

Pemodelan Pneumonia Berat Menggunakan Regresi *Zero Inflated Negative Binomial* di Gorontalo

Novianita Achmad¹, Muhammad Rezky Friesta Payu², Yolanda Rahim³

^{1,2,3}Jurusan Matematika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96119, Indonesia

Email: novianita.achmad@ung.ac.id

Abstrak

Pada beberapa kasus tertentu, variabel respon memiliki nilai nol yang berlebih (*excess zeros*) sehingga menyebabkan terjadinya *overdispersi*. Oleh karena itu, untuk mengatasi terjadinya *overdispersi* pada data karena *excess zeros* dapat digunakan pendekatan regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* (ZINB). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memodelkan kejadian pneumonia berat di kabupaten Bone Bolango dan Kota Gorontalo menggunakan Regresi *Zero-Inflated Negative Binomial*. Berdasarkan hasil regresi ZINB dapat diketahui tiga faktor yang signifikan yakni Asi Eksklusif, Vitamin A serta BBLR.

Kata Kunci: Zero Inflated Negative Binomial; Pneumonia Berat; *Excess Zeros*

Abstract

In certain cases, the response variable has an excess zero that causes overdispersion. Therefore, to overcome overdispersion because excess zero Zero-inflated negative binomial regression can be used. The purpose of this study is to apply Zero inflated negative binomial regression to model the case of severe pneumonia in Bone Bolango and on the city of Gorontalo. Based on the result of ZINB Regression, it was found that there are 3 (three) factors that are significant that is ASI, Vitamin A, and low birth weight.

Keywords: Severe Pneumonia; Zero Inflated Negative Binomial; *Excess Zeros*

1. Pendahuluan

Pneumonia merupakan penyakit infeksi akut pada saluran pernapasan yang disebabkan oleh virus, bakteri atau jamur yang menyerang jaringan paru [1]. Berdasarkan tingkatan gejala yang dialami pneumonia dapat di klasifikasikan menjadi pneumonia berat, pneumonia dan bukan pneumonia. Pneumonia perlu segera ditangani karena termasuk dalam salah satu penyebab utama kematian pada balita. WHO dan lembaga Kesehatan anak dunia UNICEF telah bekerjasama membentuk IMCI (*The integrated management of childhood Illness*) atau MBTS (Manajemen Terpadu Balita Sakit) untuk menurunkan angka kematian dan kesakitan anak akibat penyakit termasuk pneumonia [2].

Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kota Gorontalo di Kota Gorontalo pneumonia berat pada balita terjadi di 2 dari 10 puskesmas dengan jumlah 41 penderita, sementara berdasarkan data dinas Kesehatan Kabupaten Bone Bolango pneumonia berat pada balita terjadi di 4 dari 20 puskesmas dengan jumlah 9 penderita. Kondisi data seperti ini dapat memicu *excess zeros* dan *overdispersi* sehingga untuk memodelkan data tersebut perlu menggunakan metode yang dapat menangani masalah tersebut, salah satu metode yang dapat digunakan untuk menangani kondisi tersebut adalah regresi *Zero Inflated Negative Binomial*. Regresi *Zero Inflated Negative Binomial* (ZINB) merupakan metode yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon yang berbentuk count dengan variabel prediktor yang berupa data diskrit, kontinu atau campuran antara keduanya [3].

Regresi ZINB mampu memodelkan data yang mengalami overdispersi akibat excess zero tanpa menghilangkan kondisi overdispersi dari data.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan regresi *Zero Inflated Negative Binomial* yang dilakukan oleh Anisa Nuraeni *et.al* [4] dengan menerapkan regresi *Zero-Inflated Negative Binomial* Pada data Kecelakaan Lalu Lintas di Kota Pontianak dengan kesimpulan bahwa regresi poisson tidak cocok digunakan dalam data tersebut karena mengalami overdispersi pada model poisson, sehingga *Zero Inflated Negative Binomial* lebih cocok digunakan. Kemudian, penelitian oleh Yulian [5] dalam memodelkan frekuensi bepergian penduduk kabupaten Tapanuli Selatan. Penelitian dengan metode yang sama dilakukan oleh Amaliana *et.al* [6] dalam menganalisis data tetanus neonatrum yang terjadi di Jawa Timur dan penelitian yang dilakukan oleh Utami [7] dalam memodelkan kasus jumlah bepergian penduduk provinsi Sulawesi Tengah.

Berdasarkan relevansi penelitian terkait dan kejadian pneumonia berat yang terjadi di Gorontalo peneliti tertarik melakukan penelitian dengan metode yang sama pada kasus pneumonia berat di Gorontalo dengan menggunakan metode pemilihan model terbaik yang berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu metode AICc. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan kasus pneumonia berat pada balita di kota Gorontalo dan di kabupaten Bone Bolango tahun 2019 dan juga untuk mengetahui faktor-faktor signifikan yang mempengaruhi kasus pneumonia berat pada balita di kota Gorontalo dan di kabupaten Bone Bolango menggunakan regresi *Zero Inflated Negative Binomial*.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kabupaten Bone Bolango dan Dinas Kesehatan Kota Gorontalo tahun 2019. Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu Jumlah kejadian pneumonia berat (Y), Persentase asi eksklusif (x_1), Persentase balita yang mendapatkan vit A (x_2), Persentase berat badan lahir rendah (x_3), Persentase imunisasi dasar lengkap (x_4).

2.1 Kajian Teori

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan beberapa teori yang relevan untuk mendukung penyelesaian masalah dalam penelitian. Beberapa teori yang akan dikaji adalah: regresi Poisson, *excess zeros*, multikolinearitas, overdispersi, regresi *zero inflated negative binomial*, dan pemilihan model terbaik.

2.1.1 Regresi Poisson

Regresi Poisson merupakan suatu bentuk analisis regresi yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel respon yang berupa data diskrit dan variabel prediktor berupa data kontinu, diskrit atau campuran. Model regresi Poisson dapat ditulis sebagai berikut [8]:

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p$$

2.1.2 Excess Zeros

Kondisi *Excess zeros* merupakan kondisi nilai nol yang berlebih pada suatu data dimana nilai nol memiliki makna pada data sehingga tidak dapat dihilangkan. Data dikatakan mengalami excess zero jika proporsi nilai nol pada variabel respon lebih besar dari nilai lainnya pada variabel respon [9].

2.1.3 Multikolinearitas

Pengujian ini merupakan pengujian untuk mengetahui korelasi antar variabel prediktor dalam model regresi. Dalam regresi *zero inflated negative binomial* data harus tidak mengalami multikolinearitas karena dapat menyebabkan hasil estimasi parameter tidak akurat. Mendeteksi multikolinearitas dapat menggunakan nilai VIF, model dapat dikatakan bebas dari multikolinearitas jika nilai VIF < 10 [6]. Rumus VIF dinyatakan sebagai berikut [10]:

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2}$$

2.1.4 Overdispersi

Dalam memodelkan regresi Poisson perlu memenuhi syarat equidispersi dimana nilai rata-rata sama dengan nilai variansnya, pada beberapa penelitian syarat ini tidak terpenuhi. Beberapa data penelitian memiliki nilai rata-rata yang lebih dari nilai variansnya atau dikenal dengan overdispersi. Data dengan overdispersi jika di analisis menggunakan regresi poisson akan menyebabkan kondisi *underestimate* [11]. Overdispersi dapat diketahui jika hasil uji *Pearson's Chi Square* dibagi dengan derajat bebasnya lebih besar dari 1. Statistik uji *Pearson's Chi Square* sebagai berikut [12]:

$$\sum_{i=0}^n \frac{(y_i - (\hat{\mu}_i))^2}{V(\hat{y}_i)}$$

2.1.5 Regresi *Zero Inflated Negative Binomial*

Regresi *Zero Inflated Negative Binomial* merupakan metode yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon yang berbentuk count dengan variabel prediktor yang berupa data diskrit, kontinu atau campuran antara keduanya. Metode ini dapat menangani permasalahan overdispersi dan excess zeros. Regresi ZINB terdiri dari dua komponen yaitu model data diskrit untuk μ_i dan model *zero-inflation* untuk p_i yaitu [9]:

- a) Model untuk parameter μ_i

$$\log(\mu_i) = x_i^T \beta$$

- b) Model untuk parameter p

$$\text{logit}(p_i) = \log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = z_i^T \gamma$$

2.1.6 Pengujian Signifikansi Model

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon.

- a) Uji Simultan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor secara serentak terhadap variabel respon dengan menggunakan statistik uji *LR*. Persamaan uji *LR* sebagai berikut: [13]

$$LR = -2 \ln[L_0 - L_1] \sim \chi_{2k}^2(\alpha)$$

Dimana k jumlah parameter dikali dua dan α adalah taraf signifikansi.

- b) Uji Parsial

Pengujian parameter secara parsial merupakan pengujian parameter yang dilakukan untuk menentukan variabel prediktor mana yang mempengaruhi variabel respon secara individu dengan menggunakan statistik uji Wald. Persamaan Uji Wald sebagai berikut. [13]

$$W_j = \left[\frac{\hat{\beta}_j}{SE \hat{\beta}_j} \right]$$

$SE \hat{\beta}_j$ merupakan simpangan baku dari Maximum Likelihood Estimation (MLE).

2.1.7 Pemilihan Model Terbaik

Menentukan model terbaik dapat menggunakan metode *Akaike Information Criterion Corrected (AICc)*. Dibandingkan dengan AIC, AICc dapat memberikan hasil yang lebih baik jika digunakan pada sampel sebanyak (n) yang dibagi dengan jumlah parameter yang di estimasi bernilai ≤ 40 . Nilai AICc dapat dihitung sebagai berikut [13]:

$$AICc = AIC + \frac{2k^2 + 2k}{n - k - 1}$$
$$AIC = -2\ln(L) + 2k$$

Model yang terbaik adalah model yg memiliki nilai AICc terkecil.

2.2 Tahapan Analisis

Analisis data pada penelitian ini menggunakan *software R Studio Version 1.4.1717* dan SAS. Tahapan analisis pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Pengujian ini diawali dengan pengujian *excess zeros* dengan melihat proporsi nilai nol pada variabel respon Y atau pada variabel jumlah pneumonia pada balita
2. Melakukan uji asumsi multikolinearitas pada variabel-variabel prediktor menggunakan kriteria uji VIF
3. Melakukan pemodelan regresi Poisson dan estimasi parameter
4. Melakukan uji overdispersi dengan melihat nilai statistik uji *Pearson Chi Square* yang dibagi dengan derajat bebasnya.
5. Apabila data mengalami *excess zero* dan overdispersi maka dilanjutkan dengan melakukan pemodelan regresi *zero inflated negative binomial*.
6. Model yang terbentuk di uji signifikansi parameter secara simultan menggunakan uji *likelihood ratio* menggunakan dan secara parsial menggunakan uji Wald
7. Melakukan pengujian kelayakan model menggunakan AICc.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses analisis dari penelitian ini dilakukan sesuai kajian teori dan sehingga mendapatkan hasil yang kemudian dibahas dalam poin-poin berikut.

3.1 Pengujian Excess Zero

Pengujian *Excess Zeros* dilakukan untuk melihat jumlah nilai nol pada variabel respon yaitu banyaknya kejadian pneumonia berat. Pengujian *Excess Zeros* dilakukan dengan melihat proporsi nilai nol pada variabel respon. Hasil pengujian *Excess Zeros* menunjukkan bahwa pada proporsi data yang digunakan sebanyak 80% sehingga dapat dikatakan data mengalami *Excess Zeros* karena nilai nol pada variabel respon lebih dari 50% data.

3.2 Uji asumsi multikolinearitas

Pengujian multikolinearitas dilakukan untuk melihat korelasi antar variabel prediktor dalam regresi Poisson. Pengujian asumsi multikolinearitas dilakukan dengan melihat nilai VIF. Hipotesisnya sebagai berikut :

H_0 : Tidak terjadi multikolinearitas

H_1 : Terjadi Multikolinearitas

Kriteria pengujian tolak H_0 jika nilai $VIF > 10$ diperoleh hasil yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Multikolineritas

Model	X_1	X_2	X_3	X_4
VIF	1,430206	3,574871	2,688318	2,082967

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengujian asumsi multikolinearitas menunjukkan bahwa nilai VIF untuk semua variabel prediktor dibawah dari 10 sehingga disimpulkan tidak terjadi multikolinearitas pada variabel prediktor dalam penelitian ini dan dapat di gunakan untuk membentuk model regresi.

3.3 Pemodelan regresi Poisson

Pemodelan regresi Poisson dilakukan untuk memodelkan data menggunakan regresi Poisson. Pemodelan dilakukan dengan mengestimasi parameter. Berdasarkan hasil Estimasi parameter terbentuk model regresi poisson sebagai berikut :

$$\mu_i = \exp(34,463594 - 0,024034x_1 - 0,285591x_2 - 0,97805x_3 - 0,065897x_4) \quad \mu_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, 30$$

3.4 Overdispersi

Pengujian overdispersi dilakukan untuk melihat terjadinya keadaan overdispersi pada data. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan uji *pearson chi square* yang kemudian dibagi dengan nilai derajat bebasnya. Dengan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0: \phi = 1$$

$$H_1: \phi > 1$$

Dengan kriteria pengujian tolak H_0 jika dispersi bernilai 1. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai dispersi

No.	Model	Nilai Dispersi
1.	$\mu_i = \exp(\beta_0 + x_{i2})$	14,35157
2.	$\mu_i = \exp(\beta_0 + x_{i2} + x_{i3})$	6,56558
3.	$\mu_i = \exp(\beta_0 + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4})$	5,906942
4.	$\mu_i = \exp(\beta_0 + x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4})$	6,216733

Pada Tabel 2 hasil pengujian overdispersi menunjukkan nilai dispersi pada model lebih dari 1 maka disimpulkan bahwa model mengalami overdispersi, sehingga tidak dapat di analisis menggunakan regresi Poisson. Setelah dilakukan pengujian overdispersi dan excess zeros diketahui variabel respon mengalami overdispersi dan *excess zeros*, maka digunakan metode regresi *Zero Inflated Negative Binomial* untuk menangani hal tersebut.

3.5 Regresi Zero Inflated Negative Binomial

Pembentukan model dan estimasi parameter *regresi zero inflated negative binomial* di lakukan untuk mengestimasi dan membentuk model. Hasil dari estimasi parameter dapatkan hasil sebagai berikut:

3.5.1 Model data diskrit

$$\begin{aligned} \mu_i &= \exp(18,883 - 0,2072_{i2}) \\ \mu_i &= \exp(11,674 - 0,115_{i2} + 0,273_{i3}) \\ \mu_i &= \exp(48,360 - 0,236_{i2} - 0,341_{i3} - 0,217_{i4}) \\ \mu_i &= \exp(39,683 - 0,100_{i1} - 0,594_{i2} - 0,326_{i3} - 0,052_{i4}) \end{aligned}$$

3.5.2 Model data zero inflation

$$\begin{aligned} \mu_i &= \exp(132,343 - 1,683_{i2}) \\ \mu_i &= \exp(17,794760 + 0,212241_{i2} - 30,8059_{i3}) \\ \mu_i &= \exp(498,298 - 4,448_{i2} - 3,009_{i3} - 3,094_{i4}) \\ \mu_i &= \exp(402,043 + 2,375_{i1} - 8,385_{i2} - 3,015_{i3} - 0,617_{i4}) \end{aligned}$$

Model yang telah didapatkan di uji signifikansi dari parameter untuk melihat pengaruhnya.

3.6 Pengujian Signifikansi Parameter

Pengujian signifikansi parameter dilakukan untuk melihat pengaruh parameter secara simultan dan parsial. Pengujian parameter dilakukan dengan dua tahap yaitu:

3.6.1 Uji Simultan

Pengujian parameter secara simultan menggunakan nilai $LR_{(X^2_{(0,05;v)})}$ dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \gamma_1 = \gamma_2 = 0$$

H_1 : minimal ada 1 $\beta_i \neq 0$ atau $\gamma_i = 0$ dengan $i = 1, 2, \dots, 4$

dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dan kriteria pengujian tolak H_0 jika nilai $LR_{hitung} > LR_{(X^2_{(0,05;v)})}$ didapatkan hasil pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Simultan

No.	Variabel Model	LR_{hitung}	v	$LR_{(X^2_{(0,05;v)})}$	Keputusan
1.	X_2	8,1893	2	5,591	Tolak H_0
2.	X_2, X_3	4,8111	4	9,488	Terima H_0
3.	X_2, X_3, X_4	4,4466	6	12,592	Terima H_0
4.	X_1, X_2, X_3, X_4	34,924	8	15,507	Tolak H_0

Tabel 3 hasil uji simultan menunjukkan hanya pada model 2 dan model 15 memiliki nilai $LR_{hitung} >$ nilai $LR_{(X^2_{(0,05;v)})}$ maka tolak H_0 , yang berarti minimal terdapat satu parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap model. Untuk mengetahui pengaruh masing masing variabel bebas diperlukan pengujian secara parsial.

3.6.2 Uji Parsial

Pengujian ini menggunakan uji Wald dengan hipotesis sebagai berikut :

1. Model data diskrit
 $H_0 : \beta_i = 0$
 $H_1 : \beta_i \neq 0$ dengan $i = 1, 2, \dots, 4$
2. Model Zero-inflation
 $H_0 : \beta_i = 0$
 $H_1 : \beta_i \neq 0$ dengan $i = 1, 2, \dots, 4$

Dengan kriteria pengujian menolak H_0 pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ jika $W_{hitung} > \chi^2_{\alpha;1}$ hasil yang di peroleh sebagai berikut:

1. Untuk model data diskrit
Signifikansi parameter model data diskrit disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Signifikansi parameter model data diskrit

No.	Variabel dari model	W_{hitung}	$X^2_{(0,05;v)}$	Keputusan
1.	β_2	$W_2 = \left(\frac{-0.20721}{0.06985}\right)^2 = 8,800$	3,8415	Tolak H_0
	β_1	$W_1 = \left(\frac{-0.10073}{0.02490}\right)^2 = 16,365$	3,8415	Tolak H_0
	β_2	$W_2 = \left(\frac{-0.59436}{0.07123}\right)^2 = 69,626$	3,8415	Tolak H_0
2.	β_3	$W_3 = \left(\frac{-0.32669}{0,05590}\right)^2 = 34,154$	3,8415	Tolak H_0
	β_4	$W_4 = \left(\frac{-0,05242}{0.04022}\right)^2 = 1,699$	3,8415	Terima H_0

Berdasarkan Tabel 4 pengujian parameter secara parsial untuk model data diskrit menunjukkan hasil pada model pertama dengan parameter β_2 tolak H_0 karena nilai $W_j > \chi^2_{0,05;1}$ artinya terdapat pengaruh yang signifikan Balita yang mendapatkan Vitamin A terhadap kasus Pneumonia berat pada balita. pada model kedua tolak H_0 pada parameter β_1, β_2 dan β_3 karena nilai $W_j > \chi^2_{0,05;1}$ sementara

pada parameter β_4 terima H_0 karena nilai $W_j < \chi_{0,05;1}^2$ sehingga dapat disimpulkan yang signifikan maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh presentase balita yang mendapatkan asi eksklusif, presentase Balita yang mendapatkan Vitamin A dan presentase BBLR terhadap kejadian pneumonia berat pada balita sementara presentase Imunisasi Dasar Lengkap tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pneumonia berat.

2. Model Zero Inflation

Signifikansi parameter pada model data *Zero-Inflation* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Signifikansi parameter model data *Zero-Inflation*

No.	Parameter dari model	W_{hitung}	$\chi_{(0,05;v)}^2$	Keputusan
1.	γ_2	$W_2 = \left(\frac{-1.683}{-0,863}\right)^2 = 3,803$	3,8415	Terima H_0
	γ_1	$W_1 = \left(\frac{-2,3757}{1,5935}\right)^2 = 2,189$	3,8415	Terima H_0
2.	γ_2	$W_2 = \left(\frac{-8,3855}{5,7540}\right)^2 = 2,124$	3,8415	Terima H_0
	γ_3	$W_3 = \left(\frac{-3,0158}{1,9905}\right)^2 = 2,295$	3,8415	Terima H_0
	γ_4	$W_4 = \left(\frac{-0,6174}{0,4786}\right)^2 = 1,664$	3,8415	Terima H_0

Pada tabel 5 pengujian parameter secara parsial untuk model data *zero inflation* menunjukkan hasil pada model pertama parameter γ_2 memiliki nilai $W_j < \chi_{0,05;1}^2$ sehingga keputusan terima H_0 dan dapat disimpulkan bahwa Balita yang mendapatkan Vitamin A tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kasus pneumonia berat pada balita. pada parameter $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ dan γ_4 memiliki nilai $W_j < \chi_{0,05;1}^2$ sehingga keputusan tolak H_0 maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh presentase balita yang mendapatkan asi eksklusif, presentase Balita yang mendapatkan Vitamin A, presentase BBLR dan Imunisasi Dasar Lengkap terhadap kejadian pneumonia berat pada balita

3.7 Uji Kebaikan Model

Uji kebaikan model dilakukan untuk mengetahui model yang terbaik. Pengujian ini dilakukan menggunakan AICc dengan melihat model yang memiliki nilai AICc yang terkecil. Hasil pengujian kebaikan model diberikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Signifikansi parameter model data *Zero-Inflation*

Model	Sampel / Jumlah parameter	Nilai AICc
1.	$\frac{30}{1} = 30$	62,42614
2.	$\frac{30}{4} = 7,25$	49,35298

Berdasarkan tabel 6 hasil pengujian kebaikan model menunjukkan bahwa semua model memiliki nilai sampel dibagi dengan parameter yang lebih kecil dari 40 sehingga uji AICc dapat memberikan hasil yang baik. Berdasarkan tabel 6 dapat disimpulkan model yang terbaik adalah model kedua yaitu model regresi ZINB dengan empat variabel bebas dengan nilai AICc terkecil sebesar 49,35298.

3.8 Interpretasi Model

Berdasarkan pengujian signifikansi parameter model regresi ZINB diperoleh model:

$$\ln(\mu_i) = \exp(39,68338 - 0,10037X_{i1} - 0,59436X_{i2} - 0,32669X_{i3})$$

$$\text{logit}(p_i) = \frac{\exp(402,0433 - 2,3757X_{i1} - 8,3855X_{i2} - 3,0158X_{i3} - 0,6174X_{i4})}{1 + \exp(402,0433 - 2,3757X_{i1} - 8,3855X_{i2} - 3,0158X_{i3} - 0,6174X_{i4})}$$

Untuk model data diskrit:

1. X_{i1} merupakan presentase balita yang mendapatkan asi eksklusif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap perubahan 1% balita yang mendapatkan asi eksklusif di kabupaten Bone Bolango dan kota Gorontalo dapat menurunkan kejadian Pneumonia berat sebesar 0.10037 kali.
2. X_{i2} merupakan presentase balita yang mendapatkan Vitamin A Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap perubahan 1% balita yang mendapatkan vitamin di kabupaten Bone Bolango dan kota Gorontalo dapat menurunkan kejadian Pneumonia berat sebesar 8,3855 kali.
3. X_{i3} merupakan presentase BBLR sehingga dapat disimpulkan setiap penambahan 1% balita yang mengalami BBLR maka akan meningkatkan kejadian Pneumonia berat sebesar 3,0158 kali.
4. X_{i4} merupakan presentase Imunisasi Dasar Lengkap sehingga dapat disimpulkan setiap penambahan 1% balita yang mengalami Imunisasi Dasar Lengkap maka akan meningkatkan kejadian Pneumonia berat sebesar 0,05242 kali.

Untuk model *zero-inflation*

1. X_{i1} merupakan presentase balita yang mendapatkan asi eksklusif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap perubahan 1% balita yang mendapatkan asi eksklusif di kabupaten Bone Bolango dan kota Gorontalo dapat menurunkan kejadian Pneumonia berat sebesar 2,3757 kali.
2. X_{i2} merupakan presentase balita yang mendapatkan Vitamin A Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap perubahan 1% balita yang mendapatkan asi eksklusif di kabupaten Bone Bolango dan kota Gorontalo dapat menurunkan kejadian Pneumonia berat sebesar 0,59436 kali.
3. X_{i3} merupakan presentase BBLR sehingga dapat disimpulkan setiap penambahan 1% balita yang mengalami BBLR maka akan meningkatkan kejadian Pneumonia berat sebesar 0,32669 kali.
4. X_{i4} merupakan presentase Imunisasi Dasar Lengkap sehingga dapat disimpulkan setiap penambahan 1% balita yang mengalami Imunisasi Dasar Lengkap maka akan meningkatkan kejadian Pneumonia berat sebesar 0,6174kali.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian parameter dari model yang didapatkan model sebagai berikut

$$\ln(\mu_i) = \exp(39,68338 - 0,10037X_{i1} - 0,59436X_{i2} - 0,32669X_{i3})$$

$$\text{logit}(p_i) = \frac{\exp(402,0433 - 2,3757X_{i1} - 8,3855X_{i2} - 3,0158X_{i3} - 0,6174X_{i4})}{1 + \exp(402,0433 - 2,3757X_{i1} - 8,3855X_{i2} - 3,0158X_{i3} - 0,6174X_{i4})}$$

Hasil pengujian parameter dari model yang didapatkan terdapat tiga variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap kejadian Pneumonia, yaitu (X1) balita yang mendapatkan asi eksklusif dimana setiap perubahan 1% balita yang mendapatkan asi eksklusif di kabupaten Bone Bolango dan kota Gorontalo dapat menurunkan kejadian Pneumonia berat sebesar 0.10037 kali, (X2) balita yang mendapatkan vitamin A dimana setiap perubahan 1% balita yang mendapatkan vitamin di kabupaten Bone Bolango dan kota Gorontalo dapat menurunkan kejadian Pneumonia berat sebesar 8,3855 kali, dan (X3) BBLR dimana setiap penambahan 1% balita yang mengalami BBLR maka akan meningkatkan kejadian Pneumonia berat sebesar 3,0158 kali.

Referensi

- [1] C. Inayati, "Hubungan Faktor Risiko Intrinsik Dengan Kejadian Pneumonia Pada Anak Balita," *J. Med. Respati*, Vol. 11, No. 4, Pp. 1907–3887, 2016.
- [2] R. Sidiq, "Jarak Rumah Dengan Kandang Ternak Terhadap Kecendrungan Balita Menderita Penyakit Pneumonia," *Idea Nurs. J.*, Vol. 7, 2016.

- [3] A. Ekawati, “Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Risiko Penyakit Diiferi Terhadap Mortalitas Pasien Di Indonesia Tahun 2017 Menggunakan Regresi Zero-Inflated Negative Binomial (Zinb) ,” Uin Syarif Hidayatullah Jakarta, 2019.
- [4] A. Nuraeni, S. Martha, And S. Aprizkiyandari, “Penerapan Regresi Zero-Inflated Negative Binomial (Zinb) Pada Data Kecelakaan Lalu Lintas Di Kota Pontianak,” Vol. 11, No. 1, Pp. 89–96, 2022.
- [5] E. Yulian, “Zero Inflated Negative Binomial (Zinb) Untuk Pemodelan Frekuensi Bepergian Penduduk Kabupaten Tapanuli Selatan Tahun 2016,” *J. Fourier*, Vol. 7, No. 1, Pp. 35–43, 2018.
- [6] L. Amaliana, U. Sa’adah, And N. W. S. Wardhani, “Performa Proporsi Zero-Inflation Pada Regresi Zero-Inflated Negative Binomial (Studi Kasus: Data Tetanus Neonatorum Di Jawa Timur),” *E-Jurnal Mat.*, Vol. 7, No. 1, P. 41, 2018.
- [7] I. T. Utami, “Pemodelan Zero Inflated Negative Binomial (Zinb) Pada Kasus Jumlah Bepergian Penduduk Provinsi Sulawesi Tengah,” *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, Vol. 17, No. 2, Pp. 202–211, 2020.
- [8] A. Agresti, “An Introduction To Categorical Data Analysis,” *J. R. Stat. Soc. Ser. A (Statistics Soc.*, Vol. 170, No. 4, Pp. 1178–1178, 2002.
- [9] B. S. S. Ariawan, “Pemodelan Regresi Zero-Inflated Negative Binomial (Zinb) Untuk Data Respon Diskrit Dengan Excess Zeros,” Vol. 33, Pp. 54–60, 2012.
- [10] Gujarati, *Basic Econometrics, Fourth Edition*. 2004.
- [11] P. Mccullagh, *Generalized Linear Models Second Edition*. London: Chapman And Hall., 1983.
- [12] W. Kusuma, D. Komalasari, And M. Hadijati, “Model Regresi Zero Inflated Poisson Pada Data Overdispersion,” *J. Mat.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 71–85, 2013.
- [13] D. Anisah Yunardi, M. Maiyastri, And H. Yozza, “Pemodelan Penderita Stroke Dan Diabetes Melitus Di Kota Padang Dengan Model Regresi Logistik Biner Bivariat,” *J. Mat. Unand*, Vol. 9, No. 4, P. 270, 2021, Doi: 10.25077/Jmu.9.4.270-277.2020.
- [14] Sheather. Simon J, "A Modern Approach to Regession With R", New York: Springer, 2009.