PEMODELAN ANGKA KRIMINALITAS DI PULAU JAWA DENGAN METODE *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* (GWR)

I Wayan Tedy Setiawan^{1§}, Ni Luh Putu Suciptawati², I Made Eka Dwipayana³

¹Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: tedywayan27@gmail.com]

²Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: suciptawati@unud.ac.id]

³Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: dwipayana@unud.ac.id]

[§]*Corresponding Author*

ABSTRACT

Transformasi dalam perilaku masyarakat dapat secara substansial memengaruhi dinamika tindak kejahatan. Pulau Jawa merupakan pulau yang memiliki angka kriminalitas tertinggi di Indonesia pada tahun 2022. Hal tersebut membuktikan bahwa angka kriminalitas di wilayah Pulau Jawa tidaklah sedikit, maka dari itu penting untuk mengetahui wilayah-wilayah yang rawan terjadi kriminalitas dan faktor-faktor apa saja yang melatarbelakangi kriminalitas tersebut. Geographically weighted regression (GWR) merupakan suatu teknik statistika yang digunakan untuk mengkaji variasi/heterogenitas spasial atau perbedaan di berbagai wilayah. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model Geographically weighted regression (GWR) angka kriminalitas di Pulau Jawa beserta faktor-faktor yang memengaruhinya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan dalam pemodelan didapatkan bahwa model GWR dengan fungsi pembobot kernel adaptive bisquare yang terbaik dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 74,22% dan nilai AIC terendah sebesar 1796,1 dan peubah yang signifikan berpengaruh terhadap angka kriminalitas di seluruh kabupaten / kota di Pulau Jawa adalah Upah Minimum Kabupaten (UMK).

Keywords: *Geographically Weighted Regression, Heterogenitas Spasial, Kriminalitas*

1. PENDAHULUAN

Kejahatan (crime) juga dikenal sebagai tindakan yang melanggar hukum dan norma sosial, hal ini secara konsisten menimbulkan penolakan dari masyarakat luas (Beridiansyah, 2019). Indonesia adalah negara yang memiliki jumlah tindak kriminalitas yang fluktuatif di setiap tahunnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2022) jumlah kejahatan di Indonesia pada tahun 2022 mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2022) Pulau Jawa menduduki peringkat teratas jumlah kejahatan di Indonesia untuk tingkat polda. Hal ini menunjukkan bahwa angka kriminalitas di Pulau Jawa cukup tinggi, mengingat Pulau Jawa adalah pusat pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi dengan kepadatan penduduk yang tinggi serta beragam faktor lainnya, sehingga penting untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kriminalitas tersebut.

Untuk memahami lebih dalam mengenai faktor-faktor kriminalitas, analisis spasial

menjadi sangat relevan, karena efektivitas penggunaan data spasial dan analisis untuk pengendalian kriminalitas masih perlu dibuktikan dan bergantung pada sifat hubungan antara kejahatan dan lokasi (Anselin et al., 2000). Analisis spasial sering kali melibatkan hubungan antara entitas, seperti kedekatan, keterhubungan, atau tumpang tindih, seperti yang dinyatakan oleh ahli geografi Waldo Tobler pada tahun 1970 "Segala sesuatu berhubungan dengan segala sesuatu yang lain, tetapi hal-hal yang dekat lebih berhubungan daripada hal-hal yang jauh" (Lee & Wong, 2001). Untuk melakukan suatu analisis data berdasarkan efek lokasi (*spatial effect*), salah satu metode statistika yang dapat diterapkan adalah regresi spasial. Regresi spasial mempunyai dua pendekatan yaitu pendekatan spasial area yang menekankan pada autokorelasi spasial dan pendekatan spasial titik yang jika terjadi heterogenitas spasial (Griffith, 2012). *Geographically weighted regression* (GWR) merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis variasi atau heterogenitas spasial,

atau perbedaan di berbagai wilayah, sehingga dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi setiap amatan (Gutiérrez-Posada et al., 2017)

Penelitian sebelumnya terkait kriminalitas dilakukan oleh (Lobont et al., 2017) yang meneliti pengaruh faktor sosial ekonomi terhadap tingkat kejahatan di Romania dengan metode regresi linear berganda yang menyimpulkan bahwa peningkatan ketimpangan pendapatan memiliki dampak besar dan kuat dalam meningkatkan tingkat kejahatan dan lingkungan tempat tinggal sangat penting, dengan aglomerasi perkotaan menjadi faktor penyebab kejahatan. Selanjutnya penelitian dilakukan oleh (Devkota et al., 2013) yang meneliti pengaruh ukuran sampel terhadap kinerja metode *ordinary least square* (OLS) dan *geographically weighted regression* (GWR), sehingga menghasilkan kesimpulan bahwa dataset harus cukup besar agar parameter individual model GWR menjadi heterogen secara spasial dan menghasilkan model GWR yang berkinerja lebih baik daripada model OLS. Koc & Akin (2021) meneliti faktor-faktor yang memengaruhi kejadian bunuh diri di Turki dengan metode GWR dan menerapkan pembobot fungsi kernel yang berbeda, menghasilkan kesimpulan bahwa model terbaik menggunakan pembobot fungsi kernel *bisquare* dengan koefisien determinasi sebesar 83%.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang mencakup setiap kabupaten/kota di Pulau Jawa pada tahun 2022 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Unit penelitian terdiri dari total 119 pengamatan, yang mencakup seluruh kabupaten/kota di Pulau Jawa. Peubah respon (Y) pada penelitian ini adalah angka kriminalitas dan peubah yang diduga memengaruhi antara lain kepadatan penduduk (X_1), jumlah pengangguran (X_2), jumlah kemiskinan (X_3), Indeks Pembangunan Manusia (IPM) (X_4), Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) (X_5), Gini Ratio (GR) (X_6), Pengeluaran per kapita (X_7), dan Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) (X_8). Selain itu terdapat koordinat lintang dan bujur (u_1, v_1), yang digunakan untuk menunjukkan lokasi kabupaten/kota yang ada di Pulau Jawa dengan, koordinat lintang/*latitude* (u_1) merupakan penentu suatu lokasi di sebelah utara atau selatan bumi dan koordinat bujur/*longitude* (v_1) merupakan penentu suatu lokasi di sebelah timur atau barat bumi.

Pada penelitian ini menggunakan Rstudio dalam mengolah data. Langkah-langkah analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan deskripsi statistik data angka kriminalitas di Pulau Jawa pada tahun 2022 beserta peubah bebas lainnya.
2. Mengidentifikasi dan mengatasi kasus multikolinearitas. Apabila multikolinearitas terjadi berarti terdapat korelasi antar peubah prediktor, maka koefisien regresi untuk peubah X tidak dapat dihitung, dan kesalahan standar menjadi tak terbatas. Namun, apabila tidak ditemukan multikolinearitas koefisien regresi menjadi lebih stabil dan dapat diandalkan (Gujarati, 2002). Untuk pengujian multikolinearitas dapat digunakan uji *variance inflation factor* (VIF), nilai *VIF* dapat dijelaskan sebagai berikut (Belsley, 1991):

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (1)$$

dengan R_j^2 menyatakan koefisien determinasi antara satu peubah prediktor X_j dengan peubah prediktor lainnya.

3. Melakukan pemodelan regresi linier berganda. Pengestimasi parameter dalam model regresi linear berganda menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode estimasi ini diterapkan dengan cara meminimalkan jumlah kuadrat kesalahan. Penduga OLS untuk β adalah (Draper & Smith, 1998):

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

4. Melakukan pengujian homoskedastisitas/kehomogenan ragam dengan Breusch-Pagan test. Terkadang hubungan linier bervariasi di seluruh ruang, sehingga beberapa kovariat memiliki efek spesifik lokasi terhadap respons (Wang et al., 2023). Apabila kehomogenan ragam tidak tercapai atau terjadi heterogenitas spasial, penelitian berlanjut dengan membuat model GWR. Berikut merupakan statistik uji dari Breusch-Pagan (Breusch & Pagan, 1979):

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

dengan BP menyatakan suatu nilai *breusch-pagan*, kemudian X menyatakan matriks yang memiliki ukuran $n \times (k + 1)$, f menyatakan suatu vektor yang memiliki ukuran $n \times 1$, ε_i^2 menyatakan suatu nilai kuadrat galat, dan $\hat{\sigma}^2$ menyatakan variansi

galat.

5. Melakukan pemodelan GWR pada angka kriminalitas di Pulau Jawa, sebagai berikut:

a. Menghitung jarak *Euclidean* antara lokasi amatan yang mengacu pada koordinat geografis dengan menggunakan rumus berikut:

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

b. Menetapkan *bandwidth* yang optimal untuk setiap kabupaten/kota menggunakan *Cross Validation* (CV) (Bowman, 1984).

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

c. Mengidentifikasi nilai pembobot pada tiap amatan menggunakan fungsi kernel *adaptive gaussian* dan *adaptive bisquare* (Brunsdon et al., 1996).

- *Adaptive Gaussian*

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

- *Adaptive Bisquare*

$$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{b_i} \right)^2 \right)^2, & \text{untuk } d_{ij} < b_i \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > b_i \end{cases} \quad (7)$$

d. Memilih pembobot terbaik model GWR dengan membandingkan nilai derajat penjelasan variabilitas atau koefisien determinasi (R^2) dan *Akaike's Information Criterion* (AIC).

$$R_i^2 = \frac{JKT_{gwr} - JKG_{gwr}}{JKT_{gwr}} \quad (8)$$

$$AIC = 2n \ln(\hat{\sigma}) + n \ln(2\pi) + n + \text{tr}(S) \quad (9)$$

e. Melakukan perhitungan nilai estimasi/penaksir parameter model GWR dengan pembobot

terbaik dengan bantuan metode *Weighted Least Square* (WLS).

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) Y \quad (10)$$

f. Menguji kesesuaian model GWR (*Goodness of Fit*) dengan pembobot terbaik terhadap model regresi linear berganda (Caraka & Yasin, 2017).

$$F_{hitung} = \frac{SSE(H_0)/df_1}{SSE(H_1)/df_2} \quad (11)$$

dengan,

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

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

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

$$df_1 = n - p - 1$$

$$df_2 = (n - 2\text{tr}(S) + \text{tr}(S^T S))$$

dengan S merupakan suatu matriks yang memproyeksikan y menjadi $\hat{y}$ pada amatan (u_i, v_i) dalam model GWR.

g. Evaluasi signifikansi parameter secara parsial pada model GWR untuk mengidentifikasi peubah prediktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap peubah respons. Statistik uji (Brunsdon et al., 1999):

$$T_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\sqrt{g_{kk} \hat{\sigma}^2}} \quad (12)$$

didalam persamaan (2.22) g_{kk} menyatakan matriks varian kovarian GG^T , dengan

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

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

$$\delta_1 = \text{tr}([(I - S)^T (I - S)], i = 1, 2)$$

dan T mengikuti sebaran t dengan derajat bebas yaitu df_2 . Kemudian diberikan tingkat signifikansi α , sehingga diambil kesimpulan jika $T_{hitung} > T_{\frac{\alpha}{2}, df_2}$ maka menolak H_0 .

h. Interpretasi Hasil

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Deskriptif

Tabel 1. Deskriptif Statistik

Peubah	Min	Max	Mean
Y	44	5041	719,72
X_1	383	22063	3322,13
X_2	1053	308165	46008,3
X_3	3,47	453,8	114,83
X_4	63,39	87,69	73,7
X_5	1770000	4798312	2653431
X_6	0,25	0,52	0,3469
X_7	8827	24221	14163
X_8	58,67	82,99	69,42

Tabel 1 menunjukkan bahwa angka kriminalitas terendah yang tercatat adalah 44, bahwa ada wilayah di Pulau Jawa yang relatif aman dengan sedikit insiden kriminal sedangkan angka kriminalitas tertinggi mencapai 5041, yang mengindikasikan adanya wilayah dengan tingkat kejahatan yang sangat tinggi. Ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan dalam angka kriminalitas di sebagian besar wilayah di Pulau Jawa. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2022) kabupaten/kota yang memiliki angka kriminalitas tertinggi di Pulau Jawa terdapat pada Provinsi Jawa Timur tepatnya di Kota Surabaya dan yang terendah terdapat di Provinsi Jawa Barat tepatnya di Pangandaran.

3.2 Uji Multikolinearitas

Untuk pengujian multikolinearitas dapat digunakan uji *variance inflation factor* (VIF). Berikut merupakan pedoman dari pengambilan keputusan uji VIF, jika nilai $VIF < 5$ sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa data tidak terdapat multikolinearitas, jika nilai $VIF > 5$, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data terdapat multikolinearitas (Devita et al., 2014) (Belsley, 1991).

Tabel 2. Nilai VIF

X	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
VI	2,	4,	3,	3,	2,	1,	2,	1,
F	9	5	8	3	5	4	4	5

Tabel 2 memperlihatkan bahwa nilai VIF dari $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 < 5$, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa multikolinearitas antar peubah prediktor tidak terjadi, sehingga semua peubah prediktor dapat diterapkan dalam pemodelan (Daoud, 2017).

3.3 Pemodelan Regresi Linear Berganda

Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan regresi linear berganda angka kriminalitas di Pulau Jawa pada tahun 2022 diperoleh persamaan regresi linear berganda dengan koefisien determinasi sebesar 61,57% seperti dibawah ini:

$$\hat{Y} = -5191 + 0,05147X_1 + 0,0012X_2 + 3,59X_3 + 52,7X_4 + 0,0003X_5 + 776X_6 - 0,0203X_7 + 7,742X_8$$

3.4 Uji Homoskedastisitas

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi apakah varians dari setiap amatan bersifat seragam atau konsisten. Pada penelitian ini digunakan uji *breusch-pagan* untuk mengidentifikasi asumsi homoskedastisitas. Hipotesis yang digunakan dalam uji homoskedastisitas adalah (Azizah et al., 2021):

$H_0 : \sigma_{\varepsilon_i}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2, i = 1, 2, 3, \dots, n$ (terpenuhinya homoskedastisitas)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_{\varepsilon_i}^2 \neq \sigma_{\varepsilon}^2, i = 1, 2, 3, \dots, n$ (terdapat heteroskedastisitas)

Diperoleh hasil dari pengujian *breusch-pagan* dengan $P - \text{value} = 0,004 < \alpha = 0,05$ sehingga dapat di tarik kesimpulan tolak H_0 yang berarti homoskedastisitas pada model regresi linear berganda tidak terpenuhi dan terdapat heterogenitas spasial sehingga diperlukan pemodelan dengan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR).

3.5 Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR)

Berbeda dengan regresi linear berganda, model GWR memungkinkan parameter yang bersifat lokal sehingga model mengalami perubahan, seperti dibawah ini (Fotheringham et al., 2002):

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (13)$$

Dengan,

Y_i = nilai amatan peubah respon pada amatan ke- i

(u_i, v_i) = koordinat titik ke- i (*longitude* dan *latitude*)

$\beta_0(u_i, v_i)$ = konstanta ke- i

$\beta_k(u_i, v_i)$ = amatan peubah prediktor ke- k pada lokasi amatan ke- i

ε_i = eror dalam amatan ke- i

Langkah awal yang perlu dilakukan untuk melakukan pemodelan GWR adalah dengan mencari matriks jarak setiap kabupaten/kota. Pemilihan matriks jarak sangat penting karena dapat memengaruhi kolinearitas dalam subset data lokal, baik secara positif maupun negatif (Comber et al., 2020). Pada penelitian ini menggunakan matriks jarak Euclid, dengan menggunakan koordinat lintang (*latitude*) dilambangkan dengan u_1 dan koordinat bujur (*longitude*) yang dilambangkan dengan v_1 , yang digunakan untuk menunjukkan lokasi kabupaten/kota yang ada di Pulau Jawa dengan satuan kilometer (km). Selanjutnya menentukan nilai pembobot, dimana kunci dalam pemodelan GWR adalah matriks pembobot, yang menetapkan ketergantungan spasial dalam data dengan menunjukkan pembobot geografis pada setiap titik pengamatan (Lu et al., 2014). Penelitian ini menggunakan fungsi pembobot kernel *adaptive gaussian* dan *adaptive bisquare*, yang memerlukan bandwidth yang berbeda untuk setiap kabupaten/kota di Pulau Jawa dengan menggunakan metode CV untuk menemukan bandwidth optimal yang menghasilkan model terbaik (da Silva & Mendes, 2018).

Setelah diperoleh nilai pembobot dengan fungsi kernel *adaptive gaussian* dan *adaptive bisquare*. Selanjutnya adalah melakukan pemodelan GWR.

Tabel 3. Perbandingan Pembobot Model GWR

Model	R^2	AIC
<i>Adaptive Gaussian</i>	63,50%	1826
<i>Adaptive Bisquare</i>	74,22%	1797

Tabel 3 menunjukkan bahwa koefisien determinasi (R^2) pada model GWR dengan pembobot fungsi kernel *adaptive bisquare* lebih tinggi daripada model dengan pembobot fungsi kernel *adaptive gaussian*. Selain itu, nilai AIC model dengan pembobot fungsi kernel *adaptive bisquare* juga lebih rendah daripada model dengan pembobot fungsi *adaptive gaussian*. Dengan demikian, model GWR dengan fungsi kernel *adaptive bisquare* terbukti sebagai model yang paling efektif dalam melakukan pemodelan angka kriminalitas di Pulau Jawa.

3.6 Pengujian Kesesuaian Model GWR (*Goodness of Fit*)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan

signifikan antara model GWR dan regresi linear berganda. Hipotesis yang diajukan dalam pengujian ini yaitu (Caraka & Yasin, 2017):

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

$$H_1: \text{setidaknya terdapat satu saja } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Menurut hasil pemodelan GWR terbaik dengan pembobot fungsi kernel *adaptive bisquare* didapatkan $F_{hitung} = 1,49 > F_{tabel} = 1,39$ sehingga tolak H_0 sehingga terdapat β_k yang dipengaruhi oleh lokasi atau model GWR dengan menggunakan pembobot fungsi kernel *adaptive bisquare* signifikan lebih baik dari model regresi linear berganda

3.7 Pengujian Parameter Model

Pengujian ini dilakukan dengan uji parsial pada parameter-parameter untuk mengidentifikasi mana parameter yang memiliki pengaruh signifikan terhadap peubah respons. Uji hipotesis pada pengujian parameter model ini adalah (Brunsdon et al., 1999):

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0, \text{ (tidak terdapat peubah prediktor yang signifikan terhadap peubah respon)}$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, \dots, p, \text{ atau (terdapat peubah prediktor yang signifikan terhadap peubah respon).}$$

Berdasarkan pengujian parameter model GWR dengan pembobot kernel *adaptive bisquare*, terdapat 7 kelompok peubah yang signifikan berpengaruh terhadap angka kriminalitas di Pulau Jawa. Peubah Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) (X_5) berpengaruh signifikan di semua kabupaten/kota, sedangkan peubah pengeluaran per kapita (X_7) tidak berpengaruh signifikan di semua kabupaten/kota yang ada di Pulau Jawa.

Tabel 4 merupakan contoh uji signifikansi parameter untuk Kota Surabaya yang masuk kedalam kelompok pertama. menunjukkan bahwa dari ke 7 peubah dependen yang uji, terdapat 3 peubah yang signifikan terhadap angka kriminalitas di Kota Surabaya yaitu kepadatan penduduk (X_1), jumlah pengangguran (X_2), dan Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) (X_4)

Model GWR yang dapat dibentuk untuk Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{64} = 284,202 + 0,00957X_1 + 0,0127X_2 + 0,0002X_4$$

Tabel 4. Signifikansi Parameter Kota Surabaya

X	$\hat{\beta}$	$SE\hat{\beta}$	T_{hitung}	T_{tabel}	Ket
X_1	0,0957	0,0327	2,9269	1,65	Sig
X_2	0,0127	0,0042	3,0623	1,65	Sig
X_3	1,3650	1,7968	0,7596	1,65	-
X_4	-11,183	26,874	0,4161	1,65	-
X_5	0,0002	0,0001	1,8873	1,65	Sig
X_6	1301,4	2249,9	0,5783	1,65	-
X_7	-0,0086	0,0312	0,2771	1,65	-
X_8	-7,9843	20,177	0,3957	1,65	-

Sehingga interpretasi model yang di peroleh adalah:

1. Jika kepadatan penduduk (X_1) pada Kota Surabaya meningkat 1000 jiwa per km^2 maka angka kriminalitas di Kota Surabaya akan meningkat sebanyak 9,57 kejadian dengan peubah lainnya dianggap konstan. Seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh (Browning et al., 2010) yang juga menemukan hal serupa. Di area dengan kepadatan penduduk yang tinggi, individu yang berpotensi melakukan tindak kriminal memiliki peluang lebih besar untuk bertemu dengan calon korban karena tingginya volume lalu lintas di sepanjang jalan.
2. Jika jumlah pengangguran (X_2) meningkat 1000 jiwa maka angka kriminalitas di Kota Surabaya akan meningkat sebanyak 12,7 kejadian dengan peubah lainnya dianggap konstan. Penelitian (Phillips & Land, 2012) juga menemukan hal serupa dimana efek motivasi positif dari pengangguran terhadap kejahatan tampak lebih besar daripada efek peluang negatif.
3. Jika Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) (X_4) pada Kota Surabaya meningkat Rp10.000 maka angka kriminalitas di Kota Surabaya akan meningkat sebanyak 2 kejadian dengan peubah lain dianggap konstan. Menurut (Paramita, 2021) upah minimum hanya akan efektif bagi pekerja yang masuk ke dalam sektor formal, sedangkan ketenagakerjaan di Indonesia masih didominasi tenaga kerja yang berada di sektor informal. Berdasarkan hal tersebut yang menjadi salah satu penyebab upah minimum belum mampu mengurangi kesenjangan pendapatan di Indonesia, hal tersebut akan berpengaruh terhadap tindakan kejahatan, sesuai dengan pernyataan (Merton, 1938) bahwa semakin tinggi ketimpangan di wilayah tersebut, semakin besar tekanan yang dirasakan oleh individu

dan semakin tinggi kemungkinan individu tersebut untuk melakukan kejahatan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh adalah bahwa model Geographically Weighted Regression (GWR) dengan fungsi pembobot kernel *adaptive bisquare* lebih unggul dibandingkan dengan fungsi pembobot kernel *adaptive gaussian* serta regresi linear berganda dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 74,22%. Pemodelan menggunakan GWR menghasilkan model yang bervariasi untuk masing-masing kabupaten/kota di Pulau Jawa. Peubah Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) (X_5) berpengaruh signifikan di seluruh kabupaten/kota di Pulau Jawa. Selain itu, terdapat tujuh kelompok kabupaten/kota yang memiliki pola kesamaan dalam peubah yang memengaruhi angka kriminalitas di Pulau Jawa.

Pada penelitian selanjutnya dalam pemodelan GWR disarankan untuk memilih jarak serta fungsi kernel yang lebih variatif guna menghasilkan model yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anselin, L., Cohen, J., Cook, D., Gorr, W., & Tita, G. (2000). Spatial Analyses Of Crime. *Criminal Justice*, 4(2), 213–262.
- Azizah, I. N., Arum, P. R., & Wasono, R. (2021). Model Terbaik Uji Multikolinearitas Untuk Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Padi Di Kabupaten Blora Tahun 2020. *Prosiding Seminar Nasional Unimus*, 4.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Kriminal 2022*.
- Belsley, D. A. (1991). Conditioning Diagnostics: Collinearity And Weak Data In Regression. *John Wiley & Sons, Inc., New York*.
- Beridiansyah, B. (2019). Kajian Kriminologi Dan Hukum Pidana Terhadap Perilaku Vigilantisme Pada Masyarakat. *Wajah Hukum*, 3(1), 89–96.
- Bowman, A. W. (1984). An Alternative Method Of Cross-Validation For The Smoothing Of Density Estimates. *Biometrika*, 71(2), 353–360.

- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). A Simple Test For Heteroscedasticity And Random Coefficient Variation. *Econometrica: Journal Of The Econometric Society*, 1287–1294.
- Browning, C. R., Byron, R. A., Calder, C. A., Krivo, L. J., Kwan, M.-P., Lee, J.-Y., & Peterson, R. D. (2010). Commercial Density, Residential Concentration, And Crime: Land Use Patterns And Violence In Neighborhood Context. *Journal Of Research In Crime And Delinquency*, 47(3), 329–357.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. (1999). Some Notes On Parametric Significance Tests For Geographically Weighted Regression. *Journal Of Regional Science*, 39(3), 497–524.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. E. (1996). Geographically Weighted Regression: A Method For Exploring Spatial Nonstationarity. *Geographical Analysis*, 28(4), 281–298.
- Caraka, R. E., & Yasin, H. (2017). *Geographically Weighted Regresi, Mobius, Yogyakarta*.
- Comber, A., Chi, K., Huy, M. Q., Nguyen, Q., Lu, B., Phe, H. H., & Harris, P. (2020). Distance Metric Choice Can Both Reduce And Induce Collinearity In Geographically Weighted Regression. *Environment And Planning B: Urban Analytics And City Science*, 47(3), 489–507.
- Da Silva, A. R., & Mendes, F. F. (2018). On Comparing Some Algorithms For Finding The Optimal Bandwidth In Geographically Weighted Regression. *Applied Soft Computing*, 73, 943–957.
- Daoud, J. I. (2017). Multicollinearity And Regression Analysis. *Journal Of Physics: Conference Series*, 949(1), 012009.
- Devita, H., Sukarsa, I. K. G., & Kencana, I. P. E. N. (2014). Kinerja Jackknife Ridge Regression Dalam Mengatasi Multikolinearitas. *E-Jurnal Matematika*, 3(4), 146–153.
- Devkota, M. L., Hatfield, G., & Chintala, R. (2013). Effect Of Sample Size On The Performance Of Ordinary Least Squares And Geographically Weighted Regression. *British Journal Of Mathematics & Computer Science*, 4(1), 1–21.
- Draper, N. R., & Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis* (Vol. 326). John Wiley & Sons.
- Fotheringham, S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis Of Spatially Varying Relationship*. John Wiley & Sons Ltd.,
- Griffith, D. A. (2012). *Advanced Spatial Statistics: Special Topics In The Exploration Of Quantitative Spatial Data Series* (Vol. 12). Springer Science & Business Media.
- Gujarati, D. (2002). *Basic Econometrics 4th Edition*.
- Gutiérrez-Posada, D., Rubiera-Morollon, F., & Viñuela, A. (2017). Heterogeneity In The Determinants Of Population Growth At The Local Level: Analysis Of The Spanish Case With A Gwr Approach. *International Regional Science Review*, 40(3), 211–240.
- Koc, T., & Akın, P. (2021). Comparison Of Kernel Functions In Geographically Weighted Regression Model: Suicide Data As An Application. *Acta Infologica*, 5(2), 333–340.
- Lee Jay, & Wong W.S David. (2001). *Statistical Analysis With Arcview Gis*.
- Lobonț, O.-R., Nicolescu, A.-C., Moldovan, N.-C., & Kuloğlu, A. (2017). The Effect Of Socioeconomic Factors On Crime Rates In Romania: A Macro-Level Analysis. *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, 30(1), 91–111.
- Lu, B., Harris, P., Charlton, M., & Brunsdon, C. (2014). The Gwmodel R Package: Further Topics For Exploring Spatial Heterogeneity Using Geographically Weighted Models. *Geo-Spatial Information Science*, 17(2), 85–101.
- Merton, R. K. (1938). Psocial Structure And Anomieq, American Sociological Re# View, 3. October, 672&82.
- Paramita, R. (2021). Menilik Upah Minimum Dan Ketimpangan Pendapatan Di Indonesia. *Jurnal Budget: Isu Dan Masalah Keuangan Negara*, 6(2).
- Phillips, J., & Land, K. C. (2012). The Link Between Unemployment And Crime Rate

Fluctuations: An Analysis At The County, State, And National Levels. *Social Science Research*, 41(3), 681–694.

Wang, X., Zhu, Z., & Zhang, H. H. (2023). Spatial Heterogeneity Automatic Detection And Estimation. *Computational Statistics & Data Analysis*, 180, 107667.