

Pemodelan Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur dengan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR)

Eriska Evadianti dan Puhadi

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jalan Arief Rahman Hakin, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail : purhadi@statistika.its.ac.id

Abstrak—Jumlah kematian ibu merupakan salah satu indikator dalam mengukur pelayanan kesehatan ibu dan anak (KIA). Banyak faktor yang mempengaruhi jumlah kematian ibu seperti faktor geografis, sosial dan lain sebagainya. Pemodelan jumlah kematian ibu dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhinya. Jumlah kematian ibu yang mengikuti distribusi poisson, dapat dimodelkan dengan Regresi Poisson. Pemodelan menggunakan regresi poisson, ditemukan kasus overdispersi. Salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi overdispersi pada regresi poisson adalah regresi Binomial negatif. Dengan mempertimbangkan aspek wilayah, maka digunakan metode *Geographically Weighted Binomial Negative Regression* (GWBNR). Penelitian dengan pembobotan Bisquare Kernel diperoleh 6 kelompok yang dikelompokkan berdasarkan variabel yang signifikan dan diketahui tidak ada perbedaan antara model Binomial Negatif dan GWNBR. Oleh karena itu, pada analisis selanjutnya dapat digunakan metode regresi spasial lainnya dan menggunakan beberapa jenis pembobotan untuk mengetahui pembobotan dan metode terbaik dalam pemodelan jumlah kematian ibu serta memperhatikan aspek pendidikan, sosial, ekonomi dan lingkungan.

Kata Kunci—*Binomial Negatif, Geographically Weighted Binomial Negative Regression, Overdispersi, Poisson.*

I. PENDAHULUAN

Salah satu kesepakatan dalam MDGs pada poin ke lima adalah meningkatkan derajat kesehatan ibu yang dapat diukur dengan indikator angka kematian dan jumlah kematian ibu. Tahun 2015 Indonesia memiliki target untuk menurunkan dua per tiga rasio kematian ibu. Kematian ibu dipengaruhi oleh faktor langsung dan tidak langsung, dalam upaya menurunkan kematian ibu, dinas kesehatan telah melakukan program penanggulangan kematian ibu seperti pemberian tablet penambah darah, pelayanan ibu hamil hingga pelayanan terhadap ibu nifas.

Jumlah kematian ibu merupakan data jumlahan, dan distribusi poisson merupakan salah satu distribusi untuk data jumlahan. Memodelkan jumlah kematian ibu berdasarkan faktor faktor yang mempengaruhinya dapat dilakukan menggunakan regresi poisson. Dalam regresi poisson terdapat asumsi equidispersi dimana varians data sama dengan rata rata data. Tak jarang dalam regresi poisson terdapat kasus overdispersi yang menyebabkan parameter 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* dengan unit penelitian 38 kabupaten/kota di Jawa Timur. Hasil analisis yang akan diperoleh adalah model regresi poisson dan binomial negatif serta faktor faktor yang mempengaruhi jumlah kematian ibu di Jawa Timur dan menggunakan pembobotan *Adaptive Bisquare Kernel* akan diperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi setiap kabupaten/kota.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Regresi Poisson

Distribusi poisson merupakan bentuk distribusi untuk peristiwa yang probabilitas kejadiannya sangat kecil dan bergantung pada interval waktu tertentu dengan hasil pengamatan berupa variabel diskrit, dimana fungsi distribusinya adalah sebagai berikut [1]:

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

Dengan μ merupakan rata rata variabel random Y yang berdistribusi poisson di mana nilai rata-rata dan varians dari Y mempunyai nilai lebih dari nol.

Regresi Poisson merupakan suatu bentuk analisis regresi yang digunakan untuk memodelkan data yang berbentuk *count* (jumlah). Regresi poisson dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dimana:

$$\mu_i = \mu_i(\mathbf{x}_i) = \exp(\beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik}) \quad (2)$$

Penaksiran parameter model regresi poisson menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dengan cara memaksimalkan fungsi *likelihood* [2].

Pengujian parameter model regresi poisson bertujuan untuk menguji apakah parameter model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (y) dengan hipotesis sebagai berikut:

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

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

Dengan statistik uji sebagai berikut:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Delta = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) \quad (3)$$

Daerah penolakan adalah Tolak H_0 jika nilai $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha; p)}$ yang artinya paling sedikit ada satu variabel yang

memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (y).

Setelah dilakukan pengujian serentak, dilanjutkan dengan pengujian parsial dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

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

Dengan statistik uji sebagai berikut:

$$Z = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (4)$$

Daerah penolakan adalah Tolak H_0 jika nilai dari $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ artinya variabel k memberikan pengaruh yang signifikan pada model.

Overdispersi dalam regresi poisson terjadi apabila nilai variansnya lebih besar daripada nilai meannya [3]. Overdispersi menyebabkan dugaan dari parameter koefisien regresinya tetap konsisten namun tidak efisien. Hal ini akan berdampak pada nilai standar error yang menjadi *underestimate*, sehingga tidak valid. Jika pada regresi poisson terjadi overdispersi, maka alternatif yang dapat digunakan adalah regresi binomial negatif [4].

B. Regresi Binomial Negatif

Pada regresi binomial negatif yang dihasilkan dari distribusi *mixture* Poisson-Gamma dengan fungsi massa peluang binomial negatif:

$$f(y, \mu, \theta) = \frac{\Gamma(y+1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)y!} \left(\frac{1}{1+\theta\mu}\right)^{1/\theta} \left(\frac{\theta\mu}{1+\theta\mu}\right)^y \quad (5)$$

Saat $\theta = 0$ maka distribusi binomial negatif memiliki varians $V[Y] = \mu$. Fungsi distribusi keluarga eksponensial dari distribusi binomial negatif [5] adalah:

$$f(y, \mu, \theta) = \exp\left\{y \ln\left(\frac{\theta\mu}{1+\theta\mu}\right) + \frac{1}{\theta} \ln\left(\frac{1}{1+\theta\mu}\right)\right\} \quad (6)$$

Estimasi parameter dari regresi binomial negatif digunakan metode maksimum *likelihood*.

Uji kesesuaian model regresi binomial negatif dengan uji devians dan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0$$

Statistik Uji:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Delta \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2(\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega})) \quad (7)$$

Daerah penolakan adalah tolak H_0 jika nilai $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha,p)}$, artinya paling sedikit ada satu variabel yang memberikan pengaruh pada model.

Setelah dilakukan uji serentak, dilanjutkan dengan pengujian parsial setiap variabel prediktornya dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0,$$

Statistik uji:

$$Z = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (8)$$

Daerah penolakan adalah tolak H_0 jika nilai $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$, artinya variabel k memberikan pengaruh pada model.

C. Pengujian Spasial

Terdapat dua pengujian spasial yaitu heterogenitas spasial dan dependensi spasial.

Untuk melihat adanya heterogenitas spasial pada data dapat dilakukan pengujian *Breusch-Pagan* [6]. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_n = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \sigma^2_i \neq \sigma^2$$

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

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f \sim \chi^2_{(p)} \quad (9)$$

Kriteria Penolakan: Tolak H_0 jika nilai $BP > \chi^2_{(p)}$ yang artinya adalah variansi antar lokasi berbeda.

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian dependensi spasial adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \text{Tidak ada dependensi spasial}$$

$$H_1 : \text{Terdapat dependensi spasial}$$

Dengan Statistik uji Moran's I sebagai berikut.

$$z_i = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}} \quad (10)$$

Kriteria Penolakan: Tolak H_0 jika nilai $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ yang artinya terdapat dependensi spasial.

Terdapat tiga fungsi pembobot yang sering digunakan dalam pembobotan salah satunya adalah fungsi *Adaptive Bisquare Kernel* yaitu:

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i}\right)^2\right)^2 & \text{untuk } d_{ij} \leq h_i \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h_i \end{cases} \quad (11)$$

D. GWNBR

Model GWNBR akan menghasilkan penduga parameter lokal dengan masing masing lokasi akan memiliki parameter yang berbeda beda. Model GWNBR dapat dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$y_i \sim NB \left[t_i \exp \left(\sum_k \beta_k (u_i, v_i) x_{ik} \right), \theta (u_i, v_i) \right] \quad (12)$$

Di mana,

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 disperse untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

Fungsi sebaran binomial negatif untuk setiap lokasi berdasarkan persamaan (6) dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut:

$$f(y_i | \mathbf{x}_{ik} \boldsymbol{\beta} (u_i, v_i), \theta_i) = \frac{\Gamma(y_i+1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i)\Gamma(y_i+1)} \left(\frac{1}{1+\theta_i\mu_i}\right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i\mu_i}{1+\theta_i\mu_i}\right)^{y_i} \quad (13)$$

Di mana,

$$\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} (u_i, v_i))$$

$$\theta_i = \theta (u_i, v_i)$$

Penduga parameter koefisien GWNBR dilakukan dengan metode maksimum *likelihood*.

Penaksiran parameter model GWNBR dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Langkah-langkah estimasi :

1. Menentukan nilai taksiran awal parameter $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(0)} = [\theta_0 \ \beta_{00} \ \dots \ \beta_{p0}]$, iterasi pada saat $m=0$
2. Membentuk vektor g

$$g^T(\boldsymbol{\beta}^{(m)})_{(p+1)} = \left[\frac{\partial \ln L(\cdot)}{\partial \theta}, \frac{\partial \ln L(\cdot)}{\partial \beta_0}, \frac{\partial \ln L(\cdot)}{\partial \beta_1}, \dots, \frac{\partial \ln L(\cdot)}{\partial \beta_p} \right]_{\boldsymbol{\beta} = \hat{\boldsymbol{\beta}}^{(m)}}$$

Dengan p adalah banyaknya parameter yang diduga.

3. Membentuk matriks Hessian **H** yang elemennya adalah:

$$H(\hat{\beta}_{(m)})_{(p+1)(p+1)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_1^2} & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_1 \partial \beta_0} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_1 \partial \beta_p} \\ \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_0^2} & \dots & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_0 \partial \beta_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{simetris} & & & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_p^2} \end{bmatrix}_{\beta = \hat{\beta}_{(m)}}$$

Matriks Hessian ini disebut juga matriks informasi.

4. Melakukan iterasi mulai dari $m=0$ pada persamaan:

$$\hat{\beta}_{(m+1)} = \hat{\beta}_{(m)} - H_{(m)}^{-1}(\hat{\beta}_{(m)})g_{(m)}(\hat{\beta}_{(m)})$$

5. Proses iterasi dapat dihentikan ketika nilai taksiran yang diperoleh sudah konvergen ke suatu nilai ,atau $\hat{\beta}_{(m+1)} \approx \hat{\beta}_{(m)}$

6. Jika belum mencapai penduga parameter yang konvergen, maka pada langkah ke-2 dilakukan kembali sampai mencapai konvergen. Penduga parameter yang konvergen diperoleh jika $\|\beta_{(m+1)} - \beta_m\| < \epsilon$, ϵ merupakan bilangan yang sangat kecil.

Terdapat tiga macam pengujian parameter untuk model GWNBR yaitu uji kesamaan model GWNBR dengan regresi Binomial Negatif, pengujian serentak serta pengujian secara parsial.

a. Pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi binomial negatif

Hipotesis pengujian kesamaan adalah:

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k \quad k = 0, 1, 2, \dots, p$$

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

Dengan statistik ujiinya adalah sebagai berikut:

$$F_{hit} = \frac{\text{Devians Model A} / df_A}{\text{Devians Model B} / df_B} \quad (14)$$

Daerah Penolakan adalah Tolak H_0 jika nilai $F_{hit} > F_{(\alpha, df_A, df_B)}$ artinya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara model binomial negatif dengan model GWNBR. Pengujian serentak dan parsial pada model GWNBR sama dengan pengujian pada binomial negatif.

E. Multikolinieritas

Multikolinieritas adalah kondisi terdapatnya hubungan linier atau korelasi yang tinggi antara satu variabel prediktor dengan variabel prediktor yang lain. Dalam model regresi, adanya korelasi antar variabel prediktor menyebabkan taksiran parameter regresi yang dihasilkan akan memiliki error yang sangat besar. Pendeteksian kasus multikolinieritas dapat dilihat melalui beberapa cara, salah satunya adalah Nilai VIF (*Varian Inflation Factor*) lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antar variabel prediktor [8].

F. Kematian Ibu

Kematian Ibu merupakan kematian seorang wanita pada saat hamil atau kematian dalam kurun waktu 42 hari setelah kehamilan berakhir, tanpa melihat lamanya kehamilan atau tempat persalinan, karena sebab apapun yang terkait yaitu kematian yang disebabkan oleh kehamilannya atau komplikasi dan penangannya, tetapi bukan karena sebab-sebab lain seperti kecelakaan atau

insidental [9]. Penyebab kematian ibu dikategorikan menjadi penyebab langsung dan tidak langsung.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur tahun 2013 dengan unit penelitian berupa data setiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Variabel yang digunakan adalah Jumlah kematian Ibu(Y), Persentase ibu hamil mendapatkan Fe 3(X₁), Persentase ibu hamil beresiko tinggi (X₂), Persentase penanganan ibu mengalami komplikasi (X₃), Persentase persalinan dibantu dukun (X₄), Persentase Ibu Nifas mendapatkan pelayanan (X₅), Persentase Ibu Nifas mendapatkan vitamin A (X₆), Rasio sarana kesehatan Rumah Sakit (X₇), Rasio sarana kesehatan Puskesmas (X₈), Lintang (longitude) kabupaten/ kota ke-i (u_i), Bujur (latitude) kabupaten/kota ke-i (v_i).

Langkah-langkah dalam analisis data ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan variabel respon dan prediktor.
2. Mengidentifikasi dan menyelesaikan adanya kasus multikolinieritas.
3. Melakukan pemeriksaan overdispresi data.
4. Mendapatkan model Binomial Negatif
 - a. Menaksir parameter model regresi binomial negatif.
 - b. Menguji signifikansi parameter model regresi binomial negatif secara serentak
 - c. Menguji signifikansi parameter model regresi binomial negatif secara parsial.
5. Melakukan pengujian spasial
 - a. Menguji Heterogenitas Spasial
 - b. Menguji Dependensi Spasial
6. Mendapatkan model GWNBR dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Menaksir parameter model GWNBR.
 - b. Menghitung jarak *euclidian* antar lokasi pengamatan berdasarkan posisi geografisnya
 - c. Mendapatkan *bandwidth* optimal untuk setiap lokasi pengamatan .
 - d. Menghitung matrik pembobot menggunakan fungsi *Adaptive bisquare kernel*.
 - e. Melakukan pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi binomial negatif
 - f. Menguji signifikansi parameter model GWNBR secara serentak
 - g. Menguji signifikansi parameter model GWNBR secara parsial.
7. Melakukan intepretasi model GWNBR dan membentuk peta pengelompokkan berdasarkan faktor yang signifikan.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Multikolinieritas

Nilai VIF yang lebih besar dari 10 menunjukkan adanya kasus multikolinieritas antar variabel prediktor. Berikut nilai VIF masing masing variabel prediktor pada Tabel 1.

Tabel 1.
Nilai VIF 8 Variabel Prediktor

Variabel	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
VIF	1,953	1,606	1,428	1,276
Variabel	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
VIF	1,249	2,034	1,231	1,229

Nilai VIF pada delapan variabel memiliki nilai yang sangat kecil dan kurang dari 10, sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat kasus multikolinieritas pada data.

B. Pemodelan Regresi Poisson

Dengan menggunakan *software* R dan metode MLE, diperoleh estimasi parameter model regresi poisson pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2.
Devians Model Model Poisson

AIC	Devians	df	$\chi^2_{(0,1;8)}$
287,14	103,42	29	13,36

Untuk pengujian serentak dapat dilihat pada Tabel 2 diketahui nilai devians sebesar 103,42 jika nilai devians dibandingkan dengan nilai Chi-Square maka $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha;p)}$ yang artinya paling sedikit ada satu variabel yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon.

Dilanjutkan pada pengujian parsial yang bertujuan untuk mengetahui variabel prediktor mana saja yang memberikan pengaruh secara parsial.

Tabel 3.
Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

Parameter	Estimasi	Zhitung	$\Pr(Z > Z_{hit})$
$\hat{\beta}_0$	2,630	52,976	2×10^{-16}
$\hat{\beta}_1$	0,294	4,897	0,000
$\hat{\beta}_2$	0,012	0,238	0,812
$\hat{\beta}_3$	0,174	3,256	0,001
$\hat{\beta}_4$	0,018	0,397	0,692
$\hat{\beta}_5$	-0,068	-1,278	0,201
$\hat{\beta}_6$	-0,166	-2,622	0,009
$\hat{\beta}_7$	-0,507	-6,359	0,000
$\hat{\beta}_8$	-0,435	-8,264	2×10^{-16}

Berdasarkan Tabel 3 pada kolom $\Pr(|Z| > Z_{hit})$ jika dibandingkan dengan dengan p-value sebesar 0,1 dapat terlihat variabel mana saja yang signifikan, selain itu dapat juga dilihat dari nilai $|Z_{hit}|$ yang dibandingkan dengan nilai $Z_{\alpha/2}$; $Z_{0,1/2} = 1,64$. Apabila nilai dari $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ maka variabel memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon. Berdasarkan hasil pada Tabel 3, dapat disimpulkan variabel yang signifikan mempengaruhi variabel respon adalah X_1, X_3, X_6, X_7 dan X_8 . Model regresi Poisson yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp(2,04634 + 0,0394 X_1 + 0,018003 X_3 - 0,02404 X_6 - 0,40549 X_7 - 2,07222 X_8)$$

C. Overdispersi

Overdispersi dalam regresi poisson terjadi apabila nilai variansnya lebih besar daripada nilai meannya. Overdispersi dapat dideteksi dengan nilai devians yang dibagi dengan derajat bebasnya. Jika nilai hasil pembagian tersebut lebih besar dari 1, maka dapat dikatakan terjadi overdispersi pada data.

Tabel 4.
Nilai devians regresi poisson

Kriteria	nilai	db	nilai/db
<i>Deviance</i>	103,42	29	3,566

Berdasarkan Tabel 4. diketahui bahwa nilai hasil bagi antara devians dan derajat bebasnya lebih dari 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa pada model regresi poisson jumlah kematian ibu di Jawa Timur terdapat kasus overdispersi. Salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi overdispersi pada regresi poisson adalah regresi Binomial Negatif.

D. Pemodelan Binomial Negatif

Dengan menggunakan *software* R dan memasukkan nilai awal $\hat{\theta} = 4,826$, diperoleh estimasi parameter model regresi Binomial Negatif pada Tabel 5.

Tabel 5.
Devians Model Model Binomial Negatif

AIC	Devians	df	$\chi^2_{(0,1;8)}$
265,33	29	29	13,36

Pada Tabel 5 diketahui nilai devians sebesar 42,148. Jika nilai devians dibandingkan dengan nilai Chi-Square maka $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha;p)}$ yang artinya paling sedikit ada satu variabel yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon.

Selanjutnya untuk mengetahui variabel prediktor mana saja yang memberikan pengaruh secara parsial.

Tabel 6.
Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Parameter	Estimasi	Zhitung	$\Pr(Z > Z_{hit})$
$\hat{\beta}_0$	2,62765	30,182	2×10^{-16}
$\hat{\beta}_1$	0,28008	2,328	0,027071
$\hat{\beta}_2$	0,03428	0,322	0,749552
$\hat{\beta}_3$	0,13784	1,328	0,194427
$\hat{\beta}_4$	0,01975	0,211	0,834449
$\hat{\beta}_5$	-0,06575	-0,647	0,522886
$\hat{\beta}_6$	-0,17822	-1,436	0,161737
$\hat{\beta}_7$	-0,56153	-4,476	0,000108
$\hat{\beta}_8$	-0,39158	-3,955	0,000452

Berdasarkan Tabel 6 pada kolom $\Pr(|Z| > Z_{hit})$ jika dibandingkan dengan dengan p-value sebesar 0,1 dapat terlihat variabel mana saja yang signifikan, selain itu dapat juga dilihat dari nilai $|Z_{hit}|$ yang dibandingkan dengan nilai $Z_{\alpha/2}$; $Z_{0,1/2} = 1,64$. Apabila nilai dari $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ maka variabel memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon adalah

X_1, X_7 dan X_8 . Model regresi Binomial yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp(2,4448 + 2,266X_1 - 0,45035 X_7 - 1,59615 X_8)$$

Jika dibandingkan dengan regresi poisson, regresi binomial negatif mempunyai nilai devians yang lebih kecil (29,00) daripada regresi poisson (103,42) sehingga dapat disimpulkan bahwa regresi Binomial Negatif lebih baik daripada regresi Poisson. Selain itu, pada regresi Binomial Negatif diketahui nilai devians dibagi derajat bebasnya adalah 1, sehingga dapat disimpulkan, Regresi Binomial Negatif dapat mengatasi overdispersi pada Regresi Poisson

E. Pengujian Spasial

Untuk melihat adanya heterogenitas spasial pada data dapat dilakukan pengujian *Breusch-Pagan*. Berdasarkan hasil pengujian dengan *software R* diperoleh nilai BP test sebesar 11,9876 dan p-value sebesar 0,1518. Jika nilai BP dibandingkan dengan nilai $\chi^2_{(0,2;8)}$; $\chi^2_{(0,2;8)} = 11,03009$ diketahui nilai BP > $\chi^2_{(0,2;8)}$, selain itu dapat juga dilihat dari nilai p-value < α sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat dependensi spasial antar wilayah.

Pengujian dependensi menggunakan *software R* diperoleh p-value sebesar 0,1137899. Jika dibandingkan dengan nilai alpha sebesar 0,1 maka p-value > α , sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat dependensi spasial antar wilayah.

F. Pemodelan GWNBR

Terdapat tiga macam pengujian parameter untuk model *Geographically Weighted Negative Binomial* yaitu pengujian kesamaan model *Geographically Weighted Negative Binomial* dengan regresi binomial negatif, pengujian serentak dan pengujian parsial.

a. Pengujian Kesamaan model

Pengujian pertama yang dilakukan adalah menguji kesamaan antara model *Geographically Weighted Negative Binomial* dengan model regresi binomial negatif. Berdasarkan perhitungan manual menggunakan Ms. Excel diperoleh nilai devians model *Geographically Weighted Negative Binomial* sebesar 997,68.

Tabel 7. Perhitungan Kesamaan Model

Devians BN	df	Devians GWNBR	df	Fhit
29,00	29	997,68	29	0,029

Dari perhitungan diatas, diketahui nilai F_{hitung} sebesar 0,098. Dengan menggunakan nilai alpha 0,1 maka diperoleh nilai $F_{tabel} = 1,6119$. Jika dibandingkan antara nilai F_{hitung} dan F_{tabel} diketahui nilai F_{hitung} lebih kecil daripada F_{tabel} , sehingga Gagal Tolak H_0 , yang artinya tidak ada perbedaan antara model Binomial Negatif dan *Geographically Weighted Negative Binomial*.

b. Pengujian serentak

Pengujian selanjutnya dilakukan pengujian secara serentak untuk menguji apakah ada variabel prediktor berpengaruh terhadap model.

Tabel 8. Perhitungan Pengujian Serentak

Devians GWNBR	df	$\chi^2_{(0,05;8)}$
997,68	29	13,36

Jika devians dibandingkan dengan nilai $\chi^2_{(0,1;8)}$ dapat disimpulkan bahwa Tolak H_0 yang artinya paling sedikit ada satu variabel prediktor yang berpengaruh terhadap model.

c. Pengujian Parsial

Pengujian signifikansi model *Geographically Weighted Negative Binomial* secara parsial dilakukan bertujuan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon pada tiap-tiap lokasi. Berdasarkan hasil pengujian signifikansi parameter dengan *software R*, diperoleh parameter yang signifikan berbeda-beda untuk tiap kabupaten/kota. Nilai $|Z_{hit}|$ parameter setiap kabupaten/ kota dibandingkan dengan nilai $Z_{0,1/2}$. Jika nilai $|Z_{hit}| > 1,64$ maka Tolak H_0 , yang artinya variabel tersebut memberikan pengaruh pada model. Parameter yang signifikan di setiap kabupaten dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut.

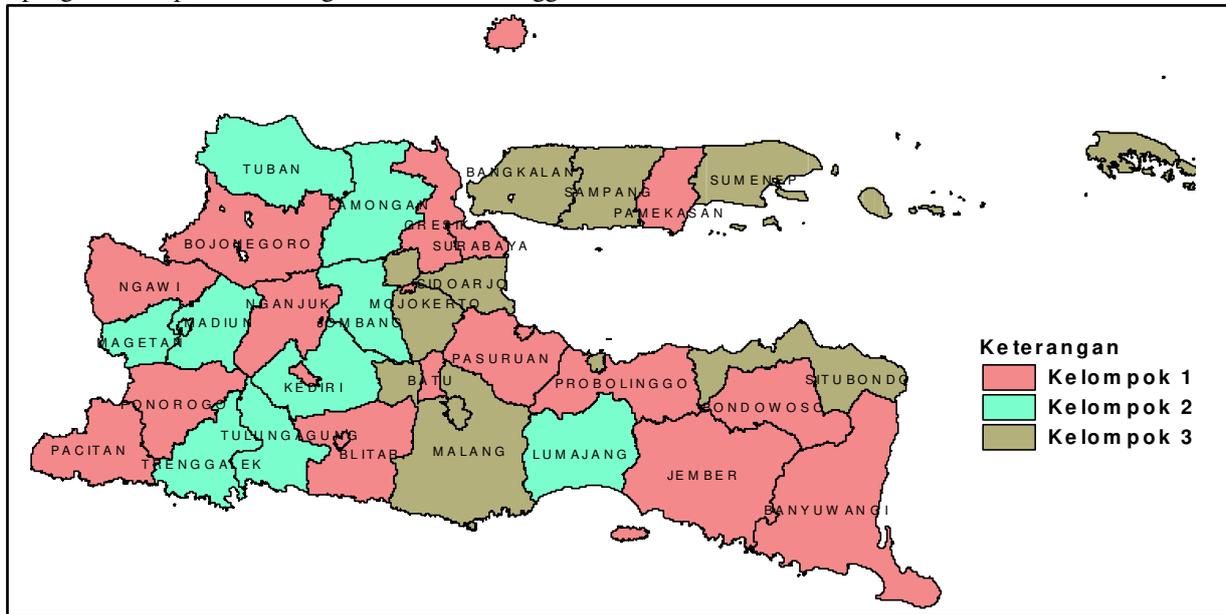
Tabel 9. Pengelompokan Kabupaten/Kota Berdasarkan Variabel yang Signifikan dalam Model GWNBR

Kel	Kabupaten	Variabel yang Signifikan
1	Pacitan, Ponorogo, Blitar, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Probolinggo, Pasuruan, Nganjuk, Ngawi, Bojonegoro, Gresik, Pamekasan, kota Kediri, kota Blitar, kota Pasuruan, kota Mojokerto, kota Surabaya, dan kota Batu	X_1, X_2, X_4 dan X_8
2	Trenggalek, Tulungagung, Kediri, Lumajang, Jombang, Madiun, Magetan, Tuban, Lamongan dan kota Madiun	X_1 dan X_8
3	Malang, Situbondo, Sidoarjo, Mojokerto, Bangkalan, Sampang, Sumenep, kota Malang dan kota Probolinggo	X_1, X_2 dan X_8

Kabupaten/kota Jawa Timur terbagi menjadi 3 kelompok berdasarkan variabel yang mempengaruhinya. Kelompok 1 dengan 4 variabel yang signifikan yaitu Persentase ibu hamil yang mendapatkan Fe3 (X_1), Persentase ibu hamil yang beresiko tinggi (X_2), Persentase persalinan dibantu dukun (X_4) dan Rasio sarana kesehatan Puskesmas (X_8) yang memiliki wilayah terbanyak yaitu 19 wilayah. Kelompok 2 terdapat 10 kabupaten/kota dengan 2 variabel yang signifikan dan yaitu Persentase ibu hamil yang mendapatkan Fe3 (X_1) dan Rasio sarana kesehatan Puskesmas (X_8). Kelompok 3 dengan 3 variabel yang signifikan, dimana variabel yang signifikan adalah Persentase ibu hamil yang mendapatkan

Fe3 (X_1), Persentase ibu hamil yang beresiko tinggi (X_2) dan Rasio sarana kesehatan Puskesmas (X_8). Kabupaten/kota yang masuk dalam kelompok 3 adalah Malang, Situbondo, Sidoarjo, Mojokerto, Bangkalan, Sampang, Sumenep, kota Malang dan kota Probolinggo.

Pengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan variabel yang signifikan yang dibagi dalam 3 kelompok dapat digambarkan dalam peta sebagai berikut.



Gambar 1. Peta pengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan variabel yang signifikan

Gambar 1 menunjukkan bahwa peta pengelompokkan yang terbentuk memiliki pola yang menyebar. Kabupaten/kota yang masuk dalam satu kelompok belum tentu letaknya saling berdekatan. Kelompok kedua misalnya, dengan 2 variabel yang signifikan dan memiliki 10 wilayah, dimana wilayah yang tergabung dalam kelompok 2 memiliki pola yang menyebar namun ada juga yang berdekatan. Pola saling berdekatan ditunjukkan oleh warna hijau yaitu kabupaten Magetan, Madiun dan kota Madiun, serta Kabupaten Tuban, Lamongan, Jombang, Kediri, Tulungagung, dan Trenggalek. Sedangkan yang wilayahnya berjauhan yaitu kabupaten Lumajang.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan Jumlah kematian ibu di Jawa Timur lebih tepat jika menggunakan regresi binomial negatif dibandingkan dengan regresi poisson jika terdapat kasus overdispersi pada regresi Poisson. Selain dapat mengatasi overdispersi, Regresi binomial negatif memiliki nilai devians yang lebih kecil dibandingkan regresi poisson. Perbedaan antara regresi poisson dengan binomial negatif adalah variabel Persentase penanganan ibu yang mengalami komplikasi (X_3) dan Persentase Ibu Nifas yang mendapatkan vitamin A (X_6) signifikan pada regresi poisson, sedangkan regresi binomial negatif tidak. Menggunakan pembobotan *adaptive bisquare kernel* didapatkan 3 kelompok yang dikelompokkan berdasarkan variabel yang signifikan mempengaruhi.

Saran yang dapat direkomendasikan pada penelitian selanjutnya adalah melakukan pemodelan menggunakan berbagai jenis bobot, dan membandingkannya untuk mengetahui pembobot terbaik dalam memodelkan kasus kematian ibu di Jawa Timur serta mempertimbangkan faktor lainnya seperti pendidikan, sosial ekonomi dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Myers, R. H. (1990). *Classical and Modern Regression with Application*. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- [2] Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [3] McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). *Generalized linear models*. London: Chapman and Hall.
- [4] Hardin, J. W., & Hilbe, J. M. (2007). *Generalized Linear Models and Extensions Second Edition*. Texas: Stata Press.
- [5] Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [6] Greene, W. (2008). Functional forms for the negative binomial model for count data. *Economics Letters* 99(3) , 585-590.
- [7] Ricardo, A., & Carvalho, T. (2013). *Geographically Weighted Negative Binomial Regression-Incorporating Overdispersion*. Business Media New York: Springer Science.
- [8] Hocking, R. R. (1996). *Methods and applications of linear models: regression and the analysis of variance*. New York: John Wiley and Sons.
- [9] WHO. (t.thn.). *World Health Organization*. Dipetik 02 20, 2014, dari <http://www.who.int>
- [10] Dinkes. (2014). *Laporan LB3 KIA Sie Kesga Dinkes Prov. Jatim*. Surabaya: Dinas Kesehatan Jawa Timur.