



**PENERAPAN MODEL REGRESI SPASIAL  
DALAM MENENTUKAN FAKTOR-FAKTOR  
YANG MEMENGARUHI INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA  
DI KABUPATEN/KOTA PULAU KALIMANTAN**

**Andriati Langiran<sup>\*</sup>, Kismiantini, Ezra Putranda Setiawan**

Program Studi Statistika, Universitas Negeri Yogyakarta

\*e-mail: [andriatilangiran.2018@student.uny.ac.id](mailto:andriatilangiran.2018@student.uny.ac.id); [kismi@uny.ac.id](mailto:kismi@uny.ac.id); [ezra.ps@uny.ac.id](mailto:ezra.ps@uny.ac.id)

**Abstrak.** Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan salah satu ukuran keberhasilan pembangunan. Di Indonesia, IPM digunakan untuk mengukur keberhasilan pemerintah dalam hal pembangunan kesejahteraan manusia. Pada tahun 2021, IPM di Kabupaten/Kota Pulau Kalimantan masih banyak yang lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata IPM di Indonesia yaitu 72,29. Oleh karena itu, perlu diketahui faktor-faktor yang memengaruhi IPM di setiap Kabupaten/Kota. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh signifikan dan untuk mengetahui model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan menggunakan fungsi pembobot terbaik berdasarkan data Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan. Model GWR bekerja dengan mengestimasi parameter dengan mempertimbangkan lokasi. Hasil penelitian berdasarkan model GWR terbaik yaitu model GWR dengan fungsi pembobot *adaptive bi-square kernel* diperoleh tujuh kelompok Kabupaten/Kota berdasarkan faktor yang berpengaruh. Kelompok dengan Kabupaten/Kota yang paling banyak dipengaruhi oleh faktor persentase penduduk miskin. Model GWR terbaik memperoleh nilai koefisien determinan ( $R^2$ ) sebesar 62,7%.

**Kata kunci:** *Indeks Pembangunan Manusia, Spasial, Adaptive Bi-square Kernel, Geographically Weighted Regression, Koefisien Determinan*

**Abstract.** *The human development index (HDI) is the size of development success. In Indonesia, HDI used to measure the success of the government in terms of human development the welfare. In 2021, HDI in District/City Kalimantan Island is still much lower than the average HDI in Indonesia, 72,29. Therefore, it is necessary to know the factors that affect HDI in each District/City. This study aims to determine the factors that have a significant effect and to know the geographically weighted regression (GWR) modeling using the best weighting function based on District/City data on Kalimantan Island. The GWR model works by estimating parameters by considering the location. The results of the basis based on the best GWR model, the GWR model with the adaptive bi-square kernel weighted function obtained seven District/Cities groups is based on influential factors. Groups with most District/Cities are most affected by the percentage of the poor population. The best GWR model obtained the determinant coefficient value ( $r^2$ ) of 62.7%.*

**Keywords:** *Human Development Index, Spatial, Adaptive Bi-square Kernel, Geographically*

## *Weighted Regression, Coefficient Determinant*

### PENDAHULUAN

Pembangunan manusia merupakan konsep yang pertama kali diperkenalkan oleh *United Nations Development Programme* (UNDP) pada tahun 1990, melalui publikasi *Human Development Report* (HDI). UNDP menyatakan bahwa tujuan utama dari pembangunan adalah menciptakan lingkungan yang memungkinkan bagi masyarakat untuk umur panjang, hidup sehat, dan menjalankan kehidupan yang produktif. Terdapat tiga dimensi pembentuk pembangunan manusia, yaitu umur panjang dan hidup sehat, pengetahuan dan standar hidup layak (UNDP (United Nations Development Programme), 1990).

Di Indonesia, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) digunakan untuk mengukur keberhasilan pemerintah dalam hal pembangunan kesejahteraan manusia dan sebagai salah satu alokator penentuan Dana Alokasi Umum (DAU). IPM juga digunakan untuk menentukan peringkat atau level pembangunan suatu wilayah. Diketahui bahwa capaian pembangunan manusia bervariasi, seiring perbedaan karakteristik setiap daerah. Hal ini tentunya memengaruhi capaian dari IPM di Indonesia secara rata-rata (Badan Pusat Statistik, 2022).

Perbedaan karakteristik suatu daerah tentunya dipengaruhi kondisi daerah tersebut. Hal ini menyebabkan perbedaan faktor yang memengaruhi nilai IPM di setiap daerahnya. Pada tahun 2021, IPM di Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan masih banyak yang lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata IPM di Indonesia sebesar 72,29. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat keragaman spasial (heterogenitas) dalam capaian IPM di Pulau Kalimantan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi IPM ketika terdapat masalah heterogenitas spasial yaitu metode *weighted least square* (WLS) dengan menggunakan pembobot berdasarkan titik lokasi secara geografis. Hasil dari metode ini yaitu model *geographically weighted regression* (GWR) di setiap titik lokasi.

Menurut penelitian yang dilakukan Kadri et al. (2020), kontribusi dari faktor yang berpengaruh di setiap Kabupaten/Kota berbeda-beda. Ramadhan (2018) menyebutkan bahwa persentase penduduk miskin menjadi salah satu faktor yang memengaruhi IPM. Penelitian Amrizal (2022) menunjukkan bahwa jumlah puskesmas juga memengaruhi IPM. Penelitian Melliana & Zain (2013) menunjukkan tingkat partisipasi angkatan kerja dan PDRB per kapita dan beberapa faktor lainnya memengaruhi IPM.

Model GWR merupakan model data spasial yang dikembangkan dari metode regresi *ordinary least square* (OLS). Namun, pada model GWR, setiap lokasi pengamatan memiliki persamaan dugaan parameter model GWR masing-masing. Pemodelan data spasial dengan GWR telah banyak dilakukan oleh peneliti, seperti penelitian yang dilakukan oleh Maulana et al. (2019) yang menunjukkan bahwa setiap faktor yang memengaruhi IPM memiliki kontribusi yang berbeda di setiap lokasi pengamatan. Penelitian lain mengenai kasus kematian ibu di Jawa Timur oleh Ulfie Safitri & Amaliana (2021), diperoleh model GWR terbaik dalam memodelkan kasus tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Tizona et al. (2017) pada kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kalimantan Timur pada tahun 2015 memperoleh faktor yang berpengaruh untuk setiap lokasi yang diamati.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh signifikan pada IPM. Selain itu, untuk mengetahui model GWR dengan fungsi pembobot terbaik dalam menjelaskan sebaran faktor-faktor yang berpengaruh pada IPM di Kabupaten/Kota Pulau Kalimantan tahun 2021.

## METODE

### Variabel dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik setiap Provinsi di Pulau Kalimantan tahun 2022. Variabel dependen yang digunakan adalah Indeks Pembangunan Manusia setiap Kabupaten/Kota tahun 2021 ( $Y$ ). Variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini adalah persentase penduduk miskin setiap Kabupaten/Kota tahun 2021 ( $X_1$ ), jumlah puskesmas setiap Kabupaten/Kota tahun 2021 ( $X_2$ ), tingkat partisipasi angkatan kerja setiap Kabupaten/Kota tahun 2021 ( $X_3$ ), dan produk domestik regional bruto (PDRB) per kapita (ribu rupiah) setiap Kabupaten/Kota tahun 2021 ( $X_4$ ). Serta variabel geografis berupa garis bujur (*longitude*) dan garis lintang (*latitude*) dari 56 Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan.

### Analisis Data

Model *geographically weighted regression* (GWR) merupakan pemodelan data spasial yang relatif sederhana yang memperluas fungsi persamaan regresi linier. Model GWR bekerja dengan menjelaskan suatu lokasi dengan lokasi yang berada di sekitarnya dan semua titik pengamatan di sekitar titik lokasi pengamatan ini digunakan untuk mengkalibrasi model, di mana jarak antar titik lokasi pengamatan dijadikan pembobot untuk lokasi yang diamati. Titik yang lebih dekat dengan titik pengamatan memiliki pengaruh yang lebih besar daripada titik yang jauh dari titik pengamatan. Model GWR dituliskan sebagai berikut (Fortheringham et al., 2002).

$$y_i = \beta_0(u_i, v_j) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_j) x_{i1} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

dengan  $(u_i, v_j)$  merupakan koordinat titik (*longitude* dan *latitude*) dari setiap pengamatan ke- $i$ , dan  $\beta_k(u_i, v_j)$  adalah koefisien regresi variabel independen ke- $k$  pada lokasi ke- $i$ . Pada pemodelan ini dilakukan menggunakan *bandwidth* optimum dengan *cross-validation* (CV) yang dituliskan pada persamaan (2) (Fortheringham et al., 2002).

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

Estimasi parameter GWR dilakukan dengan rumus pada persamaan (3) (Fortheringham et al., 2002).

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{y} \quad (3)$$

dengan  $\mathbf{W}(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_{in} \end{bmatrix}$ , di mana diagonal dari matriks  $\mathbf{W}(u_i, v_i)$  merupakan pembobot untuk setiap lokasi pengamatan ke- $i$ . Fungsi pembobot yang digunakan yaitu fungsi kernel. Fungsi pembobot dituliskan pada Tabel 1 (Fortheringham et al., 2002).

**Tabel 1. Rumus Fungsi Pembobot**

Fungsi Kernel	Fungsi Pembobot
<i>Fixed Kernels</i>	<i>Gaussian</i> $w_{FG} = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right]$
	<i>Bi-Square</i> $w_{FB} = \left[ 1 - \left( \frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right]^2$ jika $d_{ij} < b$

Fungsi Kernel		Fungsi Pembobot
Adaptive Kernels	Gaussian	$w_{AG} = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right]$
	Bi-Square	$w_{AB} = \left[ 1 - \left( \frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right]^2$ jika $d_{ij} < b$

Rumus  $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$  merupakan jarak Euclidean antara lokasi ke- $i$  dan ke- $j$ . Pengujian kebaikan model dilakukan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut (Leung et al., 2000):

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{p-1} = 0$  (Tidak terdapat variabel independen yang dapat menjelaskan keragaman dalam variabel dependen)

$H_1 : \text{Terdapat minimal satu } \beta_k \neq 0, \text{ dengan } k = 1, 2, \dots, p - 1.$

Statistik uji yang digunakan sebagai berikut (Leung et al., 2000):

$$F_{hit} = \frac{DSS/v_1}{JKG_{OLS}/(n-p-1)} \quad (4)$$

dengan  $DSS = JKG_{OLS} - JKG_{GWR} = Y'[(I - Q) - (I - L)'(I - L)]Y = Y'AY$  dan  $A = [(I - Q) - (I - L)'(I - L)]$  merupakan semidefinit positif karena  $DSS \geq 0$  untuk setiap  $Y$ ,  $v_1 = tr(A) = n - p - 1 - \delta_1$  dan  $v_2 = tr(A^2) = n - p - 1 - 2\delta_1 + \delta_2$  ( $\delta_1 = tr[(I - L)'(I - L)]$ ;  $\delta_2 = tr[(I - L)'(I - L)]^2$ ), serta matriks  $Q = X(X'X)^{-1}X'$ , dan matriks

$$L = \begin{pmatrix} x'_1[X'W(1)X]^{-1}X'W(1) \\ x'_2[X'W(2)X]^{-1}X'W(2) \\ \vdots \\ x'_1[X'W(n)X]^{-1}X'W(n) \end{pmatrix}$$

Pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ , Kriteria keputusan  $H_0$  ditolak jika  $F_{hit} > F_{\alpha}(v_1^2/v_2, n-p-1)$ .

Pengujian parameter model dilakukan dengan hipotesis (Leung et al., 2000) :

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$

$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut (Leung et al., 2000) :

$$t = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i) - \beta_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} [1 + var(\hat{\beta}_k(u_i, v_i) - \beta_k(u_i, v_i))]^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

dengan  $\hat{\sigma} = \sqrt{JKG_{GWR}/\delta_1}$  dan kriteria keputusan :  $H_0$  ditolak jika  $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}(n-p-1)}$  pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Rumus variansi bagi  $\hat{\beta}_k(u_i, v_i) - \beta_k(u_i, v_i)$  dituliskan dalam sebagai berikut (Leung et al., 2000) :

$$\begin{aligned} var[\hat{\beta}_k(u_i, v_i) - \beta_k(u_i, v_i)] &= var(\hat{\beta}_k(u_i, v_i)) + var(\beta_k(u_i, v_i)) \\ &= var\{x'_k[X'W(u_i, v_i)X]^{-1}X'W(u_i, v_i)Y\} + \sigma^2 \\ &= x'_k[X'W(u_i, v_i)X]^{-1}X'W(u_i, v_i)var(Y)X[X'W(u_i, v_i)X]^{-1}x_k + \sigma^2 \\ &= \{1 + x'_k[X'W(u_i, v_i)X]^{-1}X'W(u_i, v_i)var(Y)X[X'W(u_i, v_i)X]^{-1}x_k\} \sigma^2 \end{aligned}$$

dengan  $\sigma^2 = JKG_{GWR}/(n - 2v_1 + v_2)$ . Sehingga bentuk sederhananya,

$$S(u_i v_i) = x'_k[X'W(u_i, v_i)X]^{-1}X'W(u_i, v_i)var(Y)X[X'W(u_i, v_i)X]^{-1}x_k$$

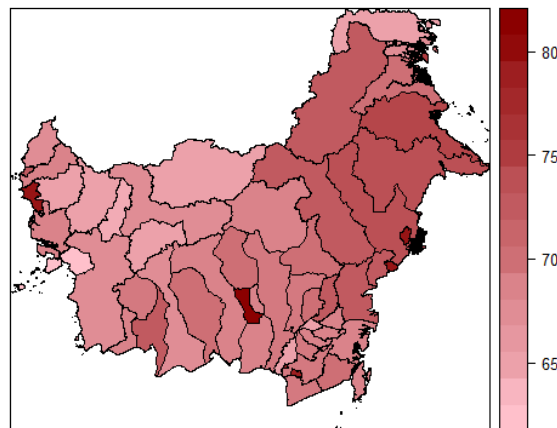
Analisis data dilakukan dengan menggunakan *software* RStudio versi 2022.07.1. *Package* yang digunakan untuk analisis data regresi linier adalah *package* *lmtest* (Fox et al. 2,022) untuk model regresi linier berganda dan uji asumsi heterogenitas spasial, dan *package* *car* (Hothorn et al., 2022) untuk asumsi multikolinieritas. *Package* yang digunakan untuk

analisis GWR menggunakan package GWModel (Lu et al., 2022). Langkah penerapan model GWR untuk analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan data penelitian;
2. Melakukan statistik deskriptif;
3. Pemodelan data dengan model regresi linier berganda (OLS);
4. Memeriksa asumsi heterogenitas spasial menggunakan statistik uji Breusch Pagan;
5. Pemodelan dengan model GWR;
6. Melakukan pemilihan model terbaik dengan kriteria  $AIC = n \ln JKG - n \ln n + 2p$  terkecil,  $JKG_{GWR} = \sum_{i=1}^n w_i (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \dots - \beta_{p-1} X_{i,p-1})^2$  terkecil, dan koefisien determinasi  $(R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2})$ ;
7. Menginterpretasi model terbaik yang telah diperoleh; dan
8. Membuat peta setiap variabel yang berpengaruh.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil



Gambar 1. Peta Sebaran IPM di Setiap Kabupaten/Kota Pulau Kalimantan

Peta data IPM di setiap Kabupaten/Kota Pulau Kalimantan tahun 2021 digambarkan pada Gambar 1. Terlihat bahwa terdapat empat daerah yang memiliki IPM yang lebih tinggi (warna merah gelap) di bagian Kalimantan Timur yaitu Kota Samarinda dan kota Balikpapan. Pada bagian Kalimantan Tengah yaitu Kota Palangka Raya dan Kalimantan Barat yaitu Kota Pontianak.

Pada tahun 2021 rata-rata IPM di Pulau Kalimantan berada pada kelompok yang tinggi yaitu sebesar 70,76. Serta nilai IPM terendah yaitu 62,90 yang merupakan nilai IPM Kabupaten Kayong Utara dan nilai IPM tertinggi adalah 80,82 yang berada pada Kota Palangka Raya. Rata-rata persentase penduduk miskin di Pulau Kalimantan yaitu sebesar 6,29%, dengan persentase penduduk miskin yang paling rendah berada pada Kota Balikpapan (2,89%). Rata-rata jumlah puskesmas di Pulau Kalimantan adalah sebanyak 16 puskesmas, dengan puskesmas yang paling banyak berada di Kabupaten Kutai Kartanegara yakni sebanyak 33 puskesmas.

Rata-rata tingkat partisipasi angkatan kerja di Pulau Kalimantan adalah sebesar 68,83%. Daerah dengan tingkat partisipasi angkatan kerja tertinggi berada pada Kabupaten Barito Timur sebesar 78,40%. Rata-rata nilai PDRB per kapita di Pulau Kalimantan adalah sebesar 46.829 per kapita. Daerah dengan nilai PDRB per kapita tertinggi yaitu Kota Bontang yakni sebesar 220.907 per kapita.

### 1. Model Regresi Linier (OLS)

Pemodelan regresi linier (OLS) dalam hal ini yaitu model global dilakukan untuk sebagai langkah pertama dalam analisis ini. Pemodelan regresi global diperoleh pada persamaan (6).

$$\widehat{IPM} = 94,93000 - 0,68880(\text{Persentase Penduduk Miskin}) + 0,01555(\text{Jumlah Puskesmas}) - 0,31700(\text{Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja}) + 0,00004(\text{PDRB per Kapita}). \quad (6)$$

Pada pengujian asumsi heterogenitas spasial digunakan statistik uji Breusch-Pagan. Pada statistik uji Breusch Pagan diperoleh  $p\text{-value}$  sebesar  $0,02846 < \alpha = 0,05$ . Hal ini mengindikasikan terjadi heterogenitas spasial pada data IPM di Pulau Kalimantan tahun 2021.

### 2. Model Geographically Weighted Regression (GWR)

Pemodelan GWR dilakukan menggunakan empat fungsi pembobot kernel yaitu *fixed gaussian kernel*, *fixed bi-square kernel*, *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive bi-square kernel*. Pada masing-masing fungsi pembobot kernel ini dilakukan penentuan *bandwidth* optimum dengan menggunakan skor *cross validation* (CV). Bandwidth optimum untuk masing-masing fungsi pembobot secara berturut adalah 5,664538, 9,118423, 34 dan 34.

Estimasi parameter model GWR dilakukan dengan metode *weighted least square* (WLS) menggunakan keempat fungsi pembobot kernel. Pada model GWR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel*, faktor yang memengaruhi tidak memiliki perbedaan dengan model regresi global. Sedangkan dengan menggunakan fungsi pembobot *fixed gaussian kernel*, *fixed bi-square kernel* dan *adaptive bi-square kernel* faktor yang memengaruhi setiap lokasi pengamatan berbeda-beda.

Kemudian, setelah melakukan estimasi parameter model GWR dengan setiap fungsi pembobot dilakukan pemilihan model terbaik. Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan model GWR terbaik dengan nilai *JKG* dan *AIC*, terkecil serta  $R^2$  terbesar yaitu model GWR dengan fungsi pembobot *adaptive bi-square kernel*.

Tabel 2. Nilai *JKG*, *AIC*, dan  $R^2$

Model	<i>JKG</i>	<i>AIC</i>	$R^2$
Regresi Linier OLS	601,235	303,844	0,440
GWR <i>Fixed Gaussian Kernel</i>	557,113	293,832	0,481
GWR <i>Fixed Bi-square Kernel</i>	522,380	291,518	0,513
GWR <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	540,462	292,852	0,496
GWR <i>Adaptive Bi-square Kernel</i>	400,539	285,175	0,627

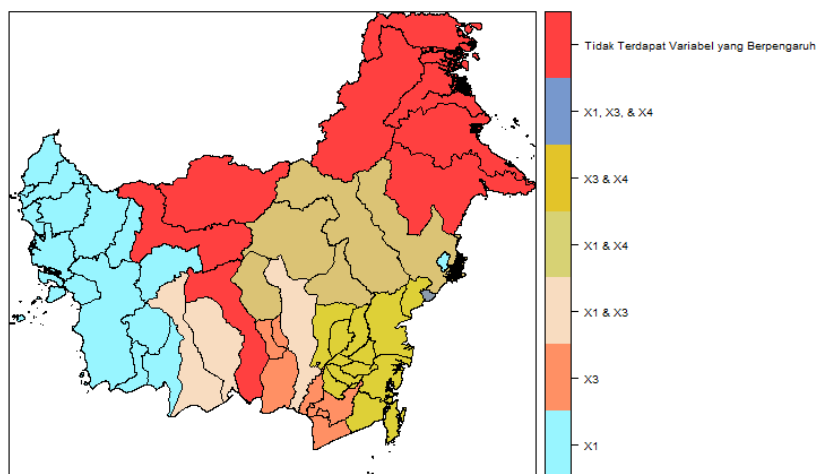
Pengujian parameter model GWR dengan fungsi pembobot *adaptive bi-square kernel* dilakukan untuk mengetahui kelayakan model dan faktor-faktor yang signifikan memengaruhi IPM di setiap Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan. Hasil dari pengujian kelayakan model diperoleh statistik uji  $F_{hit} = 1,1399 > F_{0,05(19,93422;51)} = 0,5087914$ , maka disimpulkan bahwa pada taraf signifikansi 5% setidaknya terdapat satu variabel independen yang dapat digunakan untuk menjelaskan signifikansi keragaman pada indeks pembangunan manusia di Pulau Kalimantan pada tahun 2021. Hasil dari pengujian parameter model diperoleh statistik uji  $|t|$  (pada setiap parameter di lokasi yang diamati) lebih besar dari  $t_{0,05(51)} = 2,007584$ . Maka diperoleh 7 kelompok Kabupaten/Kota berdasarkan faktor yang berpengaruh. Peta sebaran pengaruh faktor di setiap lokasi pengamatan dapat dilihat pada Gambar 2.

## Pembahasan

Estimasi parameter model GWR dengan fungsi pembobot yang terbaik diberikan contoh pada Kota Balikpapan yang dituliskan pada persamaan (7).

$$\overline{IPM} = 104,52414 - 0,76586 (\text{Persentase Penduduk Miskin}) - 0,06106(\text{Jumlah Puskesmas}) - 0,41478(\text{Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja}) + 0,00004(\text{PDRB per Kapita}) \quad (7)$$

Terlihat bahwa nilai intersep 104,52414 yang memiliki arti jika faktor persentase penduduk miskin, jumlah puskesmas, tingkat partisipasi angkatan kerja dan PDRB per kapita bernilai nol, maka nilai IPM di Kota Balikpapan adalah 104,52414 secara rata-rata. Dalam hal ini nilai IPM yang tinggi dipengaruhi oleh faktor pengali lain yang bersifat negatif, maka nilai IPM akan cenderung mengecil ketika faktor-faktor pengali lainnya disubstitusikan ke dalam model. Terdapat pula hubungan negatif antara persentase penduduk miskin, jumlah puskesmas dan tingkat partisipasi angkatan kerja dan PDRB per kapita memiliki hubungan yang positif terhadap IPM di Kota Balikpapan.



Gambar 2. Peta Sebaran Kelompok Kabupaten/Kota Berdasarkan Faktor yang Berpengaruh

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa faktor persentase penduduk miskin ( $X_1$ ), tingkat partisipasi angkatan kerja ( $X_3$ ), dan PDRB per kapita ( $X_4$ ) memiliki pengaruh yang berbeda terhadap IPM di setiap Kabupaten/Kota Pulau Kalimantan tahun 2021. Pada Provinsi Kalimantan Barat sebagian besar Kabupaten/Kota hanya dipengaruhi oleh persentase penduduk miskin. Pada Provinsi Kalimantan Selatan sebagian besar Kabupaten/Kota hanya dipengaruhi oleh tingkat partisipasi angkatan kerja dan PDRB per kapita. Pada Provinsi Kalimantan Tengah dan Provinsi Kalimantan Timur sebagian besar Kabupaten/Kota dipengaruhi oleh faktor persentase penduduk miskin, tingkat partisipasi angkatan kerja, dan PDRB per kapita. Sedangkan pada Provinsi Kalimantan Utara keempat faktor tidak memiliki pengaruh.

Hasil pemodelan dengan model GWR terbaik menunjukkan bahwa persentase penduduk miskin memiliki pengaruh terhadap IPM di beberapa Kabupaten/Kota. Penelitian Putri et al. (2022) memperoleh hasil yang sama yaitu 5 kelompok berdasarkan faktor yang berpengaruh signifikan dan faktor persentase penduduk miskin berpengaruh di 3 kelompoknya.

Pemodelan dengan model GWR terbaik menunjukkan pula bahwa variabel persentase penduduk miskin, tingkat partisipasi angkatan kerja dan PDRB per kapita memiliki pengaruh yang berbeda di setiap lokasi pengamatan dalam hal ini Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan.. Penelitian yang dilakukan Ramadayani et al. (2022) menggunakan model GWR dengan fungsi pembobot *adaptive bi-square* sebagai model terbaik dan memperoleh 5 kelompok berdasarkan variabel yang berpengaruh.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa model GWR terbaik yaitu model GWR dengan fungsi pembobot *adaptive bi-square kernel*. Pemodelan GWR terbaik memperoleh 7 kelompok Kabupaten/Kota berdasarkan faktor yang signifikan memengaruhi IPM di Kabupaten/Kota Pulau Kalimantan tahun 2021. Model GWR terbaik memperoleh koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 62,7%. Hal ini berarti pemodelan GWR *adaptive bi-square kernel* dapat menjelaskan faktor yang memengaruhi IPM sebesar 62,7% dan 37,3% dijelaskan oleh faktor yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrizal. (2022). Analisis disparitas dan faktor-faktor yang mempengaruhi indeks pembangunan manusia kabupaten/kota di Provinsi Jambi (model regresi data panel 11 kabupaten/kota tahun 2014-2018). *Jurnal Paradigma Ekonomika*, 17(2), 235–246. <https://doi.org/10.22437/jpe.v17i2.10154>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Indeks pembangunan manusia 2021*. Badan Pusat Statistik.
- Fortheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically weighted regression the analysis of spatially varying relationships*. John Wiley & Sons Ltd.
- Fox, J., Weisberg, S., & Price, B. (2022). *CRAN - Package car*. CRAN. <https://cran.r-project.org/web/packages/car/index.html>
- Hothorn, T., Zeileis, A., Farebrother, R. W., & Cummins, C. (2022). *CRAN - Package lmtree*. CRAN. <https://cran.r-project.org/web/packages/lmtree/index.html>
- Kadri, I. A., Susilawati, M., & Sari, K. (2020). Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap indeks pembangunan manusia di Provinsi Papua. *Matematika*, 9(1), 31–36. <https://doi.org/10.24843/MTK.2020.v09.i01.p275>
- Leung, Y., Mei, C. L., & Zhang, W. X. (2000). Statistical tests for spatial nonstationarity based on the geographically weighted regression model. *Environment and Planning A*, 32(1), 9–32. <https://doi.org/10.1068/a3162>
- Lu, B., Harris, P., Charlton, M., Brunson, C., Nakaya, T., Murakami, D., Gollini, I., Hu, Y., & Evans, F. H. (2022). *CRAN - Package GWmodel*. CRAN. <https://cran.r-project.org/web/packages/GWmodel/index.html>
- Maulana, A., Meilawati, R., & Widiastuti, V. (2019). Pemodelan indeks pembangunan manusia (IPM) metode baru menurut provinsi tahun 2015 menggunakan geographically weighted regression (GWR). *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.13057/ijas.v2i1.26170>
- Melliana, A., & Zain, I. (2013). Analisis statistika faktor-faktor yang memengaruhi indeks pembangunan manusia di kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan regresi panel. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(2), D237–D242. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v2i2.4844>
- Putri, F. E., Mukhasar, Baharuddin, Abapihi, B., Ruslan, & Agusrawati. (2022). Pemodelan indeks pembangunan manusia di Indonesia dengan geographically weighted regression (GWR). *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 8(2), 34–49.
- Ramayani, M. R., Indiyah, F. H., & Hadi, I. (2022). Pemodelan geographically weighted regression menggunakan pembobot kernel fixed dan adaptive pada kasus tingkat pengangguran terbuka di Indonesia. *JMT : Jurnal Matematika Dan Terapan*, 4(1), 51–62. <https://doi.org/10.21009/jmt.4.1.5>
- Ramadhan, F. H. (2018). Analisis faktor-faktor yang memengaruhi indeks pembangunan



- manusia di Kabupaten Malang. *Ekopem: Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 29.
- Safitri, U., & Amaliana, L. (2021). Model geographically weighted regression dengan fungsi pembobot adaptive dan fixed kernel pada kasus kematian ibu di Jawa Timur. *Jurnal Statistika Dan Aplikasinya*, 5(2), 208–220. <https://doi.org/10.21009/JSA.05209>
- Tizona, A. R., Goejantoro, R., & Wasono. (2017). Pemodelan geographically weighted regression (GWR) dengan fungsi pembobot adaptive kernel bisquare untuk angka kesakitan demam berdarah di Kalimantan Timur Tahun 2015. *Jurnal Eksponensial*, 8(1), 87–94.
- UNDP (United Nations Development Programme). (1990). Human development report 1990. In *United Nations Development Programme*. Oxford University Press.