

Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Tetanus Neonatorum (TN) di Jawa Timur dengan Metode Regresi *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP)

Siska Puji Lestari dan Sri Pingit Wulandari

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—Salah satu penyebab dari kesakitan dan kematian anak adalah Tetanus Neonatorum. Tetanus Neonatorum merupakan penyakit tetanus yang disebabkan oleh neurotoxin yang dihasilkan oleh bakteri *Clostridium tetani* pada luka tertutup pada bayi baru lahir yang dapat menyebabkan kematian. Jumlah kasus Tetanus Neonatorum merupakan data jumlahan dengan asumsi mengikuti distribusi Poisson. Banyaknya data yang bernilai nol sebanyak 76,3% mengindikasikan adanya overdispersi dalam variabel respon. Adanya overdispersi dapat menyebabkan model yang terbentuk menghasilkan estimasi parameter yang bias sehingga dalam penelitian ini menggunakan regresi *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur tahun 2012. Model terbaik yang dihasilkan dari regresi *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP) menghasilkan 2 variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus Tetanus Neonatorum yaitu persentase ibu bersalin ditolong dukun (X_2) dan persentase kunjungan neonatus 3 kali (KN3 atau KN Lengkap) (X_4).

Kata Kunci—Overdispersi, regresi *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP), Tetanus Neonatorum.

I. PENDAHULUAN

TETANUS Neonatorum merupakan penyakit tetanus yang disebabkan oleh *neurotoxin* yang dihasilkan oleh bakteri *Clostridium tetani* pada luka tertutup pada bayi baru lahir di usia < 28 hari setelah lahir. Pada tahun 2000, Badan Kesehatan Dunia mengajak seluruh dunia untuk mengeliminasi Tetanus Neonatorum untuk mengurangi jumlah kematian bayi. Salah satu negara yang belum mencapai target eliminasi adalah Indonesia [1]. Target eliminasi kasus tetanus adalah kurang dari 1 per 1000 kelahiran hidup di setiap kabupaten/kota [2].

Pada tahun 2011, tiga provinsi tertinggi jumlah kasus Tetanus Neonatorum adalah Banten, Jawa Timur, dan Kalimantan Barat dengan masing-masing sebanyak 38 kasus, 22 kasus, dan 13 kasus. Terjadi peningkatan kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur pada tahun 2012

menjadi 29 kasus dengan jumlah kematian sebanyak 15 kasus [3]. Untuk tercapainya target eliminasi Tetanus Neonatorum di Jawa Timur, maka perlu diketahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kasus Tetanus Neonatorum.

Variabel respon dalam penelitian ini adalah jumlah kasus Tetanus Neonatorum yang berupa data diskrit sehingga dalam penelitian ini dapat dianalisis menggunakan metode regresi Poisson namun regresi Poisson mewajibkan kondisi equidispersi yaitu nilai mean dan varians dari variabel respon sama. Akan tetapi dalam penggunaan data diskrit, seringkali terjadi kasus *over/under* dispersi.

Salah satu penyebab adanya overdispersi yaitu banyaknya nilai nol pada variabel respon [4]. Jumlah kasus Tetanus Neonatorum merupakan kasus yang jarang terjadi sehingga banyak observasi yang bernilai nol maka dalam penelitian ini diduga variabel respon mengalami overdispersi. Terdapat beberapa metode yang dapat menyelesaikan overdispersi yaitu metode *Zero-Inflated Poisson* (ZIP), *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB), dan metode *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP).

Metode *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB) dalam teknik iterasi yang digunakan pada estimasi parameter sering gagal konvergen [5]. Jika proporsi data yang bernilai nol besar, maka disarankan menggunakan model regresi *Zero-Inflated Poisson* (ZIP). Proporsi data bernilai nol pada regresi *Zero-Inflated Poisson* (ZIP) sekitar 63,7% sedangkan model regresi *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP) akan lebih baik dibandingkan regresi *Zero-Inflated Poisson* (ZIP) karena proporsi banyaknya data bernilai nol adalah minimal 65,7%. Maka dalam penelitian ini akan digunakan metode regresi *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP).

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur, mendapatkan model terbaik pada kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur dengan metode *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP), dan mengetahui faktor yang mempengaruhi kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah data yang

digunakan adalah data jumlah kasus Tetanus Neonatorum serta faktor-faktor yang diduga mempengaruhi jumlah kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur tahun 2012 yang bersumber dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Regresi Generalized Poisson (GP)

Model regresi *Generalized Poisson* (GP) merupakan suatu model yang digunakan jika terjadi pelanggaran asumsi pada distribusi Poisson yaitu over/under dispersi. Overdispersi terjadi jika varian lebih besar daripada mean sedangkan underdispersi terjadi jika varian lebih kecil daripada mean. Model GP dinyatakan dengan formula sebagai berikut [6].

$$f(\mu_i, \omega, y_i) = \left(\frac{\mu_i}{1+\omega\mu_i}\right)^{y_i} \frac{(1+\omega y_i)^{y_i-1}}{y_i!} \exp\left[\frac{-\mu_i(1+\omega y_i)}{1+\omega\mu_i}\right] \quad (1)$$

dimana ω merupakan parameter dispersi dan $y_i = 0,1,2, \dots$ merupakan variabel respon berdistribusi *Generalized Poisson* (GP). Jika $\omega = 0$ maka model regresi *Generalized Poisson* (GP) akan menjadi regresi Poisson. Jika $\omega > 0$ maka model regresi *Generalized Poisson* (GP) merepresentasikan data *count* overdispersi. Jika $\omega < 0$ maka model regresi *Generalized Poisson* (GP) merepresentasikan data *count* yang underdispersi.

Estimasi parameter pada regresi *Generalized Poisson* (GP) menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Fungsi ln likelihood dari regresi *Generalized Poisson* (GP) sebagai berikut.

$$\ln L(\beta, \omega) = \sum_{i=1}^n y_i (\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}) - y_i \ln(1 + \omega \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})) + \Delta \quad (2)$$

dimana $\Delta : (y_i - 1) \ln(1 + \omega y_i) - \ln(y_i!) - \Delta^*$
 $\Delta^* : \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}) (1 + \omega y_i) (1 + \omega \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}))^{-1}$

Namun terkadang penurunan fungsi ln likelihood menghasilkan hasil yang implisit sehingga menggunakan metode numerik yaitu metode Newton-Raphson.

Untuk pengujian hipotesis merupakan pengujian parameter secara serentak dan pengujian parameter secara individu. Pengujian parameter model regresi *generalized Poisson* (GP) secara serentak dilakukan dengan menggunakan metode MLRT dengan hipotesis sebagai berikut.

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

H_1 : minimal ada satu parameter $\beta_k \neq 0, k = 0,1,2, \dots, k$
 Statistik uji sebagai berikut.

$$G^2 = -2 \ln \left(\frac{l_1}{l_0}\right) = 2(\ln l_1 - \ln l_0) \quad (3)$$

Daerah penolakan pada pengujian ini adalah tolak H_0 jika $G^2 > \chi^2_{(k,\alpha)}$ atau jika *P-value* $< \alpha$.

Pengujian parameter secara individu dilakukan dengan menggunakan statistik uji z dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0$$

Statistika uji :

$$z = \frac{(\hat{\beta}_k)}{SE(\hat{\beta}_k)} \quad (4)$$

Tolak H_0 jika nilai $|z_{hitung}| > z_{\alpha/2}$ dengan α adalah tingkat signifikansi

B. Regresi Zero-Inflated Generalized Poisson (ZIGP)

Regresi *Zero-Inflated Generalized Poisson* (ZIGP) merupakan metode untuk menangani overdispersi dengan proporsi data bernilai nol adalah sekitar 65,7%. Model regresi ZIGP sebagai berikut.

$$P(Y_i = y_i | x_i, z_i) = \begin{cases} \pi_i + (1 - \pi_i)f(\mu_i, \omega, y_i) & , y_i = 0 \\ (1 - \pi_i)f(\mu_i, \omega, y_i) & , y_i > 0 \end{cases}$$

dimana $f(\mu_i, \omega, y_i), y_i = 0,1,2, \dots$ adalah model regresi GP dengan $0 < \pi_i < 1$. Dalam fungsi $\mu_i = \mu_i(x_i)$ dan $\pi_i = \pi_i(z_i)$ memenuhi fungsi link sebagai berikut.

$$\log(\mu_i) = \sum_{j=1}^k x_{ij} \boldsymbol{\beta} = \mathbf{x}^T \boldsymbol{\beta} \quad (5)$$

dan

$$\text{logit}(\pi_i) = \log(\pi_i [1 - \pi_i])^{-1} = \sum_{j=1}^m z_{ij} \boldsymbol{\delta} \quad (6)$$

dimana:

x_i adalah baris ke-i dari matriks kovariat \mathbf{X} , z_i adalah baris ke-i dari matriks kovariat \mathbf{Z} , dengan $z_{i1} = 1$ dan $x_{i1} = 1$. $\boldsymbol{\delta}$ adalah vektor kolom parameter m-dimensi, $\boldsymbol{\beta}$ adalah vektor kolom parameter k-dimensi dan fungsi log merupakan fungsi logaritma natural (ln).

Model regresi ZIGP akan menjadi model regresi GP jika $\pi_i = 0$ dan akan menjadi model regresi ZIP jika $\omega = 0$. Jika matriks kovariat yang sama mempengaruhi π_i dan μ_i maka dapat ditulis bahwa π_i adalah fungsi dari μ_i dengan fungsi sebagai berikut.

$$\text{logit}(\pi_i) = \log\left(\frac{\pi_i}{1-\pi_i}\right) = -\tau \sum_{j=1}^k x_{ij} \boldsymbol{\beta} = -\tau \mathbf{x}^T \boldsymbol{\beta} \quad (7)$$

Model regresi ZIGP dengan log link untuk μ_i dan untuk logit link untuk π_i akan dilambangkan dengan ZIGP(τ). Jika $\tau > 0$ maka kemungkinan *zero state* terjadi kecil dan jika $\tau < 0$ maka kemungkinan *zero state* terjadi lebih besar. Ketika $\tau = 0$ maka model ZIGP(τ) akan menjadi model ZIP(τ).

C. Penaksir Parameter

Metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) adalah salah satu metode penaksiran parameter yang dapat digunakan untuk menaksir parameter suatu model yang diketahui distribusinya. Metode MLE dilakukan dengan cara memaksimalkan fungsi likelihood. Fungsi likelihood regresi ZIGP sebagai berikut.

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \begin{cases} \prod_{i=1}^n \frac{1}{1 + \mu_i^{-\tau}} + \left[\mu_i^{-\tau} + \exp\left(\frac{-\mu_i}{1 + \omega \mu_i}\right) \right] & , y_i = 0 \\ \prod_{i=1}^n \frac{1}{1 + \mu_i^{-\tau}} \left(\frac{\mu_i}{1 + \omega \mu_i}\right)^{y_i} \frac{(1 + \omega y_i)^{y_i-1}}{y_i!} \exp\left[\frac{-\mu_i(1 + \omega y_i)}{1 + \omega \mu_i}\right] & , y_i > 0 \end{cases}$$

Persamaan tersebut dimaksimalkan dengan menggunakan teknik iterasi yang menghasilkan penaksir maksimum likelihood untuk koefisien regresi dalam $\boldsymbol{\beta}$. Pada kasus tertentu cara tersebut tidak menghasilkan suatu solusi yang eksplisit sehingga alternatif lain yang dapat digunakan untuk menaksir parameternya adalah dengan

algoritma Newton Raphson dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Membentuk vektor gradien \mathbf{g} yang merupakan derivatif parsial pertama dari fungsi ln likelihood.
2. Membentuk matriks Hessian \mathbf{H}
2. Membentuk matriks varians kovarians \mathbf{V} yang dibentuk dari ekspektasi matriks Hessian $\mathbf{V} = -E[\mathbf{H}]$
3. Mulai dari $m = 0$ dilakukan iterasi dengan persamaan sebagai berikut.

$$\hat{\beta}_{(m+1)} = \hat{\beta}_{(m)} - \mathbf{H}^{-1}(\hat{\beta}_{(m)}) \mathbf{g}(\hat{\beta}_{(m)})$$

4. Nilai $\hat{\beta}_{(m)}$ merupakan sekumpulan penaksir parameter yang konvergen pada iterasi ke- m .

Jika belum didapatkan penaksir parameter yang konvergen, maka dilanjutkan kembali langkah 4 hingga iterasi ke $m=m+1$. Iterasi akan berhenti pada keadaan konvergen yaitu pada saat $\|\hat{\beta}_{(m+1)} - \hat{\beta}_{(m)}\| \leq \varepsilon$, dimana ε adalah bilangan yang sangat kecil.

D. Pengujian Kesesuaian Model

Pengujian kesesuaian model digunakan untuk menguji model apakah model sesuai atau tidak dengan hipotesis sebagai berikut.

- $H_0 : \omega = 0$ (model ZIGP(τ) tidak sesuai)
- $H_1 : \omega \neq 0$ (model ZIGP(τ) sesuai)

Statistik uji sebagai berikut.

$$\lambda = \lambda(y_1, y_2, \dots, y_n) = \frac{\max_{\omega \in \Omega_0} L(\Omega_0)}{\max_{\omega \in \Omega} L(\Omega)} \quad (8)$$

Daerah penolakan pada persamaan ini adalah H_0 ditolak jika dan hanya jika $\lambda \leq c$. c adalah suatu konstanta yang memenuhi $0 \leq c \leq 1$ yang ditentukan dengan tingkat signifikansi α .

E. Pengujian Hipotesis Regresi Zero-Inflated Generalized Poisson (ZIGP)

1. Pengujian Parameter Secara Serentak

Pengujian parameter secara serentak dilakukan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh signifikan terhadap model. Berikut ini merupakan hipotesis uji parameter secara serentak model regresi ZIGP.

- $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$
- $H_1: \text{minimal ada satu parameter } \beta_k \neq 0, k = 0,1,2, \dots, k$

Statistik uji sebagai berikut.

$$G^2 = -2 \ln \left(\frac{l_0}{l_1} \right) \quad (9)$$

dimana l_0 dan l_1 merupakan lambang maximum ln likelihood di bawah H_0 dan secara keseluruhan ($H_0 \cup H_1$). Daerah penolakan pada pengujian parameter secara serentak adalah tolak H_0 jika $G^2 > \chi^2_{(p,\alpha)}$ atau jika P-value $< \alpha$.

2. Pengujian Parameter Secara Individu

Uji Wald merupakan salah satu pengujian yang dilakukan untuk menguji signifikansi parameter regresi secara individu. Berikut ini merupakan hipotesis uji parameter secara individu model regresi ZIGP.

- $H_0: \beta_k = 0$
- $H_1: \beta_k \neq 0, k = 0,1,2, \dots, k$

Dengan statistika uji sebagai berikut.

$$W = \frac{(\hat{\beta}_k)^2}{SE(\hat{\beta}_k)^2} \quad (10)$$

Dimana $\hat{\beta}$ merupakan maksimum likelihood estimator parameter β . Daerah penolakan pada pengujian ini adalah tolak H_0 jika nilai $W_{hitung} > \chi^2_{(1,\alpha)}$ atau Pvalue $< \alpha$ atau dengan menggunakan alternatif lain yang membandingkan dengan distribusi normal dengan statistik uji sebagai berikut.

$$z = \frac{(\hat{\beta}_k)}{SE(\hat{\beta}_k)} \quad (11)$$

Dimana $SE(\hat{\beta})$ merupakan standart error untuk maksimum likelihood estimator dengan daerah penolakannya adalah tolak H_0 jika nilai $|z_{hitung}| > z_{\alpha/2}$ dengan α adalah tingkat signifikansi

F. Pemilihan Model Terbaik

Salah satu pemilihan model terbaik adalah dengan metode Akaike's Information Criterion (AIC). Nilai AIC dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [7].

$$AIC = -2 \log L(\hat{\beta}) + 2k \quad (12)$$

Dimana $L(\hat{\beta})$ merupakan nilai likelihood dan k merupakan jumlah parameter. Kriteria pemilihan model terbaik jika didapatkan nilai terkecil atau mendekati nol.

G. Tetanus Neonatorum

Faktor risiko Tetanus Neonatorum terdiri dari 2 faktor yaitu faktor medis dan faktor non medis. Faktor medis meliputi kurangnya standar perawatan prenatal (kurangnya perawatan antenatal pada ibu hamil, kurangnya pengetahuan ibu hamil tentang pentingnya imunisasi tetanus toxoid), perawatan perinatal (kurang tersedianya fasilitas persalinan dan tenaga medis sehingga banyak persalinan yang dilakukan di rumah dan penggunaan alat-alat yang tidak steril, termasuk dalam penanganan tali pusat) dan perawatan neonatal (neonatus lahir dalam keadaan tidak steril, tingginya prematuritas, dsb) sedangkan untuk faktor non medis berhubungan dengan adat istiadat setempat [8].

Penyebab penyakit Tetanus Neonatorum adalah sebagai berikut [9].

1. Penggunaan alat yang tidak steril untuk memotong tali pusat seringkali meningkatkan risiko penularan penyakit tetanus neonatorum.
2. Cara perawatan tali pusat dengan teknik tradisional
3. Kekebalan ibu terhadap tetanus.

Menurut Nursewian, penyakit tetanus neonatorum terjadi mendadak dengan otot yang makin bertambah terutama pada rahang dan leher. Dalam 48 jam penyakit menjadi nyata dengan adanya trismus.

Tanda-tanda dan gejala sebagai berikut.

1. Bayi tiba-tiba panas dan tidak mau minum (karena tidak dapat menghisap)

2. Mulut mencucut seperti mulut ikan
3. Mudah terangsang dan sering kejang disertai sianosis
4. Kaku kuduk sampai opistotonus
5. Dinding abdomen kaku, mengeras, dan kadang-kadang terjadi kejang
6. Dari berkerut, alis mata terangkat, sudut mulut tertarik kebawah, muka thisus sardunikus.
7. Ekstermitas biasanya terulur atau kaku
8. Tiba-tiba bayi sensitif terhadap rangsangan, gelisah dan kadang-kadang menengis lemah.
9. Terjadi penurunan kesadaran

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. Unit penelitiannya adalah 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur. Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah kasus Tetanus Neonatorum (Y), persentase ibu bersalin ditolong nakes (tenaga kesehatan) (X_1), persentase ibu bersalin ditolong dukun (X_2), persentase kunjungan ibu hamil K4 (X_3), dan persentase kunjungan neonatus 3 kali (KN3 atau KN Lengkap) (X_4).

Tahap dan langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mendeskriptifkan karakteristik data dengan statistika deskriptif.
2. Menaksir parameter model regresi *Generalized Poisson* (GP) dengan algoritma Newton Raphson.
3. Menguji hipotesis model regresi *Generalized Poisson* (GP).
Uji hipotesis dilakukan untuk pengujian parameter secara serentak dan individu.
4. Menentukan model regresi *Generalized Poisson* (GP).
5. Menguji overdispersi.
Taksiran dispersi lebih dari 0 menunjukkan bahwa variabel respon terbukti mengalami overdispersi.
6. Menaksir parameter model regresi ZIGP.
Untuk menaksir parameter pada regresi ZIGP dengan menggunakan algoritma Newton-Raphson.
7. Menguji kesesuaian model regresi ZIGP.
Menentukan apakah model regresi ZIGP sesuai atau tidak. Jika tidak model regresi ZIGP akan menjadi model regresi ZIP.
8. Menguji hipotesis model regresi ZIGP.
Uji hipotesis merupakan pengujian parameter yang dilakukan secara serentak dan secara individu untuk mengetahui signifikansi dari masing-masing parameter yang diperoleh.
9. Menentukan model terbaik dari regresi ZIGP.
10. Kesimpulan.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur

Jawa Timur merupakan provinsi dengan 229 pulau, yang terdiri dari 162 pulau bernama dan 67 pulau tidak bernama, dengan panjang pantai sekitar 2.833,85 km. Provinsi Jawa Timur terdiri dari 38 kabupaten/kota yaitu 29 kabupaten dan 9 kota dengan 662 kecamatan dan 8.505 desa/kelurahan. Indonesia merupakan salah satu negara yang belum memenuhi target ETN (Eliminasi Tetanus Neonatorum). Target ETN adalah 1 per 1000 kelahiran hidup. Kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur mengalami peningkatan dari tahun 2011 ke tahun 2012.

Jumlah kasus Tetanus Neonatorum tiap kabupaten/kota di Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Jumlah kasus Tetanus Neonatorum di tiap kabupaten/kota di Jawa Timur

Jumlah Kasus	Frekuensi	Persen
0	29	76,3
1	3	7,9
2	2	5,3
3	1	2,6
5	1	2,6
7	2	5,3
Total	38	100,0

Tabel 1 menunjukkan bahwa sebesar 76,3% kabupaten/kota di Jawa Timur tidak ada kasus terkena Tetanus Neonatorum. Sebesar 7,9% kabupaten/kota dengan 1 kasus Tetanus Neonatorum. Sebesar 5,3% kabupaten/kota dengan 2 kasus Tetanus Neonatorum. Sebesar 2,6% kabupaten/kota dengan 3 dan 5 kasus Tetanus Neonatorum. Sebesar 5,3% kabupaten/kota dengan 7 kasus Tetanus Neonatorum. Kabupaten/kota tertinggi dengan kasus Tetanus Neonatorum adalah kabupaten Jember dan kabupaten Bangkalan dengan masing-masing 7 kasus kemudian kabupaten Sampang dengan 5 kasus, kabupaten Situbondo dengan 3 kasus, kabupaten Bojonegoro dan kabupaten Sumenep dengan 2 kasus serta kabupaten Bondowoso, kabupaten Probolinggo, dan kabupaten Tuban dengan 1 kasus.

B. Karakteristik Faktor-Faktor yang diduga Mempengaruhi Kasus Tetanus Neonatorum

Terdapat faktor-faktor yang diduga mempengaruhi kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur yaitu persentase ibu bersalin ditolong nakes (tenaga kesehatan) (X_1), persentase ibu bersalin ditolong dukun (X_2), persentase kunjungan ibu hamil K4 (X_3), dan persentase kunjungan neonatus 3 kali (KN3 atau KN Lengkap) (X_4).

Tabel 2. Analisis Deskriptif Faktor-Faktor yang diduga Mempengaruhi Kasus Tetanus Neonatorum

	N	Minimum	Maximum	Mean	Median	Varians
X_1	38	75,02	101,41	88,9408	89,11	46,103
X_2	38	0,00	7,72	1,1558	0,115	4,069
X_3	38	70,67	101,55	84,0605	84,07	55,002
X_4	38	76,59	111,22	94,2389	94,64	69,842

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa menunjukkan bahwa X_1 memiliki nilai minimum sebesar 75,02% yaitu Kota Kediri dan nilai maksimum sebesar 101,41% yaitu Kabupaten Lamongan serta rata-rata sebesar 88,94, nilai tengah sebesar 89,11 dan varians sebesar 46,103. X_2

memiliki nilai minimum sebesar 0% yaitu Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Lamongan, Kota Blitar, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, dan Kota Madiun dan nilai maksimum sebesar 7,72% yaitu Kabupaten Bondowoso serta rata-rata sebesar 1,156, nilai tengah sebesar 0,115 dan varians sebesar 4,069. X_3 memiliki nilai minimum sebesar 70,67% yaitu Kabupaten Jember dan nilai maksimum sebesar 101,55% yaitu Kabupaten Lamongan serta rata-rata sebesar 84,06, nilai tengah sebesar 84,07 dan varians sebesar 55,002. X_4 memiliki nilai minimum sebesar 76,59% yaitu Kota Kediri dan nilai maksimum sebesar 111,22% yaitu Kabupaten Sampang serta rata-rata sebesar 94,24, nilai tengah sebesar 94,64 dan varians sebesar 69,842. Pada variabel prediktor, terdapat nilai maksimum melebihi 100 persen, ini terjadi karena terdapat data dengan pembilang lebih besar dari penyebutnya. Data dari Dinas Kesehatan Jawa Timur merupakan gabungan dari hasil yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Jawa Timur sebagai pembilang dan hasil prediksi dari Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur sebagai penyebut atau pembaginya.

B. Model Regresi Generalized Poisson

Model *Generalized Poisson* (GP) dapat digunakan saat data mengalami overdispersi pada regresi Poisson.

Tabel 3. Nilai -2 log likelihood model GP

	Value
-2 log likelihood	-26,2

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai -2 log likelihood dari model GP adalah sebesar -26,2 kemudian di bandingkan dengan nilai $\chi^2_{(0,1;4)} = 7,78$. Didapatkan nilai -2 log likelihood lebih kecil dari nilai $\chi^2_{(0,1;4)}$ sehingga keputusan gagal tolak H_0 yang berarti tidak ada parameter β yang berpengaruh signifikan dalam model

Tabel 4 Estimasi parameter model GP

Parameter	Estimasi	SE	Z	P-value
β_0	-0,02196	5,7347	-0,00	0,9970
β_1	0,005825	0,2783	0,02	0,9834
β_2	0,5415	0,4074	1,33	0,1917
β_3	-0,06553	0,1425	-0,46	0,6481
β_4	0,0472	0,235	0,20	0,8419
ω	1,2019	.	.	.

Jika dilihat dari pengujian parameter secara individu, Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak ada parameter β yang berpengaruh signifikan dalam model GP dilihat nilai P-value pada setiap variabel yang lebih dari $\alpha = 0,1$ selain itu juga dapat dilihat dari nilai $|z_{hit}|$ yang dibandingkan dengan $z_{\alpha/2} = 1,64$. Nilai $|z_{hit}|$ lebih kecil $z_{\alpha/2}$ sehingga keputusan gagal tolak H_0 yang berarti tidak ada variabel yang berpengaruh signifikan terhadap model. ω merupakan parameter dispersi yang digunakan untuk mendeteksi adanya overdispersi. Nilai parameter dispersi ω adalah 1,2019 yaitu lebih dari 0 yang berarti data mengalami overdispersi.

C. Model Regresi Zero-Inflated Generalized Poisson

Kasus Tetanus Neonatorum merupakan kasus dengan banyak observasi yang bernilai 0 sebanyak 76,3% yang akan dimodelkan dengan model regresi *Zero-Inflated*

Generalized Poisson (ZIGP). Kovariat-kovariat pada model ZIGP yang mempengaruhi rata-rata Poisson pada *zero state* bisa sama dengan kovariat-kovariat yang mempengaruhi probabilitas pada *Poisson state* sehingga ZIGP dilambangkan menjadi ZIGP(τ). Variabel yang signifikan pada model regresi ZIP(τ) menghasilkan 15 kombinasi kemungkinan model regresi ZIGP(τ) namun terdapat beberapa model yang gagal konvergen sehingga kemungkinan model yang terbentuk adalah sebanyak 7 model sebagai berikut.

1. $\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{1i})$
2. $\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_4 X_{4i})$
3. $\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i})$
4. $\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_4 X_{4i})$
5. $\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_2 X_{2i} + \beta_4 X_{4i})$
6. $\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_4 X_{4i})$
7. $\mu_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i})$

Sebelum membuat model, maka perlu dilakukan penaksiran parameter, pengujian kesesuaian model, dan pengujian parameter secara serentak dan secara individu.

Tabel 5 Estimasi Parameter Kemungkinan Model Regresi ZIGP(τ)

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	τ
X_1	-1,2760	0,01563				604,41
X_4	-2,8423				0,03146	600,92
X_1, X_2	-1,7716	0,01875	0,2474			600,93
X_1, X_4	-2,7987	-0,01060			0,04074	600,92
X_2, X_4	-2,8548		0,2331		0,02876	600,93
X_1, X_2, X_4	-2,7058	-0,00350	0,2313		0,03058	600,93
X_1, X_2, X_3, X_4	-3,3517	0,04456	0,1343	-0,07054	0,05409	600,92

Tabel 5 menunjukkan bahwa parameter τ yang signifikan menunjukkan variabel yang mempengaruhi *zero state* sama dengan variabel yang mempengaruhi *Poisson state* sehingga dapat diartikan bahwa variabel yang signifikan pada model log sama dengan variabel yang signifikan pada model logit.

D. Pengujian Kesesuaian Model

Pengujian kesesuaian model regresi ZIGP(τ) untuk menguji model ZIGP(τ) sesuai atau tidak yaitu dengan melihat parameter dispersi ω dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \omega = 0$ (model ZIGP(τ) tidak sesuai)

$H_1 : \omega \neq 0$ (model ZIGP(τ) sesuai)

Tabel 6 Parameter dispersi model ZIGP(τ)

Variabel	Estimate ω	P-value	Keputusan
X_1	1,7568	0,0290	Tolak H_0
X_4	1,4517	0,0360	Tolak H_0
X_1, X_2	0,5079	0,0869	Tolak H_0
X_1, X_4	1,3380	0,0402	Tolak H_0
X_2, X_4	0,4390	0,0792	Tolak H_0
X_1, X_2, X_4	0,4375	0,0790	Tolak H_0
X_1, X_2, X_3, X_4	0,2534	0,1842	Gagal Tolak H_0

Tabel 6 menunjukkan bahwa model dengan nilai P-value pada parameter dispersi ω yang kurang dari $\alpha = 0,1$ berarti tolak H_0 atau model ZIGP(τ) sesuai.

E. Pengujian Hipotesis

Pengujian parameter secara serentak dapat dilihat dari nilai -2 log likelihood dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$$

$$H_1: \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0, k=1,2,3,4$$

Tabel 7 Pengujian parameter regresi ZIGP(τ) secara serentak

Variabel	-2 log likelihood	df	$\chi_{\alpha,df}$	Keputusan	Parameter Signifikan
X ₁	74,8	36	47,21217	Tolak H ₀	$\beta_0 \beta_1$
X ₄	72,2	36	47,21217	Tolak H ₀	$\beta_0 \beta_4$
X _{1, X₂}	58,7	35	46,05879	Tolak H ₀	$\beta_0 \beta_1 \beta_2$
X _{1, X₄}	71,1	35	46,05879	Tolak H ₀	$\beta_0 \beta_1 \beta_4$
X _{2, X₄}	56,2	35	46,05879	Tolak H ₀	$\beta_0 \beta_2 \beta_4$
X _{1, X_{2, X₄}}	56,2	34	44,90316	Tolak H ₀	$\beta_0 \beta_2 \beta_4$

Tabel 7 menunjukkan dari semua kemungkinan model, didapatkan hasil - 2 log likelihood lebih dari $\chi_{\alpha,df}$ maka keputusannya adalah tolak H₀, yang berarti minimal terdapat satu parameter yang berpengaruh signifikan terhadap model maka dilanjutkan dengan pengujian parameter secara individu dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0$$

Parameter yang signifikan adalah model yang memiliki nilai P-value kurang dari $\alpha = 0,1$ pada Tabel 7 sehingga keputusan tolak H₀ yang berarti parameter β_k berpengaruh signifikan terhadap model.

F. Pemilihan Model Terbaik

Salah satu metode pemilihan model terbaik adalah menggunakan kriteria AIC. Model regresi ZIGP(τ) terbaik yang dipilih adalah model yang memiliki nilai AIC terkecil.

Tabel 8 Nilai AIC model regresi ZIGP(τ)

Variabel	AIC
X ₁	82,8
X ₄	80,2
X _{1, X₂}	68,7
X _{1, X₄}	81,1
X _{2, X₄}	66,2
X _{1, X_{2, X₄}}	68,2

Tabel 8 menunjukkan bahwa model dengan nilai AIC terkecil dengan dua variabel prediktor yaitu X₂ dan X₄. Sehingga modelnya adalah sebagai berikut.

$$\log(\hat{\mu}_i) = -2,8548 + 0,2331 X_{2i} + 0,02876 X_{4i}$$

dan

$$\begin{aligned} \text{logit}(\hat{\pi}_i) &= -600,93(-2,8548 + 0,2331 X_{2i} + 0,02876 X_{4i}) \\ &= 1715,53 - 140,077 X_{2i} - 17,2827 X_{4i} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil estimasi parameter pada model log, dapat diketahui bahwa setiap penambahan persentase ibu bersalin ditolong dukun sebesar 1 satuan maka akan menaikkan rata-rata jumlah kasus Tetanus Neonatorum sebesar $e^{0,2331} \approx 1$ jumlah kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur dan setiap penambahan persentase kunjungan neonatus lengkap sebesar 1 satuan maka akan menaikkan rata-rata jumlah kasus Tetanus Neonatorum sebesar $e^{0,02876} \approx 1$ jumlah kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur.

Berdasarkan hasil estimasi parameter pada model logit, dapat diketahui bahwa setiap penambahan persentase ibu bersalin ditolong dukun sebesar 1 satuan maka akan menurunkan peluang terkena kasus Tetanus Neonatorum sebesar $e^{-140,077}$ dan setiap penambahan persentase kunjungan neonatus lengkap sebesar 1 satuan maka akan

menurunkan peluang terkena kasus Tetanus Neonatorum sebesar $e^{-17,2827}$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kasus Tetanus Neonatorum di Jawa Timur tahun 2012 dengan dugaan faktor-faktor yang mempengaruhi adalah persentase ibu bersalin ditolong nakes (tenaga kesehatan) (X₁), persentase ibu bersalin ditolong dukun (X₂), persentase kunjungan ibu hamil K4 (X₃), dan persentase kunjungan neonatus 3 kali (KN3 atau KN Lengkap) (X₄) dalam penelitian ini diperoleh model regresi ZIGP(τ) sebagai berikut.

$$\log(\hat{\mu}_i) = -2,8548 + 0,2331 X_{2i} + 0,02876 X_{4i}$$

dan

$$\text{logit}(\hat{\pi}_i) = 1715,53 - 140,077 X_{2i} - 17,2827 X_{4i}$$

Dari model regresi ZIGP(τ) diperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus Neonatorum di Jawa Timur tahun 2012 yaitu persentase ibu bersalin ditolong dukun (X₂) dan persentase kunjungan neonatus 3 kali (KN3 atau KN Lengkap) (X₄).

Berdasarkan hasil penelitian adapun saran dari peneliti yaitu perlu ditinjau faktor-faktor yang diduga mempengaruhi kasus Tetanus Neonatorum lainnya seperti kondisi lingkungan, ekonomi, pendidikan dalam lingkup individu sendiri di tiap kabupaten/kota sehingga akan diketahui faktor-faktor penyebab yang mempengaruhi terjadinya kasus Tetanus Neonatorum di masing-masing kabupaten/kota.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan RI (Kemenkes). (2012). *Buletin Jendela Data dan Informasi Kesehatan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI
- [2] Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI). (2009). *Pedoman Pelayanan Medis*. Jakarta: h315-318.
- [3] Dinas Kesehatan Jawa Timur (Dinkes Jatim). (2012). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur 2012*. Surabaya: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur.
- [4] Jansakul, N. dan Hinde, J.P. (2002). Score Tests for Zero-Inflated Poisson Models. *Computational Statistics & Data Analysis, Elsevier Science*, 40, 75-96
- [5] Famoye, F. and Singh, K., P. (2006). Zero-Inflated Generalized Poisson Regression Model with an Application to Domestic Violence Data. *Journal of Data Science*. 4,117-130.
- [6] Famoye, F. and Ozmen, I. (2006). Count Regression Models with an Application to Zoological Data Containing Structural Zeros. *Journal of Data Science*. 5, 491-502.
- [7] Bozdogan, H. (2000). Akaike's Information Criterion and Recent Developments in Information Complexity, *Journal of Mathematical Psychology*, 44, 62-91.
- [8] Handoko, M. (2001). *Tetanus Neonatorum*. Kepaniteraan Klinik Ilmi Penyakit Anak. <http://www.scribd.com/doc/51651896/Tetanus-neonatorum>
- [9] Nursewian (2012). *Penyakit Tetanus Neonatorum Mengancam Si Kecil* di akses dari <http://buletinkesehatan.com/penyakit-tetanus-neonatorum-mengancam-sikecil/> pada tanggal 01 Maret 2014