

# Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Jumlah Kasus *Tuberculosis* di Surabaya Tahun 2014 Menggunakan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*

Sri Indahwati dan Mutiah Salamah

Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: mutiah\_s@statistika.its.ac.id, indahwati12@mhs.statistika.its.ac.id

**Abstrak**—Tuberkulosis adalah penyakit infeksi kronik dan menular yang erat kaitannya dengan keadaan lingkungan dan perilaku masyarakat. TB merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium tuberculosis*. Kota Surabaya merupakan kota dengan jumlah kasus TB tertinggi dibandingkan 38 kota/kabupaten lain di Jawa Timur. Jumlah kasus TB yang terjadi tiap kecamatan berbeda-beda. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap jumlah kasus TB di tiap kecamatan sehingga jumlah penderita TB bisa diminimalisir. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemodelan jumlah kasus TB adalah Binomial Negatif dan dengan menambahkan aspek spasial maka digunakan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR) dengan fungsi pembobot fungsi kernel *adaptive bi-square*. Hasil penelitian menunjukkan terjadi 2 pengelompokan kecamatan berdasarkan variabel-variabel yang signifikan dengan variabel globalnya yaitu kepadatan penduduk dan persentase penderita HIV. Sedangkan variabel lain yang berpengaruh terhadap jumlah kasus TB di beberapa kecamatan di Surabaya yaitu persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat.

**Kata Kunci**—GWNBR, *Adaptive Bi-square*, Jumlah Kasus TB, *Mycobacterium Tuberculosis*, Surabaya.

## I. PENDAHULUAN

**T**uberculosis merupakan penyakit infeksi kronik dan menular yang erat kaitannya dengan keadaan lingkungan dan perilaku masyarakat. TB merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini ditularkan melalui udara yaitu lewat percikan ludah, bersin dan batuk. Penyakit TB biasanya menyerang paru dan dapat pula menyerang organ tubuh yang lain. Penyakit TB paru dapat menyerang siapa saja dan kebanyakan berasal dari kelompok sosial ekonomi rendah dan tingkat pendidikan yang rendah [1]. Kota Surabaya merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur yang sekaligus menjadi kota terbesar kedua di Indonesia dan terkenal dengan kepadatan penduduknya. Surabaya terdiri dari 31 kecamatan dimana dari 31 kecamatan tersebut ada yang berada di daerah tengah perkotaan dan ada yang berada di daerah pedesaan/pinggiran kota. Peluang terjadinya kontak dengan penderita TB di daerah perkotaan (*urban*) yang lebih padat penduduknya lebih besar dibandingkan di pedesaan (*rural*) [2]. Selain dari faktor kependudukan, faktor lingkungan perumahan juga memegang peranan

penting dalam menentukan terjadinya proses penularan suatu penyakit. Begitu juga pada penyakit TB yang perkembangan kumannya akan terhambat jika perumahan tersebut memiliki ventilasi dan cahaya matahari yang cukup.

Di Jawa Timur, Kota Surabaya merupakan kota dengan kasus TB terbesar pada tahun 2014 yaitu sebanyak 2.855 kasus [3]. Rujukan [4] melakukan pengelompokan terhadap kasus TB di Surabaya dan menghasilkan 4 kelompok daerah yaitu daerah tidak rentan namun kepadatan tinggi, daerah rentan dengan kepadatan tinggi, daerah tidak rentan dengan kepadatan rendah, dan daerah sangat rentan dengan kepadatan penduduk tinggi yang menunjukkan adanya faktor spasial. Rujukan [5] mengenai faktor yang mempengaruhi TB di Surabaya dengan GWPR menghasilkan variabel yang berpengaruh signifikan yaitu persentase penduduk yang berusia  $\geq 65$  tahun, rasio jumlah sarana kesehatan per 1000 penduduk, persentase rumah tangga yang memiliki air bersih, persentase penduduk yang terkena AIDS per kecamatan, rasio jumlah keluarga ber PHBS per 1000 penduduk, dan kepadatan penduduk. Akan tetapi pada hasil penelitian ini ditemukan adanya kasus overdispersi.

Berdasarkan uraian di atas maka dalam penelitian ini dilakukan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus TB di Surabaya Tahun 2014 dengan menggunakan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan tambahan informasi tentang faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi terjadinya kasus TB pada masing-masing kecamatan di Surabaya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tuberculosis

TB merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Tuberculosis dibedakan menjadi dua klasifikasi, yaitu Tuberculosis paru dan Tuberculosis ekstra paru [6]. Tuberculosis paru adalah penyakit Tuberculosis yang menyerang jaringan paru, sedangkan Tuberculosis ekstra paru merupakan penyakit Tuberculosis 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. Sebagian besar manusia (80 – 90 %) yang

terinfeksi oleh kuman ini, belum tentu menjadi sakit tuberkulosis, disebabkan adanya kekebalan tubuh. Untuk menjadi sakit, dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain keadaan sosial ekonomi, kemiskinan, kekurangan gizi, rendahnya tingkat pendidikan dan kepadatan penduduk [7].

### B. Multikolinieritas

Salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam pembentukan model regresi dengan beberapa variabel adalah tidak adanya kasus multikolinieritas. Pendeteksian kasus multikolinieritas dapat dilihat melalui beberapa cara yaitu sebagai berikut [8]:

1. Jika koefisien korelasi Pearson ( $r_{ij}$ ) antar variabel prediktor lebih tinggi dari 0,95 maka terdapat korelasi antar variabel tersebut.
2. Nilai VIF (*Varian Inflation Factor*) lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antar variabel prediktor. Nilai VIF dinyatakan sebagai berikut:

$$VIF_k = \frac{1}{1-R_k^2} \quad (1)$$

dengan  $R_k^2$  adalah koefisien determinasi antara satu variabel prediktor dengan variabel prediktor lainnya.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi adanya kasus multikolinieritas adalah dengan cara mengelompokkan variabel yang saling berkorelasi cukup tinggi dalam sebuah komponen yang membentuk variabel baru yaitu menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA), sehingga mereduksi banyaknya dimensi regresi dan antar variabel baru tersebut tidak saling berkorelasi cukup tinggi.

### C. Overdispersi

Overdispersi merupakan nilai dispersi Pearson Chi-square atau deviance yang dibagi dengan derajat bebasnya, diperoleh nilai lebih besar dari 1. Misalkan  $\theta$  merupakan parameter dispersi, maka jika  $\theta > 1$  artinya terjadi overdispersi pada regresi Poisson, jika  $\theta < 1$  artinya terjadi underdispersi dan jika  $\theta = 1$  berarti tidak terjadi kasus over/underdispersi yang disebut dengan equidispersi [9].

### D. Regresi Binomial Negatif

Regresi Binomial Negatif merupakan metode yang digunakan untuk mengatasi adanya *overdispersi*. Model regresi Binomial Negatif mempunyai fungsi massa probabilitas sebagai berikut [10].

$$f(y, \mu, \theta) = \frac{\Gamma(y+\frac{1}{\theta})}{\Gamma(\frac{1}{\theta})y!} \left(\frac{1}{1+\theta\mu}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu}{1+\theta\mu}\right)^y \quad (2)$$

$y = 0, 1, 2, \dots$

Pada Persamaan (2) ini, kondisi overdispersi ditunjukkan dengan nilai  $\theta > 1$ . Estimasi model regresi Binomial Negatif dinyatakan sebagai berikut.

$$\mu_i = \exp[\beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik}] \quad (3)$$

### E. Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Estimasi parameter model regresi binomial negatif dilakukan dengan menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) yaitu dengan cara memaksimalkan fungsi *likelihood*.

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

Dari fungsi *likelihood* tersebut kemudian dicari turunan parsial pertama dan kedua terhadap parameter  $\beta$  dan  $\theta$ . Selanjutnya untuk mendapatkan nilai estimasinya dilakukan menggunakan iterasi Newton Rhapson.

### F. Pengujian Parameter Regresi Binomial Negatif

Pengujian signifikansi secara serentak untuk estimasi parameter model regresi Binomial Negatif menggunakan uji devians dengan hipotesis sebagai berikut [10].

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

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

Statistik Uji:

$$G^2 = -2 \ln \left( \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2(\ln L(\hat{\omega}) - \ln L(\hat{\Omega})) \quad (4)$$

Dengan

$G^2$  = nilai devians model Regresi Binomial Negatif

$L(\hat{\omega})$  = nilai *likelihood* untuk model sederhana tanpa melibatkan variabel prediktor

$L(\hat{\Omega})$  = nilai *likelihood* untuk model lengkap dengan melibatkan variabel prediktor

Tolak  $H_0$  jika statistik uji  $G^2 > \chi_{\alpha, p}^2$ .

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 yang digunakan yaitu :

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (5)$$

$H_0$  ditolak jika statistik uji atau  $Z_{hit} > Z_{\alpha/2}$ . Tolak  $H_0$  artinya bahwa parameter ke- $k$  signifikan terhadap model regresi Binomial Negatif.

### G. 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 :

$$Z_{hit} = \frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{Var(\hat{I})}} \quad (6)$$

Dengan,

$Z_I$  = nilai statistik uji Indeks Morans'I

$I$  = Indeks Morans'I

$E(I)$  = nilai harapan dari indeks Moran's I =  $-\frac{1}{n-1}$

$Var(I)$  = varians dari indeks Moran's I

$$\hat{I} = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Dimana,

$n$  = banyak pengamatan

$\bar{y}$  = nilai rata-rata dari  $y_i$  dari  $n$  lokasi

$y_i$  = nilai lokasi pengamatan pada lokasi ke- $i$

$y_j$  = nilai pengamatan pada lokasi ke- $j$

$w_{ij}$  = elemen matriks pembobot spasial

Tolak  $H_0$  jika nilai  $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$  yang berarti bahwa terdapat dependensi spasial dalam model.

*H. Pengujian Heterogenitas Spasial*

Pengujian heterogenitas spasial dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan 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.

$$BP = (1/2) \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \tag{7}$$

dengan

elemen vektor  $\mathbf{f}$  adalah  $f=(f_1, f_2, \dots, f_n)$  adalah  $f_i = (\frac{e_i^2}{\hat{\sigma}^2} - 1)$

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

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

Keputusan : Tolak  $H_0$  jika nilai  $BP > \chi^2_{\alpha,p}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  yang berarti terjadi heterogenitas dalam model.

*I. GWNBR*

Pada Model GWNBR parameter lokal yang dihasilkan pada masing-masing lokasi berbeda-beda. Model GWNBR dapat dirumuskan sebagai berikut [11].

$$y_i \sim NB \left[ \exp \left( \sum_{k=0}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} \right), \theta(u_i, v_i) \right] \tag{8}$$

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

dimana,

- $y_i$  : nilai observasi respon ke-i
- $x_{ik}$  : nilai observasi variabel prediktor ke-k pada pengamatan lokasi  $(u_i, v_i)$
- $\beta_k(u_i, v_i)$  : koefisien regresi variabel prediktor ke-k untuk setiap lokasi  $(u_i, v_i)$
- $\theta(u_i, v_i)$  : parameter dispersi untuk setiap lokasi  $(u_i, v_i)$

*J. Estimasi Parameter model GWNBR*

Penaksir parameter koefisien GWNBR dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Fungsi *Likelihood*-nya adalah sebagai berikut [11].

$$L(\beta(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \prod_{i=1}^n (\prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \theta^{-1})) \frac{1}{(y_i!)} \left( \frac{1}{1 + \theta \mu_i} \right)^{1/\theta_i} \left( \frac{\theta \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right)^{y_i} \tag{9}$$

Pada penelitian ini fungsi pembobot yang digunakan adalah fungsi pembobot kernel *Adaptive Bi-square*.

$$w_{ij} = \begin{cases} \left( 1 - (d_{ij}/h_i)^2 \right)^2 & \text{untuk } d_{ij} \leq h_i, \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h_i \end{cases}$$

dimana,

$h_i$  = parameter non-negatif yang diketahui dan biasanya disebut parameter penghalus (*bandwidth*).

$d_{ij}$  = jarak Euclidean ( $d_{ij}$ ) antara lokasi ke-i dan lokasi ke-j

Dengan persamaan:

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

dimana,

$u_i$  = Lintang (longitude) kecamatan ke-i

$u_j$  = Lintang (longitude) kecamatan ke-j

$v_i$  = Bujur (latitude) kecamatan ke-i

$v_j$  = Bujur (latitude) kecamatan ke-j

*K. 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.

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

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

Statistik Uji yang digunakan yaitu :

$$F_{hit} = \frac{DeviansModelA / dfA}{DeviansModelB / dfb} \tag{10}$$

Model A adalah model Binomial Negatif dan model B adalah model GWNBR. Tolak  $H_0$  jika  $F_{hit} > F_{(\alpha, dfA, dfB)}$  yang artinya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara model Binomial Negatif dengan model GWNBR [11].

*L. 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:

$$G^2 = -2 \ln \left( \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2(\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega})) \tag{11}$$

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

Jika pada uji serentak tolak  $H_0$ , maka pengujian dilanjutkan ke pengujian parsial. 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 yang digunakan yaitu :

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))} \tag{12}$$

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

III. METODOLOGI PENELITIAN

*A. Sumber Data*

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surabaya yaitu data publikasi Profil Kesehatan Kota Surabaya Tahun 2014 dan data dari BPS Kota Surabaya dengan unit observasi sebanyak 31 kecamatan di Surabaya.

*B. Variabel Penelitian*

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel dependen yaitu jumlah kasus TB di Surabaya pada Tahun 2014 (Y) dan variabel independen yaitu faktor-faktor yang diduga memengaruhi jumlah penderita TB (X). Variabel yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. VARIABEL PENELITIAN

Kode	Keterangan
Y	Jumlah kasus TB per kecamatan
X <sub>1</sub>	Kepadatan Penduduk
X <sub>2</sub>	Persentase Rumah Tangga yang memiliki rumah sehat
X <sub>3</sub>	Persentase Rumah Tangga Ber-PHBS
X <sub>4</sub>	Persentase Rumah Tangga Miskin
X <sub>5</sub>	Persentase Penderita HIV

C. Langkah Analisis Data

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

1. Mendeskripsikan karakteristik jumlah kasus TB dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya di Surabaya pada tahun 2014 menggunakan analisis statistika deskriptif dan pemetaan wilayah dengan peta tematik untuk masing-masing variabel.
2. Pengujian kasus multikolinieritas berdasarkan kriteria korelasi dan VIF.
3. Pengujian adanya kasus overdispersi.
4. Menganalisis model regresi Binomial Negatif.
5. Memodelkan GWNBR untuk kasus TB di Surabaya pada tahun 2014, kemudian menentukan variabel yang signifikan.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

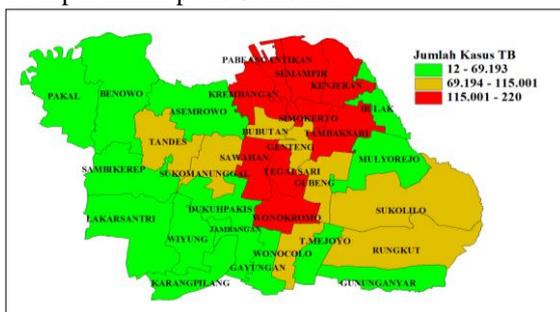
A. Karakteristik Jumlah Kasus TB Tahun 2014 di Surabaya

Tuberculosis merupakan salah satu penyakit yang erat kaitannya dengan lingkungan dan perilaku masyarakat. Ada beberapa faktor yang dapat meningkatkan resiko penularan TB diantara kebersihan lingkungan, padatnya hunian, dan imunitas tubuh. Berikut ini adalah deskriptif statistik dari jumlah kasus TB dan faktor-faktor yang diduga memengaruhinya.

TABEL 2. STATISTIKA DESKRIPTIF JUMLAH KASUS TB DAN FAKTOR YANG MEMENGARUHI

Variabel	Rata-Rata	Variansi	Koef.Var	Min	Maks
Y	92,1	4233,3	70,65	12	220
X <sub>1</sub>	11405	51929585	63,19	2201	31361
X <sub>2</sub>	83,92	66,83	9,74	68,07	98,75
X <sub>3</sub>	68,74	157,51	18,26	42,66	95,88
X <sub>4</sub>	13,84	90,05	68,59	3,69	39,25
X <sub>5</sub>	0,0179	0,00008	49,19	0,005	0,041

Pola persebaran jumlah kasus TB di Surabaya Tahun 2014 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Persebaran Jumlah Kasus TB di Surabaya Tahun 2014

Jumlah kasus TB di Surabaya tahun 2014 mencapai 2.855 kasus dengan jumlah kasus tertinggi ditemukan di kecamatan Krembangan yaitu sebanyak 220 kasus. Sementara jumlah kasus TB terendah terjadi di kecamatan Gayungan dengan jumlah kasus sebanyak 12

kasus. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa kasus TB paling banyak ditemukan di daerah Surabaya Utara yaitu di kecamatan Krembangan, Pabean Cantikan, Kenjeran dan Semampir. Sedangkan jumlah kasus yang sedang menyebar di beberapa kecamatan yaitu di kecamatan Tandes, Sukomanunggal, Bubutan, Genteng, Tegalsari, Gubeng, Wonocolo, Sukolilo dan Rungkut.

B. Pemeriksaan Multikolinieritas

Pemeriksaan multikolinieritas dapat dilakukan dengan melihat nilai korelasi Pearson dan nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Berikut ini disajikan nilai korelasi Pearson.

TABEL 3. NILAI KOEFISIEN KORELASI PEARSON DARI VARIABEL

	PREDIKTOR			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
X <sub>2</sub>	-0,132			
X <sub>3</sub>	-0,083	0,239		
X <sub>4</sub>	-0,573	0,0334	-0,178	
X <sub>5</sub>	0,291	-0,056	-0,072	0,231

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa semua variabel prediktor memiliki nilai koefisien korelasi pearson kurang dari 0,95 artinya tidak terdapat kasus multikolinieritas. Selain dari koefisien korelasi pearson, kasus multikolinieritas juga dapat dilihat dari nilai VIF yaitu jika nilai VIF-nya lebih dari 10. Berikut adalah nilai VIF dari tiap variabel prediktor.

TABEL 4. NILAI VIF DARI VARIABEL PREDIKTOR

Variabel	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
VIF	1,557	1,176	1,074	1,681	1,101

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai VIF dari masing-masing variabel prediktor kurang dari 10 artinya tidak terjadi kasus multikolinieritas.

C. Overdispersi

Data dikatakan terjadi overdispersi apabila nilai varians variabel responnya lebih besar dari nilai rata-ratanya. Untuk melihat adanya overdispersi dapat dilihat dari nilai *deviance* pada model regresi Poisson dibagi dengan derajat bebasnya. Pada kasus TB ini, nilai *deviance* model regresi Poisson sebesar 483,64 dengan derajat bebas 25 sehingga rasio nilai devians dengan derajat bebasnya bernilai 19,3456. Nilai tersebut lebih besar dari angka 1 yang artinya data jumlah kasus TB tersebut mengalami kasus *overdispersi*.

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 3,9395 sehingga dilakukan pemodelan regresi Binomial Negatif dengan initial  $\theta$  sebesar 3,9395. Berikut adalah hasil uji dengan regresi Binomial Negatif.

TABEL 5. ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI BINOMIAL NEGATIF

	Estimate	Std.Error	t Value	P Value
(Intercept)	6,25E+00	1,08E+00	5,812	4,64E-06
X <sub>1</sub>	3,91E-05	1,51E-05	2,558	0,0159*
X <sub>2</sub>	-1,76E-02	1,16E-02	-1,512	0,1432
X <sub>3</sub>	-1,76E-02	7,27E-03	-2,415	0,0234*
X <sub>4</sub>	1,858E-02	1,195E-02	1,568	0,1294
X <sub>5</sub>	5,69E	1,04E+01	1,548	0,5886
Deviance : 25			DF : 25	

\*) signifikan dengan taraf nyata 5%

Berdasarkan hasil pengujian serentak dengan taraf signifikansi 5% didapatkan  $\chi^2_{(5;0.05)}$  sebesar 11,0705. Nilai *Deviance* (25) lebih besar dari  $\chi^2_{(5;0.05)}$  maka tolak  $H_0$  sehingga dapat disimpulkan minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Berdasarkan hasil pengujian secara individu hanya terdapat dua variabel prediktor yang signifikan, yaitu kepadatan penduduk ( $X_1$ ) dan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat ( $X_3$ ).

Berikut ini merupakan model regresi Binomial Negatif pada jumlah kasus TB di Surabaya tahun 2014.

$$\ln(\hat{\mu}) = 6.25 + 0.0000391X_1 - 0.0176X_2 - 0.076X_3 - 0.01866X_4 + 5.69X_5$$

Berdasarkan model binomial negatif yang terbentuk dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan satu jiwa/km<sup>2</sup> maka akan memperbesar jumlah kasus TB sebesar  $\exp(0.0000391)=1,00003901$  kali dengan asumsi variabel lain konstan. Pada variabel persentase rumah tangga ber-PHBS, setiap penambahan satu persen rumah tangga yang memenuhi kriteria ber-PHBS akan memperkecil jumlah kasus TB sebesar  $\exp(-0.076)=0,92268$  kali dengan asumsi variabel lain konstan.

**E. Pengujian Aspek Data Spasial**

Berdasarkan hasil pengujian heterogenitas diperoleh nilai statistik uji *Breusch-Pagan* sebesar 12,58798 dengan *p-value* sebesar 0,0756. Digunakan  $\alpha$  sebesar 5% maka didapatkan  $\chi^2_{(5;0.05)}$  sebesar 11,0705. 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 nilai  $Z_{hit}$  sebesar 0,6033437. Karena nilai  $Z_{hit}$  lebih kecil dari nilai  $Z_{0.05/2}$  (1,96) maka gagal tolak  $H_0$  sehingga dengan taraf nyata 5% 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 Kesamaan Model GWNBR Dengan Regresi Binomial Negatif**

Pemodelan jumlah kasus TB menggunakan GWNBR diharapkan memiliki hasil yang lebih baik daripada menggunakan metode regresi Binomial Negatif sehingga dilakukan pengujian kesamaan model GWNBR dan regresi Binomial Negatif. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai  $F_{hit}$  sebesar 33,3156. Dengan menggunakan  $\alpha=5\%$  didapatkan nilai dari  $F_{(0.05,25,25)}=1,955447$ . Karena nilai  $F_{hit}$  lebih besar dari  $F_{(0.05,25,25)}$  maka tolak  $H_0$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara model Binomial Negatif dengan model GWNBR. Selanjutnya dapat dilanjutkan pada pengujian signifikansi model GWNBR.

**G. Pengujian Signifikansi Model GWNBR**

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai *deviance* model GWNBR sebesar 866,0822. Dengan  $\alpha=5\%$  didapatkan nilai  $\chi^2_{(5;0.05)}$  sebesar 11,0705. Karena nilai *deviance* lebih besar dari  $\chi^2_{(5;0.05)}$  maka artinya minimal ada satu parameter model GWNBR yang signifikan berpengaruh terhadap model sehingga dilanjutkan dengan pengujian parameter parsial.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai  $Z_{hit}$  yang berbeda-beda tiap lokasi. Nilai  $|Z_{hit}|$  parameter setiap kecamatan dibandingkan dengan nilai  $Z_{0,05/2}$ . Jika nilai  $|Z_{hit}| > 1,96$  maka Tolak  $H_0$  yang artinya variabel tersebut memberikan pengaruh pada model. Sebagai contoh akan disajikan pengujian parameter pada lokasi penelitian yang ke-5 ( $u_5, v_5$ ) yaitu kecamatan Tenggilis Mejoyo dengan estimasi parameter ditampilkan pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui dari 5 variabel prediktor yang nilai  $|Z_{hit}| > Z_{(0,025)}$  atau variabel yang berpengaruh signifikan di kecamatan Tenggilis Mejoyo adalah variabel kepadatan penduduk dan persentase penderita HIV.

**TABEL 6. PENGUJIAN PARAMETER MODEL GWNBR DI KEC. TENGGILIS MEJOYO**

Parameter	Estimasi	Zhitung
Intercept	0,000122	59563,59*
X <sub>1</sub>	0,00000479	6,853618*
X <sub>2</sub>	0,011898	0,000652
X <sub>3</sub>	0,001254	1,347958
X <sub>4</sub>	0,003787	0,073872
X <sub>5</sub>	0,00000338	902,8604*
$\theta$	3,939532	-

\*) Signifikan pada taraf nyata 5%

Model GWNBR untuk kecamatan Tenggilis Mejoyo adalah sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = 6,248 + 0,0000047X_1 - 0,011898X_2 - 0,001254X_3 + 0,003787X_4 + 0,00000338X_5$$

Sesuai model yang terbentuk untuk kecamatan Tenggilis Mejoyo maka dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan kepadatan penduduk 1 jiwa/km<sup>2</sup> maka akan memperbesar jumlah kasus TB sebesar  $\exp(0.00000479)=1.000005$  kali dengan asumsi variabel lain konstan. Selanjutnya setiap penambahan satu persen penderita HIV maka akan memperbesar jumlah kasus TB di kecamatan Tenggilis Mejoyo sebesar  $\exp(0.00000338)=1,000003$  kali dengan asumsi variabel lain konstan.

Berikut adalah variabel yang signifikan di setiap kecamatan di Surabaya.

**TABEL 7. VARIABEL YANG SIGNIFIKAN PADA SETIAP KECAMATAN**

No	Variabel Signifikan	Kecamatan
1	X <sub>1</sub> , X <sub>5</sub>	Pakal, Benowo, Sambikerep, Tandes, Lakarsantri, Dukuh Pakis, Wiyung, Karangpilang, Jambangan, Gayungan, Wonocolo, Wonokromo, Tenggilis Mejoyo, Sukolilo, Rungkut, Gununganyar dan Tambaksari
2	X <sub>1</sub> , X <sub>3</sub> , dan X <sub>5</sub>	Asemrowo, Krembangan, Pabean Cantikan, Semampir, Kenjeran, Simokerto, Bubutan, Sukomanunggal, Sawahan, Tegalsari, Genteng, Gubeng, Mulyorejo dan Bulak

Berdasarkan Tabel 7 didapatkan hasil pengelompokan sebanyak 2 kelompok berdasarkan variabel yang signifikan Berikut gambar pengelompokannya.



**Gambar 2. Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Variabel Signifikan**

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa dari 2 kelompok yang terbentuk wilayahnya berdekatan. Pada kelompok 1 yaitu pada kecamatan pada kecamatan Pakal, Benowo, Sambikerep, Tandes, Lakarsantri, Dukuh Pakis, Wiyung, Karangpilang, Jambangan, Gayungan, Wonocolo, Wonokromo, Tenggiling Mejoyo, Sukolilo, Rungkut, Gununganyar dan Tambaksari, variabel yang berpengaruh signifikan yaitu kepadatan penduduk ( $X_1$ ) dan persentase penderita HIV ( $X_5$ ). Kedua variabel ini merupakan variabel global. Pada faktor kepadatan penduduk yang terbukti signifikan di tiap kecamatan sejalan dengan pernyataan [2] bahwa semakin padat hunian, maka akan semakin besar resiko untuk terjadi penularan TB. Hal ini karena kepadatan penduduk identik dengan keadaan lingkungan yang kumuh. Selain itu dengan bertambah padatnya penduduk maka peluang terjadinya kontak dengan penderita TB semakin besar, sehingga resiko untuk tertular juga ikut meningkat.

Pada variabel persentase penderita HIV sesuai dengan pernyataan dari [13], mengenai faktor yang mempengaruhi kemungkinan seseorang menjadi pasien TB adalah daya tahan tubuh yang rendah, diantaranya dikarenakan infeksi HIV/AIDS. HIV merupakan faktor resiko yang paling kuat bagi yang terinfeksi TB menjadi sakit TB. Infeksi TB menyebabkan kerusakan luas sistem daya tahan tubuh seluler, sehingga bila terjadi infeksi penyerta (*opportunities*), seperti tuberculosis maka akan menjadi sakit parah bahkan bisa menyebabkan kematian.

Pada kelompok 2 yang terdiri dari 14 kecamatan yaitu dari kecamatan Asemrowo, Krembangan, Pabean Cantikan, Semampir, Kenjeran, Simokerto, Bubutan, Sukomanunggal, Sawahan, Tegalsari, Genteng, Gubeng, Mulyorejo dan Bulak selain dari variabel global atau variabel yang berpengaruh signifikan terhadap semua kecamatan, juga terdapat variabel signifikan yang lain yaitu variabel persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat. Rumah tangga dikatakan berperilaku hidup bersih dan sehat apabila memenuhi beberapa indikator yaitu pertolongan persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan, bayi diberi ASI eksklusif, balita ditimbang setiap bulan, menggunakan air bersih, mencuci tangan dengan air bersih dan sabun, menggunakan jamban sehat dan memberantas jentik di rumah sekali seminggu. Dari beberapa indikator tersebut, berkaitan dengan kebersihan diri masing-masing orang. Apabila kebersihan diri seseorang baik, maka kemungkinan terjangkit penyakit akan berkurang terutama yang disebabkan oleh kuman. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian [5] yang menghasilkan kesimpulan bahwa persentase perilaku hidup bersih dan sehat merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TB di Surabaya.

## V. KESIMPULAN

Pada tahun 2014, jumlah kasus TB di Surabaya mencapai 2855 kasus dengan rata-rata jumlah kasus per kecamatan adalah 92 kasus. Kecamatan dengan jumlah kasus tertinggi adalah di kecamatan Krembangan dengan jumlah kasus sebanyak 220 kasus, sementara kecamatan gayungan merupakan kecamatan dengan jumlah kasus paling sedikit yaitu sebanyak 12 kasus.

Berdasarkan hasil pemodelan GWNBR terbentuk 2 pengelompokan berdasarkan variabel yang signifikan. Pada kelompok yang pertama merupakan kelompok

kecamatan yang dipengaruhi secara signifikan oleh variabel global yaitu kepadatan penduduk ( $X_1$ ) dan persentase penderita HIV ( $X_5$ ). Sementara pada kelompok 2 merupakan kelompok kecamatan yang selain dipengaruhi oleh variabel global juga dipengaruhi oleh variabel lain yaitu persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat ( $X_3$ ).

Saran pada Dinas Kesehatan Surabaya, berdasarkan variabel yang signifikan berpengaruh terhadap jumlah kasus TB di Surabaya yaitu kepadatan penduduk, persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat serta persentase penderita HIV maka perlu dilakukan penyuluhan terkait kasus HIV dan cara penanganannya. Selain itu juga perlu adanya peningkatan pola hidup bersih dan sehat untuk menekan jumlah penderita TB yang terjadi di Surabaya. Saran untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis menggunakan *Mixed Geographically Weighted Negative Binomial Regression*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditama, T. (2002). *Diagnosis dan Pengobatan Tuberculosis Terbaru*. (<http://www.tbindonesia.or.id>) diakses 23 Januari 2016.
- [2] Karyadi, E., West, E.C., Schultink, W., Nelwan, H.R., Gross, R., dan Amin, Z. (2003). "A double-blind, placebo-controlled study of vitamin A and Zinc Supplementation in persons with tuberculosis in Indonesia: Effects on clinical response and nutritional status". *The American Journal of Clinical Nutrition* 75, 702-707.
- [3] Dinas Kesehatan Kota Surabaya. (2015). *Profil Kesehatan Kota Surabaya Tahun 2014*. Surabaya : Dinas Kesehatan Kota Surabaya.
- [4] Suherni, N.A.D. (2013). *Analisis Pengelompokan Kecamatan di Kota Surabaya Berdasarkan Faktor Penyebab Terjadinya Penyakit Tuberculosis*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Statistika FMIPA-ITS Surabaya.
- [5] Zahiroh, N. (2014). *Pemodelan Penyakit Tuberculosis (Tb) Di Kota Surabaya Tahun 2013 Dengan Metode Geographically Weighted Poisson Regression*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Statistika FMIPA-ITS Surabaya.
- [6] Kementerian Kesehatan, R. (2009). *Strategi Nasional Pengendalian Tuberculosis di Indonesia 2010-2014*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan.
- [7] WHO, W. H. (2011). *Global Tuberculosis Control 2011*. France: WHO Press.
- [8] Hocking, R. (1996). *Method and Applications of Linier Models*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [9] Famoye, F., Wulu, J., & Singh, K. (2004). On The Generalize Poisson Regression Model with an Application to Accident Data. *Journal of Data Science* 2, 287-295.
- [10] Hilbe, J. (2011). *Negative Binomial Regression, Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- [11] Ricardo, A., & Carvalho, T. (2013). *Geographically Weighted Negative Binomial Regression-Incorporating Overdispersion*. Business Media New York: Springer Science.
- [12] Wildani, A. A. (2013). *Asuhan Keperawatan Keluarga dengan Ketidakefektifan Bersihan Jalan Napas pada Tuberculosis Paru Lansia di RT 06/RW 01 Kelurahan Cisalak Pasar Kecamatan Cimanggis Kota Depok*. Jakarta.: Karya Ilmiah Akhir Program Profesi Fakultas Keperawatan Ners-UI Jakarta.
- [13] Annie, L. (2013). *Tuberculosis dan HIV*.
- [14] (<http://hivinsite.ucsf.edu/Insite?page=kb-05-01-06>) diakses pada 31 April 2016.