

PENERAPAN REGRESI *ZERO INFLATED POISSON* DENGAN METODE BAYESIAN

A. Rofiqi Maulana; Suci Astutik

Universitas Brawijaya;
arofiqimaulana@gmail.com

ABSTRAK. Filariasis (Penyakit Kaki Gajah) adalah penyakit menular yang disebabkan cacing filaria yang tinggal di sistem limfa dan ditularkan oleh nyamuk. Filariasis merupakan salah satu penyakit yang menjadi target eliminasi dan hampir tersebar luas di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi kejadian Filariasis di Provinsi Papua. Data kejadian filariasis di Provinsi Papua bersifat data *count* dan mengandung banyak nilai nol. Oleh karena itu, faktor yang mempengaruhi kejadian Filariasis diketahui melalui regresi *zero inflated Poisson* (ZIP). Karena ukuran sampel dalam penelitian ini kecil, maka metode pendugaan parameter yang digunakan adalah Bayesian. Berdasarkan hasil analisis regresi ZIP dengan metode Bayesian, kejadian Filariasis di Provinsi Papua dipengaruhi oleh presentase penduduk yang berusia 20-39 tahun, presentase rumah tangga yang menggunakan racun serangga/pembasmi hama dan presentasi rumah tangga yang memelihara hewan peliharaan (anjing/kucing/kelinci).

Kata Kunci: *Filariasis, Zero Inflated Poisson, Bayesian.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Filariasis (Penyakit Kaki Gajah) merupakan penyakit yang disebabkan oleh cacing filaria dari jenis *Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi* maupun *Brugia timori* yang ditularkan oleh nyamuk. Penyakit ini bersifat menahun (kronis) dan bila tidak mendapatkan pengobatan dapat menimbulkan cacat berupa pembesaran kaki, lengan dan alat kelamin baik pada perempuan maupun laki-laki (Departemen Kesehatan RI, 2009).

Filariasis hampir tersebar luas di seluruh Provinsi Indonesia. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (2007), Papua merupakan salah satu provinsi yang mempunyai prevalensi Filariasis melebihi angka prevalensi nasional (Departemen Kesehatan RI, 2008). Sehingga Provinsi Papua menjadi salah satu target eliminasi Filariasis. Banyaknya kejadian Filariasis terpusat di beberapa kota/kabupaten saja, sedangkan di kota/kabupaten lainnya rendah. Sehingga banyaknya kejadian Filariasis di tiap kota/kabupaten Provinsi Papua dapat diasumsikan berdistribusi Poisson. Dengan demikian, faktor yang mempengaruhi banyak kejadian Filariasis di Provinsi Papua dapat diketahui melalui regresi Poisson. Namun, banyak kejadian Filariasis di setiap kota/kabupaten Provinsi Papua mengandung banyak nilai nol, sehingga memungkinkan terjadinya overdispersi. Model regresi *zero inflated Poisson* dapat digunakan untuk mengatasi overdispersi akibat peubah respon mengandung banyak nilai nol (Liu dan Powers, 2012).

Metode pendugaan parameter yang umum digunakan dalam regresi ZIP adalah *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Namun, MLE memiliki kendala pada ukuran sampel kecil (Winkelman, 2008). Kendala MLE pada sampel kecil dapat diatasi dengan metode Bayesian. Karena ukuran sampel dalam penelitian ini kecil yaitu 20 observasi, maka pendugaan parameter yang digunakan adalah metode Bayesian. Oleh karena itu, faktor yang mempengaruhi banyak kejadian Filariasis di Provinsi Papua dapat diketahui melalui regresi *zero inflated Poisson* dengan metode Bayesian.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi banyak kejadian Filariasis di Provinsi Papua menggunakan regresi *zero inflated Poisson* dengan metode Bayesian. Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai informasi untuk peneliti, masyarakat maupun pengambil kebijakan dalam rangka mengurangi terjadinya Filariasis. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan

dapat bermanfaat bagi peneliti yang ingin menambah wawasan mengenai pemodelan statistika dan Bayesian.

Regresi Poisson

Regresi Poisson merupakan suatu bentuk analisis regresi yang digunakan untuk memodelkan data *count*, seperti banyaknya kejadian yang terjadi dalam suatu periode waktu tertentu (Hilbe, 2014). Winkelman (2008) menyatakan bahwa regresi Poisson mensyaratkan peubah respon berdistribusi Poisson. Pengujian kecocokan distribusi menggunakan uji Kolmogorov Smirnov. Statistik yang digunakan untuk uji Kolmogorov Smirnov yaitu (Daniel, 1989)

$$D = \sup_y |F(y) - S(y)|$$

$F(y)$ adalah proporsi nilai-nilai pengamatan dalam sampel yang kurang dari atau sama dengan y . $S(y)$ merupakan fungsi distribusi kumulatif. Data dikatakan berdistribusi Poisson jika statistik D kurang dari kuartil statistik Kolmogorov Smirnov (Daniel, 1989). Model regresi Poisson dapat ditulis sebagai (Agresti, 2007) :

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (1)$$

di mana μ_i adalah rata-rata peubah respon, β adalah koefisien regresi, X adalah peubah prediktor dan k adalah banyaknya peubah prediktor.

Winkelman (2008) menyatakan bahwa regresi Poisson mewajibkan equidisersi yaitu kondisi saat nilai rata-rata dan ragam peubah respon bernilai sama. Namun, seringkali regresi Poisson mengalami overdispersi yaitu nilai ragam melebihi nilai rata-rata. Pengujian overdispersi menggunakan statistik uji *Pearson's Chi Square* yaitu (Agresti, 2007)

$$\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{\mu}_i)^2}{\widehat{V}(y_i)} \quad (2)$$

Overdispersi terjadi ketika nilai statistik uji *Pearson's Chi Square* lebih dari $\chi^2_{(n-k-1)}$ (Hilbe, 2014), di mana n adalah ukuran sampel, y_i adalah nilai peubah respon pengamatan ke- i , $\hat{\mu}_i$ adalah penduga rata-rata bagi peubah respon pengamatan ke i dan $\widehat{V}(y_i)$ adalah penduga ragam bagi peubah respon pengamatan ke i .

Regresi Zero Inflated Poisson

Regresi *zero inflated* Poisson (ZIP) merupakan pengembangan dari regresi Poisson yang digunakan untuk mengatasi terjadinya overdispersi akibat peubah respon mengandung banyak nilai nol. ZIP dapat dipandang sebagai distribusi gabungan Poisson-Bernoulli. Fungsi peluang bagi peubah acak $Y_i \sim \text{ZIP}(\mu, p)$ adalah (Liu dan Powers, 2012) :

$$P(Y_i = y_i | \mu, p) = \begin{cases} p + (1-p)e^{-\mu}, & \text{jika } y = 0 \\ (1-p) \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}, & \text{jika } y > 0 \end{cases} \quad (3)$$

Model regresi ZIP terdiri dari model logit dan model log-linier yaitu (Liu dan Powers, 2012) :

$$\text{logit}(p) = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_k X_k = \mathbf{x}'_1 \boldsymbol{\alpha} \quad (4)$$

$$\log(\mu) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k = \mathbf{x}'_1 \boldsymbol{\beta} \quad (5)$$

di mana p adalah peluang terjadinya nilai nol dan μ parameter distribusi Poisson (tidak termasuk nilai nol).

Metode Bayesian

Perbedaan metode klasik dan Bayesian yaitu parameter diperlakukan sebagai peubah acak yang ditandai dengan distribusi prior. Karakteristik dasar dari metode Bayesian yaitu mengukur ketidakpastian penduga parameter menggunakan peluang (Gelman dkk, 2003). Tujuan utama dalam

metode Bayesian yaitu untuk mendapatkan distribusi Posterior yang merupakan perkalian dari likelihood dan prior. Menurut Ntzoufraz (2009), distribusi posterior dapat dinyatakan sebagai

$$f(\theta|\mathbf{y}) \propto f(\mathbf{y}|\theta)f(\theta) \quad (6)$$

di mana $f(\theta|\mathbf{y})$ adalah distribusi posterior, $f(\mathbf{y}|\theta)$ adalah fungsi likelihood, $f(\theta)$ adalah distribusi prior dan θ adalah suatu parameter. Pada penelitian ini, parameter model yaitu α dan β ditetapkan berdistribusi Normal dengan rata-rata μ dan ragam σ^2 yaitu (Liu dan Powers, 2012)

$$f(\alpha, \beta) = \prod_{j=0}^k \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\alpha j}} e^{-\frac{(\alpha_j - \mu_{\alpha j})^2}{2\sigma_{\alpha j}^2}} \right] \times \prod_{j=0}^k \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\beta j}} e^{-\frac{(\beta_j - \mu_{\beta j})^2}{2\sigma_{\beta j}^2}} \right] \quad (7)$$

Fungsi Likelihood yang digunakan pada model ZIP adalah (Liu dan Powers, 2012)

$$L(\mathbf{y}|\alpha, \beta) = \prod_{j=1}^h \left[\frac{e^{\mathbf{x}_{1j}'\alpha}}{1 + e^{\mathbf{x}_{1j}'\alpha}} + \left(1 - \frac{e^{\mathbf{x}_{1j}'\alpha}}{1 + e^{\mathbf{x}_{1j}'\alpha}} \right) e^{-e^{\mathbf{x}_{1j}'\beta}} \right] \\ \times \prod_{j=h+1}^n \left[\left(1 - \frac{e^{\mathbf{x}_{1j}'\alpha}}{1 + e^{\mathbf{x}_{1j}'\alpha}} \right) e^{-e^{\mathbf{x}_{1j}'\beta}} \frac{(e^{\mathbf{x}_{2j}'\beta})^{y_j}}{y_j!} \right] \quad (8)$$

di mana n adalah ukuran sampel dan h adalah banyaknya nilai nol pada peubah respon.

Distribusi posterior mempunyai bentuk yang kompleks sehingga tidak mudah didapatkan secara analitik. Oleh karena itu, dikembangkan suatu teknik simulasi MCMC yang menciptakan barisan sampel acak berasal dari distribusi peluang dengan membangun rantai Markov sesuai dengan distribusi Posterior. *Gibbs Sampling* merupakan salah satu algoritma MCMC yang menggunakan sampel acak sebelumnya untuk membangkitkan nilai sampel berikutnya untuk mendapatkan rantai Markov (Albert, 2009).

Pemeriksaan konvergensi berguna untuk mengetahui apakah algoritma telah mencapai distribusi target. Jika konvergensi terpenuhi, artinya nilai yang dibangkitkan sesuai dengan distribusi posterior yang diinginkan. Terdapat beberapa cara memeriksa konvergensi yaitu trace plot, autokorelasi dan MC Error. Jika trace plot tidak menunjukkan suatu pola tertentu atau series cenderung stasioner, maka konvergensi terpenuhi. Jika autokorelasi setiap parameter rendah, maka sampel yang didapatkan saling bebas. Jika MC Error kurang dari 1% simpangan baku, maka konvergensi terpenuhi (Ntzoufraz, 2009).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berasal dari Riset Kesehatan Dasar (RKD) Indonesia tahun 2007, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Data yang didapatkan berupa *cross section* yaitu banyaknya kejadian Filariasis setiap kota/kabupaten di Provinsi Papua.

Peubah respon dalam penelitian ini adalah banyaknya penderita Filariasis setiap kota/kabupaten di Provinsi Papua (Y), sedangkan peubah prediktor yang digunakan adalah persentase rumah tangga yang tinggal di pedesaan (X_1), persentase penduduk yang berjenis kelamin laki-laki (X_2), persentase penduduk yang berusia 20-39 tahun (X_3), persentase penduduk yang tidur di dalam kelambu (X_4), persentase penduduk yang tidur di dalam kelambu berinsektisida (X_5), persentase rumah tangga yang menggunakan racun serangga/pembasmi hama selama sebulan yang lalu (X_6) dan persentase rumah tangga yang memelihara hewan peliharaan (anjing/kucing/kelinci) (X_7).

Faktor yang mempengaruhi banyak kejadian Filariasis di Provinsi Papua dapat dijelaskan melalui regresi *zero inflated Poisson*. Karena penelitian menggunakan sampel kecil yaitu 20

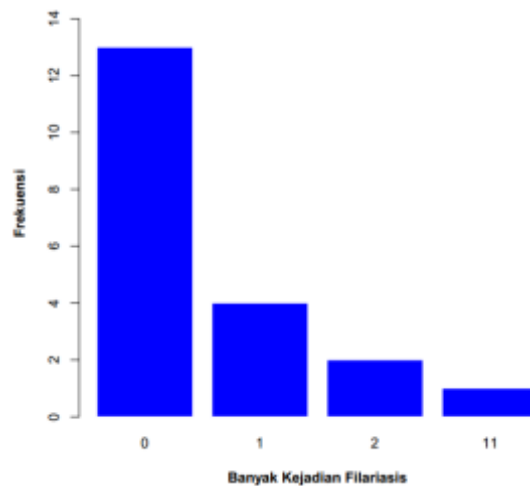
kota/kabupaten maka pendugaan parameter yang cocok digunakan adalah metode Bayesian. Tingkat kesalahan dalam penelitian ini ditetapkan 5% dan software yang digunakan adalah R.

Tahapan analisis regresi *zero inflated* Poisson dengan metode Bayesian yaitu (1) uji kecocokan distribusi peubah respon, (2) menentukan model umum regresi Poisson, (3) pengujian overdispersi, (4) menentukan model umum regresi *zero inflated* Poisson, (5) penentuan fungsi likelihood dan distribusi prior, (6) pendugaan parameter regresi *zero inflated* Poisson dengan metode Bayesian, (7) pemeriksaan konvergensi dan (8) menentukan faktor yang mempengaruhi kejadian Filariasis di Provinsi Papua.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistika Deskriptif

Banyaknya penderita Filariasis di setiap kota/kabupaten di Provinsi Papua dapat disajikan menggunakan diagram batang. Berdasarkan diagram batang pada Gambar 1, menunjukkan bahwa kejadian Filariasis hampir rendah di setiap kota/kabupaten. Sebanyak 13 kota/kabupaten tidak terjangkit Filariasis. Angka kejadian Filariasis tertinggi sebanyak 11 kasus.



Gambar 1. Diagram Batang Banyaknya Kejadian Filariasis di Provinsi Papua

Uji Kecocokan Distribusi

Regresi Poisson mensyaratkan peubah respon berdistribusi Poisson. Pengujian kecocokan distribusi peubah respon menggunakan uji Kolmogorov Smirnov. Hasil pengujian Kolmogorov Smirnov disajikan pada Tabel 1. Hipotesis yang melandasi uji Kolmogorov Smirnov adalah

H_0 : Banyak kejadian Filariasis berdistribusi Poisson

H_1 : Banyak kejadian Filariasis tidak berdistribusi Poisson

Tabel 1. Hasil Uji Kolmogorov Smirnov

Uji Kecocokan Distribusi	Statistik	Titik Kritis	Keputusan
Kolmogorov Smirnov	0.263	0.295	Banyaknya Kejadian Filariasis berdistribusi Poisson

Berdasarkan Tabel 1, nilai statistik kolmogorov smirnov (0.263) < titik kritis (0.295), maka terima H_0 dan disimpulkan bahwa banyaknya kejadian Filariasis berdistribusi Poisson. Karena peubah respon berdistribusi Poisson, maka faktor yang mempengaruhi kejadian Filariasis dapat diketahui melalui regresi Poisson.

Pengujian Overdispersi

Regresi Poisson mewajibkan equidispersi yaitu nilai rata-rata dan ragam peubah respon bernilai sama. Namun, seringkali asumsi tersebut tidak terpenuhi dan terjadi overdispersi. Pengujian overdispersi menggunakan *Pearson's Chi-Square*. Hasil pengujian overdispersi disajikan pada Tabel 2. Hipotesis yang melandasi pengujian overdispersi adalah

H_0 : Terjadi Equidispersi

H_1 : Terjadi Overdispersi

Tabel 2. Hasil Uji Overdispersi

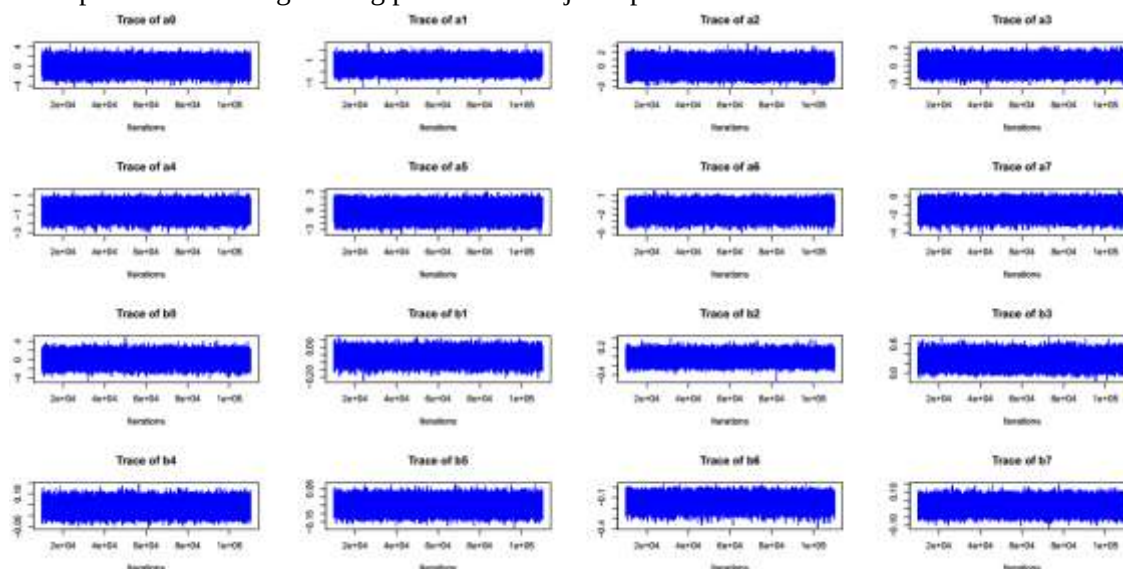
Uji Overdispersi	Statistik uji	Titik Kritis	Keputusan
<i>Pearson's Chi-Square</i>	44.195	21.02	Terjadi overdispersi

Berdasarkan uji *Pearson's Chi-Square* pada Tabel 2, nilai statistik uji (44.195) > Titik kritis (21.02), maka tolak H_0 yang menunjukkan bahwa regresi Poisson mengalami overdispersi. Untuk mengatasi overdispersi karena peubah respon mengandung banyak nilai nol, maka digunakan model regresi *zero inflated Poisson*.

Metode Bayesian

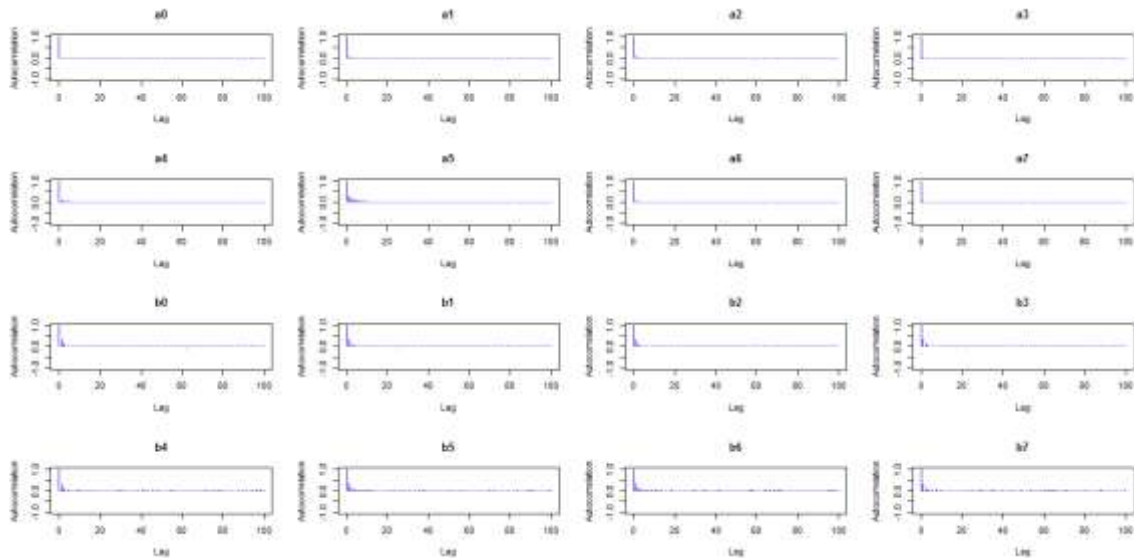
Ukuran sampel penelitian ini sebesar 20 kota/kabupaten (ukuran sampel kecil), maka pendugaan parameter yang cocok digunakan adalah metode Bayesian. Pada penelitian ini, prior ditetapkan berdistribusi normal (0,var=1). Algoritma MCMC yang digunakan adalah *gibbs sampling*. Simulasi MCMC dilakukan sebanyak dua tahap. Simulasi tahap pertama dilakukan iterasi sebanyak 60,000 + 10,000 *burn-in* + 50 *thin*. Simulasi tahap kedua dilakukan iterasi sebanyak 100,000 + 10,000 *burn-in* + 50 *thin*. Proses *burn-in* dilakukan untuk menghilangkan pengaruh nilai awal. Proses *thinning* dilakukan untuk mengatasi autokorelasi yang tinggi.

Pemeriksaan konvergensi algoritma menggunakan trace plot, autokorelasi, dan MC Error. Trace plot untuk masing-masing parameter disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Trace Plot

Berdasarkan Gambar 2, trace plot tidak menunjukkan pola tertentu (stasioner). Hal ini mengindikasikan bahwa konvergensi algoritma terpenuhi. Pemeriksaan konvergensi berdasarkan plot autokorelasi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Autokorelasi

Berdasarkan Gambar 3, autokorelasi yang dihasilkan setiap parameter rendah, sehingga konvergensi algoritma dapat diterima. Pemeriksaan konvergensi lainnya dapat menggunakan *MC Error* yang merupakan variabilitas penduga ketika simulasi berlangsung. Pemeriksaan konvergensi menggunakan *MC Error* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Konvergensi MCMC

Parameter	Simpangan Baku	1% Simpangan Baku	MC Error	Keputusan
Model logit				
Intercept	0.999059	0.009991	0.003269	Konvergen
X_1	0.406745	0.004067	0.001405	Konvergen
X_2	0.728613	0.007286	0.002340	Konvergen
X_3	0.816023	0.008160	0.002778	Konvergen
X_4	0.563379	0.005634	0.002260	Konvergen
X_5	0.917303	0.009173	0.004890	Konvergen
X_6	0.794164	0.007942	0.002943	Konvergen
X_7	0.575474	0.005755	0.001740	Konvergen
Model log-linier				
Intercept	0.990817	0.009908	0.004364	Konvergen
X_1	0.031275	0.000313	0.000155	Konvergen
X_2	0.086121	0.000861	0.000407	Konvergen
X_3	0.102712	0.001027	0.000492	Konvergen
X_4	0.022495	0.000225	0.000101	Konvergen
X_5	0.029654	0.000297	0.000134	Konvergen
X_6	0.045861	0.000459	0.000236	Konvergen
X_7	0.028365	0.000284	0.000124	Konvergen

Berdasarkan Tabel 3, nilai *MC Error* untuk setiap parameter kurang dari 1% simpangan baku. Berdasarkan beberapa pemeriksaan konvergensi yaitu trace plot, autokorelasi dan *MC Error* dapat disimpulkan bahwa konvergensi algoritma terpenuhi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai yang dibangkitkan sesuai dengan distribusi posterior yang diinginkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian Filariasis di Provinsi Papua disajikan pada Tabel 4. Pada metode Bayesian, parameter dikatakan signifikan jika *Credible Interval* tidak memuat nilai nol.

Tabel 4. Faktor yang mempengaruhi banyak kejadian Filariasis

Parameter	Nilai Penduga	95% Credible Interval		Keputusan
Model logit				
Intercept	-0.004	-1.96903	1.96100	Tidak signifikan
X ₁	0.584	-0.20360	1.39100	Tidak signifikan
X ₂	-0.062	-1.48400	1.36600	Tidak signifikan
X ₃	0.107	-1.49100	1.71100	Tidak signifikan
X ₄	-0.526	-1.70200	0.48940	Tidak signifikan
X ₅	-0.041	-1.88000	1.61500	Tidak signifikan
X ₆	-1.340	-2.91300	0.19120	Tidak signifikan
X ₇	-1.367	-2.55800	-0.31080	Signifikan
Model log-linier				
Intercept	0.089	-1.86100	2.02800	Tidak signifikan
X ₁	-0.060	-0.12300	0.00012	Tidak signifikan
X ₂	-0.023	-0.19330	0.14460	Tidak signifikan
X ₃	0.267	0.07442	0.47600	Signifikan
X ₄	0.040	-0.00416	0.08426	Tidak signifikan
X ₅	-0.049	-0.10720	0.00935	Tidak signifikan
X ₆	-0.142	-0.23710	-0.05631	Signifikan
X ₇	0.016	-0.03879	0.07268	Tidak signifikan

Berdasarkan Tabel 4, model regresi *zero inflated Poisson* dengan metode Bayesian adalah

$$\text{logit}(p) = -0.004 + 0.584X_1 - 0.062X_2 + 0.107X_3 - 0.526X_4 - 0.041X_5 - 1.340X_6 - 1.367X_7$$

$$\text{log}(\mu) = 0.089 - 0.060X_1 - 0.023X_2 + 0.267X_3 + 0.040X_4 - 0.049X_5 - 0.142X_6 - 0.016X_7$$

Tabel 4 menunjukkan bahwa banyaknya kejadian Filariasis di Provinsi Papua dipengaruhi oleh persentase penduduk yang berusia 20-39 tahun, persentase rumah tangga yang menggunakan racun serangga/pembasmi hama selama sebulan yang lalu dan persentase rumah tangga yang memelihara hewan peliharaan.

Jika persentase rumah tangga yang memelihara hewan peliharaan meningkat 1%, maka kemungkinan terjadinya Filariasis naik sebesar $1/(\exp(-1.367))=3.92$ kali dengan asumsi peubah prediktor lain dianggap tetap. Hal ini menunjukkan bahwa orang yang memelihara hewan peliharaan (anjing/kucing/kelinci) lebih rentan terserang Filariasis.

Jika persentase penduduk yang berusia 20-39 tahun meningkat 1%, maka rata-rata banyak penderita Filariasis menjadi $\exp(0.267)=1.3$ kali lipat dibanding sebelumnya dengan asumsi peubah prediktor lain dianggap tetap. Hal ini menunjukkan bahwa Filariasis cenderung menyerang orang yang berusia 20-39 tahun (usia produktif).

Jika persentase rumah tangga yang menggunakan racun serangga/pembasmi hama meningkat 1%, maka rata-rata banyak penderita Filariasis menjadi $\exp(-0.142) = 0.868$ kali lipat dibanding sebelumnya dengan asumsi peubah prediktor lain dianggap tetap. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan racun serangga/pembasmi hama mengurangi angka kejadian Filariasis.

PENUTUP

Banyaknya kejadian Filariasis di setiap kota/kabupaten Provinsi Papua dipengaruhi oleh persentase penduduk yang berusia 20-39 tahun, persentase rumah tangga yang menggunakan racun serangga/pembasmi hama selama sebulan yang lalu dan persentase rumah tangga yang memelihara hewan peliharaan (anjing/kucing/kelinci). Penduduk yang berusia 20-39 tahun atau memiliki hewan peliharaan (anjing/kucing/kelinci) hendaknya waspada terhadap penyakit Filariasis. Penggunaan racun serangga/pembasmi merupakan salah satu cara yang tepat untuk mengurangi penyebaran nyamuk

penyebaran Filariasis. Penelitian selanjutnya sebaiknya mempertimbangkan faktor spasial/tempat yang mungkin berpengaruh terhadap penyebaran penyakit Filariasis.

DAFTAR RUJUKAN

- Agresti, A. 2007. *An Introduction to Categorical Data Analysis*. New York : John Wiley & Sons.
- Albert, J. 2009. *Bayesian Computation with R*. New York : Springer.
- Daniel, W.W. 1989. *Statistika Non Parametrik Terapan*. Jakarta : Gramedia.
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, S.H. & Rubin, D.B. 2003. *Bayesian Data Analysis*. London : Chapman & Hall/CRC.
- Hilbe, J.M. 2014. *Modeling Count Data*. New York : Cambridge University Press.
- Liu, H. & Powers, D.A. 2012. Bayesian Inference for zero inflated Poisson regression model. *Journal of Statistics : Advance in Theory and Application*, (Online), Volume 7 (2) , 155-188, (scientificadvances.co.in), diakses 24 Mei 2016.
- Mengenal Filariasis (Penyakit Kaki Gajah). (Online), (www.pppl.depkes.go.id) , diakses 24 Mei 2016.
- Ntzoufraz, I. 2009. *Bayesian Modelling Using WinBUGS*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Riset Kesehatan Dasar. 2008. Jakarta : Departemen Kesehatan RI.
- Winkelman, R. 2008. *Econometric Analysis of Count Data Fifth Edition*. Zurich : Springer.