

PEMODELAN MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (MGWR) PADA ANALISIS FAKTOR YANG MEMPENGARUHI DEMAM BERDARAH DENGUE DI PROVINSI JAWA BARAT

Benediktus Boli Tukan¹, Rokhana Dwi Bekti^{2*}, Yudi Setyawan³

^{1,2,3} Program Studi Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi, Universitas AKPRIND Indonesia,

^{*}Penulis Koresponden

e-mail: ¹benediktusboli04@gmail.com, ^{2*}rokhana@akprind.ac.id, ³setyawan@akprind.ac.id

ABSTRACT

Dengue fever is a viral infectious disease transmitted through mosquito bites. The spread of dengue fever is strongly influenced by spatial factors. The data in this study is the number of Dengue Fever cases in districts / cities in West Java Province. In this study, modeling will be carried out regarding what factors affecting Dengue Fever using Multiple Linear Regression, Mixed Geographically Weighted Regression. The results of the analysis show that the variables that have a significant effect globally are the percentage of households with clean living behavior, the percentage of households that have access to proper sanitation, and the number of health facilities while the variable that has a significant effect locally is the percentage of poor people. Modeling using the GWR method produces an AIC value of 172.073 which is smaller than the MGWR and multiple regression methods. However, the MGWR method produced an MSE value of 26.174 which was smaller than the GWR method and multiple linear regression.

Keywords: Dengue Fever (DHF), Multiple Linear Regression, Geographically Weighted Regression (GWR), Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)

INTISARI

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu penyakit infeksi virus yang ditularkan melalui gigitan nyamuk. Penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor spasial. Data pada penelitian ini yaitu Jumlah kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) Kab/Kota di Provinsi Jawa Barat. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan terkait faktor-faktor yang mempengaruhi Demam Berdarah Dengue dengan menggunakan Regresi Linear Berganda, Mixed Geographically Weighted Regression. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan secara global adalah variabel persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih, persentase rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak, serta jumlah fasilitas kesehatan sementara variabel yang berpengaruh signifikan secara lokal adalah persentase penduduk miskin. Pemodelan dengan menggunakan metode GWR menghasilkan nilai AIC = 172,073 lebih kecil dibandingkan metode MGWR dan regresi berganda. Namun Kemudian metode MGWR menghasilkan nilai MSE = 26,174 lebih kecil dibandingkan metode GWR dan regresi linear berganda.

Kata kunci: Demam Berdarah Dengue (DBD), Geographically Weighted Regression (GWR), Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR).

1. PENDAHULUAN

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu penyakit infeksi virus yang ditularkan melalui gigitan nyamuk. Infeksi virus yang ditularkan sangat berbahaya sehingga dapat menyebabkan kematian. Faktor-faktor yang mempengaruhi epidemi dengue di negara-negara endemik ini meliputi perubahan iklim, demografi ekonomi dan sosial, pertumbuhan penduduk, dan perubahan dalam kebijakan kesehatan masyarakat.

Indonesia termasuk salah satu dari 100 negara yang terdampak karena memiliki iklim tropis terbesar di Asia Tenggara. Iklim tropis merupakan iklim yang sangat tepat untuk berkembang biaknya berbagai penyakit yang menular, terutama penyakit DBD (Elizabeth dan Yudhasuti, 2023). Dengue sering terjadi di hampir semua kota dan kabupaten di Indonesia tetapi, secara umum, tingkat kejadian dengue cenderung lebih tinggi di daerah perkotaan yang memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Pada akhir tahun 2022 jumlah kasus dengue di Indonesia mencapai 143.000 kasus. Angka kejadian dengue terbanyak berada di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur dan Jawa Tengah.

Provinsi Jawa Barat termasuk salah satu provinsi dengan penduduk terpadat di Indonesia. Dengan kondisi tersebut Provinsi Jawa Barat termasuk salah satu dari tiga provinsi dengan distribusi kematian akibat DBD yang terbesar. Menurut data laporan Dinas Kesehatan (Dinkes), Jawa Barat menjadi provinsi dengan kasus demam berdarah

dengue (DBD) terbanyak di Indonesia pada tahun 2022 dengan jumlahnya mencapai 36.594 kasus. Tingginya jumlah kasus ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih mendalam untuk memahami penyebaran penyakit. Penyebaran DBD sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk faktor-faktor spasial. Oleh karena itu, pemberantasan penyakit ini memerlukan informasi berbasis lokasi yang dapat mengidentifikasi pola penyebaran dengan lebih akurat. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis untuk melihat peranan berbagai faktor baik non-spatial maupun spatial dengan menggunakan berbagai metode analisis.

Salah satu analisis statistik yang dapat digunakan untuk menguji hubungan antara suatu variabel dengan variabel lainnya adalah analisis regresi. Model regresi global mempunyai koefisien yang nilainya sama untuk setiap lokasi akan tetapi, perbedaan lokasi daerah dapat memberikan suatu data yang bersifat spasial yang dikenal dengan istilah heterogenitas spasial (Ardhani, 2023). Efek heterogenitas spasial umumnya menggunakan model regresi terboboti geografis (GWR) atau jika terdapat prediktor yang global digunakan regresi terboboti geografis campuran (MGWR).

Geographically Weighted Regression merupakan model regresi spasial dengan pengaruh geografis yang menghasilkan parameter model yang berbeda-beda (bersifat lokal) untuk setiap lokasi pengamatan. Tidak semua variabel prediktor mempunyai pengaruh secara lokal, sebagian berpengaruh secara global, maka model yang seperti ini dinamakan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (Yasin, 2013). *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) merupakan suatu metode regresi dengan memperhatikan aspek spasial, yaitu heterogenitas spasial yang dipengaruhi oleh kondisi geografis dari masing-masing lokasi pengamatan (Ardani, 2023). Hasil model estimator parameter MGWR adalah bersifat global dan sebagian yang lain bersifat lokal sesuai dengan lokasi pengamatan (Fotheringham dkk, 2002).

Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul *Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) pada analisis faktor yang mempengaruhi demam berdarah dengue di Provinsi Jawa Barat serta pembobot yang digunakan yaitu Fixed Gaussian Kernel*. Pemilihan jenis pembobot ini adalah berdasarkan referensi penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa pembobot fixed gaussian kernel adalah yang terbaik dibandingkan jenis pembobot lain dan sangat berperan dalam estimasi parameter.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan untuk memperoleh data dalam penelitian ini adalah metode pengumpulan data sekunder yaitu data dihimpun dari dokumen-dokumen yang dipublikasikan oleh website Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat pada tahun 2022 dan dari website portal resmi data terbuka milik Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat yang berisikan data-data dari Perangkat Daerah di lingkungan Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat (<https://opendata.jabarprov.go.id/>) tahun 2022

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Jumlah Kasus Demam Berdarah Dengue per 10000 penduduk sebagai variabel dependen (Y) dan Persentase Penduduk Miskin (X1), Persentase Tangga Dengan Berperilaku Hidup Bersih (X2), Persentase Rumah Tangga Yang Memiliki Akses Sanitasi Layak (X3) serta Jumlah Fasilitas Kesehatan (X4) sebagai variabel independent.

Metode analisis MGWR dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Penginputan data jumlah kasus demam berdarah dengue per 10000 penduduk beserta variabel-variabel yang diduga mempengaruhinya tahun 2022.
2. Analisis deskriptif, pola spasial variabel DBD dan faktor yang mempengaruhi
3. Analisis regresi linear berganda, yang meliputi:
 - a. Pengestimasi parameter dari model regresi linear berganda. Model umum regresi berganda adalah:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Parameter model regresi diestimasi dengan metode meminimumkan jumlah kuadrat error atau sering dikenal dengan *Ordinary Least Square* (OLS). Dalam OLS errornya diasumsikan identik, independen dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varians konstan. Dengan taksiran sebagai berikut (Hakim, Yasin dan Suparti, 2014):

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (2)$$

dengan:

- $\hat{\beta}$ = vektor dari parameter yang ditaksir berukuran $(p+1) \times 1$
 X = matriks variabel bebas berukuran $n \times (p+1)$
 Y = vektor observasi dari variabel respon berukuran $(n \times 1)$

- b. Uji asumsi klasik regresi linear berganda yaitu: uji normalitas residual, uji multikolinieritas, uji heteroskedastisitas dan uji autokorelasi.
- c. Pengujian Signifikansi menggunakan uji *Simultan* dan uji *Parsial*. Uji *Simultan* digunakan untuk menguji kesesuaian model regresi dengan hipotesis:

$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$ (Tidak ada pengaruh signifikan variabel prediktor terhadap variabel respon secara simultan)

$H_1 : \exists_k \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$ (Minimal ada satu pengaruh signifikan variabel prediktor terhadap variabel respon secara simultan)

Sedangkan uji *Parsial* digunakan untuk mengetahui variabel prediktor mana saja yang secara signifikan berpengaruh terhadap variabel respon dengan hipotesis:

$H_0 : \beta_k \neq 0$ (Tidak ada pengaruh signifikan antar variabel prediktor terhadap variabel respon secara simultan)

$H_1 : \beta_k \neq 0, k = 1, 2$ (Minimal ada satu pengaruh signifikan antar variabel prediktor terhadap variabel respon secara simultan)

4. Uji efek spasial dengan uji *Morans 'I* dan uji *Breusch-Pagan*
5. Menyusun Pembobot, yang meliputi :
 - a. Menginput data *latitude* dan *longitude* pada penelitian ini diperoleh melalui pengamatan pada *google maps* dengan penentuannya berdasarkan ibu kota masing-masing kabupaten/kota.
 - b. Menghitung jarak *Euclidean* antara lokasi (u_i, v_i) ke lokasi (u_j, v_j) dengan rumus:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (3)$$

- c. Menentukan *bandwidth* yang optimum adalah melalui *Cross Validation (CV)* dan membentuk matriks pembobot spasial. Pembobot ini menggunakan pembobot *Fixed kernel* yang terdiri dari pembobot *Fixed Gaussian Kernel* dengan persamaan fungsi pembobot tersebut:

Pembobot *Fixed Gaussian Kernel*:

$$W_j(u_i, v_i) = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right] \quad (4)$$

Dengan d_{ij} : jarak antar kabupaten/kota dan h nilai *bandwith* tiap kabupaten/kota

6. Pengestimasi parameter untuk mendapatkan model akhir GWR. Persamaan model GWR dapat ditulis sebagai berikut (Caraka dan Yasin, 2017):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ki} + \varepsilon_i ; i=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

y_i adalah nilai observasi variabel respon pada lokasi ke- i , $\beta_0(u_i, v_i)$: nilai intersept model pada lokasi ke- i , $\beta_k(u_i, v_i)$: nilai parameter regresi peubah penjelas ke- k untuk setiap lokasi ke- i , (u_i, v_i) : titik koordinat (lintang, bujur) lokasi ke- i , x_{ki} : nilai observasi variabel prediktor k pada lokasi ke- i , dan ε_{it} : nilai eror pada lokasi ke- i dimana $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2)$

- a. Estimasi parameter dari model GWR ini menggunakan pendekatan WLS (*weighted least square*) yaitu mengenakan unsur pembobot yang berbeda untuk setiap lokasi dan waktu observasi. Estimator bagi koefisien regresi pada model GWR sebagai berikut:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = X^T W(u_i, v_i) X^{-1} X^T W(u_i, v_i) Y \quad (6)$$

- b. Uji Kesesuaian Model dan Uji Signifikansi Model GWR dengan uji F
- c. Uji signifikansi parameter lokal dengan uji t

- d. Pengujian variabilitas spasial merupakan pengujian secara parsial untuk mengetahui apakah ada perbedaan pengaruh yang signifikan dari variabel independen X_k antara satu lokasi dengan lokasi yang lain (Widayaka, 2016). Hipotesis pengujian variabilitas adalah sebagai berikut:

$H_0 : \beta_k(u_1, v_1) = \beta_k(u_2, v_2) = \dots = \beta_k(u_n, v_n)$ untuk setiap $k = 1, 2, \dots, p$ (Tidak ada perbedaan pengaruh yang signifikan dari variabel prediktor antar satu lokasi dengan lokasi lain)

$H_1 : \exists \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k(u_n, v_n)$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, n$ (Ada perbedaan pengaruh yang signifikansi dari variabel prediktor X_k antar satu lokasi dengan lokasi lainnya)

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$F = \frac{V_k^2 / \text{tr}(\frac{1}{n} B_k' [I - \frac{1}{n}] B_k)}{SSE(H_1) / b_1} \sim F_{(\alpha, df_1, df_2)} \quad (7)$$

dengan:

$$V_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{\beta}_k(u_i, v_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_k(u_i, v_i))^2$$

$$\beta_k(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} \beta_{0(u_i, v_i)} \\ \beta_{1(u_i, v_i)} \\ \vdots \\ \beta_{p(u_i, v_i)} \end{bmatrix}, \beta_k = \begin{bmatrix} e_1^T (X^T W(u_1, v_1) X)^{-1} X^T W(u_1, v_1) \\ e_2^T (X^T W(u_2, v_2) X)^{-1} X^T W(u_2, v_2) \\ \vdots \\ e_k^T (X^T W(u_n, v_n) X)^{-1} X^T W(u_n, v_n) \end{bmatrix}$$

$$b_t = \text{tr}([(I - L)'(I - L)]^t), t = 1, 2 \text{ serta } C_t = \text{tr}(\frac{1}{n} \beta_k' [I - \frac{1}{n} J] \beta_k'), t = 1, 2$$

Daerah kritis : H_0 ditolak apabila nilai $F > F_{(\alpha, df_1, df_2)}$ artinya variabel prediktor bersifat lokal sebaliknya apabila nilai $F < F_{(\alpha, df_1, df_2)}$, artinya variabel prediktor bersifat global.

7. Pengestimasian Parameter model untuk mendapatkan model akhir MGWR. Persamaan model MGWR sebagai berikut (Widayaka, 2016):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^q \beta_j(u_i, v_i) X_{ij} + \sum_{j=q+1}^p \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

- a. Estimasi parameter pada model Mixed GWR dapat dilakukan dengan metode Weighted Least Square (WLS) seperti halnya pada model GWR. Estimasi parameter model Mixed GWR dilakukan dengan mengidentifikasi variabel global dan variabel lokal pada model Mixed GWR. Dalam bentuk matriks persamaan dapat dituliskan pada persamaan berikut:

$$y_i = X_l \beta_l(u_i, v_i) + X_g \beta_g + \varepsilon$$

- b. Uji kesesuaian model antara model MGWR dan regresi linear berganda, uji serentak dan parsial baik untuk parameter variabel global dan lokal.
8. Pemilihan model terbaik menggunakan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Mean Square Error* (MSE) dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

Rumus AIC:

$$AIC = e^{\frac{2k}{n} \frac{\sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2}{n}} \quad (9)$$

Rumus dan *Mean Square Error* (MSE):

$$MSE = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis statistik deskriptif dari data disajikan di Tabel 1. Dari 27 kabupaten/kota di Jawa Barat rata-rata jumlah kasus DBD per 10.000 penduduk (Y) adalah sebesar 9,166 kasus. Wilayah yang memiliki kasus demam berdarah dengue terendah adalah Kabupaten Sukabumi dengan nilai sebesar 1,365 kasus. Wilayah yang memiliki kasus demam berdarah dengue tertinggi adalah Kota Sukabumi dengan nilai sebesar 28,843 kasus. Sebanyak 11 Kabupaten/Kota memiliki angka kasus di atas rata-rata dan sebanyak 16 Kabupaten/Kota memiliki angka kasus di bawah rata-rata.

Tabel 1. Analisis Deskriptif

Variabel	Minimum	Rata-Rata	Maksimum
Y	1,365	9,166	28,843
X ₁	2,530	8,654	12,770
X ₂	43,88	63,63	81,59
X ₃	45,80	73,58	96,21
X ₄	14	55,41	130

Rata-rata persentase penduduk miskin (X₁) adalah sebesar 8,654%. Wilayah yang memiliki penduduk miskin terendah adalah Kota Depok dengan persentase sebesar 2,530%. Wilayah yang memiliki penduduk miskin tertinggi adalah Kabupaten Indramayu dengan persentase sebesar 12,770%. Sebanyak 14 Kabupaten/Kota memiliki persentase penduduk miskin di atas rata-rata dan sebanyak 13 Kabupaten/Kota memiliki persentase penduduk miskin di bawah rata-rata

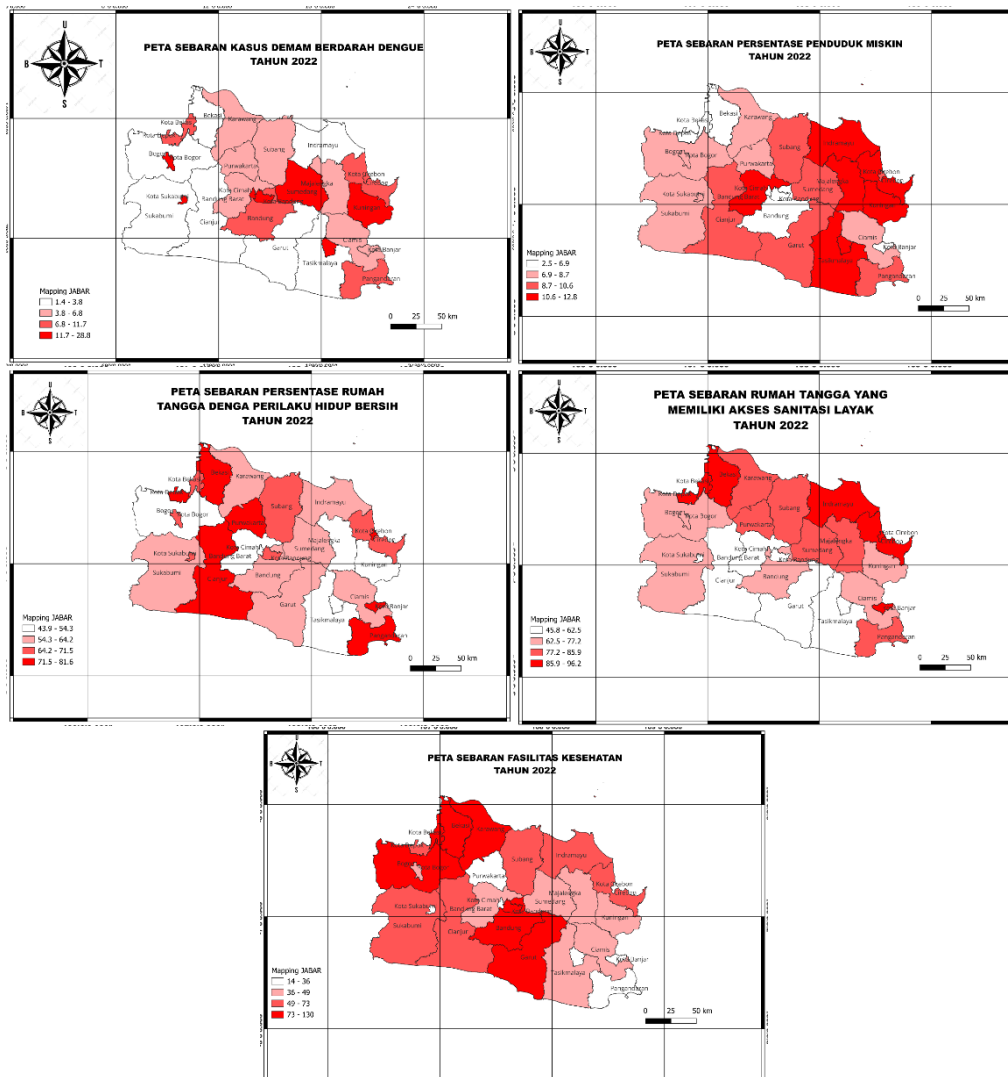
Rata-rata Persentase Rumah Tangga Berperilaku Hidup Bersih atau PRBHS (X₂) adalah sebesar 63,6%. Wilayah yang memiliki persentase rumah tangga dengan perilaku hidup bersih terendah adalah Kota Tasikmalaya sebesar 43,88%. Wilayah yang memiliki persentase rumah tangga dengan perilaku hidup bersih tertinggi adalah Kota Banjar sebesar 81,59. Sebanyak 14 Kabupaten/Kota memiliki persentase rumah tangga dengan perilaku hidup bersih di atas rata-rata dan sebanyak 13 Kabupaten/Kota memiliki rumah tangga dengan perilaku hidup bersih di bawah rata-rata.

Rata-rata rumah tangga dengan sanitasi layak (X₃) sebesar 73,58%. Wilayah yang memiliki rumah tangga dengan

sanitasi layak terendah adalah Kota Sukabumi dengan persentase sebesar 45,80%. Wilayah yang memiliki rumah tangga dengan sanitasi layak tertinggi adalah Kota Depok dengan persentase sebesar 96,21%. Sebanyak 15 Kabupaten/Kota memiliki persentase rata-rata rumah tangga dengan sanitasi layak di atas rata-rata dan sebanyak 12 Kabupaten/Kota memiliki persentase rata-rata rumah tangga dengan sanitasi layak di bawah rata-rata.

Rata-rata jumlah fasilitas kesehatan (X_4) adalah sebesar 55,41 unit. Kabupaten/Kota yang memiliki Jumlah Fasilitas Kesehatan terendah adalah Kota Banjar dengan jumlah sebesar 14 unit. Wilayah yang memiliki jumlah fasilitas kesehatan tertinggi adalah Kabupaten Bogor dengan jumlah sebesar 130 unit. Sebanyak 11 Kabupaten/Kota memiliki jumlah fasilitas kesehatan di atas rata-rata dan sebanyak 16 Kabupaten/Kota memiliki jumlah fasilitas kesehatan di bawah rata-rata.

Pola spasial untuk kasus demam berdarah dengue (Gambar 1) berdasarkan 27 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat disajikan di Gambar 4.2. Data dikelompokkan menjadi 4 kelompok atau interval yaitu Rendah ($1,4 \leq Y \leq 3,8$), Sedang ($3,8 < Y \leq 6,8$), Tinggi ($6,8 < Y \leq 11,7$), Sangat Tinggi ($11,7 < Y \leq 28,8$) dengan metode equal interval. Terdapat 7 wilayah yang masuk kategori rendah ($1,4 \leq Y \leq 3,8$) antara lain yaitu Kabupaten Bogor, Kabupaten Sukabumi, Kabupaten Bekasi, Kabupaten Garut, Kabupaten Tasikmalaya dan Kabupaten Cianjur. Selanjutnya terdapat 7 wilayah yang masuk kategori sedang ($3,8 < Y \leq 6,8$) antara lain Kabupaten Bandung Barat, Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Karawang, Kabupaten Subang, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar. Terdapat 6 wilayah yang masuk kategori tinggi ($6,8 < Y \leq 11,7$) antara lain Kabupaten Bandung, Kabupaten Cirebon, Kabupaten Pangandaran, Kota Depok, Kota Bekasi dan Kota Cirebon. Terdapat 7 wilayah yang termasuk kategori sangat tinggi ($11,7 < Y \leq 28,8$) antara lain Kota Bandung, Kota Cimahi, Kabupaten Sumedang, Kota Sukabumi, Kota Bogor, Kabupaten Kuningan dan Kota Tasikmalaya.



Gambar 1. Pola Spasial Data

Dari Gambar 1 juga dapat diketahui adanya pola spasial data. Kabupaten/Kota yang saling berdekatan cenderung memiliki karakteristik jumlah kasus yang sama. Misalnya Kabupaten Karawang dan Kabupaten Subang adalah Kabupaten yang saling berdekatan dan memiliki karakteristik kategori jumlah kasus DBD yang sama sehingga dapat diduga bahwa terdapat efek spasial pada DBD di Kabupaten tersebut. Dengan cara yang sama juga berlaku untuk variabel lain. Misalnya untuk variabel FAKES Kabupaten yang saling berdekatan yaitu Kabupaten Bandung dan Garut adalah Kabupaten yang saling berdekatan dan memiliki karakteristik FAKES yang sama sehingga dapat diduga bahwa terdapat efek spasial pada FAKES di Kabupaten tersebut.

3.2 Model Regresi Linear Berganda

Model regresi linear menggunakan OLS menghasilkan estimasi model seperti berikut:

$$\hat{Y} = 33,596 - 0,698X_1 + 0,019X_2 - 0,21644X_3 - 0,066X_4$$

Berdasarkan pengujian asumsi residual diperoleh bahwa residual pengamatan telah memenuhi asumsi normalitas atau data berdistribusi normal, terjadi heteroskedastisitas, tidak terjadi autokorelasi dan tidak terjadi multikolinearitas. Sementara itu, berdasarkan uji signifikansi diperoleh hasil bahwa untuk uji simultan menunjukkan bahwa model regresi secara keseluruhan tidak signifikan. Namun tetap dilakukan uji parsial dan terdapat variabel yang menunjukkan pengaruh signifikan yaitu variabel X3. Variabel-variabel yang tidak menunjukkan pengaruh signifikan dikeluarkan dari analisis karena tidak memberikan pengaruh yang berarti. Hasil estimasi model terbaru adalah

$$\hat{Y} = 22,409 - 0,180X_3$$

Pembentukan model akhir regresi linear berganda tersebut memiliki *R-Squared* sebesar 0,1398 atau sebesar 13,98%, nilai AIC sebesar 184,1537 dan model regresi berganda memiliki nilai MSE sebesar 42,96589. Oleh karena model ini memiliki nilai *R-Squared* yang cukup kecil atau berada di bawah 60%, maka dapat dikatakan bahwa model regresi tersebut kurang bagus dalam menggambarkan kasus demam berdarah dengue di Jawa Barat

Model tersebut memenuhi asumsi normalitas atau data berdistribusi normal, terjadi heteroskedastisitas, tidak terjadi autokorelasi. Terjadinya heteroskedastisitas pada model regresi linear berganda, artinya terdapat keberagaman varians dari faktor gangguan yang akan mengganggu pada hasil penaksir yang dihasilkan pada model regresi. Sehingga penelitian ini perlu dilakukan analisis spasial dan perlu dilanjutkan dengan menggunakan *Geographically Weighted Regression*.

3.3 Uji Efek Spasial (Uji Moran's I dan Uji Breusch-Pagan)

Berdasarkan uji efek spasial untuk uji *Moran's I* yang dilakukan untuk setiap variabel terdapat dua variabel yang memiliki autokorelasi spasial yaitu variabel X1 dan X3 sedangkan untuk variabel X2 dan X4 tidak memiliki autokorelasi spasial. Pada uji *Breusch-Pagan* diperoleh kesimpulan bahwa untuk setiap variabel terdapat heterogenitas antar lokasi pada 27 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat. Terjadinya autokorelasi spasial dan heterogenitas spasial artinya terdapat ketergantungan antar wilayah dan keberagaman varians. Sehingga penelitian ini perlu dilakukan analisis spasial dan perlu dilanjutkan dengan menggunakan *Geographically Weighted Regression* (GWR).

3.4 Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR)

Langkah-langkah adalah sebagai berikut:

- Menentukan Koordinat Lokasi Amatan (u_i dan v_i)
Penentuan nilai koordinat lokasi amatan yang terdiri dari *longitude* (u_i) dan *latitude* (v_i) berdasarkan garis lintang dan garis bujur untuk setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat. Nilai jarak *longitude* dan *latitude* pada penelitian ini diperoleh melalui pengamatan pada *google maps* dengan penentuannya berdasarkan ibu kota masing-masing kabupaten/kota.
- Menghitung Matriks Jarak *Euclid*
Nilai jarak ini akan digunakan untuk menghitung nilai bobot setiap Kabupaten/Kota pada Provinsi Jawa Barat.
- Bandwidth Optimum
Proses untuk mendapatkan *bandwidth* yang optimum adalah melalui *Cross Validation* (CV). Nilai *CV minimum* adalah pada fungsi pembobot *Fixed Bisquare* dengan nilai CV sebesar 1465,6. Meskipun nilai *CV minimum* terdapat pada pembobot *Fixed Bisquare*, akan tetapi pada penelitian ini menggunakan fungsi pembobot *Fixed Gaussian*. Sehingga pembobot yang digunakan untuk melakukan pemodelan adalah pembobot *fixed Gaussian kernel*. Setelah menentukan pembobot optimum maka akan didapatkan nilai *bandwidth* yang sama untuk setiap lokasi pengamatan dikarenakan fungsi kernel yang digunakan adalah *fixed*. Nilai *bandwidth* untuk setiap lokasi adalah $h = 0,7432208$

d. Fixed Gaussian

Fungsi pembobot *fixed Gaussian* diperoleh matriks pembobot yang dapat digunakan untuk mendapatkan estimasi parameter model GWR. Matriks pembobot *fixed Gaussian* diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$W_j(u_i, v_i) = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right] \quad (11)$$

Matriks pembobot ini akan memiliki nilai yang berbeda untuk tiap lokasi pengamatan, sehingga akan terbentuk 27 Matriks pembobot. Berikut ditampilkan contoh nilai diagonal matriks untuk 2 lokasi Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat.

- Matrik pembobot Kabupaten Bandung dengan Kabupaten/Kota lainnya.

$$W_{Kab.Bandung} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0.4016672 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0.4558556 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.454134 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.487274 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0.837432 \end{bmatrix}$$

- Matrik pembobot Kabupaten Bandung Barat dengan Kabupaten/Kota lainnya.

$$W_{Kab.Bandung Barat} \begin{bmatrix} 0.4016672 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0.549462 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.854307 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.039218 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0.19261 \end{bmatrix}$$

e. Estimasi Parameter Model GWR

Estimasi parameter pada model GWR merupakan estimasi parameter secara lokal dimana nilai parameter tiap lokasi memiliki nilai yang berbeda. Koefisien untuk tiap variabel di tiap lokasi berbeda. Ringkasan hasil estimasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Ringkasan Estimasi Parameter Model GWR *Fixed Gaussian*

Variabel	Min	1 st Qu	Median	3 st Qu	Max	Global
Intercept	24,139031	29,688423	34,040881	39,478392	42,953134	33,3597
PPM	-1,778942	-1,338307	-1,078462	-0,077450	0,620244	-0,6981
RPBHS	0,040268	0,060185	0,074262	0,090515	0,120265	0,0190
RASTL	-0,324587	-0,273274	-0,251546	-0,246479	-0,236879	-0,2164
FAKES	-0,086796	-0,081844	-0,079852	-0,062804	-0,048088	-0,0663

Selanjutnya Estimasi parameter secara lokal di setiap Kabupaten/Kota adalah di Tabel 4.

Tabel 3. Estimasi Parameter GWR Setiap Lokasi Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat

No	Nama Kabupaten/Kota	Intercept	β_1	β_2	β_3	β_4
1	Kabupaten Bandung	32,41486	-0,9005	0,10815	-0,2409	-0,0815
2	Kabupaten Bandung Barat	42,95313	-1,7789	0,063	-0,2713	-0,0817
3	Kabupaten Bekasi	39,54646	-1,2882	0,04406	-0,2466	-0,081
4	Kabupaten Bogor	40,98397	-1,5255	0,05106	-0,2558	-0,0799
5	Kabupaten Ciamis	26,83403	0,18351	0,07281	-0,2753	-0,056
6	Kabupaten Cianjur	41,1496	-1,689	0,08189	-0,266	-0,0861
...
27	Kabupaten Tasikmalaya	29,09094	-0,5423	0,10069	-0,2369	-0,0725

Dari Tabel 4 diambil contoh persamaan model GWR yang terbentuk untuk Kabupaten Ciamis dengan fungsi pembobot *Fixed Gaussian* Seperti berikut:

$$Y_{Ciamis} = 26,83403 + 0,18351 X_1 + 0,07281 X_2 - 0,2753 X_3 - 0,056 X_4$$

Model ini memiliki nilai $F_{hitung}=1,522$ lebih kecil dari $F_{(0.05;22;16.458)} = 2,232259$ maka H_0 tidak ditolak artinya bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara model regresi global/regresi linear berganda dengan GWR. Sementara itu berdasarkan uji t, diketahui bahwa variabel X2 dan Variabel X4 tidak signifikan di tiap lokasi atau wilayah di provinsi Jawa Barat. Untuk variabel X1 signifikan di beberapa Kabupaten/Kota provinsi Jawa Barat antara lain Kabupaten Bandung Barat, Kabupaten Bekasi, Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, Kota Bekasi, Kota Bogor, Kota Depok, Kota Sukabumi dan Kabupaten Sukabumi. Sedangkan variabel X3 signifikan di 25 Kabupaten/Kota dan tidak signifikan di Kabupaten Pangandaran dan Kota Banjar. Estimasi Parameter Model GWR tersebut memiliki nilai *R-Squared* sebesar 0.5016 atau sebesar 50,16%, AIC sebesar 172,073. Selain itu, model GWR memiliki nilai MSE sebesar 40,83499.

3.4 Uji Variabilitas Spasial

Pengujian variabilitas ini dilakukan pada masing-masing koefisien lokal untuk mengetahui koefisien mana yang memiliki pengaruh lokasi nyata dan koefisien mana yang memiliki pengaruh lokasi tidak nyata pada model GWR.

Tabel 4. Estimasi Parameter GWR Setiap Lokasi Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat

Variabel	F_{hitung}	df_1	df_2	F_{table}	Kesimpulan
PPM(X1)	5,218644	11,355713	19,262	2,31991	Signifikan
PRHBS(X2)	0,047563	11,423240	19,262	2,317695	Tidak Signifikan
PRSTL(X3)	0,172399	7,997157	19,262	2,468827	Tidak Signifikan
FAKES(X4)	0,170898	8,544005	19,262	2,437888	Tidak Signifikan

Variabel lokal terdiri dari variabel PPM (X1), kemudian variabel global terdiri dari variabel PRHBS (X2), PRSTL (X3), dan FAKES (X4). Oleh karena itu, data dalam penelitian ini dapat dimodelkan dengan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR).

3.5 Pemodelan *Mixed Geographically Weighted Regression*

Estimasi parameter pada model MGWR dilakukan dengan menggunakan metode yang sama dengan estimasi parameter model GWR yaitu metode *Weighted Least Square* (WLS). Koefisien untuk variabel di tiap lokasi berbeda karena variabel tersebut memiliki pengaruh secara lokal sedangkan variabel global memiliki pengaruh yang konsisten dan seragam di semua lokasi yang dianalisis. Model untuk setiap lokasi atau wilayah Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Estimasi Model MGWR Setiap Lokasi Kabupaten/Kota

No	Nama Kabupaten/Kota	Intersep	PPM	PRBHS	PRSTL	FKS
1	Kabupaten Bandung	37,36652	-0,9464	0,11375	-0,3079	-0,0844
2	Kabupaten Bandung Barat	42,57624	-1,7971	0,11375	-0,3079	-0,0844
3	Kabupaten Bekasi	39,87136	-1,2918	0,11375	-0,3079	-0,0844
4	Kabupaten Bogor	41,23071	-1,5527	0,11375	-0,3079	-0,0844
5	Kabupaten Ciamis	27,56272	0,226	0,11375	-0,3079	-0,0844
6	Kabupaten Cianjur	42,09771	-1,7107	0,11375	-0,3079	-0,0844
7	Kabupaten Cirebon	28,8198	0,15182	0,11375	-0,3079	-0,0844
8	Kabupaten Garut	38,39738	-1,1371	0,11375	-0,3079	-0,0844
9	Kabupaten Indramayu	38,98328	-1,1399	0,11375	-0,3079	-0,0844
10	Kabupaten Karawang	38,85865	-1,1061	0,11375	-0,3079	-0,0844
11	Kota Bandung	38,87789	-1,1603	0,11375	-0,3079	-0,0844
12	Kota Banjar	22,60972	0,73986	0,11375	-0,3079	-0,0844
...
27	Kabupaten Tasikmalaya	34,41229	-0,6011	0,11375	-0,3079	-0,0844

Dari Tabel 4 diambil contoh persamaan model MGWR yang terbentuk untuk Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar seperti berikut:

$$Y_{Kab.Ciamis} = 27,56272 + 0,226 X_1 + 0,11375 X_2 - 0,3079 X_3 - 0,0844 X_4$$

$$Y_{Kota.Banjar} = 22,60972 + 0,73986 X_1 + 0,11375 X_2 - 0,3079 X_3 - 0,0844 X_4$$

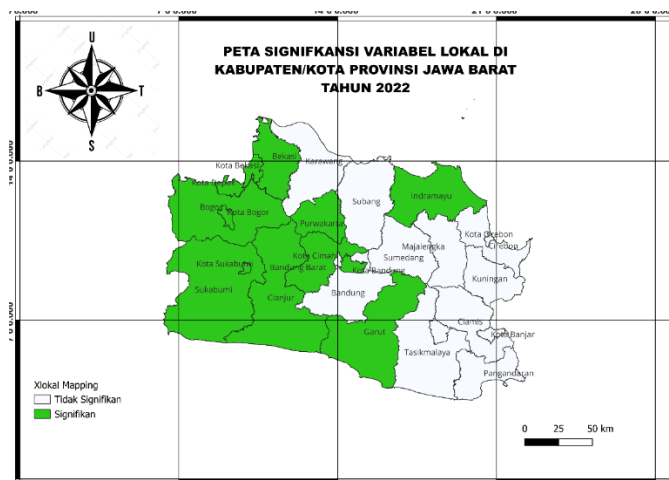
- Hasil uji kesesuaian model MGWR $F1_{hitung} = 3,45$ lebih besar dari $F_{(0,05;20,25413;26,29886)} = 1,9816$ dan menggunakan $\alpha = 5\%$ (0,05) dan diperoleh nilai $P_{value} = 0,0016$ lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ maka diambil keputusan tolak H_0 yang artinya ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linear berganda (global) dengan model MGWR.
- Hasil uji simultan parameter global $F_2 = 4,4457$ lebih besar dari $F_{(0,05;14,67884;26,29886)} = 2,073646$ dan menggunakan $\alpha = 5\%$ (0,05) dan nilai $P_{value} = 0,0004$ lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ maka diambil keputusan tolak H_0 yang artinya variabel independen global secara simultan berpengaruh terhadap variabel dependen,
- Uji Simultan Parameter Lokal $F3_{hitung} = 3,94$ lebih besar dari $F_{(0,05;20,0.1964;26,29886)} = 1,98459$ dan menggunakan $\alpha = 5\%$ (0,05) dan nilai $P_{value} = 0,0006$ lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ maka diambil keputusan tolak H_0 yang artinya variabel independen lokal secara simultan berpengaruh terhadap variabel dependen.
- Uji Parsial Parameter Global

Tabel 5. Uji Parsial Parameter Global MGWR Setiap Lokasi Kabupaten/Kota

Variabel	$ t_{hitung} $	df	p - value	t_{table}	Keputusan
PRHBS (X2)	0,7945033	26,29886	0,434	2,0543	Tidak Signifikan
PRSTL (X3)	3,2098727	26,29886	0,003		Signifikan
FAKES (X4)	1,8218157	26,29886	0,079		Tidak Signifikan

- Uji Parsial Parameter Lokal
 Variabel X1 tidak signifikan berpengaruh di Ciamis maupun Banjar
- Nilai R^2 , AIC dan MSE
 Estimasi Parameter Model MGWR tersebut memiliki nilai $R-Squared$ sebesar 0.4863 atau sebesar 48,63%, AIC sebesar 179,964. Selain itu, model MGWR memiliki nilai MSE sebesar 26.34.

Hasil pemetaan signifikansi variable X1 secara lokal disajikan pada Gambar 2. Variabel ini signifikan di 10 Kabupaten/Kota.



Gambar 2. Signifkansi Variabel X1 Lokal Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat

3.6 Pemilihan Model Terbaik

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan baik dengan menggunakan metode *Regresi Linear berganda* (Global) dan regresi spasial *Geographically Weighted Regression* (GWR) maupun *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR), kemudian ketiga model tersebut lalu dibandingkan dengan menggunakan tolak ukur metode AIC dan MSE yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 7. Perbandingan Model

Metode	AIC	MSE
<i>Regresi Linear Berganda</i> (Global)	184,1537	42,96589
<i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	172,073	40,83499
<i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> (MGWR)	179,946	26.174

Pada model GWR memiliki nilai AIC lebih kecil, menunjukkan keseimbangan yang lebih baik antara kecocokan dan kompleksitas model. Sementara pada model MWGR memiliki MSE lebih kecil, menunjukkan akurasi prediksi yang lebih baik.

4. KESIMPULAN

Angka DBD per 10000 penduduk di setiap Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat tahun 2022 memiliki rata-rata demam berdarah dengue adalah sebesar 9,166. Kasus DBD tertinggi berada di Kota Sukabumi yaitu sebesar 28,843 kasus. Kasus DBD terendah berada di Kabupaten Sukabumi yaitu sebesar 1,365 kasus. Hasil pengujian efek spasial dengan *uji Moran's I* menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial antar lokasi pengamatan pada variabel persentase penduduk miskin dan persentase rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak sedangkan variabel persentase rumah tangga dengan perilaku hidup bersih dan jumlah fasilitas kesehatan tidak terdapat autokorelasi spasial. Oleh karena itu, analisis faktor yang mempengaruhi DBD perlu dilakukan dengan GWR dan MGWR. Pemodelan GWR memberikan hasil bahwa setiap lokasi memiliki estimasi parameter yang berbeda-beda. Model ini memiliki AIC 172.073 dan MSE 40.83. Namun demikian, berdasarkan uji variabilitas variabel independen didapatkan bahwa variabel lokal terdiri dari variabel PPM (X1), kemudian variabel global terdiri dari variabel PRHBS (X2), PRSTL (X3), dan FAKES (X4). Oleh karena itu, data dalam penelitian ini dapat dimodelkan dengan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). Model MGWR menghasilkan estimasi parameter atau koefisien regresi X1 yang berbeda-beda di setiap lokasi. Variabel ini signifikan di 10 lokasi. Sementara itu variabel global yang signifikan berpengaruh adalah X3. Model ini menghasilkan AIC 179.946 dan MSE 26.174. Berdasarkan perbandingan model Pada model GWR memiliki nilai AIC lebih kecil, menunjukkan keseimbangan yang lebih baik antara kecocokan dan kompleksitas model. Sementara pada model MWGR memiliki MSE lebih kecil, menunjukkan akurasi prediksi yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diucapkan kepada Prodi Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi, Universitas AKPRIND Indonesia dan Laboratorium Statistika dan Komputasi yang telah memberikan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhani, R. (2023). *Pemodelan Multiscale Geographically Weighted Regression (Mgwr) Untuk Analisis Angka Buta Huruf Di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2021* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Caraka, R. E., dan Yasin, H. (2017). *Geographically Weighted Regression (GWR): Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*. Jakarta: MOBIUS.
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat. (2022). *Jumlah Kasus Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) Berdasarkan Kabupaten/Kota di Jawa Barat*. Jawa Barat: Open Data Jabar Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Timur. (2018). *Nusa Tenggara Timur: Nusa Tenggara Timur dalam Angka 2018*.
- Elizabeth, A. H., & Yudhastuti, R. (2023). *Gambaran Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Provinsi Jawa Barat Tahun 2016-2020*
- Fotheringham, A.S., Brunson, C., dan Charlton, M., 2002, *Geographically Weighted Regression*, Jhon Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Hakim, A. R., Yasin, H., dan Suparti, S. (2014). *Pemodelan Persentase Penduduk Miskin di Kabupaten dan Kota di Jawa Tengah dengan Pendekatan Mixed Geographically Weighted Regression*. *Jurnal Gaussian*, 3(4), 575-584.
- Widayaka, P. G. (2016). *Pendekatan Mixed Geographically Weighted Regression Untuk Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah* (Doctoral dissertation, Fakultas Sains dan Matematika, Undip).
- Yasin, H. (2013, September). *Uji Hipotesis Model Mixed Geographically Weighted Regression dengan Metode Bootstrap*. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL STATISTIKA UNIVERSITAS DIPONEGORO 2013* (pp. 527-536). Jurusan Statistika Undip.