

Pemodelan Kasus Kematian Demam Berdarah *Dengue* di Provinsi Sulawesi Selatan dengan Menggunakan Model GWZIPR

Andi Ummi Melin Aicha^{1*}, Anna Islamiyati², Andi Kresna Jaya³

^{1,2,3}Departemen Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia

* Corresponding author, email: amelinaicha@gmail.com

Abstract

Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) has spread widely throughout the region with the number of districts/cities being infected increasing to remote areas. Data on the spread or death rate from DHF in certain locations includes spatial data. The number of deaths due to DHF cases in South Sulawesi in 2019 contained 66.67% zero value, so the Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression (GWZIPR) model was used to deal with spatial data that contains many zero-value observations. Based on the simultaneous test, it was found that the GWZIPR model was feasible to use with a deviation value of 100.1557. Districts/cities in South Sulawesi have various significant variables due to spatial variations between observations and areas that are closer give greater weight so that several districts/cities have the same significant variables. In the GWZIPR model with adaptive bisquare kernel weights, the variables that affect DHF mortality in all districts/cities are the percentage of drinking water facilities that meet health requirements and population density.

Keywords: DHF, GWZIPR, Adaptive Bisquare, Kernel, South Sulawesi.

Abstrak

Demam Berdarah Dengue (DBD) telah menyebar secara luas ke seluruh kawasan dengan jumlah kabupaten/kota terjangkit semakin meningkat hingga ke wilayah pedalaman. Data penyebaran atau tingkat kematian akibat penyakit DBD di lokasi tertentu termasuk data spasial. Jumlah kematian akibat kasus DBD di Sulawesi Selatan Tahun 2019 mengandung 66,67% nilai nol sehingga digunakan model Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression (GWZIPR) untuk mengatasi data spasial yang memuat banyak hasil observasi bernilai nol. Berdasarkan uji serentak diperoleh model GWZIPR layak digunakan dengan nilai deviance sebesar 100,1557. Kabupaten/kota di Sulawesi Selatan memiliki variabel signifikan yang beragam karena disebabkan adanya keragaman spasial antar pengamatan dan daerah yang lebih dekat memberikan bobot yang besar sehingga terdapat beberapa kabupaten/kota memiliki variabel signifikan yang sama. Pada model GWZIPR dengan pembobot adaptive bisquare kernel diperoleh variabel yang berpengaruh terhadap kasus kematian DBD pada semua kabupaten/kota adalah persentase jumlah sarana air minum yang memenuhi syarat kesehatan dan kepadatan penduduk.

Kata Kunci: DBD, GWZIPR, Adaptive Bisquare, Kernel, Sulawesi Selatan.

1. Pendahuluan

Profil Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2020 menyebutkan bahwa penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) telah menyebar secara luas ke seluruh kawasan dengan jumlah kabupaten/kota terjangkit semakin meningkat hingga ke

wilayah pedalaman. Penyakit ini sering muncul sebagai kejadian luar biasa (KLB) sehingga angka kesakitan dan kematian yang terjadi dianggap merupakan gambaran penyakit di masyarakat. Angka insiden DBD secara nasional berfluktuasi dari tahun ke tahun. Pada awalnya pola epidemik terjadi setiap lima tahunan, namun dalam kurun waktu lima belas tahun terakhir mengalami perubahan dengan periode antara 2-5 tahunan. Sedangkan angka kematian cenderung menurun [1].

Asrirawan dan Khaerati [2] menjelaskan bahwa penyakit DBD pertama kali ditemukan di Indonesia pada tahun 1968 di Surabaya, terdapat 58 orang yang terinfeksi dan 24 orang diantaranya meninggal dunia. Sejak saat itu DBD menyebar luas seluruh Indonesia. Penyakit DBD disebabkan oleh virus dari genus *Flavivirus* yang ditularkan ke manusia melalui gigitan nyamuk *Aedes* yang terinfeksi virus *dengue*. Penyakit DBD biasanya menyebar dan memburuk dalam waktu yang relatif singkat yaitu lima sampai tujuh hari jika tidak segera ditangani dengan cepat dan tepat.

Pada penelitian ini jumlah kematian akibat kasus DBD merupakan variabel respon yang memiliki banyak nilai nol. Lambert [3] menyatakan bahawa banyaknya nilai nol pada hasil observasi dapat menjadi salah satu penyebab terjadinya overdispersi. Overdispersi merupakan data dengan nilai varians dari variabel respon lebih besar dari nilai *mean* variabel respon. Dalam regresi Poisson, semakin banyak hasil observasi yang bernilai nol akan melampaui nilai prediksi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu model *Zero Inflated Poisson Regression* (ZIPR). Akan tetapi, terdapat kasus yang memiliki banyak observasi bernilai nol yang mengandung heterogenitas seperti pada data spasial. Ismah dkk. [4] menjelaskan bahwa model ZIPR kurang tepat digunakan pada kondisi data yang melibatkan efek spasial sehingga dapat digunakan pengembangan dari model GWR dan ZIP yaitu model *Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression* (GWZIPR).

2. Materi dan metode

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari Profil Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2020, Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan, dan Laporan Provinsi Sulawesi Selatan Riskedas 2018. Penelitian ini juga menggunakan letak koordinat geografis yaitu koordinat lintang dan bujur pada masing-masing kabupaten/kota di Sulawesi Selatan. Pada penelitian ini variabel penelitian dibagi menjadi dua yaitu variabel terikat (Y) dan variabel bebas (X) yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Definisi dan Operasional Variabel

Jenis Variabel	Nama Variabel	Definisi Variabel	Satuan
<i>Dependen</i>	Jumlah kematian akibat penyakit DBD (<i>Y</i>)	Jumlah kematian akibat DBD dari setiap kabupaten/kota di Sulawesi Selatan tahun 2019	Jiwa
<i>Independen</i>	Jumlah Puskesmas (<i>X₁</i>)	Jumlah Pusat Kesehatan Masyarakat (PUSKESMAS) pada setiap kabupaten/kota di Sulawesi Selatan tahun 2019	Unit
<i>Independen</i>	Persentase jumlah sarana air minum yang memenuhi syarat kesehatan (<i>X₂</i>)	Persentase jumlah sarana air minum yang telah dilakukan pemeriksaan dan memenuhi syarat kesehatan	persen
<i>Independen</i>	Kepadatan penduduk (<i>X₃</i>)	Kepadatan penduduk adalah jumlah orang yang tinggal per km ² pada setiap kabupaten/kota di Sulawesi Selatan tahun 2019	Jiwa/km ²
<i>Independen</i>	Persentase ventilasi rumah dipasang kasa nyamuk (<i>X₄</i>)	Persentase upaya pemberantasan sarang nyamuk dengan ventilasi rumah dipasang kasa nyamuk	Persen

2.2 Asumsi Multikolinieritas

Menurut Praditia dkk mengasumsi multikolinieritas dapat dideteksi dengan mengetahui nilai *Varian Inflation Factor* (VIF). Apabila salah satu nilai VIF melebihi angka 10 maka koefisien regresi merupakan penduga yang tidak baik dikarenakan terdapat multikolinieritas pada data. Persamaan untuk mencari nilai VIF dituliskan sebagai berikut:

$$VIF_k = \frac{1}{1 - R_k^2} \quad (1)$$

diketahui:

R_k^2 : koefisien determinasi antar variabel prediktor x_k dengan variabel prediktor lainnya [5]

2.3 Asumsi Heterogenitas Spasial

Diastina dkk [6] menjelaskan bahwa Heterogenitas spasial terjadi karena adanya perbedaan karakteristik dari pengamatan di lokasi yang satu dengan pengamatan di lokasi yang lain. Heterogenitas spasial dapat diidentifikasi menggunakan pengujian *Breusch Pagan* dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \sigma^2(u_1, v_1) = \dots = \sigma^2(u_n, v_n) = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{paling sedikit terdapat satu } \sigma^2(u_i, v_i) \neq \sigma^2$$

Statistik uji *BP* adalah:

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

dengan vektor \mathbf{f} berukuran $n \times 1$ adalah

$$\mathbf{f} = \left[\left(\frac{e_1^2}{\sigma^2} \right) - 1, \dots, \left(\frac{e_n^2}{\sigma^2} \right) - 1 \right]^T$$

diketahui:

- \mathbf{Z} : matriks berdimensi $n \times (p + 1)$ yang berisi variabel independen yang telah distandarisasikan untuk setiap pengamatan
- σ^2 : ragam residual (e_i) dari model regresi Poisson
- e_i : residual untuk pengamatan ke- i dari model regresi Poisson

Kriteria penolakan yaitu jika nilai $BP > \chi^2_{(\alpha;p)}$ atau $p - value < \alpha$ maka tolak H_0 , artinya terdapat heterogenitas spasial pada data [7].

2.4 Overdispersi

Fatima dkk. [8] menjelaskan bahwa regresi Poisson dikatakan mengandung overdispersi apabila nilai variansi lebih besar daripada *mean*. Cara yang dapat digunakan untuk mendeteksi overdispersi yaitu dengan melihat nilai statistik *deviance* dan *Pearson chi-square* yang dibagi dengan derajat bebasnya atau $n - (p + 1)$. Jika kedua nilai lebih dari 1 maka terjadi overdispersi pada data.

2.5 Bandwidth Optimum

Menurut Fadlilah dkk. [9] *Bandwidth* dapat dianalogikan sebagai radius dari suatu lingkaran, sehingga sebuah titik yang terdapat dalam radius lingkaran tersebut masih dianggap memiliki pengaruh. Metode *Cross Validation (CV)* dapat digunakan untuk memperoleh nilai *bandwidth* yang optimum, penentuan nilai *bandwidth* optimum diperoleh dari nilai CV yang minimum. Persamaan CV sebagai berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(h)]^2 \quad (3)$$

diketahui:

- y_i : variabel dependen pada lokasi pengamatan ke- i
- $\hat{y}_{\neq i}$: nilai penduga lokasi pengamatan ke- i yang diperoleh tanpa melibatkan lokasi pengamatan ke- i
- h : *bandwidth*

2.6 Pembobotan Model Geographically Weighted Regression

Faricha [10] menjelaskan keragaman spasial antara lokasi pengamatan satu dengan yang lainnya ditunjukkan dengan adanya matriks pembobot $W(u_i, v_i)$ berukuran $n \times n$.

$$W(u_i, v_i) = \text{diag}[w_{1j}(u_i, v_i) + w_{2j}(u_i, v_i) + \dots + w_{nj}(u_i, v_i)]$$

Sebelum matriks pembobot $W(u_i, v_i)$ ditentukan, terlebih dahulu menentukan d_{ij} yang merupakan jarak lokasi ke- i dengan lokasi ke- j menggunakan jarak *Euclidean* pada Persamaan (4) diketahui dengan u_i sebagai koordinat lintang atau *latitude* dan v_i sebagai koordinat bujur atau *longitude*:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (4)$$

Adapun jenis fungsi pembobot *Adaptive Kernel* yang digunakan yaitu *Adaptive Bisquare Kernel* dengan persamaan sebagai berikut:

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i}\right)^2\right)^2 & d_{ij} \leq h_i \\ 0 & d_{ij} > h_i \end{cases} \quad (5)$$

Diketahui h_i adalah nilai *bandwidth* pada lokasi pengamatan ke- i [11].

2.7 Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression

Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression (GWZIPR) melibatkan efek spasial dalam menyelesaikan data cacahan dan memiliki nilai nol yang banyak (*access zeros*). GWZIPR merupakan pengembangan model ZIP maka fungsi peluangnya yaitu [12]:

$$P(Y_i = y_i) = \begin{cases} \omega_i + (1 - \omega_i)e^{-\mu_i} & y_i = 0 \\ (1 - \omega_i) \frac{e^{-\mu_i} \mu_i^{y_i}}{y_i!} & y_i > 0 \end{cases} \quad (6)$$

$\mu_i = \exp(x_i^T \beta(u_i, v_i))$ dan $\omega_i = \frac{\exp(x_i^T \gamma(u_i, v_i))}{1 + \exp(x_i^T \gamma(u_i, v_i))}$ dengan melibatkan efek spasial pada masing-masing pengamatan dari wilayah yang berbeda-beda (u_i, v_i) . $\beta(u_i, v_i)$ dan $\gamma(u_i, v_i)$ adalah parameter regresi pada wilayah (u_i, v_i) . Estimasi parameter model GWZIPR dapat diperoleh dengan menggunakan metode MLE dan metode iteratif algoritma EM. Fungsi total *ln-likelihood* model GWZIPR yaitu:

$$\begin{aligned}
 & \ln \left(L_T(\beta(u_i, v_i), \gamma(u_i, v_i)) \right) \\
 &= \sum_{i=1}^n \ln \left(\exp \left(x_i^T \gamma(u_i, v_i) \right) + \exp \left(- \exp \left(x_i^T \beta(u_i, v_i) \right) \right) \right) w_{ij}(u_i, v_i) \\
 & \quad - \sum_{i=1}^n \ln \left(1 + \exp \left(x_i^T \gamma(u_i, v_i) \right) \right) w_{ij}(u_i, v_i) \\
 & \quad + \sum_{i=1}^n \left(y_i x_i^T \beta(u_i, v_i) - \exp \left(x_i^T \beta(u_i, v_i) \right) \right) w_{ij}(u_i, v_i) \\
 & \quad - \sum_{i=1}^n \ln(y_i!) w_{ij}(u_i, v_i) \tag{7}
 \end{aligned}$$

$w_{ij}(u_i, v_i)$ adalah pembobot untuk setiap lokasi (u_i, v_i) [4]

3. Hasil dan diskusi

Kasus DBD di Sulawesi Selatan pada Tahun 2019 sebesar 3.747 penderita dan sebesar 25 kematian akibat DBD. Secara keseluruhan data jumlah kematian akibat DBD Tahun 2019 mengandung 66,67% nilai nol. Sebelum dilakukan pemodelan terdapat beberapa uji asumsi yang harus dipenuhi yaitu sebaga berikut:

3.1 Asumsi Multikolinieritas

Multikolinieritas dapat dilihat pada nilai VIF variabel prediktor dalam penelitian ini. Tabel 2 menunjukkan nilai VIF dari masing-masing variabel prediktor kurang dari 10, maka data tidak mengandung multikolinieritas atau tidak terdapat korelasi yang tinggi antar variabel prediktor.

Tabel 1 Nilai VIF Variabel Prediktor

Variabel	VIF
X_1	1,84
X_2	1,56
X_3	2,33
X_4	1,59

3.2 Asumsi Heterogenitas Spasial

Berdasarkan uji *BP* diperoleh *p-value* sebesar 0,039 yang lebih kecil dari nilai α sebesar 0,05. Maka tolak H_0 yang berarti terdapat heterogenitas spasial pada data atau terdapat perbedaan ragam antar kabupaten/kota dalam penelitian ini.

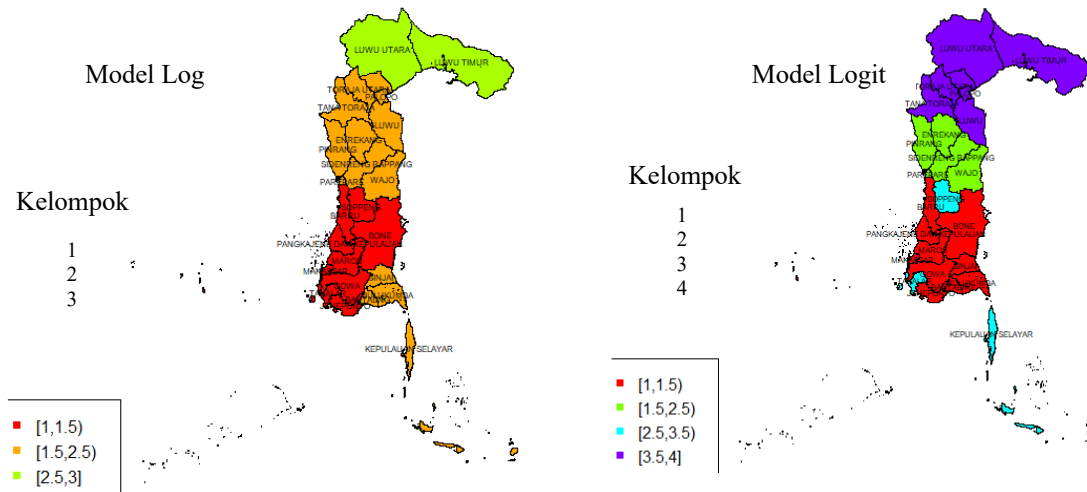
3.3 Overdispersi

Penentuan overdispersi dilihat pada nilai statistik *deviance* pada model Regresi Poisson = 29 dibagi dengan derajat bebasnya (db) = 19, diperoleh nilai 1,53 yang kemudian lebih besar dari 1. Maka dapat disimpulkan terjadi overdispersi pada data.

3.4 Pemodelan GWZIPR

Sebelum masuk pemodelan terlebih dahulu hitung d_{ij} yang merupakan jarak lokasi (u_i, v_i) ke semua lokasi pengamatan menggunakan jarak *Euclidean*. Matriks pembobot yang digunakan yaitu *Adaptive Bisquare Kernel*, dalam penentuan matriks pembobot *Adaptive Bisquare Kernel* berarti menggunakan *bandwidth* yang berbeda pada setiap kabupaten/kota. Pendugaan parameter model GWZIPR diperoleh dengan memasukkan pembobot spasial dengan fungsi *Adaptive Bisquare Kernel* menggunakan iterasi Newton-Raphson di setiap kabupaten/kota sehingga didapatkan pendugaan parameter di setiap lokasi pengamatan (u_i, v_i) dengan $i = 1, 2, \dots, 24$.

Berdasarkan hasil pengujian serentak parameter model GWZIPR dengan *software* R diperoleh nilai *deviance* (G) sebesar 100,1557 dengan $db = 10$. Pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$ diperoleh $G > \chi^2_{(0,05,10)} = 18,31$ maka tolak H_0 , sehingga dapat disimpulkan bahwa model GWZIPR layak digunakan pada pemodelan jumlah kasus kematian akibat Demam Berdarah *Dengue* di Sulawesi Selatan tahun 2019. Adapun pengujian parameter model secara parsial dilakukan untuk mengetahui signifikansi masing-masing parameter $\beta(u_i, v_i)$ dan $\gamma(u_i, v_i)$. Statistik uji yang digunakan adalah Wald (W) dengan kriteria pengujian yaitu tolak H_0 jika $W > Z_{0,025}$. Model GWZIPR dengan pembobot *adaptive bisquare kernel* menghasilkan variabel prediktor signifikan yang beragam antar kabupaten/kota karena disebabkan adanya keragaman spasial antar satu lokasi dengan lokasi lainnya. Namun karena daerah yang lebih dekat memberikan bobot yang besar maka daerah yang berdekatan menunjukkan kemiripan satu sama lain sehingga terdapat beberapa kabupaten/kota memiliki variabel signifikan yang sama. Berikut peta pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan kesamaan variabel prediktor signifikan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Pengelompokan Kabupaten/Kota Berdasarkan Kesamaan Variabel Signifikan.

Gambar 1 menunjukkan bahwa daerah yang berdekatan memiliki variabel prediktor signifikan yang serupa, sehingga dapat dikatakan semakin dekat jarak antar kabupaten/kota akan menunjukkan kemiripan pada karakteristiknya dengan memiliki variabel prediktor signifikan yang sama. Hal ini berkaitan dengan hukum Tobler I yang menyatakan bahwa segala sesuatu saling berhubungan dengan yang lainnya, namun sesuatu yang lebih dekat akan lebih berpengaruh dibandingkan dengan yang jauh. Adapun variabel prediktor yang signifikan pada semua kabupaten/kota di Sulawesi Selatan pada model log dan model logit yaitu persentase jumlah sarana air minum yang memenuhi syarat kesehatan (X_2) dan kepadatan penduduk (X_3).

Pemodelan GWZIPR untuk setiap kabupaten/kota diperoleh dari pengujian parsial. Berikut lokasi penelitian ke-16 yaitu Kabupaten Enrekang digunakan sebagai contoh pemodelan GWZIPR. Berdasarkan Tabel 3 variabel yang signifikan dengan pembobot *adaptive bisquare kernel* di lokasi pengamatan ke-16 yaitu X_1, X_2, X_3 pada model log dan model logit. Model GWZIPR dengan pembobot *adaptive bisquare kernel* pada jumlah kasus kematian akibat penyakit DBD di Kabupaten Enrekang adalah:

$$\hat{\mu}_{16} = e^{0,1122776X_1 - 0,01345X_2 - 0,0012X_3}$$

dan

$$\hat{\omega}_{16} = \frac{e^{0,810595X_1 - 0,35296X_2 - 0,01021X_3}}{1 + e^{0,810595X_1 - 0,35296X_2 - 0,01021X_3}}$$

Tabel 3. Pengujian Parameter Model GWZIPR Di Kabupaten Enrekang dengan Pembobot *Adaptive Bisquare Kernel*

Parameter	Nilai Duga	W	Keterangan
β_0	0.26405	0.015091	Tidak Signifikan
β_1	0.112776	5.710598	Signifikan
β_2	-0.01345	-49.994	Signifikan
β_3	-0.0012	-73.3967	Signifikan
β_4	-0.17216	-0.33094	Tidak Signifikan
γ_0	18.72944	0.051551	Tidak Signifikan
γ_1	0.810595	4.055024	Signifikan
γ_2	-0.35296	-60.6917	Signifikan
γ_3	-0.01021	-16.2241	Signifikan
γ_4	1.713987	0.247238	Tidak Signifikan

Berdasarkan model log diperoleh bahwa setiap penambahan Jumlah Puskesmas akan menaikkan laporan rata-rata jumlah kasus kematian akibat penyakit DBD di Kabupaten Enrekang sebesar $\exp(0,1122776) = 1,12$ kali. Model log juga menjelaskan bahwa setiap penambahan Persentase jumlah sarana air minum yang memenuhi syarat kesehatan akan menurunkan laporan rata-rata jumlah kasus kematian akibat penyakit DBD di Kabupaten Enrekang sebesar $\exp(-0,01345) = 0,99$ kali. Begitu pula dengan pengertian dari β_3 .

Model logit menjelaskan bahwa setiap penambahan jumlah puskesmas akan menaikkan laporan peluang tidak terjadinya kasus kematian akibat penyakit DBD di Kabupaten Enrekang sebesar $\exp(0,810595) = 2,25$ kali. Setiap penambahan kepadatan penduduk akan menurunkan laporan peluang tidak terjadinya kasus kematian akibat penyakit DBD di Kabupaten Enrekang sebesar $\exp(-0,01021) = 1,01$ kali. Begitu pula dengan pengertian dari γ_2 . Hal ini tidak sesuai harapan karena variabel X_2 diharapkan dapat meningkatkan peluang tidak terjadinya kasus kematian akibat penyakit DBD, ini kemungkinan terjadi karena meskipun Persentase jumlah sarana air minum yang memenuhi syarat kesehatan mencapai 100% akan tetapi persentase jumlah sarana air minum yang diambil hanya sebesar 1,87% dan persentase jumlah sarana air minum risiko sedang dan rendah di Kabupaten Enrekang bahkan mencapai 99,6%.

4. Kesimpulan

Model GWZIPR dengan pembobot *adaptive bisquare kernel* menghasilkan model yang berbeda-beda untuk setiap kabupaten/kota dan memiliki variabel prediktor signifikan yang beragam antar kabupaten/kota. Adapun variabel prediktor yang signifikan pada semua kabupaten/kota di Sulawesi Selatan Tahun 2019 pada model log dan model logit yaitu persentase jumlah sarana air minum yang memenuhi syarat kesehatan (X_2) dan kepadatan penduduk (X_3). Model GWZIPR dengan pembobot

adaptive bisquare kernel pada kasus kematian akibat penyakit DBD di Kabupaten Enrekang adalah:

$$\hat{\mu}_{16} = e^{0,1122776X_1 - 0,01345X_2 - 0,0012X_3}$$

dan

$$\hat{\omega}_{16} = \frac{e^{0,810595X_1 - 0,35296X_2 - 0,01021X_3}}{1 + e^{0,810595X_1 - 0,35296X_2 - 0,01021X_3}}$$

Daftar Pustaka

- [1] Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan. *Profil Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2020*. Makassar: Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan. 2020.
- [2] Asrirawan dan Khaerati. Karakteristik Jumlah Penderita Demam Berdarah *Degue* (DBD) Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Dinamika*, 8(2): 55-61, 2017.
- [3] Lambert, D. Zero Inflated Poisson Regression, With An Application To Detect In Manufacturing. *Journal Techno Metrics*, 32(1): 1-14, 1992.
- [4] Ismah, Sumertajaya, I. M. Djuraidah, A. dan Fitrianto, A. Pendekatan Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression (GWZIPR) Dengan Pembobot Fixed Bisquare Kernel Pada Kasus Difteri Di Indonesia. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 14(1): 039-046, (2020).
- [5] Praditia, R. K. Agustina, D. dan Rini, D. S. Analisis Jumlah Kasus Malaria Di Wilayah Sumatera Menggunakan Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression. *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, 04(4): 638 – 648, 2020.
- [6] Diastina, A. R. N. Handajani, S.S. dan Slamet, I. Analisis Model Geographically Weighted Regression (GWR) pada Kasus Jumlah Peserta KB Aktif di Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Geotik*, 364-373, 2019.
- [7] Tizona, A. R. Goejantoro, R. dan Wasono. Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Adaptive Kernel Bisquare untuk Angka Kesakitan Demam Berdarah di Kalimantan Timur Tahun 2015. *Jurnal EKSPONENSIAL*, 8(1): 87-93, 2017.
- [8] Fatima, F. H. Ahmad, A. I. dan Hajarisman, N. Pemodelan Angka Kematian Bayi di Kabupaten Kuningan Tahun 2014 dengan Regresi Generalized Poisson dan Regresi Binomial Negatif. *Prosiding Statistika*, 2(2): 195-206, 2016.
- [9] Fadlilah, I. M. Sugiman, dan Sunarmi. Estimasi Parameter model Regresi Spasial dengan Metode Geographically Weighted Poisson Regression. *UNNES Journal of Mathematics*, 8(2): 21-31, 2017.
- [10] Faricha, M. *Pemodelan Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression (GWZIPR) Dengan Pembobot Adaptive Gaussian Kernel dan Adaptive Bisquare Kernel*. Malang: Universitas Brawijaya. 2016.

- [11] Nusantara, R. K. P. dan 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*, 4(1): 2337-3520, 2015.
- [12] Adeliana dan Harini, S. Estimation Parameter Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression (GWZIPR) with Fixed Bisquare Kernel. *Proceeding of International Conference on Green Technology*, 8(1): 385-389, 2017.