

## PEMODELAN JUMLAH KEJADIAN BANJIR DI KABUPATEN DAN KOTA PROVINSI JAWA TIMUR DENGAN METODE *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)*

Yeky Abil Nizar<sup>1§</sup>, Made Susilawati<sup>2</sup>, I Gusti Ayu Made Srinadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: yekyabil22@gmail.com]

<sup>2</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: mdsusilawati@unud.ac.id]

<sup>3</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: srinadi@unud.ac.id]

<sup>§</sup>Corresponding Author

### ABSTRACT

*East Java Province is a province that experiences many flood disasters. Floods are natural disaster events that are generally affected by the inability of an area to accommodate high rainfall, where rainfall is different in each region. This study aims to determine models and factors that can significantly cause floods in East Java Province with predictable variables including population density, number of rainy days, rainfall, humidity, population growth rate and development land use. The regression method that is able to model cases with these conditions is Geographically Weighted Regression (GWR). Source of research data were obtained from the Central Statistic Agency, POWER Data Access Viewer and Ministry of Environment and Forestry. The best model can be shown by the coefficient of determination, where the GWR obtains a greater coefficient of determination, namely 65.37% compared to the coefficient of determination in linear regression, which is equal to 31.19%, and the coefficient of determination of SAR is 36.26%.*

**Keywords:** *Geographically Weighted Regression (GWR), Flood, East Java.*

### 1. PENDAHULUAN

Analisis regresi merupakan suatu metode analisis dalam ilmu statistika yang berbentuk persamaan hubungan antara variabel respon dengan sejumlah variabel prediktor. Estimasi parameter untuk variabel prediktor dapat ditentukan dengan metode *ordinary least square (OLS)* Brunson *et al* (2002). Asumsi yang harus terpenuhi dalam analisis regresi linear adalah kenormalan residual, homogenitas varian, tidak ada autokorelasi, dan tidak ada multikolinieritas. Sedangkan pada penelitian masalah kebencanaan, setiap wilayah memiliki karakteristik yang berbeda hal tersebut mengakibatkan timbulnya efek spasial. Untuk mengatasi data yang mengandung efek spasial maka digunakan model regresi spasial.

Regresi spasial adalah pengembangan dari metode analisis regresi klasik atau regresi linear yang digunakan untuk data spasial atau data yang memiliki efek lokasi (*spatial effect*) Anselin (2001). Efek lokasi (*spatial effect*) terbagi atas dua jenis yang terdiri dari dependensi spasial yaitu pengamatan pada lokasi

*i* dipengaruhi oleh lokasi *j* dan heterogenitas spasial yang terjadi akibat adanya efek lokasi acak, yaitu perbedaan karakteristik antar wilayah.

Terdapat dua tipe data spasial yaitu spasial berbasis area dan spasial berbasis titik. Spasial berbasis area adalah lokasi suatu wilayah ditunjukkan oleh luasan dari wilayah tersebut. Spasial berbasis titik lokasi suatu wilayah ditunjukkan oleh satu titik yang mewakili wilayah tersebut. Untuk mengatasi data yang mengandung efek spasial berbasis titik, dapat digunakan model *geographically weighted regression (GWR)* yang merupakan pengembangan dari regresi klasik.

GWR adalah metode analisis regresi yang melibatkan faktor geografis (*longitude* dan *latitude*) yang digunakan dalam menentukan matriks pembobot. GWR digunakan untuk menganalisis data yang bersifat lokal dan mengandung heterogenitas spasial. Sebagai salah satu teknik statistika, GWR digunakan untuk menganalisis data spasial pada berbagai

bidang, salah satunya bidang kebencanaan yang dipengaruhi oleh efek spasial Chang *et al* (2008).

Banjir merupakan bencana alam yang terjadi karena saluran air pada suatu wilayah tidak mampu menampung tingginya curah hujan. Curah hujan dipengaruhi oleh iklim yang berbeda pada setiap wilayah. Hal tersebut menyebabkan banjir tergolong dalam spasial berbasis titik. Kejadian banjir dapat dipengaruhi oleh beberapa hal di antaranya kepadatan penduduk, jumlah hari hujan, curah hujan yang tinggi, kelembaban, dan luas daerah yang digunakan sebagai fasilitas oleh masyarakat pada suatu wilayah tertentu Purwaningsih *et al* (2018). Banjir merupakan bencana alam yang banyak terjadi di Indonesia, berdasarkan data dan informasi tentang bencana alam yang dikelola oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Data BNPB mengatakan bahwa selama periode 1 Januari hingga 27 Desember 2020 banjir merupakan bencana alam terbanyak dengan jumlah kasus sebanyak 1064 kejadian Wiguna *et al* (2021).

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi di Indonesia, terletak di bagian timur Pulau Jawa yang sering terjadi bencana banjir. Hampir seluruh wilayah di Provinsi Jawa Timur berpotensi terjadi bencana banjir yang disebabkan oleh luapan air dari Sungai Bengawan Solo Supranoto (2011). Pada Maret 2019 sebanyak 15 kabupaten di Provinsi Jawa Timur terjadi bencana banjir, selanjutnya pada periode tahun 2020 tercatat sebanyak 117 kejadian bencana banjir di Provinsi Jawa Timur Yhoga *et al* (2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al* (2017) tentang faktor penyebab banjir di Kota Sanghai, China dengan menggunakan metode GWR. Pada penelitian tersebut disampaikan bahwa pemodelan faktor penyebab banjir menggunakan regresi model GWR lebih baik dibandingkan regresi linear. Hal tersebut diperoleh dari nilai  $R^2$  yang dihasilkan, nilai koefisien dwterminasi ( $R^2$ ) dari regresi OLS sebesar 0,25 atau 25% sedangkan nilai  $R^2$  yang dihasilkan dari regresi model GWR sebesar 0,62 atau 62%. Selain itu juga nilai *Akaike information criterion* (AIC) yang diperoleh dari regresi model GWR sebesar 1003,73, lebih kecil dibandingkan dengan regresi OLS yaitu sebesar 1055,75.

Lin & Billa (2021) meneliti prediksi daerah rawan bencana banjir dengan metode GWR di Pantai Timur Semenanjung Malaysia, di Selatan Terengganu yang memiliki luas

cekungan 2088 km<sup>2</sup> terletak di Kecamatan Kemamam. Analisis yang dilakukan dengan memfokuskan kepada parameter morfometrik cekungan menunjukkan bahwa pengujian menggunakan GWR lebih baik dibandingkan dengan menggunakan model regresi linear, dengan enam variabel terpilih di antaranya orde aliran, tekstur drainase, rasio relief, rasio bifurkasi, indeks kelembapan topografi, dan indeks lokasi topografi menghasilkan akurasi keberhasilan sebesar 91,24% dan akurasi prediksi sebesar 75,15%.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Purwaningsih *et al* (2018) tentang pemodelan kasus bencana banjir di Provinsi Jawa Tengah dengan metode GWR dengan data yang diambil adalah data kejadian bencana banjir di Provinsi Jawa Tengah tahun 2016. Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa pemodelan kasus rawan banjir lebih signifikan dilakukan dengan analisis GWR dibandingkan dengan regresi global, dengan menggunakan lima variabel *predictor* di antaranya kepadatan penduduk, curah hujan, jumlah hari hujan, kelembaban, dan luas area tanpa bangunan menghasilkan nilai koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 56%.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini mengkaji pemodelan jumlah kejadian banjir di kabupaten dan kota Provinsi Jawa Timur dengan metode GWR sebagai perbandingan akan digunakan metode regresi linear berganda karena metode regresi linear berganda merupakan suatu metode yang dapat mengestimasi nilai variable respon berdasarkan variable prediktor.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini jenis data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dan POWER *Data Acces Viewer*. Adapun data yang digunakan adalah data frekuensi kejadian bencana banjir dan faktor-faktor yang diduga menjadi penyebab terjadinya bencana banjir di 29 kabupaten dan 9 kota yang ada di Provinsi Jawa Timur tahun 2020. Variabel respon yang akan diteliti pada penelitian ini adalah jumlah kejadian banjir di Provinsi Jawa Timur yang diperoleh dari BPS. Variabel prediktor yang digunakan pada penelitian ini diambil dari kombinasi penelitian sebelumnya oleh Purwaningsih *et al* (2018) dan

Rachmat & Pamungkas (2014) di antaranya kepadatan penduduk ( $X_1$ ) yang diperoleh dari BPS, jumlah hari hujan ( $X_2$ ) yang diperoleh dari POWER Data Acces Viewer, curah hujan ( $X_3$ ) yang diperoleh dari POWER Data Acces Viewer, kelembapan ( $X_4$ ) yang diperoleh dari POWER Data Acces Viewer, laju pertumbuhan penduduk ( $X_5$ ), dan penggunaan lahan ( $X_6$ ) yang diperoleh dari KLHK.

Langkah-langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis deskriptif (mendeskripsikan data)
2. Melakukan uji multikolinearitas

Statistik uji:

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

dengan  $R_i^2$  adalah koefisien determinasi variabel independent ke-  $i$ , jika nilai VIF yang diperoleh  $< 5$  maka dapat diambil keputusan bahwa tidak mengandung multikolinearitas Devita *et al* (2014).

3. Melakukan pemodelan regresi linear berganda
4. Melakukan uji normalitas residual dengan uji *Anderson-Darling* Neter *et al* (1997).

$H_0$  : residual berdistribusi normal

$H_1$  : residual berdistribusi tidak normal

Statistik uji:

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

$$\ln[1 - F(Y_{n+1+i})] \} \quad (2)$$

dengan  $F(Y_i)$  adalah fungsi distribusi kumulatif dari normal baku. Keputusan tolak  $H_0$  jika  $A^2 > AD_{tabel}$  atau  $P - Value < \alpha$ .

5. Melakukan uji kehomogenan ragam residual dengan uji *breusch-pagan* Anselin (2001).

$H_0$  :  $\sigma_{\varepsilon_1}^2 = \sigma_{\varepsilon_2}^2 = \dots = \sigma_{\varepsilon_n}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2$  variansi sama (varian bersifat homogen)

$H_1$  : minimal terdapat satu variansi yang berbeda  $\sigma_{\varepsilon_i}^2 \neq \sigma_{\varepsilon}^2$  (varian tidak homogen atau varian bersifat heterogen)

Statistik uji:

$$BP = \frac{1}{2} f^T X(X^T X)^{-1} X^T f \quad (3)$$

dengan  $BP$  adalah nilai uji Breusch Pagan,  $X$  adalah matriks yang berukuran  $n \times (k + 1)$ ,  $f$  adalah vektor yang berukuran  $n \times 1$

Keputusan uji:

$H_0$  ditolak ketika  $BP > X_k^2$  atau  $P - Value < \alpha$ .

6. Membentuk model GWR dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Menghitung jarak *euclid* setiap Kabupaten/Kota

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

- b. Menentukan *bandwidth* optimum dengan *cross validation*

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(b))^2 \quad (5)$$

- c. Menentukan nilai pembobot pada setiap wilayah dengan *gaussian adaptive bandwidth* Sinaga (2015).

$$w_{ij}(u_i, v_i, h_i) = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{b_i} \right)^2 \right] \quad (6)$$

- d. Estimasi parameter model GWR dengan metode *Weighted Least Square* (WLS) yaitu dengan memberikan bobot yang berbeda pada setiap lokasi amatan Kemp (2014).

- e. Pengujian kesesuaian model untuk mengetahui apakah parameter signifikan dipengaruhi oleh lokasi Brunson *et al* (2002).

$H_0$  :  $\beta_k(u_i, v_i, h_i) = \beta_k$  (tidak ada  $\beta_k$  yang terpengaruh oleh lokasi) atau model GWR tidak signifikan lebih baik dari model regresi linear

$H_1$  : minimal terdapat satu  $\beta_k(u_i, v_i, h_i) \neq \beta_k$  (terdapat  $\beta_k$  yang terpengaruh oleh lokasi) atau model GWR signifikan lebih baik dari model regresi linear

Statistik uji:

$$F_{hitung} = \frac{SSE(H_0)/df_1}{SSE(H_1)/df_2} \quad (7)$$

dengan:

$$SSE(H_0) = y^T (I - H) y$$

$$SSE(H_1) = y^T (I - S)^T (I - S) y$$

$$H = X(X^T X)^{-1} X^T$$

$$df_1 = \frac{v_1^2}{v_2}, df_2 = \frac{u_1^2}{u_2}$$

$$u_i = \text{tr}[(I - S)^T (I - S)]^i, i = 1, 2$$

$$v_i = \text{tr}[(I - H) - (I - S)^T (I - S)]^i, i = 1, 2$$

$S$  merupakan proyeksi matriks dari GWR, yaitu matriks yang memroyeksikan nilai  $y$  menjadi  $\hat{y}$  pada lokasi  $(u_i, v_i, h_i)$  dengan matriks proyeksi  $S$  sebagai berikut:

$$S = \begin{bmatrix} x_1^T [X^T W(u_i, v_i, h_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i, h_i) \\ x_2^T [X^T W(u_i, v_i, h_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i, h_i) \\ \vdots \\ x_n^T [X^T W(u_i, v_i, h_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i, h_i) \end{bmatrix}$$

f. Pengujian signifikansi parameter untuk mengetahui variabel prediktor mana yang signifikan memengaruhi variabel respon

$H_0$  :  $\beta_k(u_i, v_i, h_i) = 0$  (tidak ada variabel prediktor yang signifikan berpengaruh terhadap variabel respon)

$H_1$  : minimal terdapat satu  $\beta_k(u_i, v_i, h_i) \neq 0$  (terdapat variabel prediktor ke-  $k$  yang signifikan berpengaruh terhadap variabel respon)

Statistik uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i, h_i)}{\sqrt{CC^T \hat{\sigma}^2}} \quad (8)$$

dengan:

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

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\delta_1}$$

g. Interpretasi hasil

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Statistik deskriptif

Statistik deskriptif untuk setiap variabel dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variabel	Minimum	Maximum	Mean
Y	0	10	3,08
X <sub>1</sub>	295,4	8199,7	1922,7
X <sub>2</sub>	231	316	262
X <sub>3</sub>	39,12	98,52	48,97
X <sub>4</sub>	77	84,81	82,94
X <sub>5</sub>	-0,07	0,13	0,03
X <sub>6</sub>	1,18	97,85	19,96

Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan bahwa jumlah kejadian bencana banjir terbanyak di Provinsi Jawa Timur tahun 2020 adalah 10 kejadian yang terjadi di Kabupaten Gresik, sedangkan jumlah kejadian bencana banjir terendah di Provinsi Jawa Timur tahun 2020 adalah 0 kejadian yang terjadi di beberapa Kabupaten/Kota salah satunya adalah Kota Surabaya.

#### 3.2 Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi yang tinggi antar variabel prediktor. Multikolinearitas dapat

dilihat dari nilai *variance inflation factor* (VIF). Jika nilai  $VIF \geq 5$  maka ditunjukkan adanya multikolinearitas antar variabel prediktor. Hasil uji multikolinearitas ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Nilai VIF

Variabel Prediktor	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
VIF	4,2	2,2	1,0	2,3	1,1	4,0

Berdasarkan ketentuan uji multikolinearitas, terjadi multikolinearitas jika  $VIF \geq 5$ . Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai VIF variabel prediktor X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>, X<sub>6</sub> < 5, maka dapat disimpulkan tidak ada multikolinearitas antar variabel prediktor, sehingga 5 variabel prediktor tersebut dapat digunakan dalam pemodelan.

#### 3.3 Pemodelan regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda dilakukan untuk mengetahui hubungan variabel respon dengan variabel prediktor, Model regresi linear berganda dengan nilai koefisien determinasi sebesar 31,19 % sebagai berikut.

$$\hat{Y} = 16,14 - 0,0009X_1 + 0,002X_2 + 0,03X_3 - 0,166X_4 - 18,83X_5 + 0,031X_6$$

Model regresi linear yang terbentuk, selanjutnya akan dilakukan uji asumsi klasik untuk mengetahui apakah terjadi pelanggaran pada model regresi yang terbentuk.

##### a. Uji normalitas residual

Uji normalitas residual dilakukan untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal. Uji normalitas dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Anderson-Darling*. Dengan taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$  diperoleh *p-value* sebesar 0,2818 sehingga *p-value* >  $\alpha$  yang berarti residual berdistribusi normal.

##### b. Uji kehomogenan ragam

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah varian setiap amatan bersifat homogen atau heterogen. Uji yang digunakan adalah uji *breusch-pagan*.

Berdasarkan hasil uji *breusch-pagan* diperoleh nilai *P-Value* = 0,0316 <  $\alpha = 0,05$  sehingga dapat disimpulkan bahwa pada model regresi mengandung heterogenitas spasial. Karena pada model regresi linear berganda mengandung heterogenitas spasial maka analisis regresi linear berganda tidak berlaku untuk

memodelkan jumlah kejadian bencana banjir di Provinsi Jawa Timur sehingga perlu dilakukan pemodelan dengan menggunakan metode GWR.

### 3.4 Pemodelan *Geographically Weighted regression*

Langkah pertama yang dilakukan pada analisis GWR adalah konversi koordinat lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*) setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur menjadi satuan kilometer (km). Selanjutnya menghitung jarak *euclidean* setiap Kabupaten/Kota dan *bandwidth* optimum yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai pembobot setiap Kabupaten/Kota. Dalam penelitian ini, perhitungan matriks pembobot menggunakan fungsi *adaptive gaussian*.

Setelah perhitungan matriks pembobot dengan fungsi *adaptive gaussian* diperoleh, maka akan diperoleh model GWR untuk setiap amatan, dalam penelitian ini Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur.

### 3.5 Pengujian Kesesuaian Model GWR

Pengujian kesesuaian model dilakukan untuk mengetahui apakah model GWR signifikan lebih baik dari model regresi linear. Berdasarkan hasil perhitungan uji kesesuaian model GWR dengan pembobot *adaptive gaussian* diperoleh nilai  $F_{hitung} = 2,64 > F_{tabel} = 1,84$  yang mengakibatkan tolak  $H_0$  yang berarti bahwa model GWR signifikan lebih baik dari model regresi linear.

### 3.6 Pengujian Sigifikansi Parameter Model GWR

Pengujian signifikansi parameter model GWR yaitu bertujuan untuk mengetahui variabel prediktor mana yang signifikan memengaruhi jumlah kejadian banjir di Provinsi Jawa Timur.

Tabel 3. Uji Signifikansi Parameter Kota Surabaya

Variabel	$\hat{\beta}$	$t_{tabel}$	$t_{hitung}$	Keterangan
$X_1$	-0,001	2,032	2,796	Signifikan
$X_2$	-0,002	2,032	0,041	Tidak signifikan
$X_3$	-0,162	2,032	1,510	Tidak signifikan
$X_4$	-0,220	2,032	1,019	Tidak signifikan
$X_5$	-33,80	2,032	3,253	Signifikan
$X_6$	0,026	2,032	0,736	Tidak signifikan

Tabel 3 dengan koefisien determinasi sebesar 65,37 % menunjukkan dari 6 variabel prediktor yang signifikan memengaruhi jumlah kejadian banjir di Kota Surabaya adalah kepadatan penduduk ( $X_1$ ) dan laju pertumbuhan penduduk (LPP) ( $X_5$ ).

Adapun kelompok Kabupaten/Kota berdasarkan variabel yang signifikan di Provinsi Jawa Timur disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kelompok Kabupaten/Kota Berdasarkan Variabel yang Signifikan

No	Kabupaten/Kota	variabel yang Signifikan
1	Banyuwangi, Bondowoso, Jember, Madiun, Magetan, Pacitan, Ponorogo, Situbondo, Sumenep, Trenggalek, Tulungagung, Kota Madiun	$X_1$
2	Bangkalan, Blitar, Bojonegoro, Gresik, Jombang, Kediri, Lamongan, Lumajang, Malang, Mojokerto, Nganjuk, Ngawi, Pasuruan, Sidoarjo, Tuban, Kota Batu, Kota Blitar, Kota Kediri, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Pasuruan, Kota Probolinggo, Kota Surabaya	$X_1$ dan $X_5$
3	Sampang	$X_3$ dan $X_5$

Penentuan model terbaik antara model regresi linear dengan model GWR untuk memodelkan jumlah kejadian bencana banjir di Provinsi Jawa Timur dapat dibandingkan dengan membandingkan nilai koefisien determinasi  $R^2$  dari model regresi linear dan model GWR. Berikut merupakan tabel perbandingan nilai  $R^2$ .

Tabel 5. Nilai Koefisien Determinasi

Model	$R^2$
Regresi linear	31,19%
GWR	65,37%

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai  $R^2$  terbesar diperoleh pada model GWR, oleh karena itu model terbaik yang dapat digunakan dalam memodelkan jumlah kejadian bencana banjir di Provinsi Jawa Timur adalah model GWR.

### 3.7 Interpretasi Hasil

Setelah diperoleh model terbaik untuk pemodelan jumlah kejadian banjir di Provinsi Jawa Timur, selanjutnya dilakukan interpretasi hasil sebagai contoh pada Kota Surabaya dengan variabel prediktor yang signifikan terhadap variabel respon adalah kepadatan penduduk ( $X_1$ ) dan laju pertumbuhan penduduk (LPP) ( $X_5$ ). Sehingga model GWR untuk Kota Surabaya berdasarkan variabel prediktor yang signifikan adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Surabaya} = 32 - 0,001X_1 - 33X_5$$

Interpretasi dari model tersebut adalah jika kepadatan penduduk ( $X_1$ ) pada Kota Surabaya meningkat satu sebesar satu maka jumlah kejadian banjir akan menurun sebanyak 0,001 kejadian dengan variabel yang lain dianggap konstan, selanjutnya jika laju pertumbuhan penduduk (LPP) ( $X_5$ ) pada Kota Surabaya meningkat sebesar satu maka jumlah kejadian banjir akan menurun sebanyak 33 kejadian.

Model tersebut menunjukkan bahwa kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan penduduk memberikan pengaruh negatif terhadap frekuensi meningkatnya kejadian bencana banjir di Kota Surabaya, seperti penelitian yang dilakukan oleh Purwaningsih *et al* (2018) yang menunjukkan bahwa kepadatan penduduk memberikan pengaruh negatif terhadap frekwensi meningkatnya kejadian bencana banjir. Selain itu fenomena tersebut juga dipengaruhi oleh kebijakan pemerintahan Kota Surabaya kepada masyarakat dalam menanggulangi bencana banjir yang disebutkan bahwa pemerintah Kota Surabaya menuntut masyarakat setempat untuk ikut serta dalam upaya kewaspadaan dan penanggulangan bencana banjir di Kota Surabaya Widyanto (2021).

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat heterogenitas spasial pada kasus jumlah kejadian banjir di Provinsi Jawa Timur tahun 2020. Model GWR memberikan pengaruh dengan diperolehnya nilai jumlah kuadrat galat yang lebih kecil dibandingkan model regresi linear, selain itu Model GWR juga memberikan nilai koefisien determinasi yang lebih besar dari koefisien determinasi regresi linear. Hal tersebut

mengakibatkan model GWR lebih sesuai digunakan dalam memodelkan kasus jumlah kejadian banjir di Provinsi Jawa Timur.

Variabel prediktor yang signifikan memengaruhi jumlah kejadian banjir di Provinsi Jawa Timur dibagi menjadi tiga kelompok. Kelompok satu yaitu kepadatan penduduk ( $X_1$ ). Kelompok dua yaitu kepadatan penduduk ( $X_1$ ) dan laju pertumbuhan penduduk (LPP) ( $X_5$ ). Kelompok tiga yaitu curah hujan ( $X_3$ ) dan laju pertumbuhan penduduk (LPP) ( $X_5$ ).

### 4.2 Saran

Penelitian ini menggunakan enam variabel prediktor yang diduga dapat memengaruhi jumlah kejadian banjir Provinsi Jawa Timur, harapannya untuk penelitian sejenis selanjutnya dapat menggunakan variabel yang lain sehingga dapat membandingkan model mana yang lebih realistis dengan menggunakan variabel terduga yang lain. Penentuan pembobot pada penelitian ini ditentukan dengan fungsi *adaptive gaussian*, pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan fungsi pembobot yang lain seperti *adaptive bisquare*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anselin, L. (2001). *Spatial Econometrics: Methods and Models* (Badi H. Ba). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7799-1>
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. (2002). *Geographically weighted summary statistics - a framework for localised exploratory data analysis*. 26(6), 501–524. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(01)00009-6)
- Chang, L. F., Lin, C. H., & Su, M. D. (2008). Application of geographic weighted regression to establish flood-damage functions reflecting spatial variation. *Water SA*, 34(2), 209–216. <https://doi.org/10.4314/wsa.v34i2.183641>
- Devita, H., Sukarsa, I. K. G., & N. Kencana, I. P. (2014). Kinerja Jackknife Ridge Regression Dalam Mengatasi Multikolinearitas. *E-Jurnal Matematika*, 3(4), 146. <https://doi.org/10.24843/mtk.2014.v03.i04.p077>
- Kemp, K. (2014). Geographically Weighted Regression (GWR). In *Encyclopedia of*

- Geographic Information Science*.  
<https://doi.org/10.4135/9781412953962.n81>
- Lin, J. M., & Billa, L. (2021). Spatial prediction of flood-prone areas using geographically weighted regression. *Environmental Advances*, 6, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100118>
- Neter, J., Kutner H, K., J Nachtseim, C., & William, L. (1997). *Applied Linear Statistical Models* (Vol. 29, Issue 2). McGraw. <https://doi.org/10.1080/00224065.1997.11979760>
- Purwaningsih, T., Prajaningrum, C. S., & Mai, A. (2018). Building model of flood cases in central java province using geographically weighted regression (GWR). *International Journal of Applied Business and Information Systems Vol 2, No. 2, September 2018 Pp. 14-27*, 2(2), 14–27. <https://www.pubs.ascee.org/index.php/ijabis/article/view/168%0Ahttps://www.pubs.ascee.org/index.php/ijabis/article/download/168/43>
- Rachmat, A. R., & Pamungkas, A. (2014). Faktor-Faktor Kerentanan yang Berpengaruh terhadap Bencana Banjir di Kecamatan Manggala Kota Makassar. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), C178–C183. <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/7263%0Ahttps://ejurnal.its.ac.id>
- Sinaga, K. P. (2015). Poverty Data Modeling in North Sumatera Province Using Geographically Weighted Regression (GWR) Method. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(2), 1738–1742. <https://www.ijsr.net/archive/v4i2/SUB151577.pdf>
- Supranoto. (2011). *Statistik Pemodelan Bencana Banjir di Indonesia*. 2.
- Wang, C., Du, S., Wen, J., Zhang, M., Gu, H., Shi, Y., & Xu, H. (2017). Analyzing explanatory factors of urban pluvial floods in Shanghai using geographically weighted regression. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 31(7), 1777–1790. <https://doi.org/10.1007/s00477-016-1242-6>
- Widyanto, I. (2021). *Antisipasi Bencana, Pemkot Surabaya Petakan Wilayah Rawan*
- Genangan Hingga Banjir ROB*. Pemerintah Kota Surabaya.
- Wiguna, S., Syauqi, Shalih, O., Adi, W. A., & Shabrina, Z. F. (2021). Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) Tahun 2020. *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, 78. [https://inarisk.bnppb.go.id/pdf/BUKU\\_IRBI\\_2020\\_KP.pdf](https://inarisk.bnppb.go.id/pdf/BUKU_IRBI_2020_KP.pdf)
- Yhoga, P., Arafat, L. O. A., Effendy, A. A., Meivita, P., Hardiyanto, E., & Suratno. (2021). *Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2021* (B. P. S. P. J. Timur (ed.); Vol. 4, Issue 1). BPS Provinsi Jawa Timur.
- Wiguna, S., Syauqi, Shalih, O., Adi, W. A., & Shabrina, Z. F. (2021). Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) Tahun 2020. *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, 78. [https://inarisk.bnppb.go.id/pdf/BUKU\\_IRBI\\_2020\\_KP.pdf](https://inarisk.bnppb.go.id/pdf/BUKU_IRBI_2020_KP.pdf)