

**PEMODELAN JUMLAH KEMATIAN BAYI AKIBAT TETANUS NEONATORUM
DENGAN METODE GEOGRAPHICALLY WEIGHTED ZERO-INFLATED
POISSON REGRESSION
MODELING THE NUMBER OF INFANT DEATH DUE TO
NEONATORUM TETANUS USING GEOGRAPHICALLY WEIGHTED ZERO-INFLATED
POISSON REGRESSION METHOD**

Astri Maulini¹, Nurfitri Imro'ah^{2,a}, Siti Aprizkiyandari³

¹Prodi Statistika Universitas Tanjungpura [Email: astrimaullini@student.untan.ac.id]

² Prodi Statistika Universitas Tanjungpura [Email: nurfitriimroah@math.untan.ac.id]

³ Prodi Agroteknologi Universitas Tanjungpura [Email: siti.aprizkiyandari@faperta.untan.ac.id]

^anurfitriimroah@math.untan.ac.id

ABSTRAK

Tetanus Neonatorum (TN) adalah infeksi pada bayi yang disebabkan oleh bakteri *Clostridium tetani*. Pada tahun 2020, *Case Fatality Rate* (CFR) akibat TN di Indonesia meningkat menjadi 50% dibandingkan tahun 2019 yang sebesar 11,76%. Sehingga perlu kajian terhadap jumlah kematian bayi akibat TN. Penelitian ini membahas pemodelan dan faktor yang mempengaruhi penyakit TN di Indonesia menggunakan metode *Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression* (GWZIPR). Model GWZIPR dibagi menjadi dua berdasarkan keadaan (*state*) yaitu model ln untuk *poisson state* dan model logit untuk *zero state*. Data dalam penelitian ini adalah jumlah kematian bayi akibat TN, persentase ibu hamil melakukan imunisasi Td2+, persentase ibu hamil melakukan persalinan di faskes, serta persentase puskesmas melaksanakan P4K pada 34 provinsi di Indonesia tahun 2020. Hasil penelitian ini adalah terdapat *excess zero* sebesar 58,82 % dan terjadi heterogenitas spasial sehingga setiap daerah memiliki model yang berbeda berdasarkan variabel signifikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian bayi akibat penyakit TN dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan variabel signifikan pada model ln dan logit.

Kata Kunci: *Adaptive bisquare kernel, Clostridium tetani, Excess Zeros, GWZIPR, Overdispersi*

ABSTRACT

Tetanus Neonatorum (TN) is an infection in infants caused by the Clostridium tetani bacteria. In 2020, the Case Fatality Rate (CFR) due to TN in Indonesia increased to 50% compared to 2019, which was 11.76%. So it is necessary to study the number of infant deaths due to TN. This study discusses the modeling and factors that influence TN disease in Indonesia using the Geographically-Weighted Zero-Inflated Poisson Regression (GWZIPR) method. The GWZIPR model is divided into two based on the state: the ln model for the Poisson state and the logit model for the zero states. The data in this study are the number of infant deaths due to TN, the percentage of pregnant women carrying out Td2+ immunization, the percentage of pregnant women delivering at health facilities, and the percentage of puskesmas carrying out P4K in 34 provinces in Indonesia in 2020. The results of this study are that there is an excess zero of 58.82% and spatial heterogeneity occurs so that each region has a different model based on significant variables. The factors that influence the number of infant deaths due to TN are divided into four groups based on significant variables in the ln and logit models.

Keywords: *Adaptive bisquare kernel, Clostridium tetani, Excess Zeros, GWZIPR, Overdispersion*

1. PENDAHULUAN

Bayi pada masa 0-28 hari (neonatus) mempunyai tubuh yang sangat lemah dan rentan terkena penyakit, sehingga tanpa penanganan yang tepat dapat mengakibatkan kematian. Kematian bayi pada masa neonatus dapat dipengaruhi oleh kondisi ibu pada saat hamil, bersalin dan perawatan bayi baru lahir. Tetanus Neonatorum (TN) adalah infeksi yang terjadi pada neonatus disebabkan oleh bakteri *Clostridium tetani* yang menyerang sistem pusat saraf [3]. TN biasanya terjadi akibat praktik persalinan yang tidak higienis, seperti memotong tali pusat dengan alat-alat yang tidak steril. Secara umum, gejala akan muncul rata-rata 7 hari setelah kelahiran. Jika tidak segera ditangani, kondisi ini dapat membuat bayi tidak dapat bernapas dan berakibat kematian. Pada tahun 2020, *Case Fatality Rate* (CFR) akibat penyakit TN di Indonesia meningkat menjadi 50% dibandingkan tahun 2019 yang sebesar 11,76% [5]. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pencegahan sejak dini dari penyakit TN.

Indonesia telah melakukan program imunisasi vaksin Tetanus Toksoid Difteri (Td2+) pada ibu

hamil sebagai langkah pencegahan infeksi TN pada bayi. Akan tetapi pada tahun 2020 terjadi penurunan cakupan ibu hamil yang melakukan imunisasi Td2+ sebesar 10,18% dibandingkan tahun 2019. Penurunan ini diasumsikan terjadi karena implementasi program di daerah terdampak pandemi COVID-19 [5]. Sehingga perlu kajian terhadap kasus penyakit TN yang mengakibatkan kematian, dimana jumlah kematian akibat penyakit TN berbentuk data cacah (*count*).

Data cacah merupakan data yang dihitung sebagai jumlah kejadian dalam interval waktu tertentu. Pemodelan untuk data cacah dapat dilakukan menggunakan regresi poisson, yaitu analisis yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor dengan mengasumsikan variabel respon diasumsikan berdistribusi poisson [8]. Analisis data menggunakan model regresi poisson harus memenuhi asumsi seperti nilai varians sama dengan rata-rata dari variabel respon tersebut atau equidispersi. Namun, dalam kenyataannya sering terjadi pelanggaran asumsi tersebut, yaitu nilai variansnya lebih besar dari nilai rata-rata yang dinamakan overdispersi. Hal ini dapat disebabkan oleh banyaknya nilai nol pada variabel respon (*excess zeros*).

Zero-Inflated Poisson Regression (ZIPR) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah overdispersi. Metode ZIPR menghasilkan penaksir parameter yang bersifat global untuk seluruh lokasi data. Data yang diambil dari beberapa lokasi mewakili kondisi yang berbeda dari masing-masing lokasi, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya heterogenitas spasial. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik masyarakat (sosial budaya), kondisi geografis (kenampakan alam) dan perekonomian dari setiap lokasi pengamatan. Dengan adanya hal tersebut, maka digunakan pengembangan metode ZIPR yang telah memperhitungkan faktor spasial, yaitu metode *Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression* (GWZIPR). Penelitian ini bertujuan untuk membentuk pemodelan serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kematian bayi akibat penyakit TN di Indonesia dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression* (GWZIPR).

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah kematian bayi akibat penyakit TN (Y), persentase ibu hamil melakukan imunisasi Tetanus Toksoid Difteri 2+ (X_1), persentase ibu hamil melakukan persalinan di fasilitas pelayanan kesehatan (X_2), serta persentase puskesmas melaksanakan Program Perencanaan Persalinan dan Pencegahan Komplikasi atau P4K (X_3) pada 34 provinsi di Indonesia tahun 2020. Dalam penelitian ini juga digunakan data lokasi pengamatan berupa koordinat garis bujur/*longitude* (u) dan garis lintang/*latitude* (v) pada 34 provinsi di Indonesia.

Setelah data diperoleh, langkah pertama yang harus dilakukan analisis statistik deskriptif pada data. Kemudian dilakukan uji multikolinearitas pada variabel prediktor menggunakan kriteria uji VIF (*Variance Inflation Factor*). Apabila tidak terjadi multikolinearitas maka dilakukan estimasi parameter model ZIPR. Selanjutnya dilakukan uji signifikansi parameter secara simultan. Setelah itu dilakukan uji *Koenker-Bassett* untuk mengidentifikasi asumsi heterogenitas spasial pada data. Apabila terdapat heterogenitas spasial maka digunakan metode GWZIPR untuk mengatasi heterogenitas spasial.

Langkah selanjutnya adalah penghitungan jarak *euclidean* antara lokasi pengamatan berdasarkan *longitude* dan *latitude*. Setelah diperoleh jarak *euclidean*, ditentukan *bandwidth* optimum untuk setiap lokasi pengamatan. Kemudian dibentuk matriks pembobot dengan menggunakan fungsi *adaptive bisquare kernel*. Selanjutnya dilakukan Estimasi parameter model GWZIPR dengan menggunakan metode *maximum likelihood estimation*. Setelah itu dilakukan pengujian signifikansi pada parameter model GWZIPR secara simultan. Kemudian dilakukan pengujian koefisiensi parameter model GWZIPR secara parsial terakhir melakukan interpretasi pada model GWZIPR.

2.1 Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah suatu kondisi dimana terjadi korelasi antara beberapa atau semua variabel prediktor di dalam model regresi. Besaran (*quality*) yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya multikolinearitas adalah faktor inflasi ragam (*Variance Inflation Factor/VIF*). Jika nilai $VIF > 10$ maka terjadi multikolinearitas pada model. Persamaan untuk nilai VIF adalah [4]:

$$VIF_p = \frac{1}{1-R_p^2}, p = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

dengan R_p^2 merupakan koefisien determinasi dari model regresi variabel prediktor ke- p dengan sisa variabel prediktor lainnya.

2.2 Overdispersi

Overdispersi adalah kondisi dimana variansi dari variabel respon lebih besar dari nilai *mean* variabel respon. Jika nilai dispersi (Φ) > 1 maka terjadi overdispersi pada data. Salah satu pengukuran yang digunakan untuk mendeteksi overdispersi adalah *pearson chi-square* [10]:

$$\Phi = \frac{\chi^2}{db} \quad (2)$$

dengan $db = n - (k+1)$. k merupakan banyaknya parameter, sedangkan n adalah jumlah pengamatan.

2.3 Metode Zero Inflated Poisson Regression

Zero-Inflated Poisson Regression (ZIPR) merupakan modifikasi dari regresi Poisson yang digunakan untuk menganalisis variabel respon yang banyak observasi bernilai nol (*excess zeros*) dalam data [6]. Setiap pengamatan pada variabel respon Y_1, Y_2, \dots, Y_n saling bebas dan

$$Y_i \sim \begin{cases} 0, & \text{dengan peluang } \pi_i \\ \text{Poisson}(\mu_i), & \text{dengan peluang } (1 - \pi_i) \end{cases} \quad (3)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$; n adalah banyaknya jumlah pengamatan

Fungsi probabilitas untuk Y_i adalah sebagai berikut:

$$P(Y_i = y_i) = \begin{cases} \pi_i + (1 - \pi_i)e^{-\mu_i}, & y_i = 0 \\ \frac{(1-\pi_i)e^{-\mu_i}\mu_i^{-y_i}}{y_i!}, & y_i > 0 \end{cases}$$

Fungsi *likelihood* dari ZIPR diperoleh dengan mensubstitusi *link function* dari model ZIPR ke fungsi densitasnya yaitu:

$$\pi_i = \frac{\mu_i = \exp(x_i^T \beta)}{1 + \exp(x_i^T \gamma)} \quad (4)$$

Sehingga model ZIPR dapat ditulis sebagai berikut.

$$\ln(\mu) = \beta_0 + \beta_1 x_{1k} + \dots + \beta_k x_{1k} \quad (5)$$

$$\text{logit}(\mu) = \gamma_0 + \gamma_1 x_{1k} + \dots + \gamma_k x_{1k} \quad (6)$$

Pengujian parameter model ZIPR secara simultan dilakukan untuk mengetahui variabel prediktor secara bersama-sama berpengaruh atau tidak terhadap model yang terbentuk. Statistik uji yang digunakan adalah *likelihood ratio* dengan persamaan sebagai berikut [7]:

$$G = -2 \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] \sim X_{(\alpha, 2(k+1))}^2 \quad (7)$$

Kriteria Uji: Jika $G > X_{(\alpha, 2(k+1))}^2$ maka model ZIPR layak digunakan.

2.4 Heterogenitas Spasial

Heterogenitas spasial adalah keadaan dimana terdapat data spasial yang bervariasi dan merujuk pada adanya keberagaman dalam hubungan secara kewilayahan. Hal ini menyebabkan fenomena grafis pada suatu lokasi tertentu tidak digambarkan dengan baik oleh parameter global yang diduga dari data geografis [2]. Heterogenitas spasial pada data dapat diketahui dengan melakukan uji *Koenker-Bassett*. Uji *Koenker-Bassett* didasarkan pada kuadrat residual ($\hat{\epsilon}_i^2$) hasil regresi dari variabel respon terhadap variabel prediktor yang digunakan. Statistik uji *Koenker-Bassett* adalah sebagai berikut [9]:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\gamma}_1}{se(\hat{\gamma}_1)} \quad (8)$$

Kriteria Uji: Tolak H_0 jika nilai $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ atau $p - value < \alpha$.

2.5 Pembobotan Adaptive Bisquare Kernel

Langkah pertama dalam memperoleh matriks adalah menghitung jarak *euclidean*. Jika lokasi ke- j terletak pada koordinat (u_i, v_i) maka akan diperoleh jarak *euclidean* ($d_{i,j}$) antara lokasi ke- i dan lokasi ke- j dengan persamaan sebagai berikut [9]:

$$d_{i,j} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \tag{9}$$

Selanjutnya, ditentukan *bandwidth* optimum setiap lokasi pengamatan. Pemilihan *bandwidth* optimum dapat mengatur ragam dan bias dari data. Metode yang digunakan untuk memperoleh *bandwidth* optimum adalah *Cross Validation* (CV). *Bandwidth* dapat dikatakan optimum jika didapatkan *Cross Validation* yang minimum. Persamaan *Cross Validation* yang digunakan adalah sebagai berikut [9]:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 \tag{10}$$

Penentuan pembobot $w_{ij}(u_i, v_i)$ menggunakan fungsi *adaptive kernel bisquare*. Jika jarak antara lokasi pengamatan ke-*i* dengan lokasi ke-*j* lebih besar dari nilai *bandwidth* (*h*) maka lokasi tersebut diberi bobot nol. Sebaliknya jika jarak antar lokasi tersebut kurang dari atau sama dengan nilai *bandwidth* maka diberi bobot mendekati satu seiring dengan dekatnya jarak antara lokasi pengamatan ke-*i* dengan pengamatan ke-*j*. Fungsi pembobot *adaptive bisquare kernel* sebagai berikut [2]:

$$w_{i,j} = \begin{cases} \left(1 - \frac{d_{i,j}^2}{h_i^2}\right)^2, & d_{i,j} \leq h_i \\ 0, & d_{i,j} > h_i \end{cases} \tag{11}$$

2.6 Metode Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression

Metode GWZIPR adalah pengembangan dari *Zero-Inflated Poisson Regression* (ZIPR) yang terdapat efek spasial sehingga menghasilkan penaksir parameter model bersifat lokal untuk setiap lokasi. Keterlibatan faktor letak geografis dalam GWZIPR ditunjukkan oleh adanya koordinat (u_i, v_i) . Faktor geografis merupakan faktor pembobot pada model GWZIPR yang menunjukkan sifat lokal dari parameter dengan nilai yang berbeda-beda untuk setiap lokasi. Fungsi *likelihood* dari GWZIPR adalah sebagai berikut [6]:

$$\begin{aligned} \mu_i &= e^{x_i^T \beta(u_i, v_i)} \\ \pi_i &= \frac{e^{x_i^T \gamma(u_i, v_i)}}{1 + e^{x_i^T \gamma(u_i, v_i)}} \end{aligned}$$

Sehingga model ZIPR dapat ditulis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \ln(\mu) &= \beta_0(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)x_{1k} + \dots + \beta_k(u_i, v_i)x_{1k} \\ \text{logit}(\mu) &= \gamma_0(u_i, v_i) + \gamma_1(u_i, v_i)x_{1k} + \dots + \gamma_k(u_i, v_i)x_{1k} \end{aligned}$$

2.7 Pengujian Hipotesis GWZIPR

Pengujian secara simultan dilakukan untuk mengetahui signifikansi pada parameter $\beta(u_i, v_i)$ dan $\gamma(u_i, v_i)$. Statistik uji yang digunakan yaitu uji rasio *likelihood* (devians). Devians terbentuk dari dua \ln *likelihood* dari $L(\hat{\Omega})$ dan $L(\hat{\omega})$ yakni [6]:

$$G = -2 \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] \sim X^2_{(\alpha, n-(k+1))} \tag{12}$$

Kriteria uji: Jika nilai $G > X^2_{(\alpha, n-(k+1))}$, maka model GWZIPR maka ada salah satu atau lebih variabel prediktor mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel respon

Setelah dilakukan pengujian secara simultan, maka dilakukan pengujian secara parsial yang bertujuan untuk mengetahui signifikansi masing-masing parameter $\beta(u_i, v_i)$, dan masing-masing parameter $\gamma(u_i, v_i)$ di setiap lokasi pengamatan. Statistik uji yang digunakan yaitu statistik uji *Wald* sebagai berikut [1].

$$W = \frac{\hat{\gamma}(u_i, v_i)}{se(\hat{\gamma}(u_i, v_i))} \sim Z_{(\alpha/2)} \tag{13}$$

Kriteria uji: Jika nilai $W > Z_{\alpha/2}$ maka variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahun 2020, terdapat 54 kasus kematian bayi akibat penyakit TN di Indonesia. Dari 34 provinsi yang diamati terdapat 20 provinsi yang tidak terjadi kematian bayi akibat penyakit TN. Data jumlah kematian bayi akibat TN mengandung *excess zeros* sebesar $\frac{20}{34} = 58,82\%$ sehingga sesuai dengan kondisi ZIP yaitu lebih dari 50% data bernilai nol. Statistik deskriptif untuk data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variabel	Mean	Varians	Minimum	Maksimum
Y	1,588	6,419	0,000	10,000
X ₁	0,448	0,045	0,000	0,869
X ₂	0,788	0,037	0,314	0,996
X ₃	0,605	0,206	0,000	1,000

Jumlah kematian bayi akibat penyakit TN terdapat pada 14 provinsi, yaitu Provinsi Banten, Kalteng, Sumut, Jatim Papua, Sumsel Malut, Jambi, Jabar, Kalbar, Riau, NTB, Kalsel, dan Sulteng. Jumlah kematian tertinggi berada di provinsi Banten.

3.1 Uji Multikolinearitas

Selanjutnya dilakukan pengecekan ada atau tidaknya kasus multikolinearitas antara variabel prediktor. Uji multikolinearitas dilakukan dengan menghitung nilai VIF berdasarkan Persamaan (1). Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Multikolinearitas

Variabel	VIF
X ₁	1,242
X ₂	1,152
X ₃	1,098

Berdasarkan Tabel 2, nilai VIF < 10. Sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas antara variabel prediktor. Berdasarkan hal tersebut, ketiga variabel prediktor dapat digunakan dalam pemodelan ZIP dan GWZIPR.

3.2 Uji Overdispersi

Berdasarkan Persamaan (2) diperoleh nilai *pearson chi-square* (χ^2) sebesar 120,134 dengan *db* = 29. Sehingga diperoleh nilai dispersi sebesar 4,143. Nilai dispersi menghasilkan nilai lebih dari 1, maka dapat disimpulkan telah terjadi overdispersi pada data.

3.3 Estimasi Parameter Zero Inflated Poisson Regression

Pemodelan jumlah kematian bayi akibat penyakit TN menggunakan metode ZIPR diperoleh sebagai berikut:

$$\ln(\hat{\mu}_i) = -1,199 - 0,937X_1 + 3,822X_2 - 0,093X_3 \quad (14)$$

$$\text{logit}(\pi_i) = -10,204 - 4,484X_1 + 17,235X_2 - 2,845X_3 \quad (15)$$

Variabel yang signifikan pada model ln adalah X₂ yang menjelaskan bahwa setiap peningkatan persentase ibu melakukan persalinan di faskes akan meningkatkan rata-rata jumlah kematian akibat penyakit TN sebesar exp (3,822) atau 45,70 kali dengan syarat semua variabel lain konstan. Sedangkan variabel yang signifikan pada model logit adalah X₂ dan X₃ yang menjelaskan bahwa risiko tidak terjadinya kematian bayi akibat penyakit TN di setiap provinsi ($y_i = 0$) dipengaruhi oleh persentase ibu melakukan persalinan di faskes dan persentase puskesmas melaksanakan P4K. Risiko terjadinya kematian bayi akibat penyakit TN meningkat sebesar $\frac{e^{17,235}}{1+e^{17,235}}$ atau 0,99 kali setiap perubahan 1% ibu melakukan persalinan di faskes dengan syarat semua variabel lain konstan. Kemudian untuk setiap perubahan 1% puskesmas melaksanakan P4K maka peluang tidak terjadi kematian akibat penyakit TN sebesar $\frac{e^{-2,845}}{1+e^{-2,845}}$ atau 0,055 kali dengan syarat semua variabel lain konstan. Selanjutnya dilakukan pengujian parameter pada model ZIPR secara simultan menggunakan Persamaan (2). Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter Model ZIPR Secara Simultan

Statistik Uji G	$\chi^2_{(0,05;8)}$
94,26	15,507

Berdasarkan Tabel 3. nilai statistik uji $G > \chi^2_{(0,05;8)}$. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa model ZIPR jumlah kematian bayi akibat penyakit TN di Indonesia layak digunakan.

3.4 Uji Heterogenitas Spasial

Hasil pengujian *Koenker-Bassett* menggunakan Persamaan (4) menunjukkan p -value sebesar 0,022. Nilai p -value $< \alpha$ (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa terdapat heterogenitas atau perbedaan variansi antara provinsi dalam penelitian ini. Oleh karena itu, metode GWZIPR dapat dilakukan sebagai analisis.

3.5 Matriks Pembobot Adaptive Bisquare Kernel

Jarak antar lokasi pengamatan dihitung menggunakan jarak *euclidean* berdasarkan Persamaan (5). Sebagai contoh dilakukan perhitungan jarak *euclidean* untuk lokasi pertama (u_1, v_1) yaitu provinsi Aceh dengan provinsi lainnya, yaitu:

$$d_{i,j} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 - (v_i - v_j)^2}$$

$$d_{1,1} = \sqrt{(4,695 - 4,695)^2 - (96,749 - 96,749)^2} = 0$$

$$d_{1,2} = \sqrt{(4,695 - 2,115)^2 - (96,749 - 99,545)^2} = 3,80$$

$$\vdots$$

$$d_{1,34} = \sqrt{(4,695 - (-4,270))^2 - (96,749 - 138,080)^2} = 42,29$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk semua lokasi pengamatan hingga jarak antara lokasi ke-34 dengan lokasi lainnya. Setelah diperoleh jarak *euclidean* untuk semua lokasi, selanjutnya adalah menentukan *bandwidth* optimum di setiap lokasi pengamatan menggunakan kriteria *Cross Validation* (CV) berdasarkan Persamaan (6). Berdasarkan metode *Cross Validation* (CV), didapatkan *bandwidth* optimum.

$$h_1; h_2; \dots; h_n = [42,278; 39,047; \dots; 42,284] \tag{16}$$

Kemudian diperoleh matriks pembobot setiap lokasi pengamatan menggunakan fungsi pembobot *adaptive bisquare kernel* berdasarkan Persamaan (7). Hasil dari perhitungan matriks pembobot *adaptive bisquare kernel* adalah sebagai berikut:

$$W(u_i, v_i) = \text{diag}[1,000; 0,984, 0,949 \dots, 1,000] \tag{17}$$

3.6 Pengujian Parameter Model GWZIPR

Statistik uji pengujian parameter secara simultan diberikan oleh Persamaan (8). Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Parameter Model GWZIPR Secara Simultan

Statistik Uji G	$\chi^2_{(0,05;29)}$
327,79	49,588

Berdasarkan hasil pengujian simultan parameter model GWZIPR, diperoleh nilai devians (G) sebesar 327,79 dengan $df = 29$ dan nilai $\chi^2_{(0,05;29)} = 49,588$. Pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$ diperoleh nilai $G > \chi^2_{(0,05;29)}$, maka dapat disimpulkan bahwa model GWZIPR layak digunakan pada pemodelan jumlah kematian bayi akibat penyakit TN tahun 2020.

Selanjutnya dilakukan pengujian parameter model secara parsial menggunakan Persamaan (9). Statistik uji yang digunakan yaitu W dengan kriteria penolakan H_0 jika statistik uji $W > Z_{0,05}$ atau variabel prediktor berpengaruh terhadap jumlah kematian bayi akibat Tetanus Neonatorum. Sebagai contoh pengujian parsial GWZIPR yaitu pada lokasi penelitian ke-1 yaitu Provinsi Aceh.

Tabel 5. Pengujian Parameter GWZIPR Secara Parsial pada Provinsi Aceh

Model	Parameter	Estimasi	W
Model ln	β_0	-1,874	-1,583
	β_1	-0,972	-2,004*
	β_2	4,189	1,340
	β_3	0,308	0,561
Model logit	γ_0	39,910	0,568
	γ_1	-8,506	-0,506
	γ_2	-54,443	-0,271
	γ_3	38,650	2,163*

*) taraf signifikan $Z_{(0,05)} = 1,645$

Berdasarkan Tabel 5, pada model ln jumlah kematian bayi akibat penyakit TN pada Provinsi Aceh dipengaruhi X_1 (persentase ibu hamil yang melakukan imunisasi Td2+). Hal ini menjelaskan bahwa jumlah kematian bayi di provinsi Aceh akan berkurang sebanyak $e^{-0,972} = 0,378$, jika cakupan ibu hamil yang melakukan imunisasi Td2+ di Provinsi bertambah 1%. Sedangkan pada model logit, risiko tidak terjadinya kematian bayi akibat penyakit TN di provinsi Aceh dipengaruhi oleh X_3 (persentase puskesmas melaksanakan P4K). Hal ini yang menjelaskan bahwa risiko tidak terjadinya kematian bayi akibat penyakit TN sebesar $\frac{e^{38,650}}{1+e^{38,650}} = 0,99$ kali jika cakupan puskesmas melaksanakan P4K di Provinsi Aceh bertambah 1%.

Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian bayi akibat penyakit TN di 34 provinsi memiliki karakteristik masing-masing dalam berbagai aspek dari perbedaan geografis, ekonomi, sosial dan budaya. Variabel yang signifikan pada setiap lokasi pengamatan berbeda-beda namun banyak variabel signifikan yang sama. Kesamaan variabel ini dapat dijadikan satu kelompok. Tabel 4. menunjukkan pengelompokan berdasarkan kesamaan signifikansi.

Tabel 6. Kelompok Variabel yang Signifikan Secara Parsial

Kelompok	Variabel Signifikan	Jumlah Provinsi
1	Model ln = tidak ada Model logit = X_3	17
2	Model ln = X_1 Model logit = X_3	8
3	Model ln = X_2 Model logit = X_3	2
4	Model ln = X_1 dan X_2 Model logit = X_3	7

Berdasarkan Tabel 6, terbentuk empat kelompok provinsi. Kelompok pertama terdiri dari 17 provinsi dengan tidak ada variabel mempunyai pengaruh signifikan pada model ln, sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K. Kelompok kedua terdiri dari 8 provinsi, model ln variabel yang mempunyai pengaruh signifikan yaitu persentase ibu hamil melakukan imunisasi Td2+ sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K. Kelompok ketiga terdiri dari 2 provinsi, model ln variabel yang mempunyai pengaruh signifikan yaitu persentase ibu hamil melakukan persalinan di faskes sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K. Kelompok keempat terdiri dari 7 provinsi, model ln variabel yang mempunyai pengaruh signifikan yaitu persentase ibu hamil melakukan imunisasi Td2+ dan persentase ibu hamil melakukan persalinan di faskes sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini adalah setiap provinsi yang memiliki model yang berbeda berdasarkan variabel yang signifikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kematian bayi akibat penyakit TN dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan variabel signifikan pada model ln dan logit. Secara keseluruhan, kematian bayi akibat penyakit TN dipengaruhi oleh persentase ibu hamil melakukan imunisasi Td2+ dan persentase puskesmas melaksanakan P4K. Kelompok satu memiliki jumlah provinsi paling banyak yaitu 17 provinsi. Pada kelompok satu tidak ada variabel mempunyai pengaruh signifikan pada model ln, sedangkan pada model logit variabel yang signifikan adalah persentase puskesmas yang melaksanakan P4K.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Dosen Program Studi Universitas Tanjungpura serta Dosen pembimbing terkait yang telah memfasilitasi dan membimbing dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Agresti, *An Introduction to Categorical Data Analysis*, Second Edition ed., Ney Jersey: Wiley, 2002.
- [2] A. R. Tizona, R. Goejantoro and Wasono, "Pemodelan Geographically Weighted Regression (Gwr) dengan Fungsi Pembobot Adaptive Kernel Bisquare Untuk Angka Kesakitan Demam Berdarah di Kalimantan Timur Tahun 2015," *Jurnal EKSPONENSIAL*, vol. 8, no. 1, pp. 87-94, 2017.
- [3] Alexander and T. A. Putri, "Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ibu Hamil Dalam Melakukan Imunisasi Tetanus Toxoid Di Puskesmas Siantan Hilir Kota Pontianak Tahun 2019," *Jurnal Kebidanan*, vol. 9, no. 1, pp. 323-340, 2019.
- [4] D. N. Gujarati, *BASIC Econometrics*, 4th Edition ed., New York: The McGraw-Hill Companies, 2004.
- [5] Kemenkes RI, *Profil Kesehatan Indonesia 2020*, Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2021.
- [6] L. Amaliana, ., A. A. R. Fernandes and Solimun, "Comparison of Two Weighting Functions in Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression on Filariasis Data," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1097, pp. 1-8, 2018.
- [7] Purhadi, Y. S. Dewi and L. Amaliana, "Zero Inflated Poisson and Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression Model: Application to Elephantiasis (Filariasis) Counts Data," *Journal of Mathematics and Statistics*, vol. 11, no. 2, pp. 52-60, 2015.
- [8] R. K. P. Nusantara and Purhadi, "Pemodelan jumlah kasus Penyakit Tetanus neonatorum di Jawa Timur tahun 2012 dengan Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression (GWZIPR)," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 2337-3520, 2015.
- [9] R. K. Praditia, D. Agustina and D. S. Rini, "Analisis Jumlah Kasus Malaria di Wilayah Sumatera Menggunakan Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression," *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, vol. 4, no. 4, pp. 638-648, 2020.
- [10] W. Kusuma, D. Komalasari and M. Hadijati, "Model Regresi Zero Inflated Poisson Pada Data Overdispersion," *Jurnal Matematika*, vol. 3, no. 2, pp. 71-85, 2013.