tiga macam pengujian, yaitu.

1. Menguji kesamaan antara model GWPR dan model regresi Poisson dengan hipotesis berikut.

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

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

Statistik uji :

$$F_{hitung} = \frac{\text{Devians Model A} / \frac{df_A}{df_A}}{\text{Devians Model B} / \frac{df_B}{df_B}} \quad (9)$$

Dimisalkan model b adalah model GWPR dengan derajat bebas df_B dan model A dengan derajat bebas df_A merupakan model regresi poisson. Tolak H_0 jika nilai $F_{hitung} > F_{(\alpha, df_A, df_B)}$, berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi Poisson dan model GWPR.

2. Pengujian Secara Serentak model GWPR

Pengujian serentak dilakukan menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) dengan hipotesis berikut.

$$H_0 : \beta_1(u_1, v_1) = \beta_2(u_2, v_2) = \dots = \beta_k(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq 0; \quad j = 1, 2, \dots, k; \quad i = 0, 1, 2, \dots, n$$

Statistik uji yang digunakan,

$$D(\hat{\beta}) = 2(\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\omega)) \quad (10)$$

Tolak H_0 jika nilai $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha, k)}$, yang berarti minimal ada satu parameter model GWPR berpengaruh signifikan terhadap model.

3. Pengujian Parameter Secara Parsial

Pengujian parameter secara parsial dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon pada tiap-tiap lokasi dengan hipotesis sebagai berikut.

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

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

Statistik uji yang digunakan adalah statistik uji z , sebagai berikut.

$$z = \frac{\hat{\beta}_j(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_j(u_i, v_i))} \quad (11)$$

$se(\hat{\beta}_j(u_i, v_i))$ adalah *standard error* yang diperoleh dari elemen diagonal ke- $(j + 1)$ dari $\sqrt{\text{var}(\hat{\beta}(u_i, v_i))}$. Daerah penolakannya adalah H_0 akan ditolak jika nilai dari $|z_{hitung}|$ lebih besar dari $z_{\alpha/2}$, dimana α adalah tingkat signifikansi yang digunakan.

F. Multikolinearitas

Salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam pembentukan model regresi dengan beberapa variabel prediktor adalah tidak

ada kasus multikolinearitas atau tidak terdapat korelasi antara satu variabel prediktor dengan variabel prediktor yang lain. Pendeteksian kasus multikolinieritas dilakukan dengan menggunakan nilai VIF [10]. Jika nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antar variabel prediktor. Nilai VIF dinyatakan sebagai berikut.

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (12)$$

dengan R_j^2 adalah koefisien determinasi antara x_j dengan variabel prediktor lainnya.

G. Tuberkulosis(TB)

Tuberkulosis adalah penyakit menular langsung yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium Tuberculosis* tipe *Humanus*. Kuman *Tuberculosis* diperkenalkan pertama kali oleh Robert Koch di Berlin, Jerman pada 24 Maret 1882. Menurut [11] tuberkulosis dibedakan menjadi dua klasifikasi, yaitu Tuberkulosis paru dan Tuberkulosis ekstra paru. Tuberkulosis paru adalah penyakit tuberkulosis yang menyerang jaringan paru, sedangkan tuberkulosis ekstra paru merupakan penyakit tuberkulosis yang menyerang organ tubuh lain selain paru, diantaranya organ selaput otak, selaput jantung (*pericardium*), kelenjar getah bening, tulang, limfa, persendian, kulit, usus, ginjal, saluran kencing, dan lain-lain. Tuberkulosis dapat menyerang siapa saja, terutama penduduk usia produktif/masih aktif bekerja usia 15-50 tahun. Tuberkulosis dapat menyebabkan kematian apabila tidak segera diobati, dimana 50 persen dari pasien penderita tuberkulosis akan meninggal setelah 5 tahun.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur dan Badan Pusat Statistika Provinsi Jawa Timur. Data yang digunakan mencakup data mengenai penderita tuberkulosis di provinsi Jawa Timur dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi jumlah kasus penyakit tuberkulosis meliputi persentase kegiatan sarana sanitasi keluarga sehat (X_1), persentase penderita HIV (X_2), persentase gizi buruk masyarakat (X_3), persentase penduduk usia produktif (X_4), persentase tenaga kesehatan terdidik tuberkulosis (X_5), persentase penduduk miskin (X_6), persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) (X_7), persentase tempat umum dan pengelolaan makanan (TUPM) sehat (X_8), dan persentase rumah sehat (X_9) tahun 2012.

B. Metode Analisis Data

Langkah-langkah analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan variabel penelitian yang digunakan dalam analisis.
2. Mendeskripsikan penyakit tuberkulosis beserta faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit tuberkulosis pada kabupaten/kota di wilayah Jawa Timur.

3. Menguji multikolinieritas antar variabel prediktor.
4. Menganalisis model regresi poisson dengan langkah berikut.
 - a. Penaksiran parameter model regresi poisson menggunakan metode MLE dan Newton Raphson.
 - b. Menguji signifikansi parameter model regresi poisson secara serentak dan parsial.
 - c. Melakukan interpretasi model regresi poisson.
 - d. Melakukan uji dispersi model regresi poisson.
5. Menganalisis model GPR dengan langkah sebagai berikut.
 - a. Penaksiran parameter model GPR dengan metode MLE dan Newton Raphson.
 - b. Menguji signifikansi parameter model GPR secara serentak dan parsial.
 - c. Melakukan interpretasi model GPR yang terbentuk.
6. Menguji aspek data spasial.
7. Menganalisis model GWPR dengan langkah berikut.
 - a. Menghitung jarak *euclidean* antar lokasi pengamatan berdasarkan posisi geografis.
 - b. Menentukan *bandwidth* optimum dengan menggunakan *Cross Validation* (CV).
 - c. Menghitung matriks pembobot dengan menggunakan fungsi pembobot kernel.
 - d. Menaksir parameter model GWPR menggunakan metode MLE dan Newton Raphson.
 - e. Menguji kesamaan model poisson dengan model GWPR, uji signifikansi parameter model GWPR secara serentak dan parsial pada wilayah yang telah diestimasi parameter modelnya.
 - f. Melakukan interpretasi model GWPR yang diperoleh dan melakukan pembentukan peta pengelompokan.

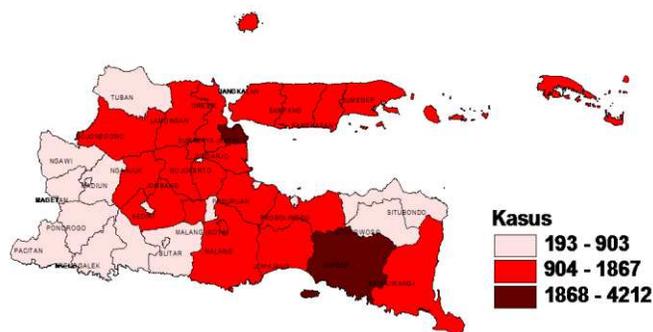
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Jumlah Kasus Penyakit Tuberkulosis dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Jawa Timur

Jumlah penderita tuberkulosis di Jawa Timur tahun 2012 sebesar 41.472 kasus dengan kasus BTA positif baru sebanyak 25.618 kasus dan 1.233 penderita tuberkulosis meninggal. Rata-rata jumlah kasus tuberkulosis di kabupaten/kota di Jawa Timur adalah 1.092 kasus, dengan jumlah kasus terbanyak di Kota Surabaya yaitu 4.212 kasus dan jumlah paling sedikit di Kota Mojokerto sebanyak 193 kasus. Persebaran kasus tuberkulosis di Jawa Timur tahun 2012 ditampilkan pada Gambar 1.

Beberapa variabel prediktor yang dianggap ber-pengaruh terhadap jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur yang memiliki varians cukup besar, diantaranya yaitu variabel X_1 (persentase keluarga dengan kepemilikan sarana sanitasi dasar sehat), X_7 (persentase rumah tangga ber-PHBS), X_8 (persentase TUPM sehat), dan X_9 (persentase rumah sehat). Varians terbesar terjadi pada variabel persentase keluarga dengan kepemilikan sarana sanitasi dasar sebesar 584,69. Sanitasi dasar, utamanya proses pengelolaan air limbah sehat sangat berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan yang berpengaruh pada jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur. Rata-rata sanitasi dasar yang memenuhi kriteria sehat

di kabupaten/kota di Jawa Timur sebesar 60,57 dengan jumlah 15 kabupaten/kota yang memiliki nilai sanitasi dasar sehat di bawah rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa sekitar 40 persen kabupaten/kota belum memiliki pengetahuan maksimal terkait sanitasi dasar sehat.



Gambar 1. Persebaran Jumlah Kasus Tuberkulosis di Jawa Timur

B. Pemeriksaan Multikolinieritas

Langkah awal sebelum pembentukan model adalah melakukan pemeriksaan kasus multikolinieritas. Salah satu kriteria yang digunakan untuk melihat kasus multikolinieritas adalah nilai VIF. Jika nilai $VIF > 10$ maka asumsi non multikolinieritas tidak terpenuhi, sehingga menyebabkan taksiran parameter yang diperoleh menjadi bias. Hasil analisis menunjukkan bahwa semua variabel prediktor telah memenuhi asumsi non multikolinieritas karena nilai VIF dari 9 variabel prediktor < 10 . Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada variabel prediktor yang saling berkorelasi dengan variabel prediktor lainnya, sehingga semua variabel pediktor dapat digunakan untuk pembentukan model regresi poisson, GWPR dan GPR.

C. Pemodelan Jumlah Kasus Penyakit Tuberkulosis Menggunakan Regresi Poisson

Hasil dari pengujian secara serentak model regresi poisson diperoleh nilai devians $D(\hat{\beta})$ sebesar 9.143,9028 lebih besar dari nilai $\chi^2_{(0,05;9)} = 16,919$. Jadi, diperoleh keputusan yaitu tolak H_0 artinya bahwa minimal ada satu parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap model.

Selanjutnya dilakukan uji parameter secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh terhadap model. Pengujian ini menggunakan statistik uji Z_{hitung} yang dibandingkan dengan nilai Z_{tabel} menggunakan taraf signifikansi 5% yaitu $z_{0,025} = 1,96$. Parameter dikatakan berpengaruh signifikan terhadap model (tolak H_0) jika nilai $|Z_{hitung}| > z_{\alpha/2}$. Nilai Z_{hitung} masing-masing variabel prediktor ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

Parameter	Estimasi	Standart Error	Z_{hitung}
β_0	6,887128	0,005453	1263,1*
β_1	0,128191	0,007056	18,17*
β_2	0,000422	0,007364	0,0572
β_3	-0,083077	0,007641	-10,87*
β_4	0,342063	0,006072	56,34*

β_5	0,185949	0,006738	27,59*
β_6	0,112099	0,006998	16,02*
β_7	0,245864	0,006288	39,10*
β_8	-0,315941	0,005702	-55,41*
β_9	0,018150	0,008387	2,164*

*) Signifikan pada taraf signifikansi 5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa semua parameter berpengaruh signifikan terhadap model regresi poisson kecuali β_2 . Sehingga, model regresi poisson yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp(6,887128 + 0,128191 X_1 + 0,000422 X_2 - 0,083077 X_3 + 0,342063 X_4 + 0,185949 X_5 + 0,112099 X_6 + 0,245864 X_7 - 0,315941 X_8 + 0,018150 X_9)$$

Variabel prediktor yang berpengaruh terhadap jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur tahun 2012 adalah persentase keluarga dengan kepemilikan sarana sanitasi sehat, persentase gizi buruk masyarakat, persentase penduduk usia produktif, persentase tenaga kesehatan terdidik tuberkulosis, persentase penduduk miskin, persentase rumah tangga ber-PHBS, persentase TUPM sehat, dan persentase rumah sehat.

D. Pemodelan Jumlah Kasus Penyakit Tuberkulosis Menggunakan Generalized Poisson Regression (GPR)

Model GPR digunakan apabila terjadi kasus *over/under* dispersi pada model regresi poisson. Hasil pemodelan regresi poisson diperoleh rasio nilai devians dengan derajat bebasnya lebih besar dari 1 dan nilai estimasi $\theta > 0$, yang artinya data jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur mengalami *over* dispersi, sehingga dilakukan analisis menggunakan metode GPR. Pengujian serentak model GPR menghasilkan keputusan tolak H_0 karena nilai devians $D(\hat{\beta})$ sebesar 578,2 lebih besar dari nilai $\chi^2_{(0,05;9)} = 16,919$. Jadi dapat disimpulkan bahwa minimal ada satu parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap model. Selanjutnya dilakukan pengujian parameter model GPR secara parsial.

Pengujian parameter secara parsial dilakukan menggunakan statistik uji Z yang disajikan pada Tabel 3. Tolak H_0 jika nilai $Z_{hitung} > Z_{tabel}$. Hasil pengujian pada Tabel 3 menunjukkan bahwa parameter yang berpengaruh signifikan terhadap model GPR adalah β_4 dan β_8 . sehingga, model GPR yang terbentuk setelah dilakukan pengolahan data ulang dengan menggunakan dua variabel yang signifikan X_4 dan X_8 adalah sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = 2,6903 + 0,0917 X_4 - 0,0133 X_8$$

Berdasarkan model yang terbentuk diketahui bahwa persentase penduduk usia produktif berpengaruh positif dan persentase TUPM sehat berpengaruh negatif terhadap jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur tahun 2012.

Tabel 2.
Estimasi Parameter Model GPR

Parameter	Estimasi	Standart Error	Z _{hitung}
-----------	----------	----------------	---------------------

β_0	-2,0211	2,6686	-0,76
β_1	0,0052	0,0050	1,03
β_2	-1,8868	2,1548	-0,88
β_3	-0,1314	0,1753	-0,75
β_4	0,1407	0,0427	3,30*
β_5	0,0925	0,0498	1,86
β_6	0,0331	0,0405	0,82
β_7	0,0194	0,0113	1,73
β_8	-0,0111	0,0052	-2,12*
β_9	-0,0016	0,0119	-0,13
θ	0,0177	0,0022	7,98

*) Signifikan pada taraf signifikansi 5%

E. Pengujian Aspek Data Spasial

Hasil dari pengujian aspek spasial menyatakan bahwa jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur memiliki aspek lokasi secara heterogenitas, ditunjukkan oleh hasil pengujian dengan *Breusch-Pagan test* (0,02648) lebih kecil dari taraf signifikansi 5%. Nilai Uji Moran's I (0,1859) lebih besar dari 5% yang mengindikasikan bahwa jumlah kasus penyakit tuberkulosis tidak terjadi berdasarkan dependensi antar kabupaten/kota di Jawa Timur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa data jumlah kasus TB di Jawa Timur memiliki pengaruh spasial dan terjadi kasus *over dispersion*, maka untuk analisis selanjutnya digunakan metode spasial titik GWGPR. Akan tetapi, karena keterbatasan peneliti dalam pembuatan syntax program dan mendapatkan referensi, sehingga analisis dilanjutkan menggunakan metode spasial titik GWPR yang mengasumsikan nilai *variance* dan *mean* sama.

F. Pemodelan Jumlah Kasus Penyakit Tuberkulosis dengan GWPR

Hasil pengujian kesamaan model GWPR menunjukkan bahwa H_0 gagal ditolak karena F_{hitung} yang diperoleh sebesar 1,79 lebih kecil dari $F_{(0,05,28,28)}$ dengan taraf signifikansi 5% sebesar 1,88. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara model regresi poisson dengan model GWPR.

Model GWPR yang dibentuk untuk penaksiran parameter menggunakan fungsi kernel *Gaussian* karena memiliki nilai CV terbesar dengan *bandwidth* optimum sebesar 2,588. Dimisalkan Kota Surabaya digunakan sebagai titik pusat, sehingga matrik pembobot untuk penaksiran parameternya sebagai berikut.

$$w(u_{37}, v_{37}) = \text{diag} [w_1(u_1, v_1), w_2(u_2, v_2), \dots, w_{37}(u_{37}, v_{37}), w_{38}(u_{38}, v_{38})] \\ = \text{diag} [0,809, 0,935, \dots, 1, 0,989]$$

Pembentukan matrik pembobot tersebut hanya digunakan untuk menaksir parameter di Kota Surabaya. Untuk penaksiran parameter di kabupaten/kota lain di Jawa Timur menggunakan matrik pembobot yang berbeda.

Model GWPR untuk Kota Surabaya yang memiliki jumlah kasus tuberkulosis terbanyak (4.212 kasus) di Jawa Timur dengan semua parameter berpengaruh signifikan terhadap model adalah sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}_i) = 6,8317 + 0,1606 X_1 + 0,034 X_2 - 0,2004 X_3 + 0,4724 X_4 + 0,2388 X_5 + 0,1709 X_6 + 0,3128 X_7 - 0,3165 X_8 - 0,1576 X_9$$

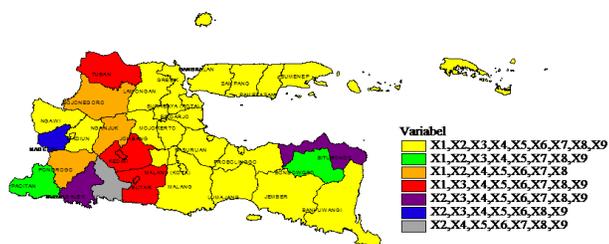
Dari model tersebut diketahui bahwa jika terjadi kenaikan persentase penderita HIV (X_2) sebesar satu persen, maka akan terjadi kenaikan In rata-rata jumlah kasus tuberkulosis di Surabaya sebesar 0,034 dengan syarat variabel lainnya konstan (tetap). Hal ini juga berlaku untuk variabel yang lain, dimana besarnya kenaikan/penurunan bergantung pada nilai masing-masing parameter.

Persentase penduduk usia produktif, persentase tenaga kesehatan terdidik tuberkulosis, dan persentase TUPM sehat adalah variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus tuberkulosis di seluruh kabupaten/kota di Jawa Timur. Dengan program GWR 4.0 diperoleh penaksir parameter di tiap kabupaten/kota dan diperoleh 7 kelompok kabupaten/kota berdasarkan variabel signifikan yang sama sebagai berikut.

Tabel 3.
Pengelompokan Kabupaten/Kota Menurut Variabel Signifikan yang Sama pada Model GWPR

Kabupaten/Kota	Variabel yang Signifikan
Malang, Lumajang, Jember, Banyuwangi, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Madiun, Ngawi, Lamongan, Gresik, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kota Malang, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Madiun, Kota Surabaya, Kota Batu	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9$
Trenggalek, Situbondo	$X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9$
Blitar, Kediri, Tuban, Kota Blitar, Kota Kediri	$X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9$
Pacitan, Bondowoso	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_7, X_8, X_9$
Tulungagung	$X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9$
Magetan	$X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_8, X_9$
Ponorogo, Nganjuk, Bojonegoro	$X_1, X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$

Peta pengelompokan wilayah berdasarkan variabel yang signifikan sama ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kelompok Kabupaten/Kota Menurut Variabel Signifikan Sama

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan, jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur memiliki pola menyebar, dengan jumlah kasus tuberkulosis tertinggi di Jawa Timur berada di Kota Surabaya dan Kabupaten Jember, sedangkan yang terendah adalah Kota Mojokerto. Hasil pemodelan menggunakan regresi poisson didapatkan hasil bahwa terjadi kasus *over* dispersi, sehingga untuk mengatasinya digunakan metode GPR. Pemodelan menggunakan GPR diperoleh hasil bahwa variabel persentase penduduk usia produktif dan persentase TUPM sehat berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus penyakit tuberkulosis di Jawa Timur. Sementara pemodelan menggunakan GWPR, diperoleh tujuh kelompok

wilayah berdasarkan variabel yang berpengaruh signifikan sama. Variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus penyakit tuberkulosis di seluruh kabupaten/kota di Jawa Timur adalah variabel persentase penduduk usia produktif, persentase tenaga kesehatan terdidik tuberkulosis, dan persentase TUPM sehat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur dan Badan Pusat Statistika Jawa Timur, serta dosen pembimbing yang telah memberikan kesempatan dan bimbingan dalam melakukan penelitian Tugas Akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan RI (2011). *Strategi Nasional Pengendalian Tuberkulosis di Indonesia 2010-2014*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan.
- [2] Muniroh, N., Aisah, S., & Mifbakhuddin. (2013). Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Penyembuhan Penyakit Tuberculosis (TBC) Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Mangkang Semarang Barat. *Jurnal Keperawatan Komunitas. Vol 1, No.1*, 33-42.
- [3] Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. (2013). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur Tahun 2012*. Surabaya: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur.
- [4] Dwikentarti, F. (2010). *Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penyakit Tuberculosis pada Pasien dengan Regresi Logistik Multinomial*. Semarang: Tugas Akhir Jurusan Statistika Universitas Diponegoro.
- [5] Fatimah, S. (2008). *Faktor Kesehatan Lingkungan Rumah yang Berhubungan dengan Kejadian TB Paru di Kabupaten Cilacap*. Semarang: Thesis Jurusan Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro.
- [6] Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis Second Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- [7] Myers, R. (1990). *Classical and Modern Regression With Applications, second edition*. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- [8] Famoye, F., Wulu, J. T., & Singh, K. P. (2004). On The Generalizes Poisson Regression Model with an Application to Accident Data. *Journal of Data Science 2*, 287-295.
- [9] Fotheringham, A. S., Brudson, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression : the Analysis of Spatial Varying Relationship*. Chichester: Wiley.
- [10] Hocking, R. R. (1996). *Methods and Applications of Linear Models*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [11] Departemen Kesehatan RI. (2009). *Buku Saku Kader Program Penanggulangan TB*. Tangerang: Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan Departemen Kesehatan RI.