

# Mixed Geographically Weighted Regression Modeling of Gender Development Index in Indonesia

Nikma Hasanah, Dodi Vionanda\*, Syafriandi, Tessy Octavia Mukhti

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

\*Corresponding author: [dodi\\_vionanda@fmipa.unp.ac.id](mailto:dodi_vionanda@fmipa.unp.ac.id)

Submitted : 30 Juli 2024

Revised : 09 Agustus 2024

Accepted : 12 Agustus 2024

## ABSTRACT

The Gender Development Index (GDI) is one of the primary measures of gender equality in the field of human development. Indonesia's GDI statistics for 2023 show the development gap between men and women. Using Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR), a blend of regression and Geographically Weighted Regression (GWR) models, to identify the factors influencing GDI is one approach to closing the gap. The results showed that when it came to value selection using the Akaike Information Criterion (AIC), the MGWR model outperformed the GWR model. Population with health complaints and adjusted per capita expenditure were found to be globally influential factors, while female participation in parliament, open unemployment rate, and labor force participation rate were found to be locally influential factors by the MGWR model with Adaptive Kernel Bisquare weights.

**Keywords:** GWR, MGWR, Gender Development Index, Spatial Heterogeneity, AIC.



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

## I. PENDAHULUAN

Implementasi pembangunan manusia berbasis gender adalah langkah penting dalam mewujudkan masyarakat yang lebih baik. Permasalahan ketimpangan gender dalam pembangunan merupakan isu yang harus segera diselesaikan. Wiasti (2017) menyatakan ketimpangan ini menjadi masalah ketika terdapat diskriminasi dalam akses, partisipasi, kontrol, dan manfaat dari hasil pembangunan. Indeks Pembangunan Gender (IPG) dapat digunakan untuk mengukur kesetaraan gender di Indonesia. IPG dihitung dengan membandingkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) laki-laki dan IPM perempuan.

Angka IPG di Indonesia tahun 2023 sebesar 91,85, mengalami kemajuan sebesar 0,22 poin dari tahun 2022. Secara nasional, terdapat pencapaian pemerataan pembangunan laki-laki dan perempuan yang sudah cukup baik, tetapi pencapaian pembangunan perempuan rendah daripada laki-laki. Untuk memperkecil gap yang terjadi perlu dilakukan identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhinya. Analisis yang bisa diterapkan adalah regresi linear berganda. Metode ini mengeksplorasi hubungan satu variabel respon/terikat dengan dua atau lebih variabel prediktor/bebas, dengan beberapa asumsi salah satunya adalah homoskedastisitas yang dilakukan untuk memastikan bahwa variansi residual dari model regresi tetap konstan untuk semua amatan (Gujarati, 2009). Tidak terpenuhinya asumsi homoskedastisitas diduga dipengaruhi oleh heterogenitas spasial. Heterogenitas spasial menunjukkan hubungan antar variabel dapat berbeda-beda di berbagai amatan yang disebabkan perbedaan karakteristik daerah amatan (Caraka dan Yasin, 2017). IPG di Indonesia diduga melanggar asumsi homoskedastisitas yang diakibatkan oleh perbedaan karakteristik antar daerah provinsi di Indonesia yang ditunjukkan pada bagian pembahasan mengenai hasil uji heterogenitas spasial.

Metode analisis lain yang bisa diterapkan adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR). Menurut Fotheringham dkk (2002) metode ini adalah model regresi lanjutan untuk pemodelan data dengan memberikan pembobot yang berbeda di setiap lokasi amatan sehingga nilai parameter regresi dihasilkan berbeda-beda (lokal). Pembobot yang berbeda-beda dipengaruhi oleh kondisi data yang digunakan. Pada saat pengujian parameter model GWR akan memperoleh hasil dimana beberapa variabel prediktor tertentu mempengaruhi variabel respon secara global dan variabel lainnya secara lokal, maka digunakan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) (Purhadi dan Yasin, 2012). Variabel yang berpengaruh secara global memiliki pengaruh yang sama atau konsisten untuk seluruh lokasi amatan sedangkan variabel prediktor yang berpengaruh secara lokal memiliki pengaruh yang tidak seragam dan berbeda-beda di berbagai lokasi.

MGWR menghasilkan parameter yang bersifat global dan lokal, dimana parameter global memiliki nilai yang sama untuk semua amatan sedangkan parameter lokal memiliki nilai yang bervariasi untuk setiap amatan. Dengan memperhitungkan variasi spasial dalam hubungan antar variabel, MGWR sering kali memberikan prediksi yang lebih akurat dibandingkan model regresi linier. Penelitian yang telah menggunakan pemodelan GWR dan MGWR dilakukan oleh Marizal dan Monalisa (2022) dalam studi kasus angka kematian bayi yang memperoleh model MGWR dengan pembobot *adaptive kernel gaussian* adalah model terbaik atau model yang paling cocok dibandingkan GWR melalui pemilihan nilai AIC terendah.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Sumber dan Teknik Analisis Data

Data diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia tahun 2023. Dengan variabel penelitian adalah IPG (Y), persentase penduduk dengan keluhan kesehatan ( $X_1$ ), keterlibatan perempuan di parlemen ( $X_2$ ), tingkat pengangguran terbuka ( $X_3$ ), tingkat partisipasi angkatan kerja ( $X_4$ ), dan pengeluaran perkapita yang disesuaikan ( $X_5$ ).

Analisis data menggunakan analisis MGWR dengan bantuan *software Rstudio* dengan tahapan:

1. Melakukan analisis statistik deskriptif  
Analisis deskriptif terdiri atas nilai minimum, maksimum, *mean*, dan standar deviasi, dan pemetaan IPG di Indonesia guna melihat persebaran IPG di setiap provinsi.

2. Memodelkan regresi linear berganda  
Dengan modelnya pada persamaan (1).

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Dengan estimasi parameter dapat dirumuskan pada persamaan (2).

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

$\hat{\beta}$  adalah vektor estimasi parameter,  $\mathbf{X}$  merupakan matriks variabel prediktor,  $\mathbf{Y}$  adalah vektor variabel respon dan  $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$  merupakan *invers* matriks varian-kovarian

3. Pengujian signifikansi parameter model regresi linear berganda

Pengujian ini meliputi uji simultan/serentak dan uji parsial. Uji simultan dengan hipotesis uji:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0, j = 1, 2, 3, \dots, p$$

Statistik uji:

$$F_{hitung} = \frac{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{p}}{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{\sum [n-p-1]}} = \frac{MSR}{MSE} \quad (3)$$

$H_0$  ditolak jika *p-value* <  $\alpha$  atau nilai dari  $F_{hitung} > F_{(\alpha, k, n-p-1)}$

Uji parsial dengan hipotesis uji:

$$H_0 : \beta_j = 0; j = 1, 2, 3, \dots, p$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0; j = 1, 2, 3, \dots, p$$

Statistik uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)} \quad (4)$$

$H_0$  ditolak jika *p-value* <  $\alpha$  atau nilai dari  $t_{hitung} > t_{(\alpha/2, n-p-1)}$

4. Pengujian heterogenitas spasial

Pengujian dilakukan dengan uji *Breusch-Pagan* (BP test) dengan hipotesis uji:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2 \text{ (tidak terjadi heterogenitas spasial)}$$

$$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \text{ (terjadi heterogenitas spasial)}$$

Statistik uji:

$$BP_{hitung} = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \quad (5)$$

$H_0$  ditolak jika *p-value* <  $\alpha$  atau  $BP_{hitung} > \chi_{(\alpha, p)}^2$  dengan p adalah banyaknya variabel prediktor.

5. Pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR)

Model dari GWR pada persamaan (6) (Caraka dan Yasin, 2017).

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) X_{ij} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$u_i, v_i$  merupakan titik koordinat lokasi geografis yang dinyatakan dalam *longitude* dan *latitude*.

Estimasi GWR pada persamaan (7).

$$\hat{\beta}_{(u_i, v_i)} = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}_{(u_i, v_i)} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}_{(u_i, v_i)} \mathbf{y} \quad (7)$$

$\hat{\beta}_{(u_i, v_i)}$  vektor koefisien regresi lokasi pengamatan ke- $i$ , dan  $\mathbf{W}_{(u_i, v_i)}$  matriks pembobot lokasi pengamatan ke- $i$ . Fungsi kernel memberikan bobot sesuai dengan *bandwidth* optimum dengan fungsi kernel yang digunakan sebagai berikut (Fotheringham dkk, 2002).

$$\text{Adaptive Bisquare} : W_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \quad (8)$$

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (9)$$

dimana  $d_{ij}$  adalah jarak *Euclidean* antar pengamatan  $(u_i, v_i)$  ke  $(u_j, v_j)$  dan  $h$  merupakan *bandwidth* yang diperoleh dari *Cross Validation* (CV) minimum dengan rumus pada persamaan (13).

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 \quad (10)$$

$y_i$  : pengamatan ke- $i$

$\hat{y}_{\neq i}(h)$  : penduga  $y_i$  pengamatan lokasi ke- $i$  dihilangkan dari proses pendugaan.

#### 6. Pengujian model GWR

Pengujian ini terdiri atas uji kesesuaian model, uji parsial signifikan parameter model GWR dan uji pengaruh lokasi. Uji kesesuaian model dilakukan dengan hipotesis uji:

$$H_0: \beta_j(u_i, v_i) = \beta_j$$

$$H_1: \exists \beta_j(u_i, v_i) \neq \beta_j$$

Statistik uji:

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

$H_0$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha$  atau  $F^* > F_{\alpha; (df_1, df_2)}$ .

Pengujian pengaruh lokasi digunakan untuk mengetahui variabel prediktor berbeda signifikan di lokasi yang berbeda. Berikut hipotesis yang digunakan.

$$H_0: \beta_j(u_1, v_1) = \beta_j(u_2, v_2) = \dots = \beta_j(u_n, v_n)$$

$$H_1: \exists \beta_j(u_i, v_i) \neq \beta_j(u_n, v_n)$$

Statistik uji:

$$F_3 = \frac{\frac{v_j^2}{tr} \left( \frac{1}{k} \mathbf{B}_j^T \left[ \mathbf{I} - \frac{1}{k} \mathbf{J} \right] \mathbf{B}_k \right)}{SSE(H_1)/\delta_1} \quad (12)$$

$H_0$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha$  atau  $F_3 > F_{\alpha; df_1, df_2}$

Uji parsial dilakukan dengan hipotesis uji:

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

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

Statistik uji:

$$t_{hitu} = \frac{\hat{\beta}_j(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{c_{jj}}} \quad (13)$$

$H_0$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha$  atau  $|t_{hitu}| > t_{\frac{\alpha}{2}, df}$  dengan  $df = n-p-1$

#### 7. Pemodelan *Mixed Geographically Weighted Regression*

*Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR), model kombinasi regresi linear dan GWR yang memperhitungkan situasi di mana beberapa variabel prediktor bersifat global sementara sisanya bersifat lokal. Model MGWR ditulis dalam persamaan (17).

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{l=1}^q \beta_l(u_i, v_i) X_{il} + \sum_{l=q+1}^p \beta_l X_{il} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

Estimasi parameter dilakukan dengan mengidentifikasi variabel lokal dan global pada model MGWR.

#### 8. Pengujian model MGWR

Pengujian terdiri atas uji kesesuaian model MGWR, uji serentak variabel global dan lokal MGWR dan uji parsial variabel global dan lokal model MGWR. Uji kesesuaian model dilakukan dengan hipotesis uji:

$$H_0: \beta_l(u_i, v_i) = \beta_g$$

$$H_1: \exists \beta_l(u_i, v_i) \neq \beta_g$$

Statistik uji:

$$F_{(1)} = \frac{y^T[(I-H)-(I-S)^T(I-S)]y/v_1}{y(I-S)^T(I-S)y/u_1} \tag{15}$$

$H_0$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha$  atau  $F_1 > F_{\alpha;df_1;df_2}$  dengan  $df_1 = \left(\frac{v_1^2}{v_2}\right)$  dan  $df_2 = \left(\frac{u_1^2}{u_2}\right)$ .

Uji serentak/simultan parameter model MGWR dilakukan pada parameter global dan parameter lokal.

Uji serentak/simultan variabel global dengan hipotesis uji:

$$H_0: \beta_{q+1} = \beta_{q+2} = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \exists \beta_g \neq 0$$

Statistik uji:

$$F_{(2)} = \frac{y^t[(I-S_l)^T(I-S_l)-(I-S)^T(I-S)]y/r_1}{y(I-S)^T(I-S)y/u_1} \tag{16}$$

$H_0$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha$  atau  $F_2 > F_{\alpha;df_1;df_2}$  dengan  $df_1 = \left(\frac{r_1^2}{r_2}\right)$  dan  $df_2 = \left(\frac{u_1^2}{u_2}\right)$ .

Uji serentak variabel lokal dengan hipotesis uji:

$$H_0: \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_q(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \exists \beta_l(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik uji:

$$F_{(3)} = \frac{y^T[(I-S_g)^T(I-S_g)-(I-S)^T(I-S)]y/t_1}{Y^T(I-S)^T(I-S)Y/u_1} \tag{17}$$

$H_0$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha$  atau  $F_3 > F_{\alpha;df_1;df_2}$  dengan  $df_1 = \left(\frac{t_1^2}{t_2}\right)$  dan  $df_2 = \left(\frac{u_1^2}{u_2}\right)$ .

Uji parsial model MGWR digunakan pada variabel global dan variabel lokal.

Uji parsial variabel global dengan hipotesis uji:

$$H_0: \beta_g = 0$$

$$H_1: \exists \beta_g \neq 0$$

Statistik uji:

$$t = \frac{\hat{\beta}_g}{\hat{\sigma}\sqrt{g_{kk}}} \tag{18}$$

$H_0$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha$  atau  $|t| > t_{\frac{\alpha}{2},df}$  dengan  $df = \left(\frac{u_1^2}{u_2}\right)$

Uji parsial variabel lokal model MGWR dengan pengujian:

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

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

Statistik uji:

$$t = \frac{\hat{\beta}_l(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}\sqrt{m_{kk}}} \tag{19}$$

9. Pemilihan model terbaik

Metode yang digunakan ialah *Akaike Information Criterion* (AIC) dalam persamaan berikut.

$$AIC = 2n \ln(\hat{\sigma}) + n \ln(2\pi) + n \left\{ \frac{n+tr(S)}{n-2-tr(S)} \right\} \tag{20}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistika Deskriptif

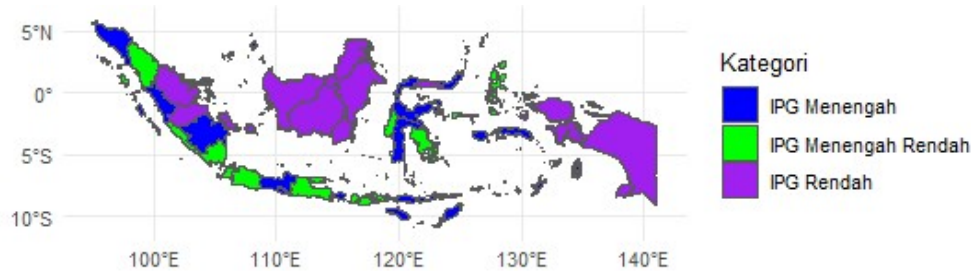
Deskripsi data untuk meninjau ringkasan data penelitian.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variable	Minimum	Mean	Maximum	Standard Deviation
Y	81,64	91,09	95,24	3,00
X <sub>1</sub>	12,64	25,27	39,40	5,17
X <sub>2</sub>	1,54	18,78	32,56	6,75
X <sub>3</sub>	2,27	4,61	7,52	1,40
X <sub>4</sub>	63,60	69,34	77,20	3,54

<i>Variable</i>	<i>Minimum</i>	<i>Mean</i>	<i>Maximum</i>	<i>Standard Deviation</i>
X <sub>5</sub>	7562	11470,32	19373	2231,80

Berdasarkan Tabel 1 diketahui variabel prediktor penelitian memiliki karakteristik yang berbeda. Capaian IPG tertinggi pada provinsi DKI Jakarta sebesar 95,24, wilayah dengan capaian IPG terendah pada provinsi Papua sebesar 81,64. Sebaran IPG per provinsi di Indonesia pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Sebaran IPG di Indonesia Tahun 2023

Capaian IPG dapat dikelompokkan ke dalam 5 status capaian yaitu IPG tinggi, menengah tinggi, menengah, menengah rendah, dan rendah (Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak, 2023). Pada Gambar 1 beberapa daerah di Indonesia memiliki capaian IPG yang rendah dibandingkan daerah lainnya yang diduga terjadi karena ada pengaruh heterogenitas spasial.

**B. Pemodelan Regresi Linear Berganda**

Model ini diestimasi menggunakan persamaan (2) dengan hasil dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = 81,050534 + 0,140102X_1 - 0,019785X_2 + 0,213503X_3 - 0,006307X_4 + 0,000551X_5$$

Pengujian signifikansi parameter model regresi linear berganda dengan uji simultan dan uji parsial. Hasil uji simultan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Uji Simultan

<b>Sumber Keragaman</b>	<b>df</b>	<b>Jumlah Kuadrat</b>	<b>Rata-rata Kuadrat</b>	<b>F<sub>hitung</sub></b>	<b>Sig.</b>
<i>Regression</i>	5	96,750	19,350	2,579	0,044
<i>Residual</i>	28	210,091	7,503		
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>306,840</b>			

Pada Tabel 3 diketahui  $F_{hitung} = 2,579 > F_{tabel} = 2,56$  maka disimpulkan tolak  $H_0$  dan dapat diartikan minimal terdapat satu variabel prediktor berpengaruh secara simultan pada IPG. Kemudian uji parsial dengan hasil uji t didapatkan sebagai berikut.

**Tabel 3.** Uji Parsial

<b>Variabel</b>	<b>t<sub>hitung</sub></b>	<b>Kesimpulan</b>
X <sub>1</sub>	1,420	Tidak signifikan
X <sub>2</sub>	-0,242	Tidak signifikan
X <sub>3</sub>	0,395	Tidak signifikan
X <sub>4</sub>	-0,032	Tidak signifikan
X <sub>5</sub>	2,258	Signifikan

Pada Tabel 3 didapat nilai  $t_{hitung}$  variabel  $X_5 > t_{tabel} = 2,048$  maka dapat disimpulkan variabel pengeluaran perkapita berpengaruh secara signifikan terhadap IPG di Indonesia.

**C. Heterogenitas Spasial**

Pengujian dilakukan dengan uji *Breusch-Pagan* pada persamaan (5) sehingga diperoleh hasil uji BP dengan  $p\text{-value} = 0,036$ , dengan  $\alpha = 0,05$  maka  $H_0$  ditolak. Diketahui pada data IPG di Indonesia terdapat heterogenitas spasial. Sehingga regresi linear berganda dianggap tidak cocok digunakan dan dilanjutkan dengan pemodelan GWR.

**D. Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR)**

Tahap pertama dalam estimasi GWR yaitu mendapatkan *bandwidth*.

**Tabel 4.** *Bandwidth* Setiap Lokasi Amatan

Provinsi	<i>Bandwidth</i>	Provinsi	<i>Bandwidth</i>
Aceh	15,05220	Nusa Tenggara Barat	8,72138
Sumatera Utara	11,37870	Nusa Tenggara Timur	10,43645
Sumatera Barat	8,89038	Kalimantan Barat	7,70573
Riau	8,62413	Kalimantan Tengah	7,20732
Jambi	8,02251	Kalimantan Selatan	6,62574
Sumatera Selatan	7,48823	Kalimantan Timur	9,00725
Bengkulu	8,73493	Kalimantan Utara	9,43957
Lampung	6,47073	Sulawesi Utara	9,52825
Kep. Bangka Belitung	6,12856	Sulawesi Tengah	8,13193
Kep. Riau	9,09142	Sulawesi Selatan	6,94251
DKI Jakarta	7,64506	Sulawesi Tenggara	8,16802
Jawa Barat	7,70530	Gorontalo	9,39589
Jawa Tengah	7,08695	Sulawesi Barat	6,31907
DI Yogyakarta	7,17141	Maluku	14,05909
Jawa Timur	7,47147	Maluku Utara	11,93494
Banten	7,80562	Papua Barat	16,83460
Bali	8,30865	Papua	21,48828

Perbedaan nilai *bandwidth* pada setiap lokasi amatan disebabkan fungsi pembobot yang digunakan merupakan *adaptive kernel bisquare*. Model GWR yang diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \hat{y}_{Aceh} &= 43,78242 + 0,85794x_1 + 0,20967x_2 + 1,41863x_3 + 0,34560x_4 - 0,00079x_5 \\ \hat{y}_{Sumatera\ Utara} &= 44,30872 + 0,84495x_1 + 0,20344x_2 + 1,44388x_3 + 0,32912x_4 - 0,00071x_5 \\ &\vdots \\ \hat{y}_{Papua\ Barat} &= 418,94997 - 0,43725x_1 - 0,77959x_2 - 11,53154x_3 - 3,86510x_4 + 0,00098x_5 \\ \hat{y}_{Papua} &= 482,33000 - 0,36382x_1 - 0,95740x_2 - 13,86149x_3 - 4,52466x_4 + 0,00033x_5 \end{aligned}$$

Pengujian dilanjutkan dengan uji kesesuaian model GWR menggunakan persamaan (11).

**Tabel 5.** Uji Kesesuaian GWR

$F_{hitung}$	$F_{tabel}$	$p\text{-value}$
14,116	3,946	0,001

Berdasarkan Tabel 5  $F_{hitung} > F_{tabel}$  sehingga dapat diketahui terdapat perbedaan model GWR dari regresi linear. Selanjutnya dilakukan uji pengaruh lokasi parsial GWR menggunakan persamaan (12).

**Tabel 6.** Uji Pengaruh Lokasi

Variabel	$F_3$	$p\text{-value}$	Kesimpulan
(Intercept)	7,829	0.001228	Signifikan
$X_1$	1,541	0.234419	Tidak signifikan



Variabel	$F_3$	$p$ -value	Kesimpulan
X <sub>2</sub>	3,100	0.033223	Signifikan
X <sub>3</sub>	5,637	0.005192	Signifikan
X <sub>4</sub>	6,818	0.001773	Signifikan
X <sub>5</sub>	1,750	0.201157	Tidak signifikan

Pada Tabel 6 diperoleh variabel yang memiliki  $p$ -value  $< \alpha(0,05)$  dapat diketahui bahwa variabel keterlibatan perempuan di parlemen (X<sub>2</sub>), tingkat pengangguran terbuka (X<sub>3</sub>) dan tingkat partisipasi angkatan kerja (X<sub>4</sub>) merupakan variabel prediktor yang berpengaruh secara lokal. Sedangkan variabel persentase penduduk dengan keluhan kesehatan (X<sub>1</sub>) dan pengeluaran perkapita yang disesuaikan (X<sub>5</sub>) merupakan variabel yang berpengaruh secara global. Dilanjutkan dengan uji signifikansi parameter parsial model GWR menggunakan persamaan (13).

**Tabel 7.** Uji Signifikansi Parameter Parsial GWR

Provinsi	Variabel Signifikan
Lampung, Kepulauan Bangka Belitung, DKI Jakarta, Jawa Barat.	Keterlibatan perempuan di parlemen (X <sub>2</sub> )
Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu	Tingkat pengangguran terbuka (TPT) (X <sub>3</sub> )
Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu, Jawa Timur, Kalimantan Barat	Tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK) (X <sub>4</sub> )

Variabel keterlibatan perempuan di parlemen berpengaruh di lima provinsi (X<sub>2</sub>), variabel TPT (X<sub>3</sub>) berpengaruh di delapan provinsi dan variabel TPAK (X<sub>4</sub>) berpengaruh di lima provinsi di Indonesia.

**E. Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (GWR)**

Langkah untuk mendapatkan estimasi MGWR sama dengan GWR. Sehingga diperoleh model MGWR berikut.

$$\hat{y}_{\text{Aceh}} = 0,5415 + 0,2401x_1 - 2,3803x_2 - 2,324x_3 + 0,2351x_4 + 0,4372x_5$$

$$\hat{y}_{\text{Sumatera Utara}} = 0,0645 + 0,2401x_1 - 0,4150x_2 + 0,2451x_3 + 0,1554x_4 + 0,4372x_5$$

$$\vdots$$

$$\hat{y}_{\text{Papua Barat}} = 1,9252 + 0,2401x_1 - 3,2458x_2 - 12,1128x_3 - 8,8460x_4 + 0,4372x_5$$

$$\hat{y}_{\text{Papua}} = 2,1267 + 0,2401x_1 - 3,7067x_2 - 13,5492x_3 - 9,8268x_4 + 0,4372x_5$$

Pengujian dilanjutkan dengan uji kesesuaian model GWR dengan hasil pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Uji Kesesuaian Model MGWR

$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
5,990	2,161

Berdasarkan Tabel 8 pengujian kesesuaian model didapatkan  $F_{hitung} > F_{tabel}$  sehingga dapat diketahui terdapat perbedaan model MGWR dari regresi linear berganda. Model MGWR yang diperoleh sesuai untuk digunakan.

**Tabel 9.** Uji Serentak Parameter Global Model MGWR

$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
2,295	2,241

Pada Tabel 9 pengujian ini memperoleh  $F_{hitung} > F_{tabel}$  sehingga disimpulkan variabel global berpengaruh secara serentak atau simultan terhadap IPG di Indonesia.

**Tabel 10.** Uji Serentak Parameter Lokal Model MGWR

$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
2,081	1.878

Pada Tabel 10 pengujian ini memperoleh  $F_{hitung} > F_{tabel}$  sehingga disimpulkan variabel lokal berpengaruh secara serentak terhadap IPG di Indonesia.

**Tabel 11.** Uji Parsial Parameter Global Model MGWR

Variabel	$t_{hitung}$	$t_{tabel}$
X <sub>1</sub>	1,755974	2,0369
X <sub>5</sub>	3,567681	2,0369

Berdasarkan Tabel 11 variabel global yang berpengaruh secara parsial terhadap IPG di Indonesia adalah variabel pengeluaran perkapita yang disesuaikan (X<sub>5</sub>) karena memiliki nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$ .

**Tabel 12.** Uji Parsial Parameter Lokal Model MGWR

Provinsi	Variabel Signifikan
-	Keterlibatan perempuan di parlemen (X <sub>2</sub> )
Jambi	Tingkat pengangguran terbuka (X <sub>3</sub> )
Lampung, Kep. Bangka Belitung, Jawa Timur, Kalimantan Tengah	Tingkat partisipasi angkatan kerja (X <sub>4</sub> )

Berdasarkan Tabel 12 diketahui variabel lokal yang signifikan terhadap IPG di setiap wilayah berbeda-beda.

#### F. Pemilihan Model Terbaik

Perbandingan nilai AIC masing-masing model dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Nilai AIC<sub>C</sub> Masing-masing Model

Model	AIC <sub>C</sub>
Regresi Linear Berganda	176,7156
GWR	343,8469
MGWR	123,1905

Berdasarkan Tabel 13 dapat diketahui model MGWR adalah model terbaik dalam pemodelan IPG di Indonesia dengan nilai AIC yang paling rendah.

#### IV. KESIMPULAN

Pemodelan MGWR menggunakan fungsi kernel *adaptive bisquare*. Contoh model yang diperoleh adalah provinsi Aceh. Berikut ini merupakan model MGWR untuk provinsi Aceh.

$$\hat{y}_{Aceh} = 0,5415 + 0,2401x_1 - 2,3803x_2 - 2,324x_3 + 0,2351x_4 + 0,4372x_5$$

Variabel keterlibatan perempuan di parlemen (X<sub>2</sub>), tingkat pengangguran terbuka (X<sub>3</sub>), dan tingkat partisipasi angkatan kerja (X<sub>4</sub>) merupakan variabel prediktor berpengaruh secara lokal. Sedangkan variabel persentase penduduk dengan keluhan kesehatan (X<sub>1</sub>) dan pengeluaran perkapita disesuaikan (X<sub>5</sub>) merupakan variabel yang berpengaruh secara global. Model MGWR merupakan model terbaik karena memiliki nilai AIC<sub>C</sub> paling minimum dibandingkan regresi linear berganda dan GWR. Variabel global yang berpengaruh signifikan adalah variabel pengeluaran perkapita yang disesuaikan (X<sub>5</sub>), sedangkan variabel lokal tidak pada semua amatan berpengaruh signifikan. Pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan variabel prediktor lainnya yang diduga mempengaruhi IPG di Indonesia serta melakukan studi literatur dan kajian yang lebih luas mengenai MGWR sehingga memperoleh hasil yang lebih rinci.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. Gender dan Kelompok Populasi Khusus 2023. Website : <https://www.bps.go.id/>
- Caraka, R. E., & Yasin, H. (2017). *Geographically Weighted Regression: Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*. Yogyakarta: Mobius.
- Fotheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression : the analysis of spatially varying relationship*. Wiley



- Gujarati, D. (2009). *Basic Econometrics 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak. (2023). *Pembangunan Manusia Berbasis Gender*. Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak.
- Leung, Y., Mei, C. L., & Zhang, W. (2000). Statistical Test for Spatial Nonstationarity Based on the Geographically Weighted Regression Model. *Journal of Environment and Planning*, 32, 9–32.
- Marizal, M., & Monalisa, K. A. (2022). Pemodelan angka kematian bayi di Indonesia menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR) dan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR). *Majalah Ilmiah Matematika Dan Statistika*, 22(2), 211. <https://doi.org/10.19184/mims.v22i2.32460>
- Purhadi, & Yasin, H. (2012). Mixed geographically weighted regression model (case study: The percentage of poor households in Mojokerto 2008). *European Journal of Scientific Research*, 69(2), 188–196.
- Wiasti, N. M. (2017). Mencermati Permasalahan Gender dan Pengarusutamaan Gender (PUG). *Journal of Anthropology*, 1(1), 29–42.