



Pemodelan *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) Dengan Pembobot *Fixed Bisquare Kernel* Dan *Adaptive Bisquare Kernel* Pada Kasus DBD Di Riau

Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) Modeling with Fixed Bisquare Kernel and Adaptive Bisquare Kernel Weighting in DHF Cases in Riau

Dominikus Leki Sogen¹, Prizka Rismawati Arum¹, Rochdi Wasono¹

¹ Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding author : doddysogen09@gmail.com

Abstrak

Riau merupakan salah satu provinsi yang terdampak kejadian DBD dengan tingkat kematian akibat DBD tergolong tinggi. Kejadian DBD ini merupakan salah satu masalah penyakit yang bisa tertular. Dalam meneliti kejadian DBD, diperlukan suatu metode statistika yang digunakan untuk melihat pengaruh faktor-faktor terhadap kejadian DBD yakni analisis regresi. Salah satu analisis regresinya adalah regresi poisson yang mana merupakan salah satu model regresi dengan variabel responnya berbentuk data cacah dan berdistribusi poisson. Pada data angka kesakitan Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di Provinsi Riau, data berbentuk cacah dan memenuhi asumsi distribusi poisson. Pada penelitian ini juga terdapat aspek spasial yang menunjukkan karakteristik lokal wilayah. Oleh karena itu, pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode statistika *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dengan pembobot yakni *Fixed bisquare kernel* dan *Adaptive bisquare kernel*. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan model di setiap wilayah kabupaten/kota dan model yang terbaik dalam meneliti kejadian DBD. Hasil yang didapatkan, faktor jumlah penduduk miskin, kepadatan penduduk dan persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak mempengaruhi kejadian DBD dengan secara beragam di tiap wilayah, dan juga model terbaik yang didapatkan ialah model *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dengan pembobot *Fixed bisquare kernel* dengan nilai AIC terkecil yakni 31.056

Kata Kunci : Angka Kesakitan DBD, *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR), *Regresi Poisson*

Abstract

Riau is one of the provinces affected by dengue fever with a high death rate from dengue. Dengue fever is a disease that can be contracted. In researching the incidence of DHF, we need a statistical method that is used to see the influence of factors on the incidence of DHF, namely regression analysis. One of the regression analyzes is Poisson regression which is a regression model with the response variable in the form of count data and a Poisson distribution. On the morbidity rate of Dengue Fever *Dengue Fever* (DHF) in Riau Province, the data is in the form of a count and fulfills the Poisson distribution assumption. In this study there are also spatial aspects that show the characteristics of the local area. Therefore, in this study, researchers used the *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) statistical method with weights, namely *Fixed bisquare kernel* and *Adaptive bisquare kernel*. The purpose of this study is to obtain a model in each district/city and the best model for investigating DHF incidents. The results obtained, the factor of the number of poor people, population density and the percentage of households with access to proper sanitation vary in the incidence of DHF in each region, and also the best model obtained is the *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) model with a *Fixed bisquare kernel* weight with a value The smallest AIC is 31,056

Keywords : DHF morbidity rate, *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR), *Poisson Regression*

PENDAHULUAN

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan sebuah penyakit menular yang cenderung berpotensi memberikan dampak yang merugikan pada kesehatan manusia. Gigitan



nyamuk *Aedes Aegypti* betina yang mengandung virus *dengue* ini yang menyebabkan terjadinya penularan penyakit ini. Selain *Aedes Aegypti*, spesies nyamuk yang lainnya yakni *Ae.albopictus* adalah spesies penular penyakit DBD yang sering dijumpai di seluruh wilayah Indonesia (WHO, 2018). Berdasarkan data dari Kemenkes RI (2022), Pada tahun 2021 tercatat 73.518 kasus dari kasus DBD yang dilaporkan. Angka tersebut berkurang dari tahun 2020 dengan total kasus sebanyak 108.303. Sama halnya dengan total kasus, kematian yang diakibatkan dari penyakit DBD di tahun 2021 juga menurun sebanyak 172 kasus dari tahun 2020, yaitu dari 747 kasus ke angka 705 kasus. Dari total kasus yang ada, harapannya adalah semua elemen masyarakat dapat mencegah penularan DBD sehingga di tiap tahunnya, kejadian DBD ini dapat menurun secara signifikan.

Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya DBD yang pernah diteliti sebelumnya diantaranya adalah kepadatan penduduk. Pada salah satu penelitian, kepadatan penduduk signifikan mempengaruhi kejadian DBD sebesar 16.2% (Nurullah *et al.*,2014). Selain kepadatan penduduk, kemiskinan menjadi salah satu penyebab terjadinya demam berdarah. Aryu (2016) dalam penelitiannya mengatakan kemiskinan dapat menjadi pemicu penyebaran penyakit DBD. Faktor kemiskinan ini menyebabkan orang kekurangan sarana dan fasilitas, seperti rumah yang memenuhi syarat kesehatan, pasokan air minum yang memadai, serta pengelolaan sampah yang benar dalam rumah tangga. Selain dua faktor di atas, Pada penelitian Kurnisari (2022), faktor yang secara signifikan mempengaruhi kejadian DBD adalah sanitasi lingkungan yang baik. Dikatakan bahwa sanitasi lingkungan yang baik akan mencegah penyebaran penyakit terkhusus penyakit DBD.

Fokus pada penelitian ini adalah angka kesakitan DBD di Provinsi Riau tahun 2021. Kejadian kasus penyakit DBD di Provinsi Riau termasuk mengkhawatirkan. Berdasarkan data dari Profil Kesehatan Provinsi Riau (2021), dilaporkan sebanyak 1033 orang terserang DBD dan angka kematian berjumlah 10 orang. Angka kematian (CFR) ini di angka 1.0 %. Kematian Karena DBD dikategorikan tinggi jika CFR > 1 %. Tercatat di Kabupaten Kampar, angka kematian (CFR) berada di angka 2 % yang mana termasuk kategori tinggi, Dengan demikian, kejadian DBD dan bagaimana pencegahannya di Provinsi Riau harus dikerjakan oleh semua elemen masyarakat dengan mengendalikan faktor-faktor penyebab DBD.

Berbagai faktor yang mempengaruhi kejadian DBD baik dari keadaan ekonomi, kesehatan, dan lingkungan muncul dengan karakteristik yang bisa berbeda-beda di setiap daerah (Noviani *et al.*,2014). Sehingga wajar untuk menganggap bahwa faktor-faktor yang dihubungkan dengan penderita DBD akan berbeda di berbagai wilayah dalam satu lokasi pengamatan. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pemodelan statistik yang mempertimbangkan faktor spasial. Salah satu metode yang saat ini digunakan untuk menganalisis data yang mempertimbangkan faktor spasial adalah *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) (Munjiyatul Fadlilah *et al.*, 2019).

Penggunaan metode GWPR digunakan karena data diasumsikan berdistribusi poisson dan juga memiliki aspek spasial atau keruangan. Dalam model GWPR, terdapat metode *maximum likelihood estimation* (MLE) yang mana merupakan metode yang dipakai untuk mengestimasi parameter model GWPR dan penaksirannya diberi pembobot di tiap lokasi pengamatan. pada penelitian ini, peneliti menggunakan dua jenis pembobot yakni *fixed biquare kernel* dan *adaptive biquare kernel*. Dengan Menggunakan dua jenis pembobot ini, peneliti akan mendapatkan dua model GWPR dan mendapatkan model terbaik dengan menggunakan evaluasi nilai AIC.

1. Distribusi Poisson

Distribusi poisson adalah distribusi probabilitas diskrit yang digunakan untuk menghitung banyak kejadian dalam satu interval waktu atau ruang. Pada distribusi ini, parameter lambda (λ), digunakan untuk menentukan rata-rata banyaknya kejadian dalam satu interval waktu. Distribusi poisson menghasilkan model untuk bermacam kejadian acak selama variabel respon poisson adalah bilangan bulat nonnegative. Fungsi distribusi poisson sebagai berikut (Cahyandari, 2014):

$$P(y_i; \mu_i) = \frac{\mu_i^{y_i} e^{-\mu_i}}{y_i!}, y_i = 0, 1, 2, \dots, n$$

2. Regresi Poisson

Model regresi Poisson adalah jenis model regresi yang berasal dari distribusi Poisson dan digunakan dalam menganalisis data dengan variabel respon diskrit. Ini dapat dianggap sebagai model regresi yang tidak linier atau non-linier (Munjiyatul Fadlilah *et al.*, 2019:23). Karakteristik dari penggunaan regresi poisson ini adalah *equidispersion* yang adalah nilai mean sama dengan nilai variansinya. hubungan antara variabel respon (Y) dan variabel prediktor (X) dinyatakan sebagai berikut (Rahayu, 2021):

$$E((Y_i|X_i)) = \mu_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon_1$$

Sehingga, model poisson dapat ditulis dalam bentuk (Sabtika *et al.*, 2021) :

$$E((Y_i|X_i)) = \mu_i = \exp(x_i^T \beta), i = 1, 2, \dots, n$$

Keterangan :

β = parameter yang belum diketahui dan perlu diestimasi dengan notasi

$$\beta^T = [\beta_0 \ \beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_n]$$

x_i = Variabel bebas dengan notasi $x_i^T = [1 \ x_{1i} \ x_{2i} \ \dots \ x_{ni}]$

a. Estimasi Parameter Regresi Poisson

Metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) adalah suatu metode yang dipakai dalam mengestimasi parameter model regresi poisson (Munjiyatul Fadlilah *et al.*, 2019). fungsi *log-likelihood* yang sudah dimaksimumkan dengan metode MLE adalah

$$\frac{\partial \ln L(\beta)}{\partial \beta^T} = \sum_{i=1}^n (-x_i \exp(x_i^T \beta) + y_i x_i)$$

Persamaan di atas adalah system persamaan *non close form* jadi tak diperoleh penyelesaian eksak. Maka persamaan diselesaikan menggunakan metode iterasi newton raphson hingga iterasi diakhiri saat mencapai kondisi konvergen yakni $\|\hat{\beta}_{(k+1)} - \hat{\beta}_{(1)}\| \leq \varepsilon$, dimana ε adalah bilangan riil positif yang sangat kecil

b. Pengujian Parameter Model Regresi Poisson

1) Uji serentak

Metode yang dipakai yaitu metode *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) yang mana hipotesisnya antara lain :

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

$$H_1 : \text{Paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, n$$

Statistik Uji (*Maximum likelihood ratio test*)

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] = 2 [\ln(L(\hat{\Omega})) - \ln(L(\hat{\omega}))]$$

Keputusannya adalah jika nilai devian atau $D(\hat{\beta}) > \chi_{k;\alpha}^2$ maka H_0 ditolak. Artinya adalah minimal terdapat sebuah parameter yang berpengaruh pada variabel respon secara signifikan (Ismanto, 2019).

2) Uji Parsial

Parameter model yang diperoleh melalui estimasi parameter belum tentu signifikan pengaruhnya pada model sehingga harus diujikan pada parameter model regresi secara parsial atau individual yang hipotesisnya adalah :

$H_0 : \beta_k = 0$ (Pengaruh Variabel ke-k tidak signifikan)

$H_1 : \beta_k \neq 0$ (Pengaruh Variabel ke-k signifikan)

Statisik uji :

$$Z = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)}$$

Di mana $se(\hat{\beta}_k)$ = nilai *standar error* dari parameter $\hat{\beta}_k$

Pengambilan keputusannya adalah menolak H_0 jika $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$ dengan nilai α ialah tingkat signifikansi (Ismanto, 2019)

3. Equidispersi

Uji asumsi *equidispersi* dari regresi Poisson, bisa diketahui melalui angka *statistic Pearson's Chi Square* yang dibagi oleh nilai derajat bebasnya (Rahayu, 2021). Adapun cara untuk melihat gejala atau keadaan overdispersi yakni Plot nilai penyesuaiannya terhadap nilai sisa absolut. Jika hasil kurva tidak menunjukkan trend, maka fungsi varian sesuai dengan mean. Tetapi jika grafik menunjukkan tren, itu menunjukkan overdispersi. McCullagh dan Nelder (1998) dalam (Sabtika *et al.*, 2021) mengatakan bahwa dalam mendeteksi overdispersi, digunakanlah nilai *Pearson Chi-Square* per nilai derajat bebasnya dengan rumus :

$$\alpha = \frac{\chi^2}{n-k-1}$$

$$\text{Dengan } \chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \mu_i)^2}{\text{Var}(\mu_i)}$$

Keputusan yang diambil ialah *equidispersi* jika rasio dispersi = 0, overdispersi jika rasio dispersi > 1, dan underdispersi jika rasio disperse < 0 (Adryanta dan Puhadi, 2020).

4. Non Multikolinearitas

Baiknya sebuah model regresi adalah yang tak terjadi multikolinearitas. Mardiatmoko (2020) mengatakan bahwa multikolinearitas terjadi ketika terdapat hubungan linier yang cukup dekat atau sempurna antara variabel independen yang ada dalam model regresi. Untuk mendeteksi ada ataupun tidaknya masalah multikolinearitas, maka dilakukan uji untuk mengetahuinya dengan memakai skor *Variance Inflation Factor (VIF)*. Persamaannya sebagai berikut :

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

Keterangan :

R_k^2 = Nilai Koefisien Determinasi

Gejala keberadaan multikolinieritas yaitu didasarkan pada angka Variance Inflation Factor (VIF). Nilai VIF < 10 memperlihatkan tidak terdapat korelasi antar variabel predictor

5. Aspek Spasial

Salah satu aspek spasial yang diperhatikan adalah heterogenitas spasial. sifat heterogenitas spasial merupakan salah satu aspek spasial yang harus dipenuhi, yang mana merupakan prasyarat untuk pemodelan data menggunakan pendekatan titik dengan metode *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR). Uji Breusch-Pagan merupakan uji yang digunakan untuk melihat adanya heterogenitas spasial dengan hipotesis sebagai berikut (Rahmawati *et al.*, 2015) :

H_0 : Tidak adanya sifat heterogenitas

H_1 : Terdapat sifat Heterogenitas spasial pada data

Nilai dari Uji Breusch-Pagan

$$BP = \frac{1}{2} f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f \sim X_p^2$$

Pengambilan Keputusan adalah tolak H_0 dan terima H_1 jika $BP < \alpha$. Sehingga kesimpulan yang dapat diambil pada saat tolak H_0 adalah terdapat Heterogenitas spasial. Dengan asumsi heterogenitas spasial terpenuhi maka bisa dilakukan ke pemodelan *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR)

6. GWPR

Model GWPR merupakan model yang dikembangkan oleh nakaya, dkk pada tahun 2005 yang merupakan pengembangan model regresi poisson ketika adanya gejala heterogenitas spasial. Model dari GWPR sebagai berikut :

$$\mu_i = \exp(\beta_0(u_i, v_i) + \sum_k^n \beta_k(u_i, v_i)x_{k,i})$$

Keterangan :

μ_i : nilai variabel respon lokasi ke- i

$x_{k,i}$: nilai observasi variabel prediktor k pada lokasi ke- i

u_i : *longitude* pada lokasi ke- i

v_i : *latitude* pada lokasi ke- i

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$: koefisien regresi variabel X ke- k

a. Bandwith dan Pembobot GWPR

Pada fungsi pembobot kernel, terdapat parameter *Bandwidth*. *Bandwidth* ini bisa dianalogikan sebagai radius (b) suatu lingkaran. Salah satu metode yang dapat dipakai agar mendapatkan *Bandwidth* yang optimum yaitu menggunakan pendekatan *Cross Validation* (CV) dengan memakai persamaan di bawah ini (Adryanta dan Purhadi, 2020) :

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

Dimana $\hat{y}_{\neq i}(\mathbf{b})$ adalah nilai penafsiran dari y_i dengan radius \mathbf{b} , tetapi pengamatan pada titik ke- i dieliminasi dari proses penafsiran. *Bandwidth* yang optimum diperoleh jika nilai CV yang diperoleh paling minimum. Setelah mendapat nilai *bandwidth*, dilanjutkan untuk menentukan pembobot spasial. Fungsi pembobot spasial ini berbasis kedekatan antar lokasi pengamatan. Pada penelitian ini, ada dua fungsi pembobot spasial yang digunakan yakni *fixed bisquare kernel* serta *adaptive bisquare kernel*. Rumus keduanya yaitu (Munjiyatul Fadlilah *et al.*, 2019) :

1. *Fixed Bisquare Kernel*

$$W_{ij} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right]^2 & ; \text{untuk } d_{ij} < b \\ 0 & ; \text{untuk } d_{ij} \text{ yang lain} \end{cases}$$

2. *Adaptive Bisquare Kernel*

$$W_{ij} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{d_{ij}}{b_i}\right)^2\right]^2 & ; \text{untuk } d_{ij} < b \\ 0 & ; \text{untuk } d_{ij} \text{ yang lain} \end{cases}$$

Keterangan:

b : Parameter non negatif yang disebut *bandwidth*

b_i : *Bandwidth* pada lokasi ke- i

d_{ij} : Jarak *Euclidean* antara lokasi ke i dengan lokasi ke j

Nilai dari d_{ij} didapat dari rumus :

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

Keterangan :

u_i : *longitude* pada lokasi ke- i

v_i : *latitude* pada lokasi ke- i

u_j : *longitude* pada lokasi ke- j

v_j : *latitude* pada lokasi ke- j

b. Estimasi Paramter GWPR

Estimasi paramaeter model GWPR memakai metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) seperti model regresi poisson di atas. Perbedaannya adalah pada model GWPR pada fungsi *log-likelihood* nya ditambahkan faktor pembobot letak geografis. Fungsi likelihood-nya adalah

$$\frac{\partial \ln L(\beta(u_i, v_i))}{\partial \beta^T(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n (y_i x_i - x_i \exp(x_i^T (u_i, v_i))) W_{ij}(u_i, v_i) = 0$$

Persamaan di atas adalah system persamaan *non close form* jadi tak diperoleh penyelesaian eksak. Maka persamaan diselesaikan menggunakan metode iterasi newton raphson hingga iterasi diakhiri saat mencapai kondisi kovergen yakni $\|\beta_{(m+1)}(u_i, v_i) - \beta_{(m)}(u_i, v_i)\| \leq \varepsilon$, dimana ε adalah bilangan riil positif yang sangat kecil

c. Pengujian Parameter GWPR

1) Uji serentak

Metode yang dipakai yaitu metode *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) yang mana hipotesisnya antara lain :

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

$$H_1 : \text{Paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, n$$

Statistik Uji (*Maximum likelihood ratio test*)

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] = 2 [\ln(L(\hat{\Omega})) - \ln(L(\hat{\omega}))]$$

Keputusannya adalah jika nilai devian atau $D(\hat{\beta}) > \chi_{k;\alpha}^2$ maka H_0 ditolak. Artinya adalah minimal terdapat sebuah parameter yang berpengaruh pada variabel respon secara signifikan (Ismanto, 2019).

2) Uji Parsial

uji parsial untuk melihat parameter mana saja yang berpengaruh signifikan dengan hipotesis sebagai berikut (Munjiyatul Fadlilah *et al.*, 2019:26):

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$ (parameter k pada lokasi i tidak mempengaruhi variabel respon)

$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$ (parameter k pada lokasi i mempengaruhi variabel respon)

Selanjutnya digunakan uji statistik untuk pengujian hipotesis di atas yakni :

$$t_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))}$$

Nilai $se(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))$ yang merupakan standarisasi eror didapat dari: $\sqrt{Var(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))}$

Kriteria ujinya yaitu tolak H_0 apabila $|t_{hit}| > t_{(\alpha/2; n-k-1)}$ yang berarti parameter k pada lokasi $i (u_i, v_i)$ mempengaruhi variabel respon secara signifikan

7. AIC

Dalam pemilihan model yang terbaik, digunakan metode yang sering dipakai dalam pemodelan spasial yakni metode AIC (*Akaike Information Criterion*). Metode AIC adalah suatu metode yang bisa dipakai dalam menentukan model regresi yang terbaik. Metode ini ditemukan oleh Akaike yang mana perhitungannya berdasar pada metode *maximum likelihood estimation* (MLE). Penghitungan AIC dijabarkan sebagai berikut (Sabtika *et al.*, 2021) :

$$AIC = 2k - 2 \ln(\text{likelihood})$$

Keterangan:

K : Jumlah parameter yang akan ditaksir

likelihood : Nilai maksimum *likelihood* pada model

Dalam memilih model yang terbaik, dilihat dari model yang mempunyai nilai AIC terkecil.

METODE

Pada penelitian ini, data yang digunakan oleh peneliti adalah data sekunder yang diperoleh dari website BPS Provinsi Riau dan Profil kesehatan Provinsi Riau tahun 2021. Variabel data yang digunakan adalah angka kesakitan DBD di Provinsi Riau Tahun 2021. Unit observasi yang digunakan adalah sebanyak 12 Kabupaten/Kota di Provinsi Riau.

Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah variabel prediktor (X) dan variabel respon (Y). Penjabaran dari Variabel tersebut sebagai berikut :

Tabel 1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Y	Angka Kesakitan DBD di Provinsi Riau Tahun 2021
X ₁	Jumlah Penduduk Miskin
X ₂	Kepadatan Penduduk
X ₃	Persentase Rumah Tangga Dengan Akses Sanitas Layak

Pada penelitian ini, metode analisis yang digunakan adalah regresi GWPR dengan langkah-langkah sebagai berikut :

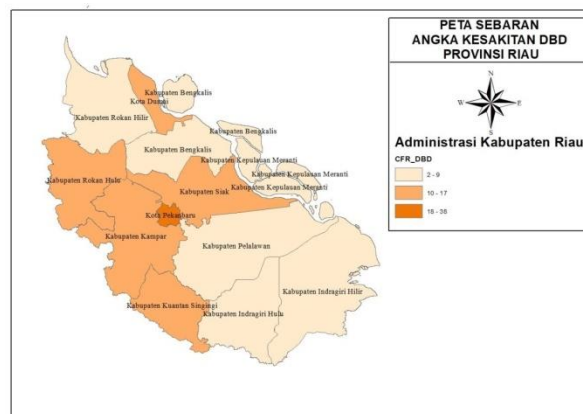
1. Mendeskripsikan Variabel respon (Y) dan Variabel terikat (X) agar dapat mengetahui gambaran angka kesakitan demam berdarah yang terjadi di Provinsi Riau tahun 2021;
2. Melakukan uji asumsi distribusi poisson dengan menggunakan uji *kolmogorof-smirnov*;
3. Mengidentifikasi masalah multikolinearitas dengan melihat nilai VIF;
4. Melakukan pemodelan regresi poisson;
5. Melakukan uji untuk melihat masalah overdispersi;
6. Melakukan pengestimasian parameter regresi poisson dan uji parameter regresi poisson secara serentak dan individu;
7. Melakukan pengujian efek spasial dengan uji *Breuch Pagan* untuk melihat efek spasial pada data yakni heterogenitas spasial;
8. Analisis model Geographically Weighted Poisson Regression(GWPR) dengan langkah analisisnya adalah :
 - Menentukan koordinat titik *Longitude, latitude* pada wilayah pengamatan;
 - Menentukan jarak *Euclidean* antar lokasi yang didasarkan oleh koordinat titik tiap wilayah pengamatan;
 - Menentukan *Bandwidth* optimum *fixed* dan *adaptive* menggunakan pendekatan *Cross Validation (CV)*;
 - Menghitung matriks pembobot GWPR menggunakan fungsi kernel *Fixed Bisquare* dan *Adaptive Bisquare*;
 - Pengestimasian parameter dari dua model GWPR dan melakukan uji parameter model secara serentak dan individu;
9. Penentuan model terbaik dengan menggunakan nilai AIC terkecil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sebaran Angka kesakitan DBD

Angka kesakitan DBD Provinsi Riau dibagi menjadi 3 kategori. Hal ini bertujuan untuk melihat sebaran penyakit DBD pada peta tematik. 3 kategori tersebut yakni tinggi, sedang, dan rendah. Di bawah merupakan gambar sebaran angka kesakitan DBD provinsi Riau tahun 2021.

Gambar 1 Peta Sebaran DBD Riau 2021





Dari gambar di atas, terlihat bahwa kota pekanbaru memiliki angka kesakitan DBD tertinggi di Provinsi Riau ditunjukkan dengan warna coklat tua. Di Kabupaten/kota sekeliling kota pekan baru memiliki angka kesakitan DBD sedang. Hal ini menunjukkan adanya dugaan aspek spasial pada data angka kesakitan DBD di Provinsi Riau.

2. Uji Asumsi Distribusi Poisson

Pada model regresi poisson, salah satu asumsi yang harus dipenuhi ialah distribusi variabel Y pada model adalah berdistribusi poisson. Pengujian distribusi poisson dapat menggunakan uji *Kolmogorov-smirnov*.

Tabel uji *Kolmogorov-smirnov* sebagai berikut :

Tabel 2 Uji Distribusi Poisson

Kolmogorov_Smirnov Z	P-value
1.169	0.130
	0.338

a. Test distribution is Poisson. $\alpha = 10\%$

Dari tabel di atas, didapatkan nilai P-value sebesar 0.130 yang mana nilai $0.130 > \alpha$ dan nilai D sebesar 0.338 dengan nilai $D^*(\alpha)$ sebesar 0.338 ($D = D^*(\alpha)$) sehingga hipotesis H_0 diterima dan disimpulkan data angka kesakitan DBD Provinsi Riau berdistribusi poisson.

3. Uji Asumsi Non Multikolinearitas

Multikolinearitas merupakan suatu kondisi yang menunjukkan adanya hubungan antar variabel independen. Baiknya suatu model regresi, dalam hal ini adalah regresi poisson, antar variabel independen tidak ada keterkaitan atau hubungan. Jika ada maka variabel tersebut harus diganti dengan variabel baru atau dibuang. Gejala multikolinearitas dapat ditunjukkan dengan skor *Variance Inflation Factor* (VIF). Nilai VIF dari masing-masing variabel ditunjukkan dengan tabel di bawah ini :

Tabel 3 Skor Variance Inflation Factor (VIF)

Variabel Independen	VIF
X1	1.108
X2	1.262
X3	1.279

Didapatkan informasi dari tabel 4, didapatkan hasil bahwa tidak adanya gejala multikolinearitas karena semua variabel independen memiliki nilai $VIF < 10$. Maka dari itu, semua variabel independen di atas baik digunakan untuk membentuk model regresi poisson.

4. Regresi Poisson

a. Uji Serentak

Pengujian serentak merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel Independen secara bersama-sama mempengaruhi variabel dependen. Statistik uji



yang digunakan adalah *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) yakni hasil yang didapatkan adalah nilai devians.

Tabel 4 Perbandingan Nilai Devians Dan Nilai *Tabel Chi-Square*

Nilai tabel χ^2	Nilai devians
13.362	32.832

Keputusan tolak H_0 jika nilai devian atau $(\hat{\beta}) > \chi^2_{k;\alpha}$. Dari tabel di atas, didapatkan hasil nilai devians sebesar 32.832 dan nilai tabel χ^2 sebesar 13.362. Maka dari itu nilai $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{k;\alpha}$ ($32.832 > 13.362$), sehingga kesimpulannya adalah paling sedikit ada satu variabel terikat yang mempengaruhi variabel respon.

b. Uji Parsial

Setelah melakukan uji secara serentak dan didapatkan hasil ada salah satu parameter yang mempengaruhi angka kesakitan DBD, maka dilanjutkan dengan uji secara parsial

Tabel 5 Hasil Estimasi Paramater Regresi Poisson

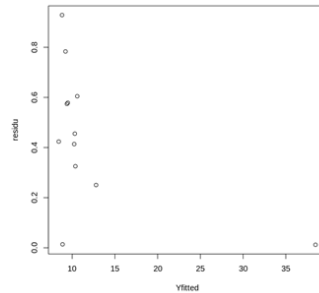
Parameter	Estimate	Z-value	P-value
β_0	2.073	1.350	0.177
β_1	0.005	-0.843	0.399
β_2	0.0008	6.169	0.000
β_3	0.004	0.228	0.820

Dengan taraf signifikansi 10% maka nilai $Z_{0.05} = 1.65$. Dari tabel 4.3 maka variabel yang signifikan ialah variabel X_2 karena nilai jika $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$. Sehingga disimpulkan variabel kepadatan penduduk mempengaruhi angka kesakitan DBD, sedangkan variabel jumlah penduduk miskin dan presentasi rumah tangga dengan akses sanitasi layak di Provinsi Riau tidak mempengaruhi variabel angka kesakitan DBD.

6. Regresi Poisson

Pada regresi poisson, salah satu asumsi yang harus dipenuhi adalah kesamaan rata-rata serta varians. Keadaan ini disebut *equidispersi* yang mana bisa dilihat dengan plot nilai Y fitted dengan Nilai residu dengan plot sebagai berikut:

Gambar 3 Plot nilai Y fit dan Nilai Residual



Dari gambar di atas, terlihat sebaran tidak membentuk sebuah tren sehingga diasumsikan model regresi poisson tidak memiliki masalah overdispersi maupun underdispersi. Akan tetapi pengujian secara visual belum tentu akurat sehingga perlu dilakukan uji statistik secara angka dengan menggunakan nilai rasio dispersi dengan keputusan overdispersi jika rasio dispersi > 1 , dan underdispersi jika rasio dispersi < 0 . Nilai rasio dispersi yang didapatkan sebesar :

$$\alpha = \frac{\chi^2}{n-k-1} = \frac{4.228}{12-3-1} = 0.528$$

Dari Hasil nilai rasio dispersi disimpulkan model regresi tidak mengalami overdispersi maupun underdispersi

7. Heterogenitas Spasial

Uji yang digunakan adalah *Breusch Pagan*. dari hasil uji BP menggunakan software R yang terdapat pada lampiran 8, didapatkan nilai p-value sebesar 0.0945 yang mana nilai p-value (0.0945) $< \alpha$ (0.1), sehingga keputusan yang diambil adalah terdapa sifat heterogenitas spasial atau keragam varians di tiap lokasi pengamatan yakni kabupaten/kota di Provinsi Riau. Dengan adanya sifat heterogenitas spasial maka, model bisa dilanjutkan ke model lokal dari regresi poisson yakni GWPR.

8. GWPR

a. Jarak Euclidean, Bandwidth, dan Matrik Pembobot

Dalam menentukan jarak *euclidean*, *bandwidth*, dan juga matriks pembobot, diperlukan letak geografis yakni garis lintang dan garis bujur di setiap kabupaten/kota di Provinsi Riau. Setelah itu, dilakukan perhitungan matematis untuk mendapatkan jarak *euclidean* yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan matriks pembobot.

Tabel 6 Jarak *Euclidean*, *Bandwidth*, dan Pembobot *Fixed bisquare kernel* di Kabupaten Kuantan Singingi

No	Kabupaten/Kota	Jarak <i>euclidean</i>	<i>Bandwidth</i>	Pembobot
1	Kuantan Singingi	0.00000	1.81249	1.00000
2	Indragiri Hulu	0.83082	1.81249	0.62392

3	Indragiri Hilir	1.64708	1.81249	0.03034
4	Pelalawan	1.14888	1.81249	0.35785
5	Siak	1.28247	1.81249	0.24934
6	Kampar	0.92983	1.81249	0.54290
7	Rokan Hulu	1.65243	1.81249	0.02850
8	Bengkalis	1.85731	1.81249	0.00000
9	Rokan Hilir	2.25974	1.81249	0.00000
10	Kepulauan Meranti	1.77793	1.81249	0.00143
11	Pekanbaru	0.95135	1.81249	0.52489
12	Dumai	2.11148	1.81249	0.00000

Tabel 7 Jarak Eucluidian, Bandwidth, dan Pembobot Adaptive bisquare kernel di Kabupaten Kuantan Singingi

No	Kabupaten/Kota	Jarak euclidean	Bandwidth	Pembobot
1	Kuantan Singingi	0.00000	2.25974	1.00000
2	Indragiri Hulu	0.83082	2.78350	0.74792
3	Indragiri Hilir	1.64708	3.17574	0.21971
4	Pelalawan	1.14888	1.85207	0.54984
5	Siak	1.28247	1.79542	0.45956
6	Kampar	0.92983	2.24853	0.69004
7	Rokan Hulu	1.65243	2.96109	0.21648
8	Bengkalis	1.85731	2.34826	0.10527
9	Rokan Hilir	2.25974	3.17574	1.97e-31
10	Kepulauan Meranti	1.77793	2.22797	0.14514
11	Pekanbaru	0.95135	1.92169	0.67693
12	Dumai	2.11148	2.68040	0.01611

Matriks pembobot dari tabel di atas, hanya digunakan dalam mengestimasi parameter pada lokasi (u_1, v_1) yakni kabupaten kuantan singing. Maka dari itu untuk mencari estimasi parameter pada lokasi yang lainnya yakni (u_2, v_2) dan seterusnya sampai lokasi (u_{12}, v_{12}) , harus mencari terlebih dahulu matriks pembobot masing-masing lokasi.

b. Estimasi Parameter GWPR

Estimasi parameter GWPR menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Hasil yang didapatkan ialah estimasi parameter konstanta, tiap variabel di tiap wilayah Provinsi Riau. Pada model GWPR dengan pembobot *fixed*

bisquare kernel didapat estimasi parameter pada lokasi Kuantan Singingi : $\beta_0 = 1.470804$, $\beta_1 = 0.000003$, $\beta_2 = 0.000748$, $\beta_3 = 0.009112$ dan model GWPR dengan pembobot *adaptive bisquare kernel* : $\beta_0 = 1.267405$, $\beta_1 = 0.000001$, $\beta_2 = 0.000748$, $\beta_3 = 0.011219$

c. Pengujian Parameter GWPR

1) Pengujian Serentak

Tabel 8 Perbandingan Nilai Devians dengan Nilai Tabel χ^2 Pada Kedua Model

Model	Deviance	Nilai Tabel χ^2
GWPR (<i>Fixed bisquare kernel</i>)	15.559	13.362
GWPR (<i>Adaptive bisquare kernel</i>)	19.195	13.362

Keputusan tolak H_0 jika nilai devian atau $D(\hat{\beta}) > \chi_{k;\alpha}^2$. Dari tabel di atas, didapatkan hasil nilai devians pada model GWPR (*Fixed bisquare kernel*) sebesar 15.559 dan nilai devians pada model GWPR (*Adaptive bisquare kernel*) sebesar 19.195 dengan nilai tabel χ^2 sebesar 13.362. Maka dari itu nilai $D(\hat{\beta}) > \chi_{k;\alpha}^2$, sehingga kesimpulannya adalah dari kedua model tersebut, masing-masing paling sedikit ada satu variabel terikat yang mempengaruhi variabel respon.

2) Pengujian Parsial

Pengujian parsial dilakukan pada kedua model yakni GWPR dengan pembobot *fixed bisquare kernel* dan GWPR dengan pembobot *adaptive bisquare kernel*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai t-hitung dengan t-tabel yang mana nilai t-tabel sebesar 1.397. pengambilan keputusan $|t_{hit}| > t_{(\alpha/2; n-k-1)}$ yang berarti parameter k pada lokasi $i (u_i, v_i)$ mempengaruhi variabel respon secara signifikan. Dari perbandingan nilai t-hitung dengan t-tabel, didapatkan tiap wilayah kabupaten/kota, kejadian DBD dipengaruhi oleh tiga faktor tersebut secara beragam

d. Model GWPR

Setelah dilakukan uji parsial, model akhir akan terbentuk dari model GWPR dengan pembobot *fixed bisquare kernel* dan *adaptive bisquare kernel* dengan bentuk model umum sebagai berikut :

$$\mu_i = \exp(\beta_0(u_i, v_i) + \sum_k^n \beta_k(u_i, v_i)x_{k,i})$$

Berikut model per kabupaten/kota di Provinsi Riau :

Tabel 9 Model GWPR dengan Pembobot *Fixed Bisquare Kernel*

Kabupaten/Kota	Model GWPR dengan pembobot <i>Fixed Bisquare Kernel</i>
Kuantan Singingi	$\hat{\mu}_1 = \exp(1.4171 + 0.000748X_{2,1})$
Indragiri Hulu	$\hat{\mu}_2 = \exp(4.973 - 0.000029X_{1,2} + 0.001056X_{2,2})$
Indragiri Hilir	$\hat{\mu}_3 = \exp(3.911 - 0.037415X_{3,3})$



Pelalawan	$\hat{\mu}_4 = \exp(2.388 - 0.000019X_{1,4} + 0.000152X_{2,4})$
Siak	$\hat{\mu}_5 = \exp(-4.034 + 0.000193X_{2,5})$
Kampar	$\hat{\mu}_6 = \exp(-0.990 + 0.000183X_{2,6})$
Rokan Hulu	$\hat{\mu}_7 = \exp(-9.004 + 0.000206X_{2,7} + 0.114869X_{3,7})$
Bengkalis	$\hat{\mu}_8 = \exp(-7.551 + 0.000226X_{2,8})$
Rokan Hilir	$\hat{\mu}_9 = \exp(-2.441 + 0.000227X_{2,9})$
Kepulauan Meranti	$\hat{\mu}_{10} = \exp(5.567 - 0.000050X_{1,10} + 0.000171X_{2,10})$
Pekanbaru	$\hat{\mu}_{11} = \exp(-0.713 + 0.000182X_{2,11})$
Dumai	$\hat{\mu}_{12} = \exp(-3.566 + 0.000235X_{2,12})$

Tabel 10 Model GWPR dengan Pembobot *Adaptive Bisquare Kernel*

Kabupaten/Kota	Model GWPR dengan pembobot <i>Adaptive Bisquare Kernel</i>
Kuantan Singingi	$\hat{\mu}_1 = \exp(1.267 + 0.000776X_{2,1})$
Indragiri Hulu	$\hat{\mu}_2 = \exp(2.205 + 0.000879X_{2,2})$
Indragiri Hilir	$\hat{\mu}_3 = \exp(3.291 - 0.000016X_{1,3} + 0.000947X_{2,3})$
Pelalawan	$\hat{\mu}_4 = \exp(2.404 - 0.000018X_{1,4} + 0.000874X_{2,4})$
Siak	$\hat{\mu}_5 = \exp(-4.386 + 0.000726X_{2,5})$
Kampar	$\hat{\mu}_6 = \exp(-0.456 + 0.000720X_{2,6})$
Rokan Hulu	$\hat{\mu}_7 = \exp(-1.232 + 0.000735X_{2,7})$
Bengkalis	$\hat{\mu}_8 = \exp(-2.570 + 0.000773X_{2,8})$
Rokan Hilir	$\hat{\mu}_9 = \exp(-1.560 + 0.000766X_{2,9})$
Kepulauan Meranti	$\hat{\mu}_{10} = \exp(4.072 - 0.000029X_{1,10} + 0.000971X_{2,10})$
Pekanbaru	$\hat{\mu}_{11} = \exp(-0.509 + 0.000739X_{2,11})$
Dumai	$\hat{\mu}_{12} = \exp(-1.919 + 0.00781X_{2,12})$

9. AIC

Dalam menentukan model GWPR terbaik, evaluasi yang digunakan adalah nilai AIC. Kriteria pemilihannya adalah melihat nilai AIC terkecil. Yang mana nilai AIC terkecil menunjukkan bahwa semakin baik model GWPR tersebut. Hasil AIC dari kedua model antara lain :

Tabel 11 Perbandingan nilai AIC

Model	AIC
GWPR (<i>Fixed bisquare kernel</i>)	31.056
GWPR (<i>Adaptive bisquare kernel</i>)	32.102

Dari tabel 11 didapatkan model terbaik dalam memodelkan angka kesakitan DBD di Provinsi Riau dengan nilai AIC terkecil yakni 31.056 ialah model GWPR dengan pembobot *fixed bisquare kernel*.



Berdasarkan hasil pembahasan, didapatkan kesimpulan bahwa dari model *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dengan pembobot *fixed bisquare kernel* yang merupakan model terbaik, didapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi angka kesakitan Demam Berdarah *Dengue* (DBD) tiap wilayah dengan rincian sebagai berikut :

1. Variabel Jumlah Penduduk miskin (X_1), signifikan pada lokasi : Indragiri Hulu, Pelalawan, dan Kepulauan Meranti
2. Variabel Kepadatan Penduduk (X_2), signifikan pada semua lokasi kecuali Indragiri Hilir
3. Variabel presentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak (X_3), signifikan pada kabupaten Indragiri Hilir dan Rokan Hulu.

Dari hasil uji parsial diatas didapatkan kesamaan variabel yang signifikan yakni (X_1 dan X_2) pada kabupaten Indragiri Hulu, Pelalawan, dan Kepulauan Meranti. Yang mana dari peta spasial, ketiga lokasi ini berdekatan. Salah satu model lokal yakni kabupaten Rokan Hulu adalah :

$$\hat{\mu}_7 = \exp(-9.004 + 0.000206X_{2,7} + 0.114869X_{3,7})$$

Model di atas menjelaskan bahwa ketika ada penambahan satu satuan dari variabel Kepadatan Penduduk, maka akan meningkatkan peluang resiko kesakitan DBD sebanyak $\exp(0.000206)$ atau sebesar 1,0002 dengan catatan variabel yang lain konstan. Hal yang sama berlaku pada variabel persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak yakni akan meningkatkan peluang resiko kesakitan DBD sebanyak $\exp(0.114689)$ atau sebesar 1,1215 ketika ada penambahan satu satuan dari variabel persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak dengan catatan variabel yang lain konstan

KESIMPULAN

1. Model yang dihasilkan dari *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dengan pembobot *fixed bisquare kernel* pada Kabupaten kabupaten Rokan Hulu adalah:

$$\hat{\mu}_7 = \exp(-9.004 + 0.000206X_{2,7} + 0.114869X_{3,7})$$

Dari model diatas didapatkan variabel yang signifikan ialah variabel Kepadatan Penduduk (X_2) dan presentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak (X_3),

2. Model yang dihasilkan dari *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dengan pembobot *adaptive bisquare kernel* pada Kabupaten kabupaten Rokan Hulu:

$$\hat{\mu}_7 = \exp(-1.232 + 0.000735X_{2,7})$$

Dari model diatas didapatkan variabel yang signifikan ialah variabel Kepadatan Penduduk (X_2)

3. Dengan menggunakan dua pembobot yakni *Fixed bisquare kernel* dan *Adaptive bisquare kernel*, didapatkan model terbaik yakni model *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dengan pembobot *fixed bisquare kernel* dengan nilai AIC terkecil yakni 31.056



DAFTAR PUSTAKA

- Alfiani, Siva & Rismawati Arum, P. (2022). "Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi di Jawa Barat Menggunakan Metode *Geographically Weighted Poisson Regression*". *J Statistika* Vol. 15 No. 2(Hal.219-227). Semarang
- Al. haris, M & Rismawati Arum, P. (2022). "*Negative Binominal Regression and Generalized Poisson Regression Models On The Number Of Traffic Accidents In Central Java*. *Barekeng Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan* Vol. 16 No. (Hal.471-482). Semarang
- Azizah Nur, I & Rismawati Arum, P. (2021). "Pemodelan *Generalized Poisson Regression* untuk Mengetahui Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Padi di Kabupaten Blora Tahun 2020. *Seminar Nasional Unimus* Vol.4. Semarang
- Aryu. (2016). Demam Berdarah *Dengue*: Epidemiologi, Patogenesis Dan Faktor Risiko Penularan. *Aspirator*, 2(2), 119–120.
- Adryanta, M., & Purhadi, P. (2020). Analisis Metode *Geographically Weighted Generalized Poisson Regression* untuk Pemodelan Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kematian Anak di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 8(2).
- Badan Pusat Statistik Provinsi Riau.(2022).*Angka Kesakitan Demam Berdarah*
- Cahyandari, R. (2014). Pengujian Overdispersi pada Model Regresi Poisson. *Statistika*, 14(2), 69–76.
- Dinas Kesehatan Provinsi Riau. (2021). *Profil Kesehatan Provinsi Riau 2021*. Dinkes Profinsi Riau, Riau.
- Ismanto,H. (2019). Pemodelan *Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR)* dengan Pembobot *Adaptive Gaussiian Kernel* dan *Adaptive bisquare kernel* Pada Angka Kematian Ibu (AKI), *Skripsi*, Program Studi Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang,Semarang.
- Kementrian Kesehatan Indonesia. (2022). *Profil Kesehatan Indonesia 2021*. Kemenkes RI.Jakarta
- Kurniasari, S.(2022). Hubungan Sanitasi Lingkungan dengan Kejadian Demam Berdarah *Dengue* di Daerah Endemis dan Sporadis(Studi Observasional di Kecamatan Belitang dan Kecamatan Martapura Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur),*Skripsi*, Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Semarang
- Mardiatmoko, G.-. (2020). Pentingnya Uji Asumsi Klasik Pada Analisis Regresi Linear Berganda. : *Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(3), 333–342.
- Munjiyatul Fadlilah, I., & Juli, D. (2019). Estimasi Parameter Model Regresi Spasial Dengan Metode *Geographically Weighted Poisson Regression*. *UNNES Journal of Mathematics*, 8(2), 21–31.
- Nurullah afifah, F.. (2015). Hubungan Kepadatan Penduduk dengan Kejadian Demam Berdarah *Dengue* di Kota Bandung tahun 2013. *Prosiding Pendidikan Dokter ISSN: 2460-657X*. 694–699.



- Rahayu, A. (2021). Model-Model Regresi untuk Mengatasi Masalah Overdispersi pada Regresi Poisson. *Journal Pegguruang: Conference Series*, 2(1)
- Rahmawati, R. Fairuzdhiya, O. U.(2015). Analisa Spasial Pengaruh Tingkat Pengangguran Terhadap Kemiskinan di Indonesia (*Studi Kasus Provinsi Jawa Tengah*).
- Sabtika, W., Prahutama, A., & Yasin, H. (2021). Pemodelan Geographically Weighted Generalized Poisson Regression (Gwgpr) Pada Kasus Kematian Ibu Nifas Di Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*, 10(2), 259–268.
<https://doi.org/10.14710/j.gauss.v10i2.30946>
- World Health Organization. (2018). *Dengue*. 40