

**MODEL GEOGRAPHICALLY WEIGHTED PANEL
REGRESSION (GWPR) DENGAN FUNGSI KERNEL
FIXED GAUSSIAN PADA INDEKS PEMBANGUNAN
MANUSIA DI JAWA TIMUR**

**(MODEL GEOGRAPHICALLY WEIGHTED PANEL
REGRESSION (GWPR) WITH FIXED GAUSSIAN KERNEL
FUNCTION FOR HUMAN DEVELOPMENT INDEX IN
EAST JAVA)**

DIA CAHYA WATI*, HERNI UTAMI

Abstrak. Model *Geographically Weighted Panel Regression* (GWPR) merupakan gabungan data panel dan GWR. Model GWPR merupakan pengembangan dari model regresi global dimana ide dasarnya diambil dari regresi non parametrik. Model ini merupakan model regresi linier bersifat lokal (*locally linear regression*) yang menghasilkan penaksir parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi dimana data tersebut dikumpulkan. Tujuan penelitian ini membentuk model GWPR dengan fungsi pembobot kernel *Fixed Gaussian* dalam mengatasi permasalahan efek spasial dan faktor geografis yang mempengaruhi suatu wilayah terhadap wilayah lainnya. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data sekunder yang diambil dari website Badan Pusat Statistika (BPS) berupa Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur Tahun 2013-2016. Penelitian ini menghasilkan bahwa untuk kasus Indeks Pembangunan Manusia sebaiknya menggunakan metode GWPR dalam pembentukan model, dimana koefisien determinasi yang dihasilkan yaitu 98.74%. Adapun faktor yang mempengaruhi IPM khususnya Kabupaten Mojokerto adalah rata-rata lama sekolah (RLS), angka harapan hidup (AHH), dan indeks kemahalan konstruksi (IKK).

Kata-kata kunci: GWPR, *fixed Gaussian*, Indeks Pembangunan Manusia, Jawa Timur.

Abstract. The Geographically Weighted Panel Regression (GWPR) model is a combination of panel data and GWR. The GWPR model is a development of the global regression model where ideas are taken from non-parametric regression. This model is a linear regression model that is local (local linear regression) which produces an estimator of the model parameters that affects local for each point or location where the data is collected. The purpose of this study is form a GWPR model with a fixed gaussian kernel weighting function in overcoming the problem of spatial effects and geographical factors that affect an area to another region. The data used in this study is secondary data taken from the Central Statistics Agency (BPS) website consisting of the Human Development Index in East Java 2013-2016. This study produces data for the making of the Human Development Index using the GWPR method in the formation of the model, where the coefficient of determination generated is 98.74%. Factors that increase HDI especially Mojokerto Regency are average length of school (RLS), life expectancy (AHH), and the construction expensiveness index (IKK).

Keywords: GWPR, fixed Gaussian, Human Development Index, East Java.

1. PENDAHULUAN

Analisis regresi adalah teknik statistika yang dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Model regresi linier dapat diperoleh dengan melakukan estimasi terhadap parameter-parameternya dengan menggunakan metode tertentu. Adapun metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi parameter model regresi linier adalah metode *Ordinary Least Square* (OLS). Setelah diperoleh dugaan regresi linier selanjutnya dilakukan pengujian kelayakan, uji parameter, serta uji asumsi klasik [2]. Model regresi dikatakan baik jika memenuhi asumsi klasik, yaitu tidak terjadi autokorelasi, tidak terjadi heteroskedastisitas, residual model berdistribusi normal serta tidak terjadi multikolinieritas [11].

Akan tetapi penerapan pada regresi seringkali ditemukan bahwa terdapat pengaruh spasial (lokasi) yang mempengaruhi model. Adanya efek spasial merupakan hal yang lazim terjadi antara satu wilayah dengan wilayah yang lain. Penerapan pada regresi seringkali ditemukan bahwa terdapat pengaruh spasial (lokasi) yang mempengaruhi model [16]. Adanya efek spasial merupakan hal yang lazim terjadi antara satu wilayah dengan wilayah yang lain. Pada beberapa kasus, peubah tak bebas yang diamati memiliki keterkaitan dengan hasil pengamatan di wilayah yang berbeda, terutama wilayah yang berdekatan.

Salah satu pendekatan yang memperhatikan lokasi pengamatan adalah dengan *Geographically Weighted Regression* (GWR) [1]. *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah suatu yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi terboboti [10]. GWR adalah pengembangan dari kerangka regresi klasik yang menghasilkan penduga koefisien regresi model yang

bersifat global menjadi regresi yang menghasilkan penduga koefisien regresi model yang bersifat lokal. Model GWR dibangun dari metode pendekatan titik, yaitu berdasarkan posisi koordinat garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*). Parameter untuk model regresi di setiap lokasi akan menghasilkan nilai yang berbeda-beda. GWR dapat mengakomodasi efek spasial, sehingga dapat menjelaskan hubungan antara variabel respon dan prediktor dengan lebih baik.

Disisi lain, dalam suatu penelitian tidak cukup hanya melakukan pengamatan terhadap unit amatan dalam satu waktu tertentu saja, tetapi perlu juga mengamati unit tersebut pada berbagai periode waktu. Metode statistik yang digunakan untuk mengatasi adanya efek spasial, khususnya masalah heterogenitas spasial pada data bertipe panel adalah *Geographically Weighted Panel Regression* [13]. *Geographically Weighted Panel Regression* (GWPR) adalah modifikasi dari model regresi yang merupakan gabungan dari GWR dan data panel. Adapun penelitian terdahulu dilakukan oleh [19]. Dalam penelitiannya, [19] mengembangkan metode untuk analisis spasial temporal dengan menggabungkan GWR dan model regresi panel untuk pertama kalinya. Hasil penelitian [19] menyimpulkan bahwa model GWPR lebih baik daripada GWR cross-sectional. Dilanjutkan dengan penelitian [7], penelitian [7] merupakan pengembangan pada penelitian [19] yang memodelkan serta mengestimasi persamaan upah *New Economic Geography* dengan data panel di Eropa. Hal yang sama diteruskan oleh penelitian [8], kemudian dilanjutkan dengan penelitian [20] dengan model GWPR untuk memodelkan pendapatan per kapita di Eropa.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis akan menerapkan penelitian yang dilakukan oleh [20]. Adapun perbedaan dengan penelitian [20] adalah pada fungsi pembobot kernel, dimana [20] menggunakan fungsi pembobot kernel *adaptive bisquare* akan tetapi pada penelitian ini akan digunakan fungsi pembobot *fixed gaussian*. Menurut [21], pada penelitian [21] mengatakan bahwa fungsi pembobot kernel *fixed gaussian* lebih baik digunakan pada pemodelan spasial. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi pada fungsi pembobot *fixed gaussian* lebih baik daripada *Queen Contiguity*. Hal serupa didukung dengan penelitian yang dilakukan [15] bahwa dengan *fixed gaussian* dapat memprediksi delapan desa dengan kondisi ketahanan pangan yang sama dengan data sekunder. Dari uraian tersebut, tujuan dari penelitian ini lebih difokuskan pada model GWPR dengan menggunakan fungsi kernel *fixed gaussian* pada kasus indeks pembangunan manusia di Provinsi Jawa Timur tahun 2013-2016.

2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Bagaimana menerapkan GWPR dalam pemodelan kasus Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten/ Kota Provinsi Jawa Timur tahun 2013-2016?
- (2) Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi indeks pembangunan manusia di provinsi Jawa Timur tahun 2013-2016?

3. ANALISIS REGRESI DATA PANEL

Data panel merupakan data gabungan antara data *cross section* dan data *time series*. Pada data panel, setiap unit cross section diobservasi secara berulang-ulang selama beberapa waktu. Jika kita memiliki individu (dimana $i = 1, 2, 3, \dots, I$) dalam periode pengamatan selama waktu (dimana $j = 1, 2, 3, \dots, J$), maka dengan data panel kita akan memiliki total observasi sebanyak NJ . Adapun model regresi data panel sebagai berikut:

$$y_{ij} = \alpha_{ij} + \mathbf{x}_{ij}\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{ij} \quad (3.1)$$

dengan y_{ij} merupakan variabel dependen unit subjek ke- i dan waktu ke- j , α_{ij} adalah koefisien intersep yang merupakan skalar, \mathbf{x}_{ij} adalah variabel independen berupa vektor baris berukuran $1 \times p$ untuk pengamatan ke- i pada periode waktu ke- j , dengan p adalah banyaknya variabel independen, $\boldsymbol{\beta}$ adalah vektor parameter berukuran $p \times 1$, dan ε_{ij} yang merupakan galat unit subjek ke- i dan waktu ke- j .

Terdapat 3 pendekatan yang biasa digunakan dalam mengestimasi model regresi data panel, yaitu pendekatan *common effect model*, *fixed effect model*, dan *random effect model*.

- (1) *Common Effect Model*, Teknik yang paling sederhana dalam mengestimasi model regresi data panel adalah dengan mengkombinasikan data *time series* dan *cross section* lalu melakukan pendugaan (*pooling*). Data dikombinasikan tanpa memperhatikan perbedaan antar waktu dan antar individu. Adapun model CEM adalah sebagai berikut:

$$y_{ij} = \alpha + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_p x_{pij} + \varepsilon_{ij} \quad (3.2)$$

dengan y_{ij} yang merupakan variabel dependen unit subjek ke- i dan waktu ke- j , α adalah koefisien intersep yang merupakan skalar, x_{pij} adalah variabel independen ke- k unit subjek ke- i dan waktu ke- j , β_p adalah parameter yang tidak diketahui atau koefisien variabel bebas, dan ε_{ij} yang merupakan galat unit subjek ke- i dan waktu ke- j .

Estimasi *Common Effect Model* dilakukan dengan metode OLS, sehingga:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{CEM} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y} \quad (3.3)$$

- (2) *Fixed Effect Model*, Pendekatan metode kuadrat terkecil biasa adalah pendekatan dengan mengasumsikan bahwa intersep dan koefisien *regresor* dianggap konstan untuk seluruh unit wilayah/daerah maupun unit waktu. Adapun model FEM adalah sebagai berikut:

$$y_{ij} = \alpha_i + \mathbf{x}_{ij}\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{ij} \quad (3.4)$$

Karena *Fixed Effect Model* (FEM) dilakukan dengan teknik variabel dummy, sehingga

$$y_{ij} = e\alpha_i + \mathbf{x}_{ij}\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{ij} \quad (3.5)$$

dengan y_{ij} yang merupakan variabel dependen unit subjek ke- i dan waktu ke- j , e adalah variabel boneka, α_i adalah koefisien intersep, \mathbf{x}_{ij} adalah variabel independen berupa vektor baris berukuran $1 \times p$ untuk pengamatan ke- i pada periode waktu ke- j , dengan p adalah banyaknya variabel independen, $\boldsymbol{\beta}$ adalah vektor parameter berukuran $p \times 1$, dan ε_{ij} yang merupakan galat unit subjek ke- i dan waktu ke- j .

Estimasi FEM dilakukan dengan metode *Least Square Dummy Variable* (LSDV), sehingga:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{FEM} = (\boldsymbol{\Sigma} \mathbf{X}_i^T \mathbf{Q} \mathbf{X}_i)^{-1} (\boldsymbol{\Sigma} \mathbf{Y}_i^T \mathbf{Q} \mathbf{X}_i) \quad (3.6)$$

dengan variansinya:

$$Var(\hat{\boldsymbol{\beta}})_{FEM} = \sigma_u^2 [\boldsymbol{\Sigma} \mathbf{X}_i^T \mathbf{Q} \mathbf{X}_i]^{-1} \quad (3.7)$$

- (3) *Random Effect Model*, *Random Effect Model* (REM) merupakan metode yang mengasumsikan perbedaan intersep pada unit cross section adalah variabel acak. Asumsi dalam model REM adalah eror tidak saling berkorelasi dan tidak berautokorelasi antar unit *cross section* maupun unit *time series*. Metode estimasi untuk model REM adalah *Generalized Least Square* (GLS). Adapun model REM adalah sebagai berikut:

$$y_{ij} = \alpha_o + \mathbf{x}_{ij}\boldsymbol{\beta} + w_{ij} \quad (3.8)$$

dengan y_{ij} yang merupakan variabel dependen unit subjek ke- i dan waktu ke- j , α_o adalah koefisien intersep, \mathbf{x}_{ij} adalah variabel independen unit subjek ke- i dan waktu ke- j , $\boldsymbol{\beta}_k$ adalah parameter yang tidak diketahui atau koefisien variabel bebas, dan $w_{ij} = \varepsilon_i + u_{ij}$ yang merupakan gabungan dua komponen error dengan ε_i adalah komponen error *cross section* dan u_{ij} adalah komponen error *time series*.

Estimasi *Random Effect Model* (REM) dengan menggunakan metode *Generalized Least Square* (GLS), sehingga:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{REM} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} (\mathbf{X}^T \mathbf{Y} - \mathbf{X}^T \boldsymbol{\mu}) \quad (3.9)$$

4. UJI CHOW

Chow test digunakan untuk memilih kedua model diantara Model *Common Effect* dan Model *Fixed Effect*. Asumsi bahwa setiap unit *cross section* memiliki perilaku yang sama cenderung tidak realistis mengingat dimungkinkannya setiap unit *cross section* memiliki perilaku yang berbeda menjadi dasar dari uji chow. Dalam pengujian ini dilakukan hipotesa sebagai berikut:

H_0 : Model *Common Effect*

H_1 : Model *Fixed Effect*

Tingkat Kepercayaan: α

Daerah Kritis: Jika nilai uji chow lebih besar dari distribusi F maka tolak H_0

Statistik Uji:

$$RSS = \frac{RSS_1 - RSS_2/(n-1)}{RSS_2/(nJ - n - K)} \quad (4.1)$$

dengan

$$RSS = \sum y_{ij} - (\beta_{0ij} + \beta_{1ij})^2 \quad (4.2)$$

RSS_1 adalah *residual sum of square* hasil pendugaan model *common effect*, RSS_2 adalah *residual sum of square* hasil pendugaan model *fixed effect*, n adalah jumlah data *cross section*, J adalah jumlah data *time series*, K adalah jumlah variabel bebas, β_{0ij} adalah intercept dari model, dan β_{1ij} adalah slope dari model. Jika statistik Chow Test mengikuti sebaran F -statistik yaitu $F_{(N-1, NJ-N-K; \alpha)}$. Jika nilai Chow statistik lebih besar dari F -tabel, maka cukup bukti untuk menolak H_0 , yang artinya model yang tepat adalah FEM.

5. UJI HAUSMAN

Uji hausman digunakan untuk membandingkan model *Fixed Effect* dengan *Random effect*. Alasan dilakukannya uji hausman didasarkan pada *fixed effect model* yang mengandung suatu unsur trade off yaitu hilangnya unsur derajat bebas dengan memasukkan variabel dummy dan model *Random Effect* yang harus memperhatikan ketiadaan pelanggaran asumsi dari setiap komponen galat. Dalam pengujian ini dilakukan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Model *Random Effect*

H_1 : Model *Fixed Effect*

Tingkat Kepercayaan: α

Daerah Kritis: Jika $\chi^2_{(k)}$ hasil pengujian lebih besar dari χ^2 -tabel atau p -Value $< \alpha$, maka tolak H_0 .

Statistik Uji:

$$\chi^2(k) = (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})^T (Var(\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})^{-1}) (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})^T \quad (5.1)$$

dengan:

β_{REM} : Koefisien *random effect*

β_{FEM} : Koefisien *fixed effect*

Kesimpulan:

Statistik *hausman* menyebar *Chi-Square*, jika nilai $\chi^2_{(k)}$ hasil pengujian lebih besar dari χ^2 -tabel atau p -value $< \alpha$, maka cukup bukti untuk melakukan penolakan terhadap H_o , yang artinya model yang tepat adalah FEM.

6. PENGUJIAN REGRESI DATA PANEL

Beberapa asumsi klasik dalam model regresi, yaitu tentang masalah Normalitas dan Non Multikolineritas.

(1) Asumsi Normalitas

Salah satu asumsi model regresi adalah residual mempunyai distribusi normal. Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk mendeteksi masalah normalitas, salah satunya yaitu dengan menggunakan uji *Jarque-Bera* dengan hipotesis sebagai berikut:

H_o : Residual berdistribusi normal

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

Tingkat Kepercayaan: α

Daerah Kritis: Jika p -value $> \alpha$, maka H_o tidak ditolak.

Statistik Uji:

$$JB = N \left[\frac{SK^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right] \quad (6.1)$$

Kesimpulan:

Apabila p -value $> \alpha$, artinya residual berdistribusi normal.

(2) Asumsi Non Multikolineritas

Hubungan linier antara beberapa atau semua variabel prediktor didalam model regresi disebut multikolineritas. Salah satu asumsi model regresi linier klasik adalah tidak terdapat multikolineritas diantara variabel-variabel prediktor yang masuk dalam model [11]. Dalam penelitian ini salah satu cara untuk mendeteksi adanya multikolineritas dengan menghitung VIF (*Variance Inflation Factor*) dengan rumus:

$$VIF = \frac{1}{(1 - R_K^2)} \quad (6.2)$$

dengan R_K^2 adalah koefisien determinasi ke- k . Jika nilai VIF > 10 maka dapat disimpulkan bahwa terjadi multikolineritas pada variabel independen [11].

(3) Asumsi Homoskedastisitas

Uji heteroskedastisitas atau Non-Homoskedastisitas dilakukan untuk mengetahui apakah dalam sebuah model regresi terjadi ketidaksamaan varians dari error satu pengamatan ke pengamatan lainnya. Dalam regresi panel, salah satu uji statistik yang dapat digunakan adalah uji *Breusch-Pagan*.

Adapun Hipotesisnya:

$$H_o : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i \neq \sigma^2$$

Tingkat Kepercayaan: α

Daerah Kritis: Jika $BP > \chi_p^2$ atau jika $p\text{-value} < \alpha$, maka tolak H_o .

Nilai BP-test:

$$BP = \frac{1}{2} f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f. \quad (6.3)$$

dengan $\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)^T$ dengan $\mathbf{f} = (\frac{\varepsilon_i^2}{\sigma^2} - 1)$, $\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$ adalah *least square residual* untuk pengamatan ke- i . \mathbf{Z} merupakan matriks berukuran $n \times (p+1)$ yang berisi vektor yang sudah dinormal standarkan untuk setiap pengamatan. Apabila $BP > \chi_p^2$ atau jika $p\text{-value} < \alpha$ maka tolak H_o , sehingga data tersebut heteroskedastisitas.

Adapun Uji Breusch-Pagan juga dapat digunakan untuk melihat apakah terdapat efek kali-silang/waktu (atau keduanya) di dalam panel data, yaitu dengan menguji hipotesis berbentuk [18]:

Hipotesis:

Uji efek cross section maupun waktu

$$H_o : C = 0, d = 0 \text{ (tidak terdapat efek cross section dan waktu)}$$

$$H_1 : C \neq 0, d \neq 0 \text{ (terdapat efek cross section dan waktu)}$$

Uji efek cross section

$$H_o^c : C = 0, d_t \text{ iid}, N(0, \sigma_d^2) \text{ (tidak terdapat efek cross section)}$$

$$H_1^c : C \neq 0, d_t \text{ iid}, N(0, \sigma_d^2) \text{ (terdapat efek cross section)}$$

Uji efek waktu

$$H_o^d : d = 0, d_t \text{ iid}, N(0, \sigma_c^2) \text{ (tidak terdapat efek waktu)}$$

$$H_1^d : d \neq 0, d_t \text{ iid}, N(0, \sigma_c^2) \text{ (terdapat efek waktu)}$$

Tingkat Signifikansi: $\alpha = 0,10$

Daerah Kritis: tolak H_o jika $p\text{-value} < \alpha$.

7. FUNGSI PEMBOBOT KERNEL

Fungsi kernel memberikan pembobot sesuai dengan bandwitdh optimum [9]. Fungsi kernel digunakan untuk mengestimasi parameter dalam model GWPR jika fungsi jarak adalah fungsi yang kontinu dan monoton turun. Adapun fungsi kernel

yang dipakai pada penelitian ini adalah *Fixed Gaussian*. Menurut metode AIC, model yang terbaik adalah model yang memiliki nilai AIC paling sedikit. Sama halnya dengan hasil penelitian [3] bahwa *Fixed Gaussian* merupakan pembobot yang tepat karena memiliki nilai AIC yang paling minimum. Berikut bentuk umum *fixed gaussian*:

$$w_{ij} = \exp\left[\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right] \quad (7.1)$$

dengan d_{ij} adalah jarak titik dilokasi i dan lokasi j yang didapatkan dari jarak euclidean. Sementara h adalah parameter non negatif yang dikenal dengan bandwidth atau parameter penghalus.

8. GEOGRAPHICALLY WEIGHTED PANEL REGRESSION (GWPR)

GWPR adalah modifikasi dari model regresi yang merupakan gabungan dari GWR dan data panel. Ide utama GWPR pertama kali diperkenalkan oleh [20]. Ide mengenai GWPR sama halnya dengan analisis GWR *cross sectional*. Akan tetapi, GWPR diasumsikan bahwa runtutan waktu (*time series*) dari observasi pada sebuah proses *smooth spatiotemporal*. Proses ini mengikuti sebuah distribusi yang observasi terdekat (salah satu lokasi geografis atau pada waktu) lebih berhubungan daripada observasi yang jauh. Pada analisis GWPR, bertujuan untuk menggabungkan secara keseluruhan lokasi (*cross sectional*) dan observasi [20]. Persamaan umum GWPR dengan model pengaruh tetap sebagai berikut:

$$y_{ij} = \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ijk} + \epsilon_{ijk} \quad (8.1)$$

dengan y_{ij} adalah nilai rata-rata terkoreksi peubah respon pada pengamatan ke- i dan waktu ke- j , x_{ij} adalah nilai rata-rata terkoreksi peubah penjelas ke- k pada pengamatan ke- i dan waktu ke- j , $\beta_k(u_i, v_i)$ adalah nilai parameter ke- k pada lokasi (u_i, v_i) .

Pendugaan parameter model GWPR dapat menggunakan pendekatan *Weight Least Square* (WLS) seperti pada model GWR. Dengan memberikan unsur pembobot yang berbeda untuk setiap lokasi dan waktu pengamatan yaitu $w_{ij}(u_{ij}, v_{ij})$, sehingga diperoleh estimator dari parameter model sebagai berikut:

$$\hat{\beta}(u_{ij}, v_{ij}) = [\hat{\mathbf{x}}^T \mathbf{W}(u_{ij}, v_{ij}) \hat{\mathbf{x}}]^{-1} [\hat{\mathbf{x}}^T \mathbf{W}(u_{ij}, v_{ij}) \hat{\mathbf{y}}] \quad (8.2)$$

dengan $\mathbf{W}(u_{ij}, v_{ij})$ adalah matriks diagonal dengan vektor elemen pada diagonal dengan vektor elemen pada diagonalnya merupakan pembobot geografis pada setiap data untuk lokasi pengamatan ke- i dan waktu ke- j , dan elemen lainnya merupakan angka nol.

9. PENGUJIAN MODEL GWPR

9.1 Uji Kesesuaian model GWPR (*goodness of fit*)

Untuk pengujian hipotesis parameter model GWPR sama halnya seperti pengujian parameter pada GWR, pengujian kesesuaian model GWPR dilakukan dengan menguji kesesuaian dari parameter secara serentak. Hipotesis kesesuaian model GWPR sebagai berikut:

H_0 : tidak ada perbedaan antara model regresi global dengan GWPR

H_1 : ada perbedaan antara model regresi global dengan GWPR

Tingkat Kepercayaan: α

Daerah kritis: jika statistik F lebih kecil dari tabel distribusi F atau p -value $> \alpha$ maka diambil keputusan untuk tolak H_0 .

Statistik Uji:

$$F = \frac{RSS_{GWPR}/df_1}{RSS_{Global}/df_2} \quad (9.1)$$

Kesimpulan:

Apabila statistik F lebih kecil dari tabel distribusi F atau p -value $> \alpha$, Dengan kata lain model GWPR mempunyai *goodness of fit* lebih baik daripada model regresi global.

9.2 Uji Parameter Model GWPR

Jika model GWPR telah sesuai untuk menggambarkan data maka dilakukan pengujian parameter model GWPR untuk mengetahui parameter yang signifikan mempengaruhi variabel dependennya. Berikut ini merupakan hipotesis pengujian-nya:

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

H_1 : minimal ada satu tidak sama dengan nol

Tingkat Kepercayaan: α

Daerah kritis: Jika diberikan tingkat signifikansi α , maka keputusan diambil dengan menolak hipotesis nol H_0 apabila $|T_{hit}| > t_{(\alpha/2, df)}$.

Statistik Uji:

$$T_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_{ij}, v_{ij})}{\hat{\sigma} \sqrt{C_{kk}}} \quad (9.2)$$

Kesimpulan:

Apabila $|T_{hit}| > t_{(\alpha/2, df)}$ maka variabel tersebut berpengaruh secara signifikan.

10. DATA DAN LOKASI

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data indeks pembangunan manusia di Jawa Timur tahun 2013 sampai 2016. Data tersebut adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik. Data berjumlah 152 yang terdiri

dari 38 kabupaten/kota dari tahun 2013-2016 di Jawa Timur. Data yang digunakan merupakan data panel, yaitu gabungan antara data cross section dan data time series. Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- (1) Variabel Dependen (y): Indeks Pembangunan Manusia
- (2) X_1 (RLS): Rata-Rata Lama Sekolah (tahun)
- (3) X_2 (AHH): Angka Harapan Hidup (tahun)
- (4) X_3 (IKK): Indeks Kemahalan Konstruksi (satuan)
- (5) X_4 (JPM): Jumlah Penduduk Miskin (jiwa)
- (6) X_5 (AIR): Sumber Air Minum (persen)

Adapun tahapan dalam menganalisis data yaitu:

- (1) Memasukkan data IPM beserta variabel-variabel yang mempengaruhinya.
- (2) Mendeskripsikan data
- (3) Mencari masing-masing model dari data panel sebelum diuji
- (4) Melakukan uji dari ketiga model tersebut
- (5) Pengujian Asumsi Regresi Data Panel
- (6) Menghitung Jarak euclidian
- (7) Menghitung bandwidth optimum dan matriks pembobot
- (8) Estimasi Model Parameter Model GWPR
- (9) Pengujian Parameter Model

11. HASIL PENELITIAN

11.1 Deskripsi Data

Ada kesenjangan pembangunan yang terlihat di Jawa Timur. Dari 38 kabupaten/kota yang ada di Jawa Timur, dapat terlihat bahwa ada perbedaan kinerja antara kabupaten/kota tersebut. Secara umum dapat terlihat bahwa daerah-daerah perkotaan memiliki kinerja yang cenderung lebih baik dari pada daerah pedesaan. Hal ini terjadi akibat faktor lokasi antarwilayah yang diduga akan memberikan efek keragaman spasial terhadap pembangunan di Jawa Timur. Salah satu indikator penting dalam mengukur keberhasilan dalam upaya membangun kualitas hidup manusia adalah Indeks Pembangunan Manusia (IPM).

Berdasarkan hasil pengamatan BPS, IPM di Jawa Timur masih menduduki peringkat terendah di Pulau Jawa, dibandingkan dengan Jawa Tengah. Hal ini disebabkan kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pendidikan [6]. Tolak ukur pembangunan suatu wilayah itu sendiri diukur melalui tiga indikator yakni tingkat pendidikan, kesehatan dan daya beli (ekonomi) [6]. Variabel dasar dari masing-masing dimensi pembentukan IPM memiliki pengertian sangat luas

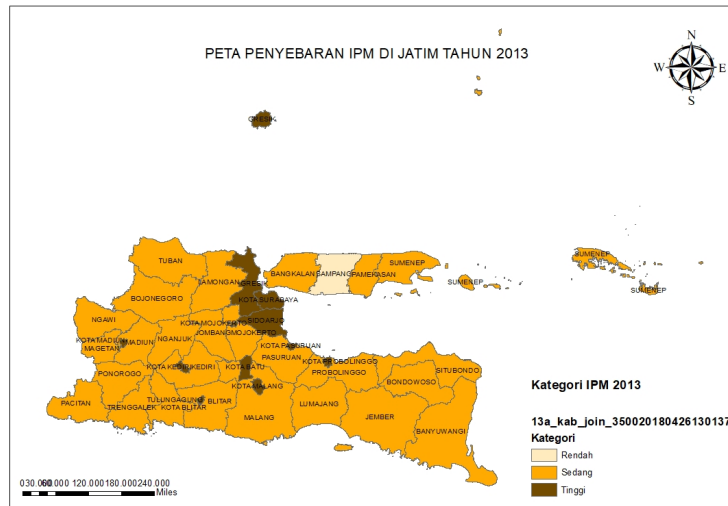
sehingga banyak variabel yang dapat mempengaruhi variabel dasar tersebut sehingga berpengaruh terhadap IPM. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat beberapa variabel dari masing-masing dimensi yang diduga mempengaruhi IPM. Menurut [14] dalam penelitiannya menjelaskan bahwa indeks pembangunan manusia dipengaruhi oleh Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK) sebagai indikator daya beli (ekonomi). Menurut [6] Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK) adalah angka indeks yang menggambarkan perbandingan TTK suatu kabupaten / kota atau provinsi terhadap TTK rata-rata Nasional. Konsep dan definisi umum yang digunakan dalam proses pengumpulan data dan penghitungan indeks kemahalan konstruksi (IKK) antara lain: konsep mengenai harga barang konstruksi termasuk harga sewa alat berat, pedagang besar, kegiatan konstruksi, tingkat kemahalan konstruksi, diagram timbang, dan indeks kemahalan konstruksi. Semakin tinggi Indeks Kemahalan Konstruksi suatu daerah maka semakin rendah Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Sedangkan untuk indikator kesehatan IPM dipengaruhi oleh jumlah penduduk miskin dan persentase rumah tangga serta sumber daya air minum. Hal ini dijelaskan oleh [5] bahwa korelasi antara kemiskinan dan kesehatan bukanlah suatu hubungan yang sederhana, melainkan merupakan suatu hubungan timbal balik yang tidak dapat dipisahkan antara keduanya. Kesehatan yang buruk dapat menyebabkan kemiskinan dan kemiskinan berpotensi besar membawa pada status kesehatan yang rendah. Sedangkan untuk indikator pendidikan IPM dipengaruhi oleh rata-rata lama sekolah. Hal ini didukung dengan hasil penelitian [17] bahwa IPM dipengaruhi oleh rata-rata lama sekolah. Dari uraian diatas adapun deskripsi data IPM dan variabel-variabel yang mempengaruhi IPM dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1 Deskripsi Data

No	Variabel	Rata-Rata	N	Minimum	Maksimum
1	IPM	68,80	152	56,45	80,46
2	RLS	7,338	152	3,340	11,090
3	AHH	70,86	152	65,36	73,87
4	IKK	93,94	152	73,20	107,78
5	JPM	125,88	152	7,24	293,74
6	AIR	23,31	152	2,22	82,50

Berdasarkan Tabel 1, rata - rata indeks pembangunan manusia di Jawa Timur dari tahun 2013-2016 sebesar 68,80. Untuk IPM terendah Kabupaten Pamekasan pada tahun 2013 sebesar 56,45 dan IPM tertinggi Kota Probolinggo pada tahun 2016 sebesar 80,46. Untuk RLS terendah Kabupaten Sampang pada tahun 2013 sebesar 3,34 dan RLS tertinggi Kota Madiun pada tahun 2016 sebesar 11,09. Untuk AHH terendah Kabupaten Probolinggo tahun 2013 sebesar 65,69 dan AHH tertinggi Kota Surabaya tahun 2016 sebesar 71,87. Untuk IKK terendah Kabupaten Banyuwangi tahun 2013 sebesar 73,20 dan IKK tertinggi Kabupaten Sumenep

tahun 2017 sebesar 107,78. Untuk JPM terendah Kota Mojokerto tahun 2013 sebesar 8,30 dan tertinggi Kabupaten Malang tahun 2016 sebesar 293,74. Terakhir untuk AIR terendah di Kabupaten Sumenep tahun 2014 sebesar 2,47 dan tertinggi di Kota Surabaya tahun 2015 sebesar 82,50. Adapun peta penyebaran IPM di Jawa Timur tahun 2013 disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Penyebaran IPM Tahun 2013.

Pada figure 1 terlihat bahwa untuk IPM ditahun 2013 yang terendah dimiliki oleh Kabupaten Sampang dengan warna coklat muda. Disini peneliti mengkategorikan dari gambar tersebut dengan coklat muda merupakan kelompok terendah, coklat terang merupakan kelompok sedang, dan coklat pekat merupakan kelompok IPM tertinggi yang dimiliki Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Gresik, Kota Kediri, Kota Malang, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Madiun, kota Surabaya, dan Kota Batu.

11.2 *Common Effect Model (CEM)*

CEM merupakan kombinasi data *time series* dan data *cross section* dengan tidak memperhatikan perbedaan waktu dan subjek antar individu. Adapun hasil estimasi *common effect model* menggunakan software R, didapat model regresinya sebagai berikut:

$$y_{ij} = 35,10029 + 2,92213RLS + 0,09615AHH + 0,0561IKK + 0,00008JPM + 0,0070AIR \quad (11.1)$$

11.3 Fixed Effect Model (FEM)

FEM merupakan kombinasi data *time series* dan data *cross section* dengan asumsi bahwa intersep berbeda antar subjek dan slope sama antar subjek. Hasil estimasi *fixed effect model* menggunakan software R, didapat model regresinya sebagai berikut:

$$y_{ij} = 2,09254RLS + 1,80874AHH + 0,02911IKK - 0,01457JPM + 0,01099AIR \quad (11.2)$$

11.4 Random Effect Model

Hasil estimasi *Random effect model* menggunakan software R, didapat model regresinya sebagai berikut:

$$y_{ij} = 12,91644 + 2,5997RLS + 0,4519AHH + 0,04757IKK - 0,0009JPM + 0,0187AIR \quad (11.3)$$

Uji Chow dan Uji Hausman

Uji chow untuk mengetahui model terbaik antara model CEM dan FEM, sedangkan uji hausman untuk mengetahui model terbaik antara model FEM dan REM. Adapun ringkasan hasil dari uji chow dan uji hausman dengan software R disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 untuk uji chow dan uji hausman maka dapat disimpulkan bahwa model FEM lebih baik daripada CEM dan REM.

Tabel 2 Uji Chow dan Uji Hausman

No	Uji	Statistik Hitung	<i>P</i> -value	Kesimpulan
1	Uji Chow	$F_{hitung} = 2,1995$	0,0008785	Model FEM lebih baik daripada CEM
2	Uji Hausman	$x_k^2 = 54,896$	0,00000	Model FEM lebih baik daripada REM

11.5 Pengujian Asumsi Regresi Data Panel

Setelah terbentuk model FEM, dilanjutkan dengan uji asumsi regresi data panel untuk menjaga akurasi dari model yang terbentuk. Beberapa asumsi yang diperlukan pada penelitian ini adalah Normalitas dan Non-Multikolenritas. Pendeteksian kenormalan residul dapat dilakukan dengan uji *Jarque-Bera*. Nilai yang dimiliki pada data tersebut bahwa *p*-value = 0,5497 hal ini membuktikan bahwa data berdistribusi normal karena memiliki *p*-value = 0,5497 > $\alpha(0,10)$. Untuk uji Non-Multikolineritas dapat dilihat melalui nilai VIF. Berikut ini adalah hasil dari Non-Multikolineritas dengan software R yang disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa nilai *VIF* < 10 pada semua variabel independen, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi multikolineritas antar variabel independen.

Tabel 3 Nilai VIF

No	RLS	AHH	IKK	JPM	AIR
1	6,4383191	2,353790	1,122031	2,196101	2,712945

11.6 Asumsi Heteroskedastisitas

Berdasarkan pengujian asumsi regresi data panel, terdapat asumsi yang tidak terpenuhi yaitu adanya heteroskedastisitas. Berdasarkan unit cross section yang merupakan wilayah, kemungkinan heteroskedastisitas yang terjadi disebabkan kondisi wilayah pengamatan yang tidak homogen sehingga terjadinya efek spasial. Berdasarkan pengujian diperoleh nilai BP sebesar 17,491 dan p -value sebesar 0.003656 yang berarti H_o ditolak, menunjukkan bahwa terdapat heteroskedastisitas. Untuk memperkuat penelitian, peneliti menambahkan uji Breusch-Pagan untuk melihat apakah terdapat efek kali-silang/waktu (atau keduanya) di dalam panel data, dengan hasil disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Efek kali silang waktu

Hipotesis	p -value	Tingkat Signifikan	Keputusan
$H_o : C = 0, d = 0$	$2,2 \cdot 10^{-16}$	0,10	Tolak H_o
$H_o^c : C = 0, d_t \text{ iid}, N(0, \sigma_d^2)$	$2,2 \cdot 10^{-16}$	0,10	Tolak H_o
$H_o^d : d = 0, d_t \text{ iid}, N(0, \sigma_c^2)$	0,3439	0,10	Terima H_o

Dengan tingkat kepercayaan sebesar 90%, data yang ada menyatakan bahwa pada uji adanya efek kali silang maupun waktu pada model dengan nilai p -value = $2,2 \cdot 10^{-16} < 0,10$ sehingga hipotesis awal ditolak, yang berarti bahwa ada efek kali silang maupun waktu atau ada efek dua arah. Karena adanya efek dua arah, maka diuji lagi dengan efek kali silang atau efek individu dengan nilai p -value = $2,2 \cdot 10^{-16} < 0,10$ sehingga hipotesis awal ditolak, yang berarti bahwa ada efek kali silang atau efek individu. Dan terakhir diuji dengan efek waktu dengan nilai p -value = $0,3439 > 0,10$ sehingga hipotesis awal diterima, yang berarti bahwa tidak ada efek waktu. Menurut [18] jika semua hipotesis uji Breusch-Pagan tidak ditolak, maka analisis dengan model regresi panel. Karena pada penelitian tersebut terdapat efek kali silang atau efek individu, yang menyebabkan bahwa masing-masing dari lokasi berbeda maka dilakukan analisis selanjutnya dengan memperhatikan efek spasial/lokasi.

11.7 Estimasi Model GWPR

Terlebih dahulu dilakukan transformasi data (*demeaning*) sesuai dengan konsep *within estimator*, yaitu mentransformasi variabel-variabel penelitian dengan

mengurangkan terhadap rata-rata *time series* yang bersesuaian. Kemudian menentukan jarak euclidian, untuk menentukan jarak euclidian terlebih dahulu mengetahui jarak *latitude* dan *longttitude* (x,y). Nilai jarak *latitude* dan *longttitude* pada penelitian ini dilakukan secara manual dengan google maps. Adapun hasil jarak euclidian untuk Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, dan Tulungagung disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Jarak Euclidean

Kabupaten/Kota	Pacitan	Ponorogo	Kota Batu
Pacitan	0	0,331859555	1,325293271
Ponorogo	0,331859555	0	0,997007828
⋮	⋮	⋮	⋮
Kota Batu	1,325293271	0,997007828	0

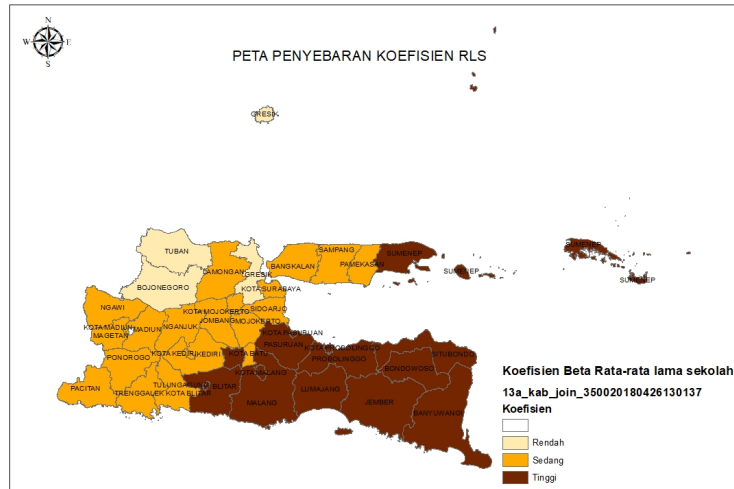
Estimasi model GWPR diawali dengan penentuan bandwidth yang optimum. Salah satu langkah dapat dilakukan dengan menggunakan metode AIC (*Akaike Information Criterion*). Menurut metode AIC, model yang terbaik adalah model yang memiliki nilai AIC paling sedikit. Metode ini digunakan untuk menghitung bandwidth dari masing-masing fungsi pembobot yang digunakan fungsi pembobot kernel *fixed*. Adapun nilai AIC fungsi pembobot kernel *fixed* disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Nilai AIC

Fungsi Kernel	Bandwidth	AIC
<i>Fixed Gaussian</i>	1,006391	336,8779
<i>Fixed Bisquare</i>	2,149468	339,9919

Pada Tabel 6, Fungsi kernel *fixed gaussian* menghasilkan bandwidth optimum dan nilai AIC yang paling minimum. Sehingga pada penelitian ini digunakan fungsi pembobot kernel *fixed gaussian*, yang memiliki nilai AIC sebesar 336.8779. Pada pemodelan GWPR, matriks pembobot setiap tahunnya adalah sama, sehingga nilainya berulang untuk setiap periode tahun. Berikut salah satu model GWPR dengan pembobot *fixed gaussian* yang terbentuk pada lokasi pengamatan Kabupaten Mojokerto:

$$y_{16} = 2,68658RLS + 0,60341AHH + 0,06316IKK + 0,00298JPM - 0,00198AIR \quad (11.4)$$



Gambar 2 Peta Penyebaran Koefisien Rata-rata lama sekolah.

Pada Gambar 2 merupakan peta penyebaran koefisien rata-rata lama sekolah di Jawa Timur tahun 2013-2016. Pada peta tersebut, peneliti mengkategorikan kelompok rendah, sedang, dan tinggi. Dimana kelompok rendah dimiliki oleh Kabupaten Ngawi, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Tuban, dan Kabupaten Gresik. Sedangkan untuk kelompok tinggi pada koefisien rata-rata lama sekolah dimiliki oleh Kabupaten Banyuwangi, Kabupaten Blitar, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Jember, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Pasuruan, Kota Probolinggo, Kabupaten Madiun, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Sumenep, dan Kabupaten Trenggalek.

11.8 Uji Kecocokan Model

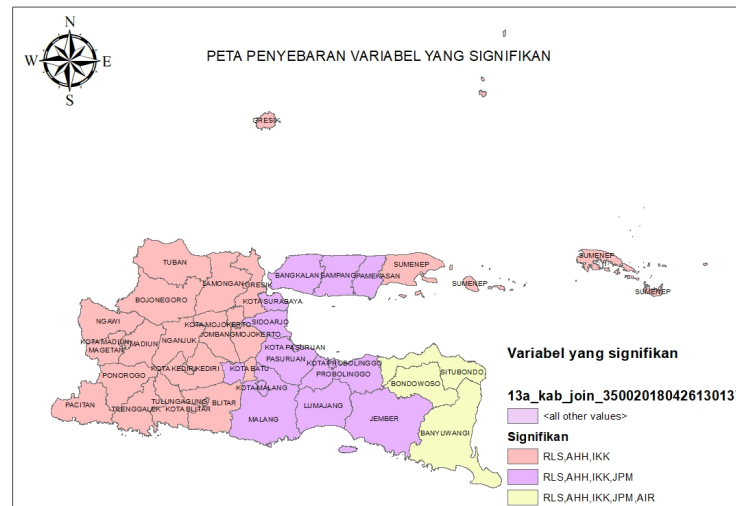
Untuk mengetahui perbedaan antara model regresi data panel dan GWPR. Dalam hal ini dipakai tingkat kepercayaan sebesar 10% adapun hasil yang didapat dari software R yang disajikan pada Tabel 7. Dari Tabel 7, didapatkan kesimpulan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi data panel dan GWPR.

Tabel 7 Uji Kecocokan Model

Hasil	Kesimpulan
$F = 1,0612, F - tabel = 2,67, \text{ dan } p - value = 0,3625 > 0,10$	H_0 ditolak

11.9 Uji Signifikansi Parameter

Uji ini digunakan untuk mengetahui variabel independen mana saja yang berpengaruh terhadap variabel dependen pada model *fixed effect* GWPR dengan pembobot *fixed gaussian*. Dengan tingkat kepercayaan 10%, maka $t - tabel = 1,6$. Adapun Uji Signifikansi Parameter untuk Kabupaten Mojokerto dipengaruhi oleh variabel rata-rata lama sekolah sebesar 18,06716079, angka harapan hidup sebesar 23,0192031, dan indeks kemahalan konstruksi sebesar 4,754703128. Untuk jumlah penduduk miskin dan persentase rumah tangga serta sumber daya air tidak mempengaruhi IPM di Kabupaten Mojokerto karena memiliki $t - hitung$ sebesar 1,517638356 dan -0,224431431. Menurut [4] di Jawa Timur sendiri memiliki angka kemiskinan yang lebih tinggi di wilayah kepulauan dan pesisir utara dibandingkan dengan wilayah lainnya. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan akses terhadap pelayanan publik maupun kurang berkembangnya kegiatan perekonomian di wilayah tersebut.



Gambar 3 Pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan variabel yang signifikan mempengaruhi IPM di Jawa Timur.

12. KOEFISIEN DETERMINASI

Koefisien determinasi yang dihasilkan dari model GWPR dengan pembobot *Fixed Gaussian* sebesar 98,74%. Artinya model GWPR dengan pembobot *Fixed Gaussian* mampu menjelaskan sebesar 98,74% IPM dipengaruhi oleh variabel independen yaitu angka partisipasi sekolah, indeks kemahalan konstruksi, jumlah penduduk miskin, dan rata-rata lama sekolah dan sisanya sebesar 1,26% dipengaruhi oleh variabel lain di luar model.

13. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Panel Regression* dapat diambil kesimpulan bahwa:

- (1) Model GWPR untuk kasus indeks pembangunan manusia di Jawa Timur dengan fungsi pembobot *Fixed Gaussian* lebih baik dari model regresi global. Hal ini dibuktikan pada Tabel 7.
- (2) Nilai IPM di Jawa Timur untuk setiap lokasi akan berbeda antara satu dengan yang lainnya. Misalnya saja pada Kabupaten Mojokerto, dengan variabel yang mempengaruhi adalah rata-rata lama sekolah, angka harapan hidup, dan indeks kemahalan konstruksi. Dengan model di Kabupaten Mojokerto sebagai berikut:

$$y_{16} = 2,68658RLS + 0,60341AHH + 0,06316IKK + 0,00298JPM - 0,00198AIR \quad (13.1)$$

REFERENSI

- [1] Arisanti, Restu, *Model Regresi Spasial Untuk Deteksi Faktor-Faktor Kemiskinan Di Provinsi Jawa Timur*, Tesis Fakultas Statistika IPB, Bogor, Tidak Dipublikasikan, 2011.
- [2] Aryani, D. A. dan Retno, S., *Partial Least Square (PLS) dan Principal Component Regression (PCR) untuk Regresi Linier dengan Multikolinieritas pada Kasus Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Gunung Kidul*, Skripsi Fakultas MIPA UNY, Yogyakarta, Tidak Dipublikasikan, 2014.
- [3] Astuti, Baiq Siska Febriani, *Analisis GWR dengan Membandingkan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bisquare untuk Memodelkan Jumlah Jemaah Haji di Setiap Provinsi di Indonesia*, Skripsi Fakultas FMIPA UII, Yogyakarta, Tidak Dipublikasikan, 2016.
- [4] Bapperov Jatim, *Analisis Keuangan Publik Jawa Timur 2011, Mengoptimalkan Pengelolaan Keuangan daerah untuk Pertumbuhan yang Inklusif*, Jakarta, 2012.
- [5] Biro Analisa Anggaran dan Pelaksanaan (APBN), *Hubungan Kesehatan dan Kemiskinan*, Setjen DPR RI, Hal 49-57, 2012.
- [6] BPS, *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka 2013, 2014, 2015, 2016*, Jakarta: BPS, 2013-2016.
- [7] Bruna, F dan Yu, D, *Geographically Weighted Panel Regression*, XI Congreso Galego de Estadística e Investigación de Operacións, A Coruña.
- [8] Cai, R., Yu, D., dan Oppenheimer, M, *Estimating the Spatial Varying Responses of Corn Yields to Weather Variations using Geographically Weighted Panel Regression*, Journal of Agricultural and Resource Economics, pp(230-252), 2014.
- [9] Chasco, C., Garcia, I., dan Vicens, J., *Modeling Spatial Variations in Household Disposable Income with Geographically Weighted Regression*, Munich Personal Repec Archive, 2007.
- [10] Fotheringham, A. S., Brunson, C., dan Charlton, M, *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*, Wiley, 2002.
- [11] Gujarati, D. N., *Basic Econometrics. Fourth Edition*, McGrawHill Singapore, 2004.
- [12] Gwarda, Karolina Lewandowska, *Geographically Weighted Regression in the Analysis of Unemployment in Poland*, *Int. J. Geo-Inf* (7), 17, 2018.
- [13] Meutuah, Siti Maulina, *Pemodelan Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression untuk Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah*, *Jurnal Gaussian*, Vol (6), No (2) Hal (241-250), 2017.

- [14] Muda, Iskandar, *Pertumbuhan Ekonomi dan Alokasi Belanja Modal terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Sumatera Utara*, Jurnal Dinamika Akuntansi dan Bisnis, Vol (1), No(1) Hal 12-29, 2014.
- [15] Munikah, Tutuk., Henny Pramoedyo., dan Rahma Fitriani, *Pemodelan Geographically Weighted Regression dengan Pembobot Fixed Gaussian Kernel pada Data Spasial (Studi Kasus Ketahanan Pangan di Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan)*, Jurnal NaturalB, Vol (2), No(3) Hal (296-302), 2014.
- [16] Nufusia, A., Alamudi, A., dan Kusumaningrum, *Regresi Terboboti Geografis Untuk Analisis Pendapatan Asli Daerah Kabupaten Di Provinsi Aceh*, Vol. 1(1):e1(1-8). Bogor: Departemen Statistika FMIPA IPB, 2013.
- [17] Putri, Zarmeila, *Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR)*, Skripsi FMIPA UII, Yogyakarta, Tidak Dipublikasikan.
- [18] Rosadi, D, *Analisis Ekonometrika dan Runtun Waktu Terapan dengan R*, Yogyakarta: Andi.
- [19] Yu, D., *Exploring Spatiotemporally Varying Regressed Relationships: The Geographically Weighted Panel Regression Analysis*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol 38(2), pp(134-139), 2010.
- [20] Yu, D., dan Bruna Fernando, *Geographically Weighted Panel Regression and Development Accounting for European Regions*, *International Conference on Regional Science*, <https://old.reuniondesestudiosregionales.org/Santiago2016/htdocs/pdf/p1763.pdf>, Diakses pada tanggal 23 Februari 2019, 2016.
- [21] Yustisia, Grissila, *Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Matriks Pembobot Fixed Gaussian Kernel dan Queen Contiguity pada Data Demam Berdarah*, Magister Tesis Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang, Tidak Dipublikasikan, 2017.

DIA CAHYA WATI* (Penulis Korespondensi)
Universitas Gadjah Mada, Indonesia
diacahyawati@gmail.com

HERNI UTAMI
Departemen Matematika Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
herni_utami@ugm.ac.id