

# PENERAPAN METODE *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* (GWR) PADA KASUS PENYAKIT COVID-19 DI PROVINSI BALI

Ni Luh Putu Suciptawati<sup>1§</sup>, Ni Made Sri Sugiantari<sup>2</sup>, Made Susilawati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [suciptawati@unud.ac.id](mailto:suciptawati@unud.ac.id)]

<sup>2</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [sugiantari20@gmail.com](mailto:sugiantari20@gmail.com)]

<sup>3</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [susilawati.made@unud.ac.id](mailto:susilawati.made@unud.ac.id)]

<sup>§</sup>Corresponding Author

## ABSTRACT

*COVID-19 has spread widely to all parts of the world, including Indonesia. Bali is included in the top ten with the highest number of COVID-19 cases in Indonesia. The spread of COVID-19 is thought to be influenced by various factors in each location that cause spatial heterogeneity. The method that can be used to analyze if there is spatial heterogeneity is Geographically Weighted Regression (GWR). This study aims to model the factors that influence the number of COVID-19 cases in Bali. The results showed that the GWR model with the adaptive kernel bisquare weighting function was more suitable to be used to model the number of COVID-19 cases in Bali because it had the largest  $R^2$  value of 96.36%. The factors that influence the number of COVID-19 cases in Bali are population density and the population aged 20-44 years old.*

**Keywords:** *COVID-19, geographically weighted regression (GWR), adaptive kernel bisquare*

## 1. PENDAHULUAN

Terdapat sembilan kabupaten/kota dengan 57 kecamatan di Provinsi Bali dimana masing-masing kecamatan memiliki karakteristik yang berbeda-beda berdasarkan letak geografisnya. Hal itu menyebabkan penyebaran penyakit COVID-19 pada satu lokasi dan lokasi lainnya bervariasi yang berarti penyakit COVID-19 dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berbeda di setiap lokasi. Melihat tingginya jumlah kasus positif COVID-19 di Provinsi Bali dan perbedaan karakteristik yang dimiliki oleh masing-masing kecamatan yang ada, maka dalam penelitian ini diharapkan diketahui hubungan antara jumlah kasus positif COVID-19 dengan faktor-faktor yang memengaruhinya di setiap kecamatan di Provinsi Bali. Provinsi Bali pernah tercatat sebagai provinsi dengan kabupaten/kota yang masuk kategori zona merah terbanyak di Indonesia di akhir bulan Agustus 2021. Dimana jumlah kasus infeksi tertinggi COVID-19 di Provinsi Bali terjadi di Kota Denpasar. Perbedaan kondisi lingkungan dan letak geografis menyebabkan terjadinya heterogenitas spasial yang mengakibatkan parameter model regresi bervariasi menurut

lokasi. Secara umum, metode yang dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah kasus positif COVID-19 adalah analisis regresi linear. Namun, metode tersebut tidak memperhatikan letak geografis/lokasi dari data yang diamati sehingga nilai estimasi yang dihasilkan akan bersifat global. Oleh karena itu, akan digunakan metode yang memperhatikan faktor wilayah/lokasi untuk mengatasi terjadinya heterogenitas spasial yaitu metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) (Caraka & Yasin, 2017).

Model GWR secara umum dapat ditulis sebagai berikut (Caraka & Yasin, 2017):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{p=1}^q \beta_p(u_i, v_i)x_{ip} + \varepsilon_i, \\ i = 1, 2, \dots, n$$

dengan  $y_i$  merupakan variabel dependen pada lokasi pengamatan ke- $i$ ,  $\beta_0(u_i, v_i)$  merupakan konstanta regresi pada lokasi pengamatan ke- $i$ ,  $x_{ip}$  merupakan variabel independen ke- $p$  pada pengamatan ke- $i$ ,  $(u_i, v_i)$  merupakan titik koordinat (*longitude, latitude*) dari lokasi pengamatan ke- $i$ ,  $\beta_p(u_i, v_i)$  merupakan koefisien regresi ke- $p$  pada lokasi pengamatan

ke- $i$ , dan  $\varepsilon_i$  merupakan galat pada pengamatan ke- $i$ .

Penelitian mengenai COVID-19 dengan menggunakan model GWR di Provinsi Bali masih terbatas. Penelitian mengenai COVID-19 pernah dilakukan oleh Marhamah & Jaya (2020) menggunakan metode *means geographically weighted regression* di Kota Bandung dengan variabel bebas yang digunakan adalah populasi penduduk, jarak ke ibukota, jumlah Orang Dalam Pemantauan (ODP), jumlah Pasien Dalam Pengawasan (PDP), dan jumlah fasilitas kesehatan. Dari penelitian tersebut diperoleh nilai  $R^2$  dari model GWR sebesar 47,61% dimana faktor-faktor yang berpengaruh signifikan adalah populasi dan jumlah Pasien Dalam Pengawasan (PDP). Penelitian lainnya dilakukan oleh Mahdy (2020) yang memodelkan jumlah kasus COVID-19 di Jawa Barat menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). Variabel bebas yang digunakan adalah kepadatan penduduk, persentase kemiskinan, tingkat pengangguran terbuka, persentase rumah tangga dengan sanitasi layak, dan persentase rumah tangga dengan sumber air minum layak. Nilai  $R^2$  yang diperoleh adalah 92,97% yang berarti variabel bebas yang digunakan dapat menjelaskan variabel jumlah kasus COVID-19 sebesar 92,97% dan sisanya dipengaruhi oleh variabel bebas lain yang tidak diamati dalam model. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa persentase kemiskinan memengaruhi sebagian besar jumlah kasus COVID-19 di Jawa Barat.

Penyebaran penyakit COVID-19 pada satu lokasi dan lokasi lainnya bervariasi yang berarti penyakit COVID-19 dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berbeda di setiap lokasi. Oleh karena itu, perlu diperhatikan faktor wilayah/lokasi pada kasus penyebaran COVID-19 di Provinsi Bali. Salah satu metode yang memperhatikan faktor wilayah/lokasi adalah metode *Geographically Weighted Regression* (GWR).

Berdasarkan paparan di atas, penulis melakukan penelitian mengenai faktor-faktor yang memengaruhi jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Bali menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR).

## 2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari dua sumber yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) dan Dinas Kesehatan masing-masing kabupaten

di Provinsi Bali. Data COVID-19 yang digunakan adalah rata-rata jumlah kasus positif harian baru pada periode bulan Agustus 2021 disetiap kecamatan di Provinsi Bali ( $Y$ ). Variabel independen yang digunakan adalah kepadatan penduduk ( $X_1$ ), jarak masing-masing kecamatan ke ibukota kabupaten ( $X_2$ ), jumlah penduduk usia 20-44 tahun ( $X_3$ ), persentase keluarga dengan sanitasi yang layak ( $X_4$ ), dan persentase tempat-tempat umum yang memenuhi syarat kebersihan ( $X_5$ ). Unit amatan yang digunakan adalah 57 kecamatan yang ada di Provinsi Bali.

### 2.1 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan data dengan melakukan analisis statistika deskriptif.
2. Multikolinearitas merupakan hubungan yang tidak saling bebas antara dua atau lebih variabel bebas yang dapat menyebabkan terjadinya kesalahan dalam pengambilan keputusan dan interpretasi hasil pengamatan. Uji multikolinearitas dilakukan dengan melihat nilai VIF (Montgomery et al., 2012).

Hipotesis uji:

$H_0$ : Tidak ada multikolinearitas antarvariabel bebas pada model regresi.

$H_1$ : Ada multikolinearitas antarvariabel bebas pada model regresi.

Statistik uji:

$$VIF_i = \frac{1}{1-R_i^2} \quad (1)$$

dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, k$  menyatakan variabel bebas,  $k$  menyatakan banyaknya variabel bebas, dan  $R_i^2$  menyatakan koefisien determinasi variabel bebas ke- $i$ .

Kriteria pengujian:

Tolak  $H_0$  apabila  $VIF > 5$ .

3. Membentuk model regresi linear berganda, dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:
  - a. Menduga parameter model regresi linear berganda dengan metode OLS

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

- b. Melakukan uji kenormalan sisaan dengan menggunakan uji *Anderson-Darling* (Gujarati & Porter, 2009).

Hipotesis uji:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$A^2 = -n - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (2i-1) \{\ln F(Y_i) +$$

$\ln[1 - F(Y_{n+1+i})]$  (3)  
 dengan  $F(Y_i)$  merupakan fungsi berdistribusi kumulatif dari normal baku dan  $Y_i$  adalah data yang diurutkan.

Kriteria pengujian:

Tolak  $H_0$  jika  $A^2 > AD_{tabel}$ .

- c. Melakukan uji Breusch Pagan untuk mengetahui ada tidaknya heteroskedastisitas (Gujarati & Porter, 2009).

Hipotesis uji:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$  (Tidak ada heteroskedastisitas)

$H_1$ : minimal ada satu  $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$  (Ada heteroskedastisitas)

Statistik uji:

$$BP = \frac{1}{2} f^T X(X^T X)^{-1} X^T f \quad (4)$$

dengan  $BP$  menyatakan nilai uji Breusch Pagan,  $X$  menyatakan matriks berukuran  $n \times (k + 1)$ , dan  $f$  merupakan vektor berukuran  $(n \times 1)$  didefinisikan sebagai:

$$f_j = \frac{e_j^2}{\hat{\sigma}^2} - 1$$

dengan,

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{j=1}^n e_j^2}{n}$$

$$e_j^2 = (Y_j - \hat{Y}_j)^2$$

dengan  $\hat{\sigma}^2$  menyatakan varian galat dan  $e_j^2$  menyatakan nilai kuadrat galat.

Kriteria pengujian:

$H_0$  ditolak apabila  $BP > \chi_k^2$  atau  $p_{value} < \alpha$ .

4. Melakukan pemodelan GWR dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mengonversi koordinat *longitude* dan *latitude* masing-masing kecamatan di Provinsi Bali menjadi satuan kilometer (km)

- b. Menghitung jarak *Euclid* antarkecamatan di Provinsi Bali

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (5)$$

- c. Menentukan nilai *bandwidth* optimum menggunakan metode *cross validation* (CV) (Fotheringham et al., 2002).

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(b)]^2 \quad (6)$$

- d. Menghitung matriks pembobot dengan fungsi *fixed kernel bisquare* dan *adaptive kernel bisquare*

### 1. Fixed Kernel Bisquare

$$w_{ij} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right]^2, & \text{jika } d_{ij} < b \\ 0, & \text{jika } d_{ij} \geq b \end{cases} \quad (7)$$

### 2. Adaptive Kernel Bisquare

$$w_{ij} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{d_{ij}}{b_i}\right)^2\right]^2, & \text{jika } d_{ij} < b_i \\ 0, & \text{jika } d_{ij} \geq b_i \end{cases} \quad (8)$$

- e. Menduga parameter model GWR berdasarkan matriks pembobot yang telah diperoleh.  
 f. Pengujian kesesuaian model atau uji serentak dengan uji F (Caraka & Yasin, 2017).

$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$ , dengan  $k = 1, 2, 3, \dots, p$  dan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$H_1$ : minimal ada satu  $\beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$ , dengan  $k = 1, 2, 3, \dots, p$  dan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{SSE(H_0)/df_1}{SSE(H_1)/df_2} \quad (9)$$

dengan,

$SSE(H_0) : Y^T(I - H)Y$ , dengan  $H = X(X^T X)^{-1} X^T$

$SSE(H_1) : Y^T(I - S)^T(I - S)Y$

$df_1 : n - p - 1$

$df_2 : (n - 2tr(s) + tr(S^T S))$

$$S_{n \times n} = \begin{bmatrix} x_1^T (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) \\ x_2^T (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) \\ \vdots \\ x_n^T (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) \end{bmatrix}$$

Matriks  $S$  merupakan proyeksi dari model GWR yang memproyeksikan nilai  $y$  menjadi  $\hat{y}$  pada lokasi  $(u_i, v_i)$ .

Kriteria pengujian:

Tolak  $H_0$  jika  $F_{hit} > F_{tabel(\alpha; df_1, df_2)}$ .

- g. Pengujian signifikan parameter model GWR menggunakan uji t (Caraka & Yasin, 2017).

Hipotesis uji:

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$ ,  $k = 1, 2, \dots, p$

$H_1$  : Minimal ada satu  $\beta_k(u_i, v_i) \neq 0$ ,  $k = 1, 2, \dots, p$

Statistik uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_{k(u_i, v_i)}}{SE \hat{\beta}_{k(u_i, v_i)}} \quad (10)$$

dengan,

$$SE \hat{\beta}_{k(u_i, v_i)} = \sqrt{\text{var} \hat{\beta}_{k(u_i, v_i)}} = \sqrt{C C^T \sigma^2}$$

$$C = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{df_2}$$

Kriteria pengujian:

Jika  $|t_{hit}| > t_{tabel(\frac{\alpha}{2}, n-p-1)}$ , maka  $H_0$  ditolak.

g. Interpretasi hasil.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif dari masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Statistika Deskriptif

Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-Rata
Y	2 (Rendang)	89 (Denpasar Selatan)	16,51
$X_1$	175 (Selemadeg Barat)	8601 (Denpasar Barat)	1329
$X_2$	0 (Gianyar)	47,8 (Pupuan)	13,79
$X_3$	6060 (Selemadeg)	153040 (Denpasar Selatan)	29095
$X_4$	70,7% (Sidemen)	100% (Kuta)	0,9631
$X_5$	44,2% (Pekutatan)	100% (Negara)	0,8915

Dari Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah kasus COVID-19 (Y) tertinggi di Bali sebanyak 89 orang dan terendah sebanyak 2 orang. Kasus tertinggi terjadi di Kecamatan Denpasar Selatan, sedangkan kasus terendah terdapat di Kecamatan Rendang. Kepadatan penduduk ( $X_1$ ) tertinggi sebesar 8601 orang/km<sup>2</sup> dan terendah 175 orang/km<sup>2</sup>. Kepadatan penduduk tertinggi terdapat Kecamatan Denpasar Barat, sedangkan kepadatan penduduk terendah terdapat di Kecamatan Selemadeg Barat.

Tingkat infeksi COVID-19 yang lebih tinggi berada di daerah Kota Denpasar, di mana hal tersebut terkait dengan kepadatan penduduk yang juga tinggi. Hal ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kepadatan penduduk memengaruhi jumlah positif COVID-19 (Fitriani & Jaya, 2020).

#### 3.2 Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya korelasi antarvariabel bebas. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai VIF untuk masing-masing variabel bebas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Multikolinieritas

Variabel bebas	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
VIF	4,14	1,37	3,8	1,16	1,08

Table 2 menunjukkan bahwa masing-masing variabel bebas memiliki nilai VIF < 5, hal ini berarti tidak ada multikolinearitas antarvariabel bebas dalam model regresi. Jika terjadi multikolinearitas dapat melakukan pemilihan variabel independen yang signifikan terhadap variabel dependen menggunakan *stepwise regression*.

#### 3.3 Estimasi Model Regresi Linear Berganda

Estimasi model regresi linear untuk jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Bali ( $\hat{Y}_i$ ) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 0,003116X_1 - 0,1272X_2 + 0,0004691X_3 + 21,96X_4$$

##### a. Uji Kenormalan

Uji kenormalan dilakukan untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal atau tidak. Berdasarkan hasil uji *Anderson-Darling* diperoleh *p-value* sebesar 0,2758. Dengan menggunakan taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ , maka diperoleh *p-value* >  $\alpha$ . Hal ini berarti  $H_0$  diterima dimana residual berdistribusi normal.

##### b. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi ketidaksamaan varian dari residual satu pengamatan ke pengamatan lainnya. Dengan menggunakan taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ , *output* dari uji *Breusch-Pagan* menunjukkan bahwa *p-value* sebesar  $0,04 < \alpha$ , maka tolak  $H_0$ . Hal ini berarti terdapat heteroskedastisitas.

Berdasarkan hasil uji *Breusch-Pagan* mengakibatkan terjadinya pelanggaran asumsi sehingga model regresi linear kurang tepat digunakan untuk memodelkan faktor-faktor yang memengaruhi jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Bali. Kemungkinan terjadinya heteroskedastisitas disebabkan oleh perbedaan karakteristik di wilayah pengamatan sehingga terjadinya efek spasial. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah terjadinya efek spasial maka akan digunakan metode *Geographically Weighted Regression*.

#### 3.4 Pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR)

Tahap awal dalam membentuk model GWR adalah mengonversi koordinat lintang dan bujur masing-masing kecamatan di Provinsi Bali menjadi satuan kilometer. Kemudian menentukan jarak *Euclid* dan nilai *bandwidth* optimum yang nantinya akan digunakan untuk menghitung matriks pembobot untuk masing-masing kecamatan. Dalam penelitian ini, matriks pembobot dihitung menggunakan dua fungsi yaitu, *fixed kernel bisquare* dan *adaptive kernel bisquare*.

Setelah diperoleh matriks pembobot untuk setiap kecamatan menggunakan *fixed kernel bisquare* dan *adaptive kernel bisquare* maka akan diperoleh model GWR untuk masing-masing kecamatan yang ada di Provinsi Bali.

### 3.5 Pengujian Kesesuaian Model GWR

Berdasarkan hasil perhitungan model GWR dengan pembobot *fixed kernel bisquare* diperoleh  $F_{hitung}$  sebesar 1,4669 dengan  $F_{tabel(0,05;51;38,475)}$  sebesar 1,6733. Dapat dilihat bahwa nilai  $F_{hitung} < F_{tabel}$  sehingga  $H_0$  diterima. Hal ini berarti tidak ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linear dengan model GWR.

Sedangkan hasil perhitungan model GWR dengan pembobot *adaptive kernel bisquare* diperoleh  $F_{hitung}$  sebesar 1,7085 dengan  $F_{tabel(0,05;51;35,101)}$  sebesar 1,700. Dapat dilihat bahwa nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  sehingga  $H_0$  ditolak. Hal ini berarti ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linear dengan model GWR.

### 3.6 Uji Signifikansi Model GWR

Uji signifikansi parameter dilakukan dengan uji parsial (uji t) untuk mengetahui parameter mana saja yang secara signifikan memengaruhi jumlah kasus COVID-19 di masing-masing kecamatan di Provinsi Bali.

Tabel 3 Uji Signifikansi Parameter untuk Kecamatan Dawan dengan *Fixed Kernel Bisquare*

Variabel	Nilai $\hat{\beta}$	$ t_{hitung} $	$t_{tabel}$
$X_1$	0,00325	13,5189	2,0076
$X_2$	-0,03237	1,2687	2,0076
$X_3$	0,00049	40,7148	2,0076
$X_4$	20,939	6,3450	2,0076
$X_5$	4,6848	2,6455	2,0076

Tabel 4 Uji Signifikansi Parameter untuk Kecamatan Dawan dengan *Adaptive Kernel Bisquare*

Variabel	Nilai $\hat{\beta}$	$ t_{hitung} $	$t_{tabel}$
$X_1$	0,00493	14,4298	2,0076
$X_2$	0,05626	1,874	2,0076
$X_3$	0,00044	24,7976	2,0076
$X_4$	19,501	5,4215	2,0076
$X_5$	6,9558	2,53	2,0076

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 diperoleh variabel yang signifikan terhadap jumlah kasus COVID-19 di Kecamatan Dawan adalah kepadatan penduduk ( $X_1$ ), jumlah penduduk usia 20-44 tahun ( $X_3$ ), persentase keluarga dengan sanitasi yang layak ( $X_4$ ), dan persentase tempat-tempat umum memenuhi syarat kesehatan ( $X_5$ ).

Adapun kelompok kecamatan berdasarkan variabel yang berpengaruh signifikan pada masing-masing kecamatan yang ada di Provinsi Bali dengan pembobot *fixed kernel bisquare* dan *adaptive kernel bisquare* disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5 Kelompok Kecamatan Berdasarkan Variabel yang Signifikan dengan Pembobot *Fixed Kernel Bisquare*

No	Kecamatan	Variabel yang signifikan
1	Melaya, Negara	$X_2$
2	Nusa Penida, Kintamani, Tejakula	$X_1, X_3,$ dan $X_4$
3	Kuta, Kuta Utara, Denpasar Selatan, Denpasar Barat, Seririt, Busungbiu, Banjar	$X_1, X_2,$ dan $X_3$
4	Mendoyo, Gerokgak	$X_1, X_2,$ dan $X_4$
5	Dawan, Rendang, Sidemen, Manggis, Abang, Selat, Kubu, Jembrana,	$X_1, X_3,$ $X_4,$ dan $X_5$
6	Banjarangkan, Sukawati, Payangan, Ubud, Tegallalang, Blahbatu, Klungkung, Gianyar, Tampaksiring, Selemadeg, Selemadeg Timur, Selemadeg Barat, Kerambitan, Tabanan, Kediri, Marga, Kuta Selatan, Mengwi, Abiansemal, Petang, Susut, Bangli, Tembuku, Pekutatan, Denpasar Utara, Denpasar Timur	$X_1, X_2,$ $X_3,$ dan $X_4$
7	Buleleng, Sawan, Kubutambahan	$X_1, X_2,$ $X_3,$ dan $X_5$
8	Baturiti, Penebel, Pupuan, Karangasem, Bebandem, Sukasada	$X_1, X_2,$ $X_3, X_4,$ dan $X_5$

Dari Tabel 5 diperoleh delapan kelompok kecamatan di mana faktor-faktor yang dominan

berpengaruh di setiap kecamatan di Provinsi Bali adalah kepadatan penduduk ( $X_1$ ) dan jumlah penduduk usia 20-44 tahun ( $X_3$ ).

Tabel 6. Kelompok Kecamatan Berdasarkan Variabel yang Signifikan dengan Pembobot *Fixed Kernel Bisquare*

No	Kecamatan	Variabel yang signifikan
1	Penebel	$X_2$ dan $X_3$
2	Banjarangkan, Nusa Penida, Tegallalang, Tampaksiring, Gianyar, Susut, Bangli, Tejakula	$X_1, X_3$ , dan $X_4$
3	Petang	$X_2, X_3$ , dan $X_4$
4	Sukawati, Selemadeg, Selemadeg Barat, Abiansemal, Seririt, Busungbiu, Banjar	$X_1, X_2$ , dan $X_3$
5	Baturiti	$X_3, X_4$ , dan $X_5$
6	Melaya, Negara, Mendoyo	$X_1, X_2$ , dan $X_4$
7	Dawan, Klungkung, Payangan, Rendang, Sidemen, Abang, Kubu, Jembrana, Tembuku, Sukasada	$X_1, X_3, X_4$ , dan $X_5$
8	Ubud, Blahbatu, Selemadeg Timur, Kuta Selatan, Kuta, Kintamani, Pekutatan, Denpasar Barat, Gerokgak	$X_1, X_2, X_3$ , dan $X_4$
9	Buleleng, Sawan, Kubutambahan	$X_1, X_2, X_3$ , dan $X_5$
10	Kerambitan, Tabanan, Kediri, Marga, Pupuan, Kuta Utara, Mengwi, Manggis, Karangasem, Bebandem, Selat, Denpasar Selatan, Denpasar Utara, Denpasar Timur	$X_1, X_2, X_3, X_4$ , dan $X_5$

Dari Tabel 6 diperoleh sepuluh kelompok kecamatan berdasarkan variabel bebas yang signifikan. Di mana jumlah kasus COVID-19 pada kelompok kecamatan keempat dipengaruhi oleh variabel bebas yang sama yaitu kepadatan penduduk ( $X_1$ ), jarak masing-masing kecamatan ke ibukota kabupaten ( $X_2$ ), dan jumlah penduduk usia 20-44 tahun ( $X_3$ ). Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh lokasi dari masing-masing kecamatan yang sama-sama berada di dataran rendah kecuali Kecamatan Busungbiu. Kecamatan Busungbiu terletak di dekat Kecamatan Seririt dan Kecamatan Banjar sehingga memungkinkan terjadinya mobilitas

yang memengaruhi penyebaran penyakit COVID-19.

Untuk mengetahui model terbaik yang dapat digunakan untuk memodelkan jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Bali adalah dengan membandingkan nilai  $R^2$  dari model GWR dengan *fixed kernel bisquare* dan *adaptive kernel bisquare* yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Nilai  $R^2$

Model GWR	$R^2$
<i>Fixed Kernel Bisquare</i>	95,76%
<i>Adaptive Kernel Bisquare</i>	96,36%

Table 7 menunjukkan bahwa nilai  $R^2$  tertinggi dimiliki oleh model GWR dengan pembobot *adaptive bisquare* sebesar 96,36%. Oleh karena itu, model terbaik yang dapat digunakan untuk memodelkan jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Bali adalah model GWR dengan pembobot *adaptive bisquare*.

### 3.7 Interpretasi Hasil

Setelah diperoleh model terbaik untuk memodelkan jumlah kasus COVID-19 masing-masing kecamatan di Provinsi Bali, selanjutnya dilakukan interpretasi model GWR. Sebagai contoh, estimasi model GWR untuk Kecamatan Dawan adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Kec.Dawan} = 0,4005X_1 + 0,6503X_3 + 0,05942X_4 + 0,0458X_5$$

Interpretasi dari model tersebut adalah apabila kepadatan penduduk ( $X_1$ ) pada Kecamatan Dawan meningkat sebesar satu satuan, maka jumlah kasus COVID-19 akan meningkat sebesar 0,4005 satuan dengan variabel independen lainnya dianggap konstan. Selanjutnya, apabila jumlah penduduk usia 20-44 tahun ( $X_3$ ) meningkat sebanyak satu satuan, maka jumlah kasus COVID-19 akan meningkat sebesar 0,6503 satuan dengan variabel independen lainnya dianggap konstan. Selain itu, apabila persentase keluarga dengan sanitasi yang layak ( $X_4$ ) meningkat sebesar satu satuan, maka jumlah kasus COVID-19 di Kecamatan Dawan akan meningkat sebesar 0,05942 satuan dengan variabel independen lainnya dianggap konstan. Kemudian, jika persentase tempat-tempat umum yang memenuhi syarat kesehatan ( $X_5$ ) meningkat sebesar satu satuan, maka jumlah kasus COVID-19 di Kecamatan Dawan akan meningkat sebesar 0,0458 satuan dengan variabel independen lainnya dianggap konstan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa terdapat heterogenitas spasial yang berarti terdapat perbedaan karakteristik antarwilayah pada jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Bali. Maka dari itu, untuk mengatasi terjadinya heterogenitas spasial dilakukan pemodelan menggunakan metode GWR. Model GWR dengan pembobot *adaptive bisquare* lebih sesuai digunakan untuk memodelkan jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Bali karena mempunyai nilai  $R^2$  terbesar yaitu 96,36%.

Selain itu, diperoleh 10 kelompok kecamatan berdasarkan variabel independen yang berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen pada model GWR dengan pembobot *adaptive bisquare*. Variabel independen yang dominan berpengaruh terhadap jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Bali adalah kepadatan penduduk ( $X_1$ ) dan jumlah penduduk usia 20-44 tahun ( $X_3$ ).

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan variabel lain yang berkaitan dengan kasus COVID-19 di Provinsi Bali dan disarankan untuk menggunakan fungsi pembobot yang lainnya seperti fungsi pembobot *kernel Gaussian* atau fungsi pembobot *kernel Tricube*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Caraka, R. E., & Yasin, H. (2017). Geographically Weighted Regression (GWR) Sebuah Pendekatan Regresi Geografis. *Yogyakarta: Mobius*.
- Fitriani, R., & Jaya, I. G. N. Mindra (2020). Spatial Modeling of Confirmed COVID-19 Pandemic in East Java Province by Geographically Weighted Negative Binomial Regression. *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience*, 1–17. <https://doi.org/10.28919/cmbn/4874>.
- Fotheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. (2002). Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships. *England: John Wiley & Sons Ltd*.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics. *McGraw-Hill/Irwin*.
- Mahdy, I. F. (2020). Pemodelan Jumlah Kasus

COVID-19 di Jawa Barat Menggunakan Geographically Weighted Regression. *Seminar Nasional Official Statistics, 1*, 138–145. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2020i1.642>.

- Marhamah, E., & Jaya, I. G. N. M. (2020). Modeling Positive COVID-19 Cases in Bandung City by Means Geographically Weighted Regression. *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience*, 2020, 1–10. <https://doi.org/10.28919/cmbn/4991>.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). Introduction to Linear Regression Analysis. *New Jersey: John Wiley & Sons, Inc*.