

## Penerapan Metode *Geographically Weighted Panel Regression* Pada Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia Tahun 2017-2022

Deta Erviana<sup>1</sup>, Mustofa Usman<sup>2</sup>, Widiarti<sup>3</sup>, Khoirin Nisa<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

\*corresponding author: [detaerviana9@gmail.com](mailto:detaerviana9@gmail.com)

Received April 23, 2024; Received in revised form April 27, 2024; Accepted April 27, 2024

**Abstrak.** Regresi linier merupakan metode statistik untuk memeriksa hubungan antara variabel respons dan satu atau lebih variabel prediktor. Dalam sebuah penelitian, satu unit observasi harus diteliti selama beberapa periode waktu, karena mempelajari satu unit dalam satu periode waktu tidaklah cukup. Oleh karena itu, sebuah pendekatan statistik yang disebut analisis regresi panel diciptakan untuk mengintegrasikan data cross-section dan data time series. Namun pada kenyataannya, perbedaan kondisi antar lokasi dipengaruhi oleh efek spasial yang menyebabkan terjadinya heterogenitas spasial. Dikembangkanlah metode Geographically Weighted Regression (GWR) untuk mengatasi masalah heterogenitas spasial. Berdasarkan kelebihan kedua metode tersebut maka berkembanglah suatu metode yang menggabungkan antara regresi data panel dan GWR yaitu Geographically Weighted Panel Regression (GWPR). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi indeks pembangunan manusia (IPM) di Indonesia tahun 2017-2022 dan menentukan model terbaik dengan membandingkan model regresi global dan GWPR. Model GWPR dengan pembobot adaptive bisquare merupakan model terbaik dengan nilai AIC terkecil dan  $R^2$  terbesar. Secara keseluruhan semua variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap IPM pada taraf signifikansi  $\alpha=0,05$ . Persamaan model dan variabel yang berpengaruh signifikan yang dihasilkan dalam pemodelan GWPR berbeda untuk setiap provinsi. Berdasarkan kesamaan variabel yang mempengaruhi IPM di provinsi yang letaknya berdekatan membentuk 8 kelompok.

**Keywords:** GWPR; GWR; IPM; regresi data panel

**Abstract.** Linear regression is a statistical method to examine the interaction between a response variable as well as one or more predictor variables. In a research, a unit of observation should be studied over multiple time periods, as studying one unit in one time period is not enough. Therefore, a statistical approach called panel regression analysis was created to integrate cross-section data and time series data. But in reality, differences in conditions between locations are influenced by spatial effects that cause spatial heterogeneity. The Geographically Weighted Regression (GWR) method was developed to overcome the problem of spatial heterogeneity. Based on the advantages of both methods, a method that combines panel data regression and GWR was developed, namely Geographically Weighted Panel Regression (GWPR). The purpose of this study is to determine the factors that affect the human development index (HDI) in Indonesia in 2017-2022 and determine the best model by comparing global regression and GWPR models. The GWPR model with adaptive bisquare weights is the best model with the smallest AIC value and the largest  $R^2$ . Overall, all predictor variables used in this study have a significant effect on HDI at the significance level of  $\alpha=0,05$ . The model equations and variables that have a significant effect generated in GWPR modeling are different for each province. Based on the similarity of variables affecting HDI in provinces that are located close together, 8 groups were formed.

**Keywords:** GWPR; GWR; IPM; panel data regression



This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## PENDAHULUAN

Regresi linier merupakan metode statistika untuk memeriksa hubungan antara respon dan satu atau lebih variabel prediktor. Metode Ordinary Least Square (OLS) dapat digunakan untuk menduga parameter dalam regresi linier klasik. Dalam suatu penelitian, perlu dilakukan pengamatan terhadap unit pada berbagai periode waktu, bukan hanya satu periode waktu tertentu saja. Oleh karena itu, berkembanglah suatu metode statistika yang menggabungkan data cross section dan time series yaitu analisis regresi data panel. Namun pada kenyataannya, terdapat situasi dimana kondisi disuatu lokasi dapat mempengaruhi kondisi di lokasi lain pada periode tertentu. Kondisi tersebut, dapat menyebabkan terjadinya heterogenitas spasial karena adanya pengaruh efek spasial atau kondisi geografis suatu wilayah yang diamati. Menurut Wheeler (2021) masalah heterogenitas spasial dapat dideteksi menggunakan metode Geographically Weighted Regression (GWR). Dalam model GWR, estimasi parameter dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan "Weighted Least Square" (WLS), dimana setiap lokasi pengamatan diberikan unsur pembobot. Oleh karena itu, dalam model GWR nilai parameter yang dihasilkan berbeda di setiap lokasi pengamatan. Adapun penelitian sebelumnya, seperti Zhang et al. (2021) dan Wu et al. (2019) memperluas ide kedekatan dalam GWR ke dimensi ruang dan waktu, yaitu "Geographically and Temporally Weighted Regression" (GTWR). Dalam mengakomodasi adanya heterogenitas secara spasial (lokasi) dapat menggunakan model GTWR yang merupakan pengembangan dari model GWR. Untuk mengetahui adanya keragaman spasial dan temporal, model GTWR menggabungkan informasi spasial dan temporal dalam matriks pembobot. Selanjutnya, Yu et al. (2021) melakukan penelitian untuk melihat perkembangan wilayah ekonomi di Beijing dengan menggabungkan model GWR dan model regresi panel untuk pertama kalinya, yaitu model "Geographically Weighted Panel Regression" (GWPR) menggunakan "Fixed Effect Model", dan memperoleh hasil model GWPR lebih baik dari model data panel dan GWR cross-section. Beberapa studi penelitian lain juga menyelidiki model GWPR dan menunjukkan hasil yang sama dengan (Yu et al., 2021). Selain itu, Yang et al. (2022) menggunakan model GWPR untuk melihat dampak variasi iklim terhadap produksi jagung di Amerika Serikat.

Menurut Amaluddin et al. (2018), kemajuan pembangunan manusia dibanyak negara termasuk indonesia, dikatakan sebagai indikator keberhasilan dalam meningkatkan kesejahteraan rakyat. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) mengukur pencapaian dalam meningkatkan kapasitas dasar manusia. IPM terdiri dari tiga dimensi penyusun, yaitu dimensi kesehatan, dimensi pendidikan dan dimensi pengeluaran (BPS, 2015). Letak geografis suatu wilayah dapat berdampak pada nilai IPM, terutama jika nilai IPM berubah dari waktu ke waktu, oleh karena itu pendekatan data panel tepat untuk study of dynamic adjustment data IPM (Wibisono, 2005). Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat IPM suatu wilayah diperkirakan akan bervariasi sesuai dengan karakteristik dari masing-masing wilayah. Secara statistik, salah satu cara untuk meningkatkan IPM di Indonesia adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap IPM

menggunakan pemodelan Geographically Weighted Panel Regression (GWPR). Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Meutuah et al. (2017) membahas tentang pemodelan Geographically Weighted Regression Panel (GWPR) sebagai pendekatan Model Geographically Weighted Regression (GWR) dengan menggunakan Fixed Effect Model Time Trend, dimana model GWPR memberikan hasil yang sangat baik yang ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi model GWPR yang tinggi. Kemudian Melliana & Zain (2013) melakukan penelitian menggunakan regresi data panel untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi indeks pembangunan manusia di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur dan memperoleh hasil jumlah fasilitas kesehatan dan tingkat partisipasi angkatan kerja berpengaruh signifikan terhadap IPM. Selanjutnya Ningrum et al. (2020) melakukan penelitian yang membahas pengaruh kemiskinan, tingkat pengangguran, pertumbuhan ekonomi, dan pengeluaran pemerintah terhadap indeks pembangunan manusia di Indonesia tahun 2014-2018 dalam prespektif islam memperoleh hasil bahwa tingkat kemiskinan dan tingkat pengangguran berpengaruh signifikan terhadap IPM.

Berdasarkan permasalahan diatas, pada penelitian ini akan dilakukan penerapan model Geographically Weighted Panel Regression pada data IPM di Indonesia tahun 2017-2022, dengan satu variabel respon yaitu IPM dan delapan variabel prediktor yaitu Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), Pengeluaran per Kapita (PP), Jumlah Penduduk Miskin (JKM), Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK), Angka Partisipasi Sekolah (APS), Rata-Rata Lama Sekolah (RRLS), Persediaan Sumber Air Minum (PSAM), Gini Ratio (GR). Dimana nantinya akan dilihat dari ke delapan variabel prediktor tersebut, variabel mana yang berpengaruh paling signifikan terhadap IPM.

## METODE

### Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian adalah data sekunder yang didapat dari website <https://www.bps.go.id/>. Data yang digunakan berupa data Indeks Pembangunan Manusia dari 34 Provinsi di Indonesia tahun 2017-2022. Jenis data yang digunakan yaitu data panel, yang menggabungkan data *cross section* dan *time series*. Data *cross section* berupa data 34 Provinsi Indonesia, sedangkan data *time series* berupa data banyaknya Indeks Pembangunan Manusia dan variabel yang berpengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia, dengan jumlah data 204 observasi. Variabel-variabel yang digunakan yaitu IPM sebagai variabel respon, Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), Pengeluaran per Kapita (PP), Jumlah Penduduk Miskin (JKM), Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK), Angka Partisipasi Sekolah (APS), Rata-Rata Lama Sekolah (RRLS), Persediaan Sumber Air Minum (PSAM), Gini Ratio (GR) sebagai variabel prediktor.

### Langkah-langkah Penelitian

Adapun tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. Melakukan eksplorasi data untuk mengetahui karakteristik data secara umum menggunakan statistik deskriptif dan peta tematik untuk melihat persebaran variabel penelitian di setiap provinsi.

2. Melakukan analisis data panel, seperti model pengaruh gabungan (*common effect model*), model pengaruh tetap (*fixed effect model*), dan model pengaruh acak (*random effect model*).

Model CEM adalah model yang menggabungkan semua data tanpa mempertimbangkan waktu atau tempat kejadian, dengan asumsi bahwa perilaku data seluruh unit *cross-section* konsisten sepanjang waktu (Rahmadeni & Wulandari, 2017). Menurut Greene (2000) bentuk persamaannya sebagai berikut :

$$y_{it} = \alpha + \beta^T X_{it} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

Model FEM adalah model yang mengasumsikan adanya variasi nilai intersep pada masing-masing unit *cross-section* dengan mengasumsikan koefisien *slope* bernilai tetap (Gujarati, 2004). Menurut Greene (2000) bentuk persamaannya sebagai berikut :

$$y_{it} = \alpha_i + \beta^T X_{it} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

Model REM adalah model yang menduga data panel menggunakan metode *Generalized Least Squae* (GLS), dimana masing-masing individu diperlakukan dengan komponen eror yang acak dan setiap variabel prediktor yang diamati tidak saling berkorelasi. Menurut Greene (2000) bentuk persamaannya sebagai berikut :

$$y_{it} = (\alpha + u_i) + \beta^T X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

3. Melakukan uji chow dan uji hausman untuk memilih model panel terbaik antara CEM, FEM, dan REM.
  - a. Uji Chow yaitu uji yang digunakan untuk menentukan model terbaik antara model CEM dan FEM dengan hipotesis sebagai berikut (Greene, 2000):

$H_0$ : Model CEM

$H_1$ : Model FEM

Statistik uji (Baltagi, 2005):

$$F_{hitung} = \frac{(RRSS - URSS)/(N - 1)}{(URSS)/(NT - N - k)} \quad (4)$$

Keputusan statistik ujinya yaitu jika nilai  $F_{hitung} > F_{\alpha, N-1, N(T-1)-k}$  atau nilai *p-value*  $< \alpha$  maka tolak  $H_0$ , dapat disimpulkan model terbaik yaitu model FEM.

- b. Uji Hausman yaitu uji yang digunakan untuk menentukan model terbaik antara model REM dan FEM dengan hipotesis sebagai berikut (Greene, 2000):

$H_0$ : Model FEM

$H_1$ : Model REM

Statistik uji:

$$W = (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})^T [var(\hat{\beta}_{FEM}) - var(\hat{\beta}_{REM})]^{-1} (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}) \quad (5)$$

Keputusan statistik ujinya yaitu jika nilai  $W > \chi^2_{(k-1; \alpha)}$  atau nilai *p-value*  $< \alpha$  maka tolak  $H_0$ , artinya model yang tepat adalah FEM.

4. Melakukan uji asumsi pada hasil pemodelan regresi panel terbaik.
  - a. Uji normalitas dilakukan dengan uji *Jarque-Bera*, dan hipotesisnya yaitu (Gujarati, 2004):

$H_0$ : Sisaan menyebar normal

$H_1$ : Sisaan tidak menyebar normal

Statistik uji:

$$JB = n \left[ \frac{S_k^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right] \tag{6}$$

Keputusan nilai statistik uji yaitu tolak  $H_0$  jika  $JB > \chi^2$  atau nilai  $p\text{-value} < \alpha$  artinya sisaan tidak menyebar secara normal.

- b. Uji multikolinearitas menggunakan nilai *Variance Inflation Factors* (VIF). Nilai VIF  $> 10$  menunjukkan bahwa data terjadi multikolinearitas. Nilai VIF didapatkan dengan perhitungan seperti pada persamaan berikut (Gujarati, 2004):

$$(VIF)_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \tag{7}$$

- c. Uji autokorelasi dilakukan dengan uji Run, dan hipotesisnya yaitu (Walpole et al, 2007):

$H_0$ : Tidak terjadi autokorelasi

$H_1$ : Terjadi autokorelasi

Statistik uji:

$$Z = \frac{R - \mu_R}{\sigma_R} \tag{8}$$

Keputusan nilai statistik uji yaitu tolak  $H_0$  jika nilai  $|Z| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$  atau nilai  $p\text{-value} < \alpha$  artinya data terjadi autokorelasi.

5. Melakukan transformasi data penelitian dengan *within transformation*, apabila model regresi data panel terbaik adalah model FEM.  
 6. Melakukan uji heterogenitas spasial menggunakan uji *Breusch Pagan* (BP-Test) pada model terpilih, dengan hipotesisnya yaitu (Munifah et al., 2014):

$H_0$ : Tidak terdapat heterogenitas spasial

$H_1$ : Terdapat heterogenitas spasial

Nilai dari BP-Test yaitu:

$$BP = \left( \frac{1}{2} \right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \sim \chi^2_{(p)} \tag{9}$$

Keputusan statistik uji yaitu tolak  $H_0$  bila  $BP > \chi^2_{(p)}$  atau jika  $p\text{-value} < \alpha$ , artinya terdapat heterogenitas spasial.

7. Menghitung jarak *Euclidean* setiap provinsi menggunakan rumus:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \tag{10}$$

8. Menentukan fungsi pembobot spasial terbaik berdasarkan nilai  $R^2$ , *adjusted R<sup>2</sup>* terbesar, dan AIC terkecil.  
 9. Menghitung matriks pembobot spasial menggunakan fungsi pembobot spasial terbaik.  
 10. Mengestimasi nilai parameter pemodelan GWPR menggunakan pendekatan *Weighted Least Square* (WLS).  
 11. Melakukan uji kecocokan model GWPR untuk menentukan model terbaik antara model regresi data panel dan model GWPR dengan hipotesis sebagai berikut [1]:

$H_0$ : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dan GWPR

$H_1$ : Terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dan GWPR

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{RSS(H_1)/df_2}{RSS(H_0)/df_1} \tag{11}$$

Keputusan statistik uji yaitu tolak  $H_0$  apabila  $F_{hitung} > F_{\alpha,df_1,df_2}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ , sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dan model GWPR.

12. Melakukan perbandingan model antara regresi data panel (model regresi global) dan GWPR berdasarkan kriteria  $R^2$  terbesar dan AIC terkecil.
13. Melakukan uji signifikansi parameter model terbaik untuk melihat parameter yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon, dengan hipotesis sebagai berikut (Meutuah et al., 2017):

$H_0$ : Tidak terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan dari variabel prediktor terhadap model

$H_1$ : Terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan dari variabel prediktor terhadap model

Statistik uji:

$$T_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\sigma \sqrt{C_{kk}}} \tag{12}$$

Keputusan statistik uji yaitu tolak  $H_0$  jika nilai  $|T_{hit}| > t_{\frac{\alpha}{2},df}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  artinya minimal terdapat satu  $\beta_k(u_i, v_i)$  yang signifikan terhadap model.

14. Interpretasi hasil model yang terpilih

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Eksplorasi Data

Eksplorasi data dilakukan untuk melihat karakteristik dari masing-masing variabel yang diamati dan disajikan pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Eksplorasi Data

Variabel	N	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi	Koefisien Variasi
IPM	204	59,09	81,65	70,93	3,97	5,59
TPT	204	1,40	10,95	5,18	1,80	34,72
PP	204	6954	18927	10723	2178,51	20,32
JPM	204	48,56	4585,97	771,86	1072,27	138,92
IKK	204	87,44	229,82	106,34	21,59	20,30
APS	204	63,35	89,95	74,71	5,92	7,93
RRLS	204	6,27	11,31	8,57	0,95	11,06
PSAM	204	43,83	99,86	81,24	11,38	14,00
GR	204	0,25	0,46	0,35	0,04	11,28

Tabel 1. menginformasikan variabel-variabel pada penelitian ini mempunyai nilai sebaran data beragam, hal ini disebabkan oleh keragaman satuan antar variabel. Data yang memiliki satuan berbeda dapat dibandingkan menggunakan nilai koefisien variasi. Nilai koefisien variasi terbesar ada pada variabel JPM, artinya sebaran data dalam variabel ini sangat beragam.

### Pendugaan Parameter Model Regresi Data Panel

Pengestimasi parameter regresi data panel dilakukan dengan menerapkan tiga metode pendekatan yaitu *common effect model* (CEM), *fixed effect model* (FEM), dan *random effect model* (REM). Hasil estimasi dari *common effect model* (CEM) adalah sebagai berikut:

$$IPM_{it} = 39,866 - 0,1256TPT_{it} + 0,0010485PP_{it} + 0,0004875JPM_{it} - 0,026551IKK_{it} + 0,090327APS_{it} + 1,7072RRLS_{it} + 0,013403PSAM_{it} + 1,3244GR_{it}$$

Hasil estimasi dari *fixed effect model* (FEM) adalah sebagai berikut:

$$IPM_{it} = -0,014562TPT_{it} + 0,00093134PP_{it} - 0,000080166JPM_{it} - 0,0033248IKK_{it} + 0,00091888APS_{it} + 2,3780RRLS_{it} + 0,0018158PSAM_{it} - 1,0079GR_{it}$$

Hasil estimasi dari *random effect model* (REM) adalah sebagai berikut:

$$IPM_{it} = 40,472 - 0,022344TPT_{it} + 0,00096987PP_{it} + 0,00014013JPM_{it} - 0,0056512IKK_{it} + 0,021887APS_{it} + 2,2438RRLS_{it} + 0,0026264PSAM_{it} - 1,1305GR_{it}$$

### Pemilihan Model Regresi Data Panel

Penentuan model regresi data panel terbaik dapat dilakukan dengan beberapa uji yaitu uji Chow dan uji Hausman.

Tabel 2. Uji Chow dan Uji Hausman

Uji	Statistik Uji	<i>p-value</i>	Kesimpulan
Uji Chow	$F_{hitung} = 512,74$	$< 0,0000$	Model FEM lebih baik daripada CEM
Uji Hausman	$\chi^2_k = 88,682$	$< 0,0000$	Model FEM lebih baik daripada REM

Tabel 2. memberikan informasi bahwa nilai *p-value* untuk uji Chow dan uji Hausman kurang dari taraf signifikansi 5%, sehingga tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa model FEM merupakan model terbaik.

### Pengujian Asumsi Klasik Regresi Data Panel

#### Uji Normalitas

Hasil pengujian normalitas didapatkan nilai *p-value* sebesar  $0,121 > \alpha = 0,05$ , sehingga disimpulkan terima  $H_0$  artinya sisaan menyebar secara normal.

#### Uji Autokorelasi

Hasil uji pengujian autokorelasi didapatkan nilai *p-value* sebesar  $0,1604 > \alpha = 0,05$ , sehingga diperoleh kesimpulan terima  $H_0$  yang artinya tidak terjadi autokorelasi dalam model.

#### Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas yaitu pengujian untuk melihat hubungan linier antara beberapa atau keseluruhan variabel prediktor didalam model regresi. Tabel 3. menyajikan hasil uji multikolinearitas

Tabel 3. Nilai VIF

Variabel	VIF	Variabel	VIF
TPT	1,68	APS	1,53
PP	1,91	RRLS	3,52
JPM	1,52	PSAM	1,53
IKK	1,18	GR	1,31

Tabel 3. menginformasikan semua variabel prediktor mempunyai nilai VIF < 10, artinya tidak terjadi multikolinearitas antar variabel prediktor atau antar variabel prediktor dengan lainnya tidak ada hubungan.

### Heterogenitas Spasial

Sebelum melakukan estimasi model GWPR, data penelitian di transformasi terlebih dahulu menggunakan konsep *within transformation*, yaitu variabel-variabel penelitian ditransformasi dengan mengurangkan terhadap rata-rata *time series* yang sesuai. Setelah dilakukan transformasi data, langkah selanjutnya melakukan pengujian heterogenitas spasial menggunakan uji *breusch-pagan*. Hasil pengujian menunjukkan nilai *p-value* sebesar  $0,0001164 < \alpha (0,05)$ , sehingga tolak  $H_0$ , artinya data terjadi heterogenitas spasial. Langkah berikutnya dilakukan analisis menggunakan metode GWPR yang memperhatikan efek spasial.

### Pemodelan Geographically Weighted Panel Regression (GWPR)

Langkah pertama yang dilakukan yaitu menghitung jarak *Euclidean* menggunakan data koordinat geografis yaitu *longitude* dan *latitude* untuk masing-masing provinsi di Indonesia. Setelah didapatkan jarak *Euclidean*, langkah selanjutnya yaitu menentukan *bandwidth* optimum. Nilai *bandwidth* digunakan dalam memperoleh matriks pembobot spasial pada setiap provinsi di Indonesia. Pada penelitian ini dicobakan tiga fungsi pembobot spasial, kemudian ketiga fungsi pembobot dibandingkan dengan kriteria terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil,  $R^2$  dan  $R^2adj$  terbesar, yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pemilihan Bandwidth

Fungsi Pembobot Kernel	AIC	$R^2$	$R^2adj$
<i>Adaptive Gaussian</i>	-418,0748	0,9883637	0,9833431
<i>Adaptive Bisquare</i>	-463,1688	0,9914146	0,9859931
<i>Adaptive Exponential</i>	-434,2256	0,9894269	0,9836564

Tabel 4. memberikan informasi fungsi pembobot terbaik yaitu *adaptive bisquare* karena memiliki nilai AIC terkecil sebesar -463,1688 dengan nilai  $R^2$  dan  $R^2adj$  terbesar sebesar 0,9914146 dan 0,9859931. Fungsi pembobot *adaptive bisquare* mempunyai nilai *Cross Validation* (CV) minimum sebesar 2,06897 dan nilai *bandwidth* optimum yang bervariasi pada masing-masing provinsi.

Selanjutnya, matriks pembobot untuk penaksiran parameter di setiap lokasi pengamatan dibentuk dengan fungsi pembobot *adaptive bisquare*. Dalam pemodelan GWPR, matriks pembobot spasial yang didapatkan digunakan untuk mengestimasi nilai parameter model, sehingga model untuk setiap provinsi di Indonesia akan berbeda. Berikut ini merupakan

salah satu model GWPR yang terbentuk pada Provinsi Lampung dengan fungsi pembobot *adaptive bisquare*:

$$\hat{y}_8 = 0,00104PP_{8t} + 2,07402RRLS_{8t}$$

**Pengujian Model Geographically Weighted Panel Regression (GWPR)**

**Uji Kecocokan Model**

Uji kecocokan model bertujuan untuk mengamati ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan model GWPR. Pada penelitian ini, taraf signifikan yang digunakan yaitu  $\alpha = 0,05$ . Tabel 5. menyajikan hasil uji kecocokan model.

Hasil	Kesimpulan
$p\text{-value} = 0,0006599$	Tolak $H_0$

Tabel 5. menginformasikan hasil uji kecocokan model menggunakan  $\alpha = 0,05$  diperoleh nilai  $p\text{-value} = 0,0006599$ , sehingga memberikan keputusan tolak  $H_0$ , dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa ada perbedaan signifikan antara model regresi global dan model GWPR. Selanjutnya pemilihan model terbaik antara model regresi global dan model GWPR dilakukan dengan melihat nilai  $R^2$  terbesar dan AIC terkecil.

Model	$R^2$	AIC
Model Regresi Global	0,9796	-338,2547
Model GWPR	0,9859	-463,1688

Tabel 6. memberikan informasi model GWPR memiliki nilai  $R^2$  terbesar dan AIC terkecil yaitu 0,9859 dan -463,1688, sehingga dapat dikatakan bahwa model GWPR merupakan model terbaik yang dapat menjelaskan-faktor-faktor yang memiliki pengaruh terhadap persebaran IPM di Indonesia.

**Uji Signifikansi Parameter**

Uji signifikansi parameter model bertujuan untuk melihat ada atau tidaknya pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon dalam model GWPR. Jika nilai  $p\text{-value} < \alpha = 0,05$ , dapat disimpulkan variabel prediktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon disetiap lokasi. Tabel 7. menyajikan hasil uji signifikansi parameter model GWPR pada salah satu contoh kasus, yaitu Provinsi Lampung.

Tabel 7. Hasil Uji Signifikansi Parameter Model GWPR Provinsi Lampung

Variabel	$p\text{-value}$	Keterangan
TPT	0,893	Tidak signifikan
PP	0	Signifikan
JPM	0,356	Tidak signifikan
IKK	0,708	Tidak signifikan
APS	0,064	Tidak signifikan
RRLS	0	Signifikan
PSAM	0,453	Tidak signifikan

GR      0,869      Tidak signifikan

Tabel 7. menginformasikan bahwa di Provinsi Lampung terdapat dua variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap IPM. Variabel prediktor tersebut yaitu Pengeluaran Per Kapita (PP) dan Rata-Rata Lama Sekolah (RRLS) yang ditunjukkan dengan nilai *p-value* <  $\alpha$  dari masing-masing variabel. Sedangkan variabel TPT, JPM, IKK, APS, PSAM dan GR tidak berpengaruh signifikan terhadap IPM di Provinsi Lampung.

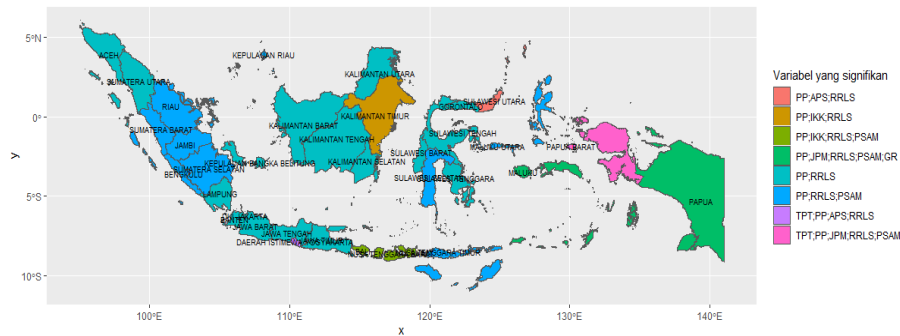
Berdasarkan uji signifikansi parameter model yang telah dilakukan pada setiap provinsi di Indonesia untuk melihat variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap IPM, diperoleh 8 kelompok yang disajikan pada Tabel 8. sebagai berikut:

Tabel 8. Pengelompokan Provinsi Berdasarkan Variabel Signifikan

Kelompok	Variabel Signifikan	Provinsi
1	PP, RRLS	Aceh, Sumatra Utara, Kep. Bangka Belitung, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Banten, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, Sulawesi Barat
2	PP, IKK, RRLS	Kalimantan Timur
3	PP, APS, RRLS	Sulawesi Utara
4	PP, RRLS, PSAM	Sumatera Barat, Jambi, Riau, Sumatera Selatan, Bengkulu, Kep. Riau, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, Maluku Utara
5	TPT, PP, APS, RRLS	DI Yogyakarta
6	PP, IKK, RRLS, PSAM	Bali, Nusa Tenggara Barat
7	TPT, PP, JPM, RRLS, PSAM	Papua
8	PP, JPM, RRLS, PSAM, GR	Maluku, Papua Barat

Tabel 8. menginformasikan Kelompok 1 adalah kelompok dengan jumlah anggota terbanyak yaitu 17 provinsi dengan variabel yang signifikan yakni PP dan RRLS. Sementara itu kelompok 2, 3, 5, 7 disebut sebagai kelompok minoritas, karena terdiri dari satu atau dua provinsi dengan variabel yang berpengaruh signifikan bervariasi untuk setiap kelompoknya. Setiap provinsi mempunyai karakteristik yang bervariasi sehingga pemodelan IPM yang terbentuk juga beragam. Misalnya kelompok 5 yaitu Provinsi DI Yogyakarta dengan variabel yang berpengaruh signifikannya TPT, PP, APS, dan RRLS. Namun variabel JPM pada kelompok ini tidak berpengaruh signifikan sedangkan pada Provinsi Papua dan Papua Barat yang masuk kedalam kelompok 7 dan 8.

Pengelompokkan provinsi berdasarkan variabel yang berpengaruh signifikan dapat disajikan menggunakan peta tematik sebagai berikut:



Gambar 1. Peta Pengelompokkan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Variabel yang Berpengaruh Signifikan terhadap IPM

Gambar 1. memberikan informasi bahwa kelompok wilayah yang berdekatan memiliki kesamaan variabel yang mempengaruhi IPM di Indonesia. Dari ke 8 variabel prediktor yang digunakan pada penelitian ini semua variabel berpengaruh signifikan terhadap IPM. Variabel PP dan RRLS berpengaruh signifikan di seluruh provinsi di Indonesia. Variabel PSAM berpengaruh signifikan pada 14 provinsi, variabel JPM berpengaruh signifikan pada 3 provinsi yaitu Papua, Maluku dan Papua Barat. Kemudian variabel IKK berpengaruh signifikan pada 3 provinsi yaitu Kalimantan Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat. Variabel APS berpengaruh signifikan pada 2 provinsi yaitu Sulawesi Utara dan DI Yogyakarta. Variabel TPT berpengaruh signifikan pada 2 provinsi yaitu DI Yogyakarta dan Papua. Variabel GR berpengaruh signifikan pada 2 provinsi yaitu Maluku dan Papua Barat.

Pemodelan GWPR telah didapatkan pada subbab sebelumnya untuk setiap provinsi, selanjutnya dilakukan interpretasi hasil model GWPR. Sebagai contoh adalah interpretasi pada Provinsi Lampung sebagai berikut:

$$\hat{y}_8 = 0,00104PP_{8t} + 2,07402RRLS_{8t}$$

Berdasarkan model GWPR Provinsi Lampung diketahui koefisien variabel PP bernilai positif artinya Provinsi Lampung pada tahun  $t$  jika terjadi kenaikan 1% pada jumlah pengeluaran per kapita akan meningkatkan IPM sebesar 0,00104% dengan asumsi variabel prediktor lainnya tetap. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Asmawani & Pangidoan (2021), yaitu pengeluaran perkapita berpengaruh positif dan signifikan terhadap indeks pembangunan manusia. Semakin tinggi pengeluaran per kapita masyarakat menunjukkan bahwa daya beli masyarakat meningkat, sehingga kebutuhan rumah tangga terpenuhi dan menunjukkan pembangunan manusia yang baik.

Koefisien variabel RRLS bernilai positif artinya Provinsi Lampung dalam tahun  $t$  jika RRLS terjadi kenaikan 1%, akan meningkatkan IPM sebesar 2,07402% dengan asumsi variabel

prediktor lainnya bernilai konstan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Astuti (2018), yang menyatakan rata-rata lama sekolah memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap indeks pembangunan manusia. Semakin lama seseorang memperoleh pendidikan formal, kualitas sumber daya manusianya juga semakin meningkat, sehingga waktu bekerja lebih optimal untuk menghasilkan output. Ketika output yang dihasilkan meningkat maka pendapatan juga meningkat sehingga berdampak terhadap meningkatnya pertumbuhan ekonomi.

## KESIMPULAN

Model GWPR dengan fungsi pembobot adaptive kernel bisquare merupakan model terbaik untuk memodelkan data IPM di Indonesia, karena memiliki nilai  $R^2$  terbesar dan AIC terkecil dibandingkan model regresi global. Persamaan model dan variabel berpengaruh signifikan yang dihasilkan dalam pemodelan GWPR berbeda untuk setiap provinsi. Pengaruh arah variabel yang signifikan terhadap IPM bervariasi di setiap provinsi sesuai dengan hasil model GWPR yang dihasilkan. Secara keseluruhan, semua variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap IPM pada taraf signifikansi  $\alpha=0,05$ . Untuk variabel pengeluaran per kapita dan rata-rata lama sekolah berpengaruh signifikan di seluruh provinsi di Indonesia. Berdasarkan kesamaan variabel yang mempengaruhi IPM di provinsi yang letaknya berdekatan, model GWPR dengan fungsi pembobot adaptive kernel bisquare membentuk 8 kelompok.

## REFERENSI

- Amaluddin, A., Payapo, R. W., Laitupa, A. A., & Serang, M. R. (2018). A modified human development index and poverty in the villages of west seram regency, Maluku province, Indonesia. *International journal of economics and financial issues*, 8(2), 325-330.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2015). Indeks Pembangunan Manusia. <https://www.bps.go.id/pressrelease/2016/06/15/1278/indeks-pembangunan-manusia-2015.html>. Diakses pada tanggal 26 September 2023.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. 3<sup>th</sup> Edition. John Wiley & Sons Ltd, England.
- Greene, W. H. (2000). *Econometric Analysis*. 4<sup>th</sup> Edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Gujarati, D. (2004). *Basic Econometrics*. 4<sup>th</sup> Edition. McGraw-Hill, New York.
- Melliana, A. & Zain, I. (2013). Analisis Statistika Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur dengan Menggunakan Regresi Panel. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(2), 237-242.
- Meutuah, S. M., Yasin, H., & Di Asih, I. M. (2017). Pemodelan Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression untuk Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*, 6(2), 241-250.
- Munikh, T., Pramoedyo, H., & Fitriani, R. (2014). Pemodelan geographically weighted regression dengan pembobot fixed gaussian kernel pada data spasial (studi kasus ketahanan pangan di kabupaten tanah laut kalimantan selatan). *Jurnal NaturalB*, 2(3), 296-302.

- Ningrum, J. W., Khairunnisa, A. H., & Huda, N. (2020). Pengaruh kemiskinan, tingkat pengangguran, pertumbuhan ekonomi dan pengeluaran pemerintah terhadap indeks pembangunan manusia (IPM) di Indonesia tahun 2014-2018 dalam perspektif Islam. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 6(2), 212-222.
- Rahmadeni, R., & Wulandari, N. (2017). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Inflasi pada Kota Metropolitan di Indonesia dengan Menggunakan Analisis Data Panel. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 3(2), 34-42.
- Sari, Y., Nasrun, A., & Putri, A. K. (2020). Analisis pengaruh indeks pembangunan manusia dan kemiskinan terhadap pertumbuhan ekonomi kabupaten/kota di provinsi Kepulauan Bangka Belitung tahun 2010-2017. *Equity: Jurnal Ekonomi*, 8(1), 1-13.
- Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., & Ye, K. (2007). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. 9<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall, New Jersey.
- Wheeler, D. C. (2021). Geographically weighted regression. In *Handbook of regional science* (pp. 1895-1921). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Wibisono, D. (2005). *Metode Penelitian dan Analisis Data*. Salemba Medika, Jakarta.
- Wu, C., Ren, F., Hu, W., & Du, Q. (2019). Multiscale geographically and temporally weighted regression: Exploring the spatiotemporal determinants of housing prices. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(3), 489-511.
- Yang, B., Wu, S., & Yan, Z. (2022). Effects of climate change on corn yields: spatiotemporal evidence from geographically and temporally weighted regression model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(8), 433.
- Yu, D., Zhang, Y., Wu, X., Li, D., & Li, G. (2021). The varying effects of accessing high-speed rail system on China's county development: A geographically weighted panel regression analysis. *Land Use Policy*, 100, 104935.
- Zhang, Y., Zhang, D., & Miller, E. J. (2021). Spatial autoregressive analysis and modeling of housing prices in city of Toronto. *Journal of Urban Planning and Development*, 147(1), 05021003.