

Pemetaan dan Pemodelan Jumlah Kasus Penyakit *Tuberculosis* (TBC) di Provinsi Jawa Barat dengan Pendekatan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*

Wahendra Pratama dan Sri Pingit Wulandari

Jurusan Statistika, FMIPA, 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 bakteri *Mycobacterium Tuberculosis*. Provinsi Jawa Barat menduduki peringkat pertama jumlah kasus penyakit *Tuberculosis* di Indonesia. Dalam penelitian ini dilakukan pemetaan dan pemodelan jumlah kasus *Tuberculosis* di Provinsi Jawa Barat dengan pendekatan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR). Data jumlah kasus TBC merupakan data *count* sehingga analisis yang digunakan untuk memodelkan data *count* adalah dengan regresi Poisson. Dalam analisis regresi Poisson sering kali muncul fenomena overdispersi dalam pemodelan tersebut. Jika terjadi overdispersi, regresi Poisson tidak sesuai untuk memodelkan data dan model yang akan terbentuk menghasilkan estimasi parameter yang bias. Salah satu metode yang digunakan dalam mengatasi overdispersi dalam regresi Poisson adalah regresi Binomial Negatif. Dengan memperhatikan aspek spasial (wilayah) maka digunakan metode *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*. Hasil penelitian menghasilkan 5 pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan variabel yang mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi jumlah kasus TBC di semua kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat adalah persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS).

Kata Kunci— GWNBR, PHBS, Regresi Poisson, *Tuberculosis*

I. PENDAHULUAN

TUBERCULOSIS sampai saat ini masih menjadi masalah utama kesehatan masyarakat dan secara global masih menjadi isu kesehatan global di semua negara. Terdapat 22 negara dengan kategori beban tinggi terhadap *Tuberculosis* (*High Burden of TBC Number*) [1]. Indonesia sebagai salah satu negara yang masuk dalam kategori negara beban tinggi terhadap *Tuberculosis*, berada pada peringkat kelima setelah India, Cina, Afrika Selatan, dan Nigeria dengan jumlah penderita *Tuberculosis* sebesar 429 ribu orang [2].

Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terdiri dari 26 kabupaten/kota. Di tingkat nasional, Provinsi Jawa Barat menduduki peringkat pertama penyumbang jumlah penderita *Tuberculosis*. Total jumlah kasus sebanyak 62.218 orang dengan jumlah kesembuhan hanya sebanyak 29.572 orang [3].

TBC banyak ditemukan di daerah pemukiman padat penduduk dengan sanitasi yang kurang bagus. Salah satu faktor penyebab percepatan berkembangnya penyakit ini

adalah lingkungan rumah yang kurang sehat, diantaranya kurangnya ventilasi dan pencahayaan matahari pada rumah penduduk, serta kurangnya istirahat. 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*.

Jumlah kasus TBC merupakan data *count* sehingga untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kasus TBC digunakan analisis regresi Poisson. Dalam analisis regresi Poisson, sering kali muncul fenomena overdispersi. Salah satu metode yang digunakan dalam mengatasi overdispersi dalam regresi Poisson adalah regresi Binomial Negatif. Dengan memperhatikan aspek spasial (wilayah) maka digunakan metode *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*. Setiap wilayah pasti memiliki kondisi geografis yang berbeda sehingga menyebabkan adanya perbedaan jumlah kasus TBC antara wilayah satu dengan wilayah yang lainnya sesuai dengan karakteristik wilayah tersebut dikaitkan dengan kondisi lingkungan dalam rumah tangga penduduk.

Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan karakteristik jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2012, memetakan dan memodelkan GWNBR. Penelitian ini dibatasi pada data jumlah kasus TBC di Jawa Barat pada tahun 2012 dan pembobot yang digunakan dalam pemodelan GWNBR adalah pembobot fungsi kernel *adaptive bisquare*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Tuberculosis*

Tuberculosis adalah penyakit menular langsung yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium Tuberculosis* tipe *Humanus*. Basil *Tuberculosis* termasuk dalam genus *Mycobacterium* yang menyebabkan sejumlah penyakit berat pada manusia dan juga penyebab terjadinya infeksi tersering [1]. Faktor yang mempengaruhi terjadinya penyakit *Tuberculosis* adalah kondisi sosial ekonomi masyarakat, yaitu status gizi dan sanitasi lingkungan. Semakin rendah status gizi dan sanitasi lingkungan menyebabkan rendahnya daya tahan tubuh sehingga mudah tertular *Tuberculosis* saat sakit [2].

Faktor lingkungan memegang peranan penting dalam penularan penyakit, terutama lingkungan rumah yang tidak

memenuhi syarat. Lingkungan rumah merupakan salah satu faktor yang memberikan pengaruh besar terhadap status kesehatan penghuninya [3]. Adapun syarat-syarat yang dipenuhi oleh rumah sehat secara fisiologis berpengaruh terhadap kejadian *Tuberculosis* adalah kepadatan penghuni rumah, kelembaban rumah, ventilasi, pencahayaan sinar matahari, lantai rumah dan dinding [4].

B. Multikolinieritas

Salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam pembentukan model regresi dengan beberapa variabel prediktor adalah tidak ada kasus multikolinieritas. Pendeteksian kasus multikolinieritas dilakukan menggunakan kriteria nilai VIF. Jika nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antarvariabel prediktor. Nilai VIF dinyatakan sebagai berikut.

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

dengan R_j^2 adalah koefisien determinasi antara satu variabel prediktor dengan variabel prediktor lainnya. [4].

C. Regresi Poisson

Regresi Poisson merupakan model regresi nonlinear yang sering digunakan untuk memodelkan data *count* [5]. Jika variabel random diskrit (y) merupakan distribusi Poisson dengan parameter μ maka fungsi probabilitas dari distribusi Poisson dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(y, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}; y=0,1,2,..n \quad (2)$$

Dengan μ merupakan rata-rata variabel respon yang berdistribusi Poisson dimana nilai rata-rata dan varian dari Y mempunyai nilai lebih dari 0. Persamaan model regresi Poisson dapat ditulis sebagai berikut.

$$\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi}) \quad (3)$$

Dengan μ_i merupakan rata-rata jumlah kejadian yang terjadi dalam interval waktu tertentu.

D. Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

Salah satu metode yang digunakan untuk pengestimasi parameter regresi Poisson adalah metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Fungsi *likelihood* dirumuskan sebagai berikut.

$$L(\beta) = \frac{\exp\left(-\sum_{i=1}^n \exp(x_i^T \beta)\right) \left(\exp\left(\sum_{i=1}^n y_i x_i^T \beta\right)\right)}{\prod_{i=1}^n y_i!} \quad (4)$$

dimana,

$$\beta = [\beta_0 \quad \beta_1 \quad \dots \quad \beta_p]^T; \quad \mathbf{x}_i = [1 \quad x_{1i} \quad \dots \quad x_{pi}]^T$$

E. Pengujian Parameter Model Regresi Poisson

Uji signifikansi secara serentak menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) dengan hipotesis sebagai berikut [6].

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0; k=1,2,\dots,p$$

$$\text{Statistik Uji :} \quad G^2 = -2 \ln \Lambda = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) \quad (5)$$

Tolak H_0 jika $G^2 > \chi^2_{(\alpha, p)}$ yang berarti minimal ada satu parameter yang berpengaruh secara signifikan. Kemudian dilakukan pengujian parameter secara parsial dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k = 0; k=1,2,\dots,p$$

$$H_1: \beta_k \neq 0$$

$$\text{Statistik Uji :} \quad Z_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)} \quad (6)$$

Tolak H_0 jika $|Z_{hitung}| > z_{(\alpha/2)}$ dengan α merupakan tingkat signifikansi yang ditentukan.

F. Overdispersi Regresi Poisson

Overdispersi merupakan nilai dispersi *pearson Chi-square* atau *deviance* yang dibagi dengan derajat bebasnya, diperoleh nilai lebih besar dari 1. [7].

G. Regresi Binomial Negatif

Model regresi Binomial Negatif mempunyai fungsi massa probabilitas sebagai berikut [8].

$$P(y, \mu, \theta) = \frac{\Gamma(y+1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)y!} \left(\frac{1}{1+\theta\mu} \right)^{1/\theta} \left(\frac{\theta\mu}{1+\theta\mu} \right)^y$$

$$y = 0,1,2,\dots,n; \mu = \exp(\mathbf{X}_i^T \beta) \quad (7)$$

Pada Persamaan (7) ini, kondisi overdispersi ditunjukkan dengan nilai $\theta > 1$. Estimasi model regresi Binomial Negatif dinyatakan sebagai berikut.

$$\hat{y}_i = \exp\left[\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i} + \dots + \hat{\beta}_p X_{pi}\right] \quad (8)$$

H. Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) digunakan untuk pendugaan parameter dalam regresi Binomial Negatif. Fungsi *Likelihood* dari regresi Binomial Negatif adalah sebagai berikut.

$$L(\beta, \theta) = \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma(y+1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)y!} \left(\frac{1}{1+\theta\mu_i} \right)^{1/\theta} \left(\frac{\theta\mu_i}{1+\theta\mu_i} \right)^y \quad (9)$$

Pendugaan regresi Binomial Negatif menggunakan metode iterasi *Newton Rhapsion* untuk memaksimalkan fungsi *Likelihood*.

I. Pengujian Parameter Regresi Binomial Negatif

Pengujian signifikansi secara serentak untuk estimasi parameter model regresi Binomial Negatif menggunakan uji devians dengan hipotesis sebagai berikut [9].

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0; k=1,2,\dots,p$$

Statistik Uji:

$$G^2 = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2 \left(\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega}) \right) \quad (10)$$

Tolak H_0 jika statistik uji $G^2 > \chi^2_{(\alpha, p)}$

Pengujian signifikansi secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0; k=1,2,\dots,p$$

Statistik Uji:
$$W_k = \frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)} \tag{11}$$

H_0 ditolak jika statistik uji W atau $|t_{hitung}|$ lebih besar dari $t_{(n-k;\alpha/2)}$. Tolak H_0 artinya bahwa parameter ke- k signifikan terhadap model regresi Binomial Negatif.

J. Pengujian Dependensi Spasial

Pengujian 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 sebagai berikut.

$$H_0: I = 0 \text{ (tidak terdapat dependensi spasial)}$$

$$H_1: I \neq 0 \text{ (terdapat dependensi spasial)}$$

Statistik uji :
$$Z_{hit} = \frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{Var(\hat{I})}} \tag{12}$$

dengan
$$\hat{I} = \frac{e^T W e}{e^T e} \tag{13}$$

e = vektor residual

W = matriks penimbang spasial antarlokasi

Rumus persamaan nilai *mean* dan varians dari Moran's I sebagai berikut.

$$E(\hat{I}) = \frac{tr(\mathbf{M}\mathbf{W})}{(n-k)} \tag{14}$$

$$Var(\hat{I}) = \frac{[tr(\mathbf{M}\mathbf{W}\mathbf{M}\mathbf{W}^T) + tr(\mathbf{M}\mathbf{W})^2 + (tr(\mathbf{M}\mathbf{W}))^2]}{d - E(\hat{I})^2} \tag{15}$$

dengan,

$$d = (n - k)(n - k - 2); \mathbf{M} = \left(\mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \right)$$

Keputusan : Tolak H_0 jika nilai $|z_{hitung}| > z_{\alpha/2}$, yang berarti terdapat dependensi spasial dalam model.

K. Pengujian Heteroskedastisitas Spasial

Pengujian 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 hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_n = \sigma^2 \text{ (variansi antarlokasi sama)}$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \sigma^2_i \neq \sigma^2 \text{ (variansi antarlokasi berbeda)}$$

Menggunakan statistik uji *Breusch-Pagan* (BP) adalah sebagai berikut.

$$BP = (1/2)\mathbf{f}^T \mathbf{Z}(\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \tag{16}$$

dengan

elemen vektor \mathbf{f} adalah $f_i = \left(\frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1 \right)$

$$\mathbf{e}_i = \mathbf{y}_i - \hat{\mathbf{y}}_i$$

\mathbf{Z} = matriks berukuran $n \times (k + 1)$ berisi vektor yang sudah di normal standardkan untuk setiap observasi.

Keputusan : Tolak H_0 jika nilai $BP > \chi^2_{(\alpha,k)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$ yang berarti terjadi heteroskedastisitas dalam model (variansi antarlokasi berbeda).

L. GWNBR

Model GWNBR akan menghasilkan parameter lokal dengan masing-masing lokasi akan memiliki parameter yang berbeda-beda. Model GWNBR dapat dirumuskan sebagai berikut [10].

$$y_i \sim NB \left[t_j \exp \left(\sum_p \beta_p(u_i, v_i) x_{ip} \right), \theta(u_i, v_i) \right]; i=1,2,\dots,n \tag{17}$$

$$i = 1,2,3,\dots,n$$

dimana,

y_i : nilai observasi respon ke- i

t_j : *offset variable*

x_{ip} : nilai observasi variabel prediktor ke- p pada pengamatan lokasi (u_i, v_i)

$\beta_p(u_i, v_i)$: koefisien regresi variabel prediktor ke- p untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

$\theta(u_i, v_i)$: parameter dispersi untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

M. Estimasi Parameter model GWNBR

Estimasi parameter model GWNBR menggunakan metode maksimum likelihood. Fungsi likelihood dapat dituliskan sebagai berikut [10].

$$L(\beta(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y-1} \left(r + \frac{1}{\theta_i} \right) \right) \left(\frac{1}{y!} \right) \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i} \tag{18}$$

N. Pengujian Kesamaan model GWNBR dengan Regresi Binomial Negatif

Pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi Binomial Negatif dilakukan untuk melihat terdapat perbedaan yang signifikan atau tidak antara model GWNBR dengan regresi Binomial Negatif dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k; k = 1,2,\dots,p$$

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

Statistik uji :

$$F_{hit} = \frac{Devians Model A / df_A}{Devians Model B / df_B} \tag{17}$$

Model A adalah model Binomial Negatif dan model B adalah model GWNBR. Tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{(\alpha, df_A, df_B)}$ yang artinya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara model Binomial Negatif dengan model GWNBR [10].

O. Pengujian Parameter Model GWNBR

Pengujian signifikansi parameter model GWNBR terdiri dari uji serentak dan parsial. Uji signifikansi secara serentak

dengan menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_p(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik Uji:

$$G^2 = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2 (\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega}))$$

Tolak H_0 jika statistik uji $G^2 > \chi^2_{(p, \alpha)}$

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

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

$$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0 ; k=1, 2, \dots, p$$

Statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{SE(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))} \quad (18)$$

H_0 ditolak jika statistik uji $|z_{hit}| > z_{(\alpha/2)}$. Tolak H_0 artinya bahwa parameter tersebut berpengaruh signifikan terhadap variabel respon di lokasi pada tiap lokasi [10].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh melalui publikasi data profil kesehatan di Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat, Bank Data Departemen Kesehatan Republik Indonesia, dan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Barat. Jumlah lokasi penelitian yang digunakan adalah sebanyak 26 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat. Penjelasan masing-masing variabel adalah sebagai berikut.

1. Jumlah jumlah kasus TBC di tiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2012 (Y)
2. Persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) (X_1)
3. Persentase rumah tangga yang memiliki akses air bersih (X_2)
4. Presentase rumah tangga yang memiliki tempat sampah sehat (X_3)
5. Persentase tenaga medis (X_4)
6. Persentase penduduk yang melek huruf (X_5)
7. Kepadatan Penduduk (X_6)

Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

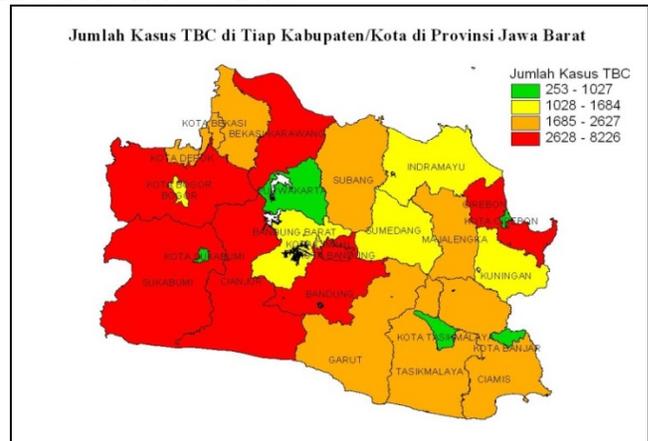
1. Mendeskripsikan karakteristik jumlah kasus TBC dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2012 menggunakan analisis statistika deskriptif dan pemetaan wilayah untuk masing-masing variabel.
2. Pengujian kasus multikolinieritas berdasarkan kriteria korelasi dan VIF.
3. Menganalisis model regresi Poisson
4. Menganalisis model regresi Binomial Nrgatif
5. Pengujian aspek data spasial

6. Memodelkan GWNBR untuk kasus TBC di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2012 dan memetakan wilayah berdasarkan variabel yang signifikan.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Jumlah Kasus TBC Tahun 2012 di Provinsi Jawa Barat

Jawa Barat merupakan provinsi di Indonesia dengan jumlah kasus TBC terbanyak pertama. Pada tahun 2012, jumlah kasus TBC di Jawa Barat mencapai 62.218 kasus dengan rata-rata sebanyak 2.393 kasus. Kabupaten Bogor memiliki jumlah kasus TBC paling banyak dengan jumlah 8.226 kasus dan Kota Banjar memiliki jumlah kasus TBC paling sedikit dengan jumlah 253 kasus. Jumlah kasus TBC memiliki deviasi standar yang besar yaitu 1.814,36 karena terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah kasus TBC tiap kabupaten/kota. Berikut disajikan pemetaan jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat.



Gambar 1. Peta Penyebaran Jumlah Kasus TBC di Jawa Barat Tahun 2012

Pada Gambar 1 dengan indikator warna hijau merupakan kabupaten/kota dengan jumlah kasus TBC yang rendah yaitu antara rentang 253 hingga 1.027 kasus yaitu Kota Banjar, Kab.Purwakarta, Kota Cirebon, Kota Sukabumi, dan Kota Tasikmalaya.

B. Pemeriksaan Multikolinieritas

Salah satu cara untuk mendeteksi adanya kasus multikolinieritas, yaitu dengan melihat nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Berikut ini disajikan nilai VIF.

Tabel 1.

Nilai VIF dari Variabel Prediktor

Variabel Prediktor	VIF	Variabel Prediktor	VIF
X ₁	3,755	X ₄	4,026
X ₂	1,225	X ₅	1,438
X ₃	1,417	X ₆	1,763

Tabel 1 menunjukkan nilai VIF dari masing-masing variabel prediktor memiliki nilai VIF kurang dari 10, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat kasus multikolinieritas.

C. Regresi Poisson

Berikut ini merupakan estimasi parameter model regresi Poisson.

Tabel 2.
Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

	Estimate	Std.Error	Z Value	P Value
(Intercept)	7,6126	0,0046	1.669,63	<2x10 ⁻¹⁶ *
ZX1	0,631	0,0077	81,839	<2x10 ⁻¹⁶ *
ZX2	-0,0521	0,0052	-10,098	<2x10 ⁻¹⁶ *
ZX3	0,0509	0,0056	9,246	<2x10 ⁻¹⁶ *
ZX4	-0,1333	0,0074	-17,888	<2x10 ⁻¹⁶ *
ZX5	-0,0549	0,0054	-10,206	<2x10 ⁻¹⁶ *
ZX6	-0,0218	0,0046	-2,773	0.00556*
Deviance : 2.828,6		DF : 19		
AIC : 3.086.4				

*) signifikan dengan taraf nyata 20%

Berdasarkan hasil pengujian serentak dengan taraf signifikansi 20% didapatkan $\chi^2_{(6,0,20)}$ sebesar 8,56 yang berarti minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Berdasarkan hasil pengujian secara individu dengan taraf signifikansi 20% didapatkan $z_{(0,20)/2}$ sebesar 1,29 yang artinya bahwa semua variabel prediktor dalam model secara individu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat. Sehingga didapatkan model regresi Poisson sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = 7,6126 + 0,631 ZX1 - 0,0521 ZX2 + 0,0509 ZX3 - 0,1333 ZX4 - 0,0549 ZX5 - 0,0218 ZX6$$

$$\ln(\hat{\mu}) = 7,6096 + 0,631 \frac{(X1 - 23,8746)}{182137} - 0,0521 \frac{(X2 - 63,1019)}{167716} + 0,0509 \frac{(X3 - 52,1242)}{295609} - 0,1333 \frac{(X4 - 3,8462)}{1,8811} - 0,0549 \frac{(X5 - 95,4123)}{3,7590} - 0,0218 \frac{(X6 - 3512,05)}{4241,2691}$$

$$\ln(\hat{\mu}) = 4,3081 + 0,0346 X1 - 0,0031 X2 + 0,0017 X3 - 0,0728 X4 - 0,0146 X5 - 0,0000051 X6$$

D. Regresi Binomial Negatif

Langkah awal dalam pemodelan regresi Binomial Negatif adalah penentuan nilai initial theta Berdasarkan hasil trial-error initial theta didapatkan initial theta sebesar 11,141 sehingga dilakukan pemodelan regresi Binomial Negatif dengan initial theta sebesar 11,141.

Tabel 3.
Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

	Estimate	Std.Error	t Value	P Value
(Intercept)	7,5743	0,0526	143,886	< 2x10 ⁻¹⁶ *
ZX1	0,7407	0,1039	7,125	8,96x10 ⁻⁷ *
ZX2	-0,1264	0,0594	-2,126	0,0468*
ZX3	0,0922	0,0639	1,442	0,1654*
ZX4	-0,0872	0,1076	-0,81	0,4279
ZX5	-0,0868	0,0644	-0,1349	0,1933*
ZX6	-0,0651	0,0712	-0,915	0,3718
Deviance : 19		DF : 19		
AIC : 410.82				

*) signifikan dengan taraf nyata 20%

Berdasarkan hasil pengujian serentak dengan taraf signifikansi 20% didapatkan $\chi^2_{(6,0,20)}$ sebesar 8,56 yang artinya lebih kecil dari nilai Deviance (19) sehingga minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Berdasarkan hasil pengujian secara individu hanya terdapat empat variabel prediktor yang signifikan, yaitu X₁, X₂, X₃, dan X₅. Berikut ini merupakan model regresi Binomial Negatif.

$$\ln(\hat{\mu}) = 7,5743 + 0,7407 ZX1 - 0,1264 ZX2 + 0,0922 ZX3 - 0,0872 ZX4 - 0,0868 ZX5 - 0,0651 ZX6$$

$$\ln(\hat{\mu}) = 7,5743 + 0,7407 \frac{(X1 - 23,8746)}{182137} - 0,1264 \frac{(X2 - 63,1019)}{167716} + 0,0922 \frac{(X3 - 52,1242)}{295609} - 0,0872 \frac{(X4 - 3,8462)}{1,8811} - 0,0868 \frac{(X5 - 95,4123)}{3,7590} - 0,0651 \frac{(X6 - 3512,05)}{4241,2691}$$

$$\ln(\hat{\mu}) = 3,3249 + 0,0407 X1 - 0,0075 X2 + 0,0031 X3 - 0,0476 X4 - 0,0231 X5 - 0,000015 X6$$

E. Pengujian Aspek Data Spasial

Berdasarkan hasil pengujian heterogenitas diperoleh nilai statistik uji *Breusch-Pagan* sebesar 9,3496 dengan *p-value* 0,1548. Digunakan α sebesar 20% maka didapatkan $\chi^2_{(6,0,20)}$ sebesar 8,56. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa variansi antarlokasi tidak sama atau terdapat perbedaan karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya.

Berdasarkan hasil pengujian dependensi spasial diperoleh *p-value* sebesar 0,4789 sehingga dengan taraf nyata 20% didapatkan kesimpulan bahwa tidak ada dependensi spasial yang artinya bahwa pengamatan suatu lokasi tidak bergantung pada pengamatan di lokasi lain yang letaknya berdekatan.

F. Pengujian Signifikansi Model GWNBR

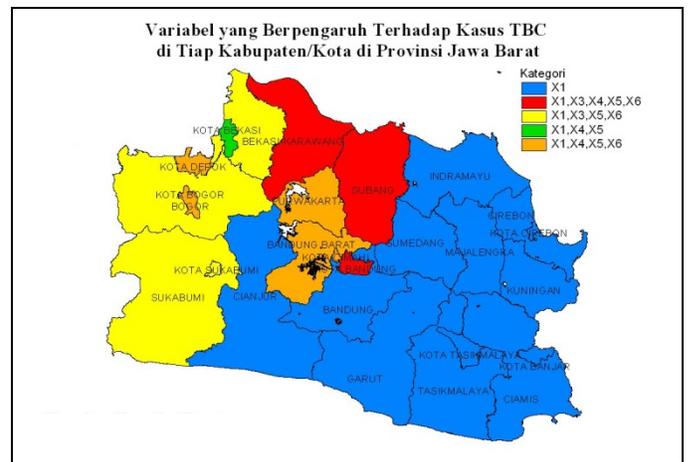
Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai devians model GWNBR sebesar 93,6367. Dengan taraf nyata 20% didapatkan $\chi^2_{(6,0,20)}$ sebesar 8,56 yang artinya minimal ada satu parameter model GWNBR yang signifikan berpengaruh.

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai Z_{hit} yang berbeda-beda tiap lokasi. Didapatkan hasil pengelompokan sebanyak 5 kelompok berdasarkan variabel yang signifikan. Variabel yang signifikan memberi pengaruh jumlah kasus TBC di semua wilayah adalah persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS).

Tabel 4.
Pengelompokan Kabupaten/ Kota di Jawa Barat

No.	Kabupaten/ Kota	Variabel yang Signifikan
1	Cianjur, Bandung, Garut, Tasikmalaya, Ciamis, Kuningan, Cirebon, Majalengka, Sumedang, Indramayu, Kota Cirebon, Kota Tasikmalaya, Kota Banjar	X1
2	Subang, Karawang, Kota Bandung	X1,X3,X4,X5,X6
3	Bogor, Sukabumi, Bekasi, Kota Sukabumi	X1,X3,X5,X6
4	Kota Bekasi	X1,X4,X5
5	Purwakarta, Bandung Barat, Kota Bogor, Kota Depok, Kota Cimahi	X1,X4,X5,X6

Pengelompokan wilayah kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan variabel yang signifikan disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Pengelompokan Kabupaten/ Kota di Jawa Barat berdasarkan Variabel yang Signifikan

Sebagai contoh akan disajikan pengujian parameter pada lokasi penelitian yang ke-22 (u_{22}, v_{22}) yaitu Kota Bekasi.

Tabel 5.
Pengujian Parameter Model GWNBR di Kota Bekasi

	Estimate	Z Value
(Intercept)	-0,0562	925,5383
ZX1	-0,00002	-926015
ZX2	0,0737	-0,00108
ZX3	0,1941	0,513917
ZX4	-0,1577	2,050346
ZX5	-0,1463	-1,93602
ZX6	-0,1571	-1,55732
θ	11,1504	-

Dengan taraf nyata 10% maka $\alpha_{(0,05)}$ adalah 1,64 sehingga dapat diketahui variabel yang signifikan di Kota Bekasi adalah X_1, X_4, X_5 sehingga dapat dibentuk model sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}_{22}^*) = -0,0562 - 0,00002 ZX1 + 0,07374 ZX2 + 0,19414 ZX3 - 0,1577 ZX4 - 0,1463 ZX5 - 0,1571 ZX6$$

$$\ln(\hat{\mu}_{22}^*) = -0,0562 - 0,00002 \left(\frac{X_1 - 23875}{18,214} \right) + 0,074 \left(\frac{X_2 - 63,103}{16,7716} \right) + 0,194 \left(\frac{X_3 - 52,13}{29,551} \right) - 0,158 \left(\frac{X_4 - 3,8462}{1,8311} \right) - 0,146 \left(\frac{X_5 - 95,41}{3,759} \right) - 0,1571 \left(\frac{X_6 - 3512,0462}{4241,2691} \right)$$

$$\ln(\hat{\mu}_{22}^*) = 3,4981 - 0,0000123 X_1 + 0,00439 X_2 + 0,0637 X_3 - 0,066123 X_4 - 0,03892 X_5 - 0,00003703 X_6$$

Berdasarkan dari variabel yang signifikan dari model yang terbentuk di Kota Bekasi dapat disimpulkan bahwa setiap pertambahan 1 persen rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) (X_1) maka akan mengurangi rata-rata jumlah kasus TBC sebesar $\exp(0,000001098) = 0,9999 \approx 1$ kasus dengan asumsi variabel lain konstan.. Setiap pertambahan 1 persen tenaga medis (X_4) maka akan mengurangi rata-rata jumlah kasus TBC sebesar $\exp(0,0861231) = 1,392703 \approx 2$ kasus dengan asumsi variabel lain konstan. Setiap pertambahan 1 persen penduduk melek huruf (X_5) maka akan mengurangi rata-rata jumlah kasus TBC sebesar $\exp(0,03892) = 0,961828 \approx 1$ kasus dengan asumsi variabel lain konstan. Hal ini sesuai karena dengan meningkatnya penduduk yang melek huruf maka diharapkan ada peningkatan pengetahuan terhadap penyakit TBC sehingga kasus TBC diharapkan bisa berkurang.

V. KESIMPULAN

Pada tahun 2012, jumlah kasus TBC di Jawa Barat mencapai 62.218 kasus dengan rata-rata sebanyak 2.393 kasus. Kabupaten Bogor memiliki jumlah kasus TBC paling banyak dengan jumlah 8.226 kasus dan Kota Banjar memiliki jumlah kasus TBC paling sedikit dengan jumlah 253 kasus. Jumlah kasus TBC memiliki deviasi standar yang besar yaitu 1.814,36 karena terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah kasus TBC tiap kabupaten/kota.

Berdasarkan hasil pemodelan GWNBR dengan fungsi pembobot kernel *adaptive bisquare* didapatkan pengelompokan sebanyak 5 kelompok berdasarkan variabel-variabel yang signifikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus TBC di semua kabupaten/kota di Provinsi Jawa

Barat adalah persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS).

Berdasarkan model GWNBR didapatkan pengelompokan menurut variabel yang signifikan tiap wilayah sehingga diharapkan kedepannya ada pengurangan rata-rata jumlah kasus TBC dengan cara mengimplementasikan pola hidup berdasarkan variabel yang berpengaruh signifikan di tiap lokasi. Perlu adanya penambahan variabel prediktor yang memberikan pengaruh meningkatnya jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat serta perlu memilih taraf signifikansi α yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. *GLOBAL TUBERCULOSIS CONTROL 2010*. FRANCE : WHO PRESS, 2010.
- [2] Kementerian Kesehatan, RI. *Strategi Nasional Pengendalian Tuberculosis di Indonesia 2010-2014*. Jakarta : Kementerian Kesehatan RI Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2011.
- [3] Dinas Kesehatan, Provinsi Jawa Barat. *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Barat*. Bandung : Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat, 2012.
- [4] Hocking, R.R. *Method and Applications of Linier Models*. New York : John Wiley and Sons, Inc, 1996.
- [5] Agresti, A. *Categorical Data Analysis Second Edition*. New York : John Wiley & Sons, 2002.
- [6] Mc Cullagh, P. and Nelder, J.A. *Generalized Linear Models Second Edition*. London : Chapman & Hall, 1989.
- [7] *On The Generalize Poisson Regression Model with an Application to Accident Data*. Famoye, F., Wulu, J.T. and Singh, K.P. 2004, Journal of Data Science 2, pp. 287-295.
- [8] Greene, W. *Functional Forms for the Negative Binomial Model for Count Data, Foundation, and Trends in Econometrics*, 99, 585-590. New York : New York University, 2008.
- [9] Hosmer, David Watson and Lemeshow, Sticher. *Applied Logistic Regression*. New York : John Wiley and Sons Inc, 1995.
- [10] Ricardo, A. and Carvalho, T.V.R. *Geographically Weighted Negative Binomial Regression-Incorporating Overdispersion*. Business Media New York : Springer Science, 2013.
- [11] Samik, W. *Dasar Biologis dan Klinis Penyakit Infeksi*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press, 1994.
- [12] Entjang, I. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Bandung : PT Citra Aditya Bakti, 2000.
- [13] Notoatmodjo, S. *Ilmu Kesehatan Masyarakat, Prinsip-Prinsip Dasar*. Jakarta : Rineka Cipta, 2003.
- [14] Fatimah, S. *Faktor Kesehatan Lingkungan Rumah yang Berhubungan dengan Kejadian TB Paru di Kabupaten Cilacap*. Semarang : Thesis Jurusan Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro, 2008.