

Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Nusa Tenggara Barat Menggunakan *Geographically Weighted Regression*

Faiqotul Mala^{1*}, Muhamad Fariq Hidayat²

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Politeknik Medica Farma Husada Mataram, Indonesia

²Badan Pusat Statistik, Lombok Barat, Indonesia

*Penulis Korespondensi. Email: faiqmalaa@gmail.com

Abstrak

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah sebuah indikator untuk mengukur tingkat perkembangan sosial dan ekonomi suatu negara atau wilayah. Kenyataannya seringkali diperlukan model berbasis lokal kewilayahan karena adanya heterogenitas spasial yang dapat terjadi karena kondisi wilayah baik geografis, sosial, budaya ataupun lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji aspek kewilayahan atau aspek spasial yang mempengaruhi IPM di Nusa Tenggara Barat. Metode yang dapat digunakan untuk mengakomodir yaitu *Geographically Weighted Regression* (GWR). Analisis GWR merupakan pengembangan dari analisis regresi linier berganda yang dapat mengatasi keragaman wilayah/heterogenitas spasial sehingga menghasilkan model dan pendugaan parameter berbeda untuk setiap wilayah amatan. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan pembobot spasial *Adaptive Gaussian Kernel* dengan nilai bandwidth optimum yang didapatkan yaitu sebesar 27,1227 dengan nilai CV minimum 5,2927. Hasil pemodelan model GWR menghasilkan 10 model untuk setiap lokasi pengamatan dan menunjukkan bahwa variabel umur harapan hidup, harapan lama sekolah, pendapatan per kapita dan rata-rata lama sekolah berpengaruh secara signifikan terhadap IPM di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 dengan R^2 sebesar 99,92% dan nilai AIC minimum sebesar -10,0281.

Kata Kunci: *Geographically Weighted Regression* (GWR); Heterogenitas Spasial; Indeks Pembangunan Manusia

Abstract

The Human Development Index (HDI) is an indicator for measuring the level of social and economic development of a country or region. The reality is that a local-based model of autonomy is often needed because of the spatial heterogeneity that can occur due to the geographical, social, cultural or other conditions of the territory. Aim of this research is to find spatial effects in terms of affecting HDI in West Nusa Tenggara Province. A method that can be used to accommodate is *Geographically Weighted Regression* (GWR). GWR analysis is the development of multiple linear regression analysis that can address territorial diversity/spatial heterogeneity so as to produce different models and predictions of parameters for each observation region. The modeling was carried out using the *Gaussian Kernel Adaptive spatial weigher* with an optimal bandwidth value of 27,1227 with a minimum CV value of 5,2927. The GWR model modeling resulted in 10 models for each observation location and showed that life expectancy variables, school expectance, per capita income and average school age significantly influenced the IPM in the West Southeast Nusa Province in 2022 with an R^2 of 99.92% and a minimum AIC value of -10,0281.

Keywords: *Geographically Weighted Regression* (GWR); Human Development Index; spatial

1. Pendahuluan

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah sebuah indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat perkembangan sosial dan ekonomi suatu negara atau wilayah. IPM menggabungkan beberapa komponen penting seperti harapan hidup, akses pendidikan, dan pendapatan per kapita, sehingga memberikan gambaran lebih holistik tentang kualitas hidup manusia. Konsep IPM pertama kali diperkenalkan oleh PBB pada tahun 1990 sebagai alternatif terhadap metrik ekonomi tradisional

seperti Produk Domestik Bruto (PDB), yang tidak mencerminkan secara lengkap kesejahteraan masyarakat. Dengan fokus pada dimensi-dimensi kesejahteraan manusia, IPM memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang perkembangan sosial, pendidikan, dan kesehatan di suatu wilayah, sehingga dapat digunakan sebagai alat penting dalam perencanaan pembangunan dan pengambilan keputusan kebijakan. Melalui IPM, dapat dilakukan identifikasi ketimpangan dan perbedaan dalam kualitas hidup manusia serta mengukur kemajuan yang dicapai dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Perkembangan IPM di Indonesia menunjukkan peningkatan sebesar 0,49% tahun 2021 dan 0,86% pada tahun 2022. Hal tersebut berdampak dibandingkan saat terjadi pandemi COVID-19 di Indonesia pada tahun 2020 yang mengalami pertumbuhan hanya 0,03%. Peningkatan IPM di Indonesia Tahun 2022 ditunjukkan dengan peningkatan dimensi standar hidup layak yang ditunjukkan oleh variabel pengeluaran riil per kapita yang disesuaikan [1].

Sejak tahun 1990 hingga 2014 *United Nations Development Programme* (UNDP) terus melakukan penyempurnaan pada perhitungan IPM sehingga ditetapkan tiga dimensi pembentuk IPM yang mencakup beberapa indikator yaitu Umur Harapan Hidup saat lahir (UHH), Harapan Lama Sekolah (HLS), Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan pengeluaran riil per kapita yang disesuaikan (PKD) [2]. Salah satu provinsi yang mengalami peningkatan IPM yaitu Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Badan Pusat Statistik NTB mencatat bahwa IPM tahun 2022 mengalami peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya. Peningkatan tersebut ditunjukkan dengan angka 68,65% pada tahun 2021 dan meningkat lagi sebesar 69,46% di tahun 2022. IPM di provinsi NTB masih tergolong dalam kategori sedang dengan pertumbuhan sebesar 1,18% dari tahun 2021 ke tahun 2022. Berdasarkan indikator umur harapan hidup yang mewakili dimensi kesehatan, mengalami peningkatan sebesar 0,38 % dari tahun 2021 yang mencapai 67,07 tahun pada tahun 2022. Dari dimensi pendidikan ditunjukkan oleh variabel harapan lama sekolah dan rata-rata lama sekolah. Harapan lama sekolah mengalami peningkatan sebesar 0,06 tahun menjadi 13,96 tahun dari tahun 2021 ke tahun 2022. Sedangkan rata-rata lama sekolah meningkat sebesar 0,23 tahun menjadi 7,61 tahun. Indikator pengeluaran per kapita yang disesuaikan mewakili dimensi hidup yang layak mengalami peningkatan 304 ribu rupiah menjadi 10,68 juta rupiah pada tahun 2022 [3]. Peningkatan IPM Provinsi Nusa Tenggara Barat pada tahun 2022 beserta variabel yang mempengaruhinya menunjukkan peningkatan yang signifikan, sehingga akan dikaji lebih dalam dengan mempertimbangkan aspek kewilayahan berdasarkan kondisi geografis Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi IPM juga dikaji pada penelitian Nurhalizah, dkk [4] dan Marizal, dkk [5] yang menunjukkan bahwa faktor yang memberikan pengaruh secara signifikan pada IPM adalah Harapan Lama Sekolah, Rata-rata Lama Sekolah, Umur Harapan Hidup dan Pendapatan Per Kapita. Analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui keterkaitan faktor-faktor yang mempengaruhi IPM adalah dengan metode regresi linier berganda. Metode regresi linier berganda diduga menggunakan *ordinary least square* (OLS) yang akan menghasilkan estimasi yang bersifat global untuk setiap lokasi pengamatan [6]. Hal tersebut menjadi batasan dikarenakan pada keadaan yang sebenarnya banyak indikator/variabel yang dipengaruhi oleh kondisi sosial, budaya dan geografis yang berbasis kewilayahan sehingga mengakibatkan adanya heterogenitas spasial [7]. Pengaruh tersebut dapat menunjukkan hasil yang berbeda berdasarkan kedekatan antar lokasi pengamatan, semakin dekat jaraknya maka akan memberikan dampak yang lebih besar dibandingkan lokasi yang berjauhan [3]. Salah satu model yang dapat mengakomodasi permasalahan ini yaitu *Geographically Weighted Regression* (GWR) yang dapat digunakan untuk menganalisa data spasial dan menduga parameter secara lokal pada tiap titik lokasi pengamatan.

Penelitian mengenai model GWR dilakukan oleh Putri, dkk [8] mengkaji GWR dengan pembobot di *fixed kernel gaussian* dengan level data IPM setiap Provinsi di Indonesia dengan pendekatan jarak euclidean digunakan sebagai penentu antar masing-masing provinsi dan dikombinasi dengan fungsi pemulus kernel guna menghasilkan pemulusan data dan hasil estimasi yang maksimal. Sedangkan pada level amatan kabupaten kota, Annabillah & Sutanto [9] menggunakan GWR dengan pembobot *kernel gaussian* dengan kombinasi dengan jarak euclidean

adalah alat kajian kasus IPM di Provinsi Jawa Timur. Di sisi lain pada level kajian amatan kabupaten kota, Langiran, dkk [10] mendapatkan pembobot terbaik adaptif bi-square dalam mengkaji IPM di Pulau Kalimantan. Kasus penelitian Ananda, dkk [11] IPM di Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2017-2020 juga menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap IPM berbeda untuk setiap kabupaten/kota di Kalimantan Timur berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa metode GWR tepat digunakan untuk mengakomodasi kasus heterogenitas spasial yang ada di setiap lokasi pengamatan. Oleh karena itu dengan perkembangan IPM Provinsi NTB yang berangsur meningkat dan potensi wilayah yang termasuk dalam Kawasan Ekonomi Khusus (KEK), perlu kajian IPM dengan GWR dilakukan mengingat Provinsi NTB merupakan daerah kepulauan.

Kondisi geografis di Provinsi Nusa Tenggara Barat yang terdiri dari dua pulau dan terbagi menjadi beberapa kabupaten/kota sesuai diterapkan untuk melakukan pemodelan Indeks Pembangunan Manusia menggunakan GWR. Kondisi geografis di Provinsi Nusa Tenggara Barat dapat dikatakan sangat berpengaruh dikarenakan masyarakatnya masih banyak yang tertinggal di daerah Kabupaten tertentu, sedangkan di daerah perkotaan terjadi ketimpangan yang cukup signifikan dimana pengeluaran rumah tangga tergolong sangat tinggi. Berdasarkan Latar belakang tersebut, penelitian ini akan memodelkan Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 dengan menggunakan model GWR, serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhinya.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Metode *Geographically Weighted regression*, dan pengelokahan data dilakukan dengan menggunakan *software R* dengan langkah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis data guna mendapatkan gambaran umum mengenai statistik data variabel/indikator yang digunakan dalam penelitian.
2. Melakukan uji multikolinieritas guna mengetahui apakah terdapat korelasi pada masing-masing variabel independen. Pengujian dilakukan dengan *Variance Inflation Factor (VIF)* [12]. Rumus uji VIF sebagai berikut,

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

dengan R_j^2 merupakan koefisien determinasi. Apabila nilai $VIF > 10$ maka terindikasi terdapat multikolinieritas.

3. Membentuk model regresi linier berganda. Model regresi linier berganda adalah metode yang digunakan untuk mengetahui/menganalisis hubungan antara variabel dependen (y) dan variabel independen (x_1, \dots, x_k). Bentuk umum model regresi linier berganda dituliskan sebagai berikut [13]:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ji} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

4. Melakukan pengujian efek spasial. Pengujian efek spasial dilakukan guna mengidentifikasi pengaruh antara wilayah pengamatan satu dengan wilayah pengamatan yang lain. Pengujian dilakukan dengan
 - a. Uji heterogenitas spasial untuk mengidentifikasi adanya keberagaman antar wilayah pengamatan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan statistik uji Breusch Pagan [14] sebagai berikut:

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z}(\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \quad (6)$$

Dengan vektor \mathbf{f} adalah $f_i = \left(\frac{\varepsilon_i^2}{\sigma^2} - 1\right)$, \mathbf{Z} merupakan matriks \mathbf{X} berukuran $n \times (p + 1)$ yang sudah distandarisasi untuk setiap pengamatan dan ε_i adalah galat dan σ^2 ragam dari ε_i . Kriteria pengambilan keputusan tolak H_0 apabila statistik uji $BP > \chi_{(p,\alpha)}^2$.

- b. Uji dependensi spasial. Dependensi spasial menunjukkan keadaan dimana nilai observasi dari satu wilayah yang bergantung pada nilai observasi pada wilayah lain pada lokasi yang berdekatan yang menyebabkan tidak terpenuhinya asumsi autokorelasi. Dependensi spasial dapat dideteksi dengan melakukan pengujian salah satunya dengan uji Indeks Moran Global [15]. Statistik uji Indeks Moran yang digunakan untuk menguji hipotesis tersebut adalah

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{var}(I)}}$$

dengan

$$E(I) = -\frac{1}{(n-1)} ; \text{Var}(I) = \frac{N^2 S_1 - N S_2 + 3 S_0^2}{(N^2 - 1) S_0^2}$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}; S_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (w_{ij} + w_{ji})^2}{2}; S_2 = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^N w_{ij} + \sum_{j=1}^N w_{ji} \right)^2$$

dimana I adalah nilai Indeks Moran, w_{ij} adalah pembobot spasial *Adaptive Gaussian Kernel*, $E(I)$ yaitu nilai rata-rata dari I , dan $\text{Var}(I)$ merupakan nilai variansi dari I . Kriteria pengambilan keputusannya adalah H_0 ditolak jika nilai $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$ atau $p\text{-value} < \alpha(0,05)$, sehingga dapat disimpulkan terdapat autokorelasi spasial.

5. Pemodelan GWR dengan langkah sebagai berikut:

- Menentukan koordinat titik lokasi pengamatan yang terdiri dari nilai *latitude* dan *longitude* berdasarkan lokasi Kantor Bupati/Walikota tiap kabupaten/kota dari *google maps*.
- Menghitung nilai *euclidean* untuk mengetahui jarak antar lokasi satu dengan yang lain dengan persamaan:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (8)$$

d_{ij} adalah jarak *euclid* antar lokasi pengamatan ke- i dan lokasi ke- j , nilai $(u_i - u_j)$ dan $(v_i - v_j)$ masing-masing menunjukkan titik koordinat *longitude* dan *latitude* lokasi pengamatan ke- i dan lokasi pengamatan ke- j .

- Menentukan *bandwidth* optimum berdasarkan nilai *Cross Validation* (CV) [16]. *Bandwidth* optimum dipilih berdasarkan nilai CV terkecil dengan persamaan sebagai berikut:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 \quad (9)$$

dengan y_i adalah nilai pengamatan ke- i dan $\hat{y}_{\neq i}(h)$ merupakan nilai duga pengamatan ke- i yang nilainya diperoleh tanpa melibatkan pengamatan ke- i itu sendiri.

- d. Menentukan matriks pembobot spasial dengan fungsi pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* [16] dengan persamaan sebagai berikut:

$$W_{ij} = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{b_i}\right)^2\right) \quad (10)$$

dimana b_i adalah lebar *bandwidth* pada lokasi pengamatan ke- i .

6. Melakukan estimasi parameter model GWR sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^k \beta_j(u_i, v_i)x_{ij} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (11)$$

7. Melakukan pengujian parameter model GWR secara simultan dan spasial [17].

- a. Uji Simultan. Pengujian simultan dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F^* = \frac{SSE(H_1)/df_1}{SSE(H_0)/df_2} \quad (12)$$

- b. Uji Parsial. Uji parsial pada model GWR dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_{hit} = \frac{\hat{\beta}_j(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}\sqrt{g_{kk}}} \quad (13)$$

8. Melakukan pengujian kesesuaian model untuk mengetahui pengaruh variabel penelitian menggunakan model GWR.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (14)$$

9. Melakukan penarikan kesimpulan dan melakukan interpretasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Statistik Deskriptif Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder tiap kabupaten/kota yang diperoleh dari BPS Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 dengan variable yang digunakan yaitu Indeks Pembangunan Manusia (y), Harapan Lama Sekolah (x_1), Rata-rata Lama Sekolah (x_2), Umur Harapan Hidup (x_3), dan Pengeluaran per kapita (x_4). Data koordinat diperoleh dari *Google Maps* dengan mengambil titik lokasi Kantor Bupati/Kantor Walikota yang ada pada tiap kabupaten/kota yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Gambaran umum tentang variabel penelitian yaitu faktor-faktor yang mempengaruhi IPM di Provinsi Nusa Tenggara Timur disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-rata	N
IPM (y)	65,7	79,59	70,50	10
HLS (x_1)	12,77	15,65	13,95	10
RLS (x_2)	6,3	10,94	8,09	10
UHH (x_3)	66,55	72,2	68,28	10
PPK (x_4)	8699	15416	10758,60	10

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata persentase Indeks Pembangunan Manusia (y) sebesar 70,50 %. Persentase terendah adalah Kabupaten Lombok Utara yaitu 65,70% dan persentase tertinggi

adalah Kota Mataram yaitu sebesar 79,59%. Persentase rata-rata HLS dan RLS yaitu 13,95% dan dengan persentase HLS terendah terdapat di Kabupaten Lombok Utara yaitu 12,77% dan 6,30%, sedangkan persentase HLS dan RLS tertinggi ada di Kota Mataram sebesar 15,65% dan 10,94%. Faktor UHH memiliki rata-rata sebesar 68,28%, angka terendahnya terdapat di Kabupaten Lombok Timur yaitu 66,55% dan tertinggi ada di Kota Mataram sebesar 72,20%. Faktor PPK memiliki rata-rata sebesar 10758,60 ribu rupiah/orang/tahun, dengan daerah terendah di Kabupaten Bima yaitu 8699 ribu rupiah/orang/tahun dan daerah tertinggi ada di Kota Mataram sebesar 15416 ribu rupiah/orang/tahun. Statistik deskriptif data menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antar lokasi, hal ini menunjukkan bahwa terdapat faktor lokasi yang mempengaruhi indeks pembangunan manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

3.2 Uji Multikolinieritas

Uji Multikolinieritas dilakukan guna mengetahui bahwa setiap variabel independen memiliki hubungan atau korelasi. Hasil pengujian multikolinieritas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Pelanggaran Multikolinieritas

Variabel	Nilai VIF
HLS (x_1)	3.882139
RLS (x_2)	4.482059
UHH (x_3)	9.233210
PPK (x_4)	7.211766

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan nilai VIF untuk masing-masing variabel HLS, RLS, UHH dan PPK < 10 , maka dapat disimpulkan bahwa dalam data tersebut tidak terdapat multikolinieritas antar variabel.

3.3 Regresi Linier Berganda

Sebelum dilakukan pemodelan menggunakan model GWR, terlebih dahulu dilakukan pemodelan dengan regresi linier berganda menggunakan OLS. Hasil analisis regresi linier berganda disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Estimasi dengan Regresi Linier Berganda

Koefisien Variabel	Estimasi
$\hat{\beta}_0$	1,189
HLS ($\hat{\beta}_1$)	0,901
RLS ($\hat{\beta}_2$)	1,263
UHH ($\hat{\beta}_3$)	0,3754
PPK ($\hat{\beta}_4$)	0,0009475

Berdasarkan hasil estimasi pada Tabel 3, didapatkan model regresi linier berganda sebagai berikut:

$$\hat{y} = 1,1890 + 0,901x_1 + 1,263x_2 + 0,3754x_3 + 0,0009475x_4$$

Model regresi menunjukkan bahwa Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 akan meningkat sebesar 0,901% jika Harapan Lama Sekolah (x_1) meningkat sebesar 1% dengan syarat variabel lainnya. Jika Rata-rata Lama sekolah (x_2) dan Umur Harapan Hidup (x_3) meningkat sebesar 1%, maka Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 akan meningkat sebesar 1,263% dan 0,3754% dengan syarat variabel lainnya.

Apabila Pengeluaran Per Kapita (x_4) akan meningkat sebesar 1 juta rupiah/tahun/orang, maka Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 akan meningkat sebesar 0,0009475% dengan syarat variabel lainnya.

3.4 Pengujian Efek Spasial

Pengujian efek spasial digunakan untuk melihat pengaruh efek lokasi antar titik lokasi pengamatan. Uji yang dilakukan untuk mengetahui efek spasial yaitu uji heterogenitas spasial dan uji dependensi spasial.

3.4.1 Uji Heterogenitas Spasial

Pengujian heterogenitas spasial tujuannya adalah untuk mengidentifikasi efek spasial pada data. Apabila dalam data tersebut mengandung heterogenitas spasial, dapat dilanjutkan untuk analisis dengan GWR. Uji heterogenitas spasial dilakukan dengan menggunakan statistik uji *Breusch Pagan* (BP) [14] dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2, i = 1, \dots, n$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, \dots, n$$

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai uji BP dengan nilai p – value (0,04574) < $\alpha(0,05)$ sehingga diputuskan untuk tolak H_0 yang berarti bahwa model GWR IPM di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 memiliki keragaman spasial yang dipengaruhi oleh faktor wilayah berdasarkan letak geografis wilayah kabupaten/kota.

3.4.2 Uji Dependensi Spasial

Pengujian dependensi spasial digunakan untuk mengetahui apakah terdapat keterkaitan efek spasial antar lokasi satu dengan lokasi yang lainnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan uji Indeks Moran [15] dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : I = 0$$

$$H_1 : I \neq 0$$

Hasil pengujian Indeks Moran didapatkan nilai p – value (0,02053) < $\alpha(0,05)$ maka diputuskan untuk tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada setiap lokasi pengamatan. Dengan terpenuhinya kedua asumsi tersebut, maka pemodelan GWR dapat dilanjutkan untuk memodelkan IPM di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

3.5 Model Geographically Weighted Regression

Tahapan pertama dalam pemodelan menggunakan *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah menentukan titik koordinat lokasi pengamatan dengan mencari nilai *latitude* dan *longitude* berdasarkan titik lokasi Kantor Bupati/Walikota yang ada di kabupaten/kota provinsi Nusa Tenggara Barat. Kemudian menghitung *bandwidth* optimum berdasarkan berdasarkan nilai CV terkecil. Nilai *bandwidth* optimum yang didapatkan yaitu sebesar 27,1227 dengan nilai CV 5,2927. Selanjutnya menghitung jarak *euclidean* dari masing-masing kabupaten/kota. Proses selanjutnya yaitu menentukan matriks pembobot spasial menggunakan *Adaptive Gaussian Kernel*, matriks pembobot didapatkan dari hasil substitusi nilai *bandwidth* optimum dan jarak *euclidean* ke dalam fungsi pembobot. Matriks pembobot merupakan matriks diagonal berukuran 10×10 sesuai dengan jumlah kabupaten/kota yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Model GWR yang terbentuk dalam penelitian ini terdiri dari model GWR global dan model GWR lokal berdasarkan setiap kabupaten/kota yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Model GWR Global faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 yaitu,

$$\hat{y} = 1,194 + 0,8875x_1 + 1,465x_2 + 3,147x_3 + 0,00364x_4$$

Model GWR Global menunjukkan bahwa Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 akan meningkat sebesar 0,8875% jika Harapan Lama Sekolah (x_1) meningkat sebesar 1% dengan syarat variabel lainnya konstan dan dipengaruhi oleh kabupaten/kota di sekitarnya. Jika Rata-rata Lama sekolah (x_2) dan Umur Harapan Hidup (x_3) meningkat sebesar 1%, maka Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 akan meningkat sebesar 1,465% dan 3,147% dengan syarat variabel lainnya konstan dan dipengaruhi oleh kabupaten/kota di sekitarnya. Apabila Pengeluaran Per Kapita (x_4) akan meningkat sebesar 1 juta rupiah/tahun/orang, maka Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 akan meningkat sebesar 0,00364% dengan syarat variabel lainnya konstan dan dipengaruhi oleh kabupaten/kota di sekitarnya.

Model GWR Lokal Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 di setiap kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Model GWR Lokal

Kabupaten/Kota	Model GWR Lokal
Kabupaten Lombok Barat	$\hat{Y} = 1,1285 + 0,8278x_1 + 1,2959x_2 + 0,0011x_4$
Kabupaten Lombok Tengah	$\hat{Y} = 1,1348 + 0,8205x_1 + 1,2908x_2 + 0,0011x_4$
Kabupaten Lombok Timur	$\hat{Y} = 1,1231 + 0,8871x_1 + 1,2987x_2 + 0,0010x_4$
Kabupaten Sumbawa	$\hat{Y} = 1,1390 + 0,9526x_1 + 1,2405x_2 + 0,4067x_3 + 0,0010x_4$
Kabupaten Dompu	$\hat{Y} = 1,1565 + 1,0971x_1 + 1,2234x_2 + 0,4287x_3 + 0,0009x_4$
Kabupaten Bima	$\hat{Y} = 1,1462 + 0,9707x_1 + 1,2228x_2 + 0,4305x_3 + 0,0009x_4$
Kabupaten Sumbawa Barat	$\hat{Y} = 1,1632 + 0,8877x_1 + 1,2981x_2 + 0,0010x_4$
Kabupaten Lombok Utara	$\hat{Y} = 1,1522 + 0,8278x_1 + 1,2922x_2 + 0,0010x_4$
Kota Mataram	$\hat{Y} = 1,1330 + 0,8208x_1 + 1,2922x_2 + 0,0011x_4$
Kota Bima	$\hat{Y} = 1,1271 + 0,8278x_1 + 1,2959x_2 + 0,4320x_3 + 0,0009x_4$

Model GWR lokal yang terbentuk yaitu sebanyak 10 model sesuai dengan jumlah kabupaten/kota yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Misalkan Model GWR lokal untuk Kota Mataram adalah sebagai berikut,

$$\hat{Y} = 1,1330 + 0,8208 x_1 + 1,2922 x_2 + 0,0011 x_4$$

Hasil estimasi menunjukkan bahwa Indeks Pembangunan Manusia di Kota Mataram Tahun 2022 akan meningkat sebesar 0,8208% jika Harapan Lama Sekolah (x_1) meningkat sebesar 1% dengan syarat peubah lainnya dan berpengaruh pada daerah sekitarnya yaitu Kabupaten Lombok Barat. Jika Rata-rata Lama Sekolah (x_2) di Kota Mataram Tahun 2022 meningkat sebesar 1% maka Indeks Pembangunan Manusia meningkat sebesar 1,2922% dengan syarat peubah lainnya dan berpengaruh pada daerah sekitarnya yaitu Kabupaten Lombok Barat. Indeks Pembangunan Manusia di Kota Mataram Tahun 2022 akan meningkat sebesar 0,0011 jika Pendapatan Per Kapita (x_4) meningkat sebesar 1 juta rupiah/tahun/orang dengan syarat peubah lainnya dan berpengaruh pada daerah sekitarnya yaitu Kabupaten Lombok Barat.

3.6 Uji Signifikansi Parameter Model

Pengujian signifikansi parameter dilakukan untuk mengetahui apakah variabel independen dalam model mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Pengujian dilakukan menggunakan uji simultan dan uji parsial.

3.6.1 Uji Simultan

Pengujian simultan adalah pengujian parameter yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel independen secara bersama-sama/serentak terhadap variabel dependen [16]. Hipotesis pengujian adalah,

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

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq 0$$

Hasil pengujian berdasarkan persamaan (12) didapatkan nilai statistik uji $F(9,8762) > F_{0,05;10;4}(5,9644)$ sehingga diputuskan untuk tolak H_0 , yang berarti dapat disimpulkan bahwa semua variabel independen yaitu HLS, RLS, UHH, dan PPK secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap IPM di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

3.6.2 Uji Parsial

Pengujian secara parsial merupakan pengujian parameter yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel independen secara individu terhadap variabel dependen [16]. Hipotesis uji parsial adalah,

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

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

Hasil pengujian berdasarkan persamaan (13) disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Parsial

Kabupaten/Kota	Estimasi Parameter				Probability Value ($\alpha=5\%$)			
	HLS	RLS	UHH	PPK	HLS	RLS	UHH	PPK
Kabupaten Lombok Barat	0,8278	1,2959	0,2646	0,0011	0,0280	0,0031	0,0768	0,0082
Kabupaten Lombok Tengah	0,8205	1,2908	0,2588	0,0011	0,0316	0,0037	0,0860	0,0109
Kabupaten Lombok Timur	0,8871	1,2987	0,3004	0,0010	0,0153	0,0022	0,0537	0,0041
Kabupaten Sumbawa	0,9526	1,2405	0,4067	0,0010	0,0124	0,0023	0,0336	0,0041
Kabupaten Dompu	0,9717	1,2234	0,4287	0,0009	0,0116	0,0022	0,0267	0,0040
Kabupaten Bima	0,9707	1,2228	0,4305	0,0009	0,0117	0,0022	0,0272	0,0041
Kabupaten Sumbawa Barat	0,8877	1,2981	0,3016	0,0010	0,0152	0,0022	0,0535	0,0041
Kabupaten Lombok Utara	0,8616	1,3023	0,2765	0,0010	0,0202	0,0023	0,0673	0,0054
Kota Mataram	0,8208	1,2922	0,2602	0,0011	0,0307	0,0035	0,0830	0,0099
Kota Bima	0,9697	1,2224	0,4320	0,0009	0,0118	0,0023	0,0276	0,0041

Berdasarkan Tabel 5 hasil estimasi parameter didapatkan nilai statistik uji untuk masing-masing variabel memiliki nilai $p - value < 0,05$ sehingga diputuskan untuk tolak H_0 . Variabel Harapan Lama Sekolah (HLS), Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan Pengeluaran Per Kapita (PPK) berpengaruh secara signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di masing-masing Kabupaten Lombok Barat, Kabupaten Lombok Tengah, Kabupaten Lombok Timur, Kabupaten Sumbawa Barat, Kabupaten Lombok Utara dan Kota Mataram. Sedangkan variabel Harapan Lama Sekolah (HLS), Rata-rata Lama Sekolah (RLS), Umur Harapan Hidup (UHH) dan Pengeluaran Per Kapita (PPK) berpengaruh signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Sumbawa, Kabupaten Dompu, Kabupaten Bima dan Kota Bima. Pengelompokan variabel yang memberikan pengaruh signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengelompokan Variabel

Variabel	Kabupaten/Kota
x_1, x_2, x_4	Kabupaten Lombok Barat, Kabupaten Lombok Tengah, Kabupaten Lombok Timur, Kabupaten Sumbawa Barat, Kabupaten Lombok Utara dan Kota Mataram
x_1, x_2, x_3, x_4	Kabupaten Sumbawa, Kabupaten Dompu, Kabupaten Bima dan Kota Bima

3.7 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik digunakan untuk mengetahui model terbaik antara model regresi linier berganda dengan model GWR. Pemilihan model terbaik ditentukan berdasarkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) terkecil. Hasil nilai perbandingan antara model Regresi Linier berganda dengan model GWR disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Model Terbaik

Metode	R^2	AIC
Regresi Linier Berganda	92,67%	21,3891
<i>Geographically Weighted Regression</i>	99,92%	-10.0281

Berdasarkan Tabel 6 didapatkan bahwa model GWR lebih baik dan tepat untuk pemodelan IPM Tahun 2022 di Provinsi Nusa Tenggara Barat dikarenakan dibandingkan dengan model regresi linier berganda yang ditunjukkan adanya faktor spasial antar kabupaten/kota yang ditunjukkan dengan nilai R^2 sebesar 99,92% dan nilai AIC minimum sebesar $-10,0281$. Model GWR menghasilkan penduga parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi. Dalam model GWR, variabel dependen diprediksi dengan variabel independen yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi di mana data tersebut di amati. Setiap parameter pada model GWR dihitung berdasarkan titik seriap lokasi geografis sehingga nilai parameternya akan berbeda antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Hal tersebut sesuai dengan letak geografis Provinsi Nusa Tenggara Barat yang terdiri dari dua Pulau serta terbagi menjadi beberapa Kabupaten dan Kota yang menyebabkan terjadinya pengelompokan pusat perekonomian dan pembangunan manusianya, Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, umur harapan hidup serta pendapatan per kapita yang dipengaruhi pula oleh wilayah di sekitar lokasi pengamatan. Hal tersebut sangat sesuai dengan hasil penelitian untuk model GWR yang terbukti bahwa model GWR mampu mengakomodir keadaan heterogenitas spasial di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

4. Kesimpulan

Model *Geographically Weighted Regression* Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 terdiri dari 10 model berdasarkan jumlah kabupaten/kota. Misalkan model GWR untuk Kota Mataram adalah $\hat{Y} = 1,1330 + 0,8208 x_1 + 1,2922 x_2 + 0,0011 x_4$. sedangkan faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia yaitu Harapan Lama Sekolah (HLS), Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan Pengeluaran Per Kapita (PPK) berpengaruh secara signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di masing-masing Kabupaten Lombok Barat, Kabupaten Lombok Tengah, Kabupaten Lombok Timur, Kabupaten Sumbawa Barat, Kabupaten Lombok Utara dan Kota Mataram. Sedangkan variabel Harapan Lama Sekolah (HLS), Rata-rata Lama Sekolah (RLS), Umur Harapan Hidup (UHH) dan Pengeluaran Per Kapita (PPK) berpengaruh signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Sumbawa, Kabupaten Dompu, Kabupaten Bima dan Kota Bima. Model GWR sesuai diterapkan untuk memodelkan Indeks

Pembangunan Manusia di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2022 dengan R^2 sebesar 99,92% dan nilai AIC minimum sebesar $-10,0281$.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik, *Statistik Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik, 2023.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Indeks Pembangunan Manusia 2022*. Badan Pusat Statistik, 2023.
- [3] Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Barat, *Provinsi Nusa Tenggara Barat Dalam Angka 2023*. Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Barat, 2023.
- [4] Nurhalizah and P. Sitompul, “Analysis of Ordinary Least Square and Geographically Weighted Regression on the Human Development Index of North Sumatra 2021,” *Formosa Journal of Applied Sciences*, vol. 1, no. 6, pp. 981–1000, Nov. 2022, doi: 10.55927/fjas.v1i6.1718.
- [5] M. Marizal and H. Atiqah, “Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia dengan Geographically Weighted Regression (GWR),” *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, vol. 8, no. 2, p. 133, Sep. 2022, doi: 10.24014/jsms.v8i2.17886.
- [6] A. F. Adatunaung, D. Hatidja, and W. C. D. Weku, “Performa Kernel pada Model Geographically Weighted Regression untuk Menentukan Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Sulawesi Selatan,” *Jurnal Ilmiah Sains*, vol. 23, no. 2, pp. 140–148, Oct. 2023, doi: 10.35799/jis.v23i2.48867.
- [7] M. Nadya, W. Rahayu, and V. M. Santi, “Analisis Geographically Weighted Regression (GWR) Pada Kasus Pneumonia Balita di Provinsi Jawa Barat,” *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, vol. 1, no. 1, pp. 23–32, 2017, doi: <https://doi.org/10.21009/JSA.01103>.
- [8] F. E. Putri, Mukhsar, Baharuddin, B. Abapihi, Ruslan, and Agusrawati, “Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia Dengan Pendekatan Geographically Weighted Regression,” in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Terapan*, 2022, pp. 34–49. Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/sinta6/article/view/41869>.
- [9] Z. F. Annabilah and H. T. Sutanto, “Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur Menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR),” *Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 7, no. 1, pp. 14–17, 2019, Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/mathunesa/article/view/27011>.
- [10] A. Langiran, Kismiantini, and E. P. Setiawan, “Penerapan Model Regresi Spasial Dalam Menentukan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks pembangunan Manusia di Kabupaten/Kota Pulau Kalimantan,” *Jurnal Statistika dan Sains Data*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023, Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/jssd/article/view/19069/18240>.
- [11] N. M. S. Ananda, S. Suyitno, and M. Siringoringo, “Geographically Weighted Panel Regression Modelling of Human Development Index Data in East Kalimantan Province in 2017-2020,” *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, vol. 19, no. 2, pp. 323–341, Jan. 2023, doi: 10.20956/j.v19i2.23775.
- [12] M. H. Kutner, Chris. Nachtsheim, and John. Neter, *Applied linear regression models*. McGraw-Hill/Irwin, 2004.
- [13] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung : Alfabeta, 2021.
- [14] S. Andriani, “Uji Park Dan Uji Breusch Pagan Godfrey Dalam Pendeteksian Heteroskedastisitas Pada Analisis Regresi,” *Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 8, no. 1, pp.

63–72, 2017, Accessed: Nov. 14, 2023. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.24042/ajpm.v8i1.1014>.

- [15] J. LeSage and R. Kelley Pace, *Introduction to Spatial Econometrics*. 2009.
- [16] A. Stewart, Fotheringham, C. Brunsdon, and M. Charlton, *Geographically Weighted Regression*. England: John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- [17] R. E. Caraka and H. Yasin, *Geographically Weighted Regression (GWR) : Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*, Edisi Pertama. Yogyakarta: Mobius, 2017. Accessed: Nov. 14, 2023. [Online]. Available: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1153531>.