

## PEMODELAN *FIXED EFFECT GEOGRAPHICALLY WEIGHTED PANEL REGRESSION* UNTUK INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI JAWA TENGAH

Siti Maulina Meutuah<sup>1</sup>, Hasbi Yasin<sup>2</sup>, Di Asih I Maruddani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

<sup>2,3</sup>Staff Pengajar Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

[sitimaulinameutuah@gmail.com](mailto:sitimaulinameutuah@gmail.com), [hasbiyasin@live.undip.ac.id](mailto:hasbiyasin@live.undip.ac.id), [maruddani@undip.ac.id](mailto:maruddani@undip.ac.id)

### ABSTRACT

Human development index is an indicator for assessing the quality of human resources and measure the results of human development. The achievements of the human development index is not enough if conducting observations in each cities in just one particular time, but the observations need to be made in some period of time. The distribution in each cities is also a concern, because the conditions are so diverse that led to their spatial effects. Therefore, it is necessary to study these variables in some time periods that affect human development index taking into account the spatial effects. Statistical methods used to overcome their spatial effects, especially in the problem of spatial heterogeneity in the data type of panel is *Geographically Weighted Panel Regression* (GWPR). This study focused on the establishment of GWPR model with fixed effects using *fixed exponential kernel* on the human development index data cities in Central Java in 2010-2015. The results of this study indicate that the fixed effect model GWPR differ significantly on panel data regression model, and the model generated for each location will be different from one another. In addition, cities in Central Java has five groups based on variables that are significant. In the fixed effect model GWPR generates  $R^2$  value of 92.27%.

**Keywords:** Human Development Index, Panel Data, Spatial Effects, Fixed Effect, Fixed Exponential Kernel, Geographically Weighted Panel Regression,  $R^2$ .

### 1. PENDAHULUAN

Setiap negara selalu mengupayakan untuk dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya. Untuk mewujudkan hal tersebut, maka dibutuhkan suatu pembangunan. Salah satu yang menjadi ukuran dalam keberhasilan pembangunan adalah tersedianya Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas. Sebagian besar negara, baik maju maupun berkembang menggunakan *Human Development Index* (HDI) atau Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebagai indikator untuk menilai kualitas Sumber Daya Manusia dan mengukur hasil pembangunan manusia.

Hasil pencapaian dari IPM khususnya Jawa Tengah, tidaklah cukup jika melakukan pengamatan di setiap kabupaten/kota hanya dalam satu waktu tertentu saja, tetapi pengamatan perlu dilakukan dalam beberapa periode waktu. Tidak hanya faktor waktu yang perlu diperhatikan, tetapi sebaran di setiap kabupaten/kota juga perlu mendapat perhatian, karena kondisi yang sangat beragam. Berdasarkan kondisi yang sangat beragam, menyebabkan adanya perbedaan setiap wilayah di Jawa Tengah sehingga muncul permasalahan efek spasial karena faktor geografis akan mempengaruhi suatu wilayah terhadap wilayah lainnya dan pada akhirnya akan mempengaruhi angka IPM di Propinsi Jawa Tengah. Sehingga, perlu dikaji variabel-variabel dalam beberapa periode waktu yang mempengaruhi IPM dengan mempertimbangkan adanya efek spasial. Metode statistik yang digunakan untuk mengatasi adanya efek spasial, khususnya masalah heterogenitas spasial pada data bertipe panel adalah *Geographically Weighted Panel Regression*.

*Geographically Weighted Panel Regression* (GWPR) adalah penggabungan antara model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan model regresi data panel <sup>[14]</sup>. Pada model GWPR, unsur waktu dilibatkan pada model GWR <sup>[14]</sup>. Pada penelitian ini,

difokuskan pembentukan model GWPR dengan efek tetap (*fixed effect*) menggunakan pembobot *fixed exponential kernel* pada data indeks pembangunan manusia kabupaten/kota di Jawa Tengah tahun 2010-2015 untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Indeks Pembangunan Manusia

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah indeks pencapaian kemampuan dasar pembangunan manusia berbasis sejumlah komponen dasar kualitas hidup yang dibangun melalui pendekatan tiga dimensi dasar yaitu umur panjang dan sehat, pendidikan, dan kehidupan yang layak<sup>[2]</sup>.

#### 2.1.1 Komponen Pembentuk Indeks Pembangunan Manusia

Komponen pembentuk Indeks Pembangunan Manusia sebanyak tiga dimensi dan masing-masing dimensi tersebut direpresentasikan oleh indikator<sup>[2]</sup>. Dimensi kesehatan direpresentasikan oleh indikator angka harapan hidup, dimensi pendidikan direpresentasikan oleh indikator angka harapan lama sekolah dan rata-rata lama sekolah, dan dimensi standar hidup layak direpresentasikan oleh indikator kemampuan daya beli<sup>[2]</sup>.

#### 2.1.2 Variabel-Variabel yang Diduga Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia

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. Variabel sarana kesehatan digunakan sebagai variabel dasar untuk dimensi kesehatan. Variabel angka partisipasi sekolah digunakan sebagai variabel dasar untuk dimensi pendidikan. Variabel pengeluaran perkapita disesuaikan digunakan sebagai variabel dasar dimensi standar hidup layak. Variabel tingkat pengangguran terbuka digunakan sebagai variabel dasar untuk dimensi standar hidup layak melalui indikator ketenagakerjaan.

### 2.2 Analisis Regresi Data Panel

Analisis regresi data panel adalah analisis regresi yang didasarkan pada data panel untuk mengamati hubungan antara satu variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen<sup>[12]</sup>. Model umum regresi data panel adalah sebagai berikut<sup>[3]</sup>:

$$y_{it} = \alpha + \mathbf{X}_{it}^T \boldsymbol{\beta} + u_{it} \quad (1)$$

dengan:

$y_{it}$  = variabel dependen pada unit ke- $i$  dan waktu ke- $t$

$\alpha$  = koefisien intersep yang merupakan skalar ;  $\boldsymbol{\beta}$  = vektor parameter

$\mathbf{X}_{it}^T$  = variabel independen untuk pengamatan ke- $i$  pada periode waktu ke- $t$

$u_{it}$  = residual pada unit ke- $i$  dan waktu ke- $t$

Model komponen residual satu arah untuk model regresi data panel didefinisikan pada persamaan berikut:

$$u_{it} = \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Sehingga model umum data panel menjadi:

$$y_{it} = \alpha + \mu_i + \mathbf{X}_{it}^T \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Dimana  $\mu_i$  merupakan pengaruh spesifik individu yang tidak diamati<sup>[3]</sup>. dan  $\varepsilon_{it}$  merupakan residual pengamatan ke-  $i$  pada periode waktu ke- $t$ . Apabila dalam model tidak memperdulikan tiap individunya dan waktunya sehingga *cross section* dan *time series* tidak mempengaruhi, maka merupakan model *common effect*<sup>[15]</sup>.

### 2.3. Model Pengaruh Tetap (*Fixed Effect Model*)

Model pengaruh tetap juga dikenal dengan *Least Square Dummy Variable* (LSDV), karena itu nilai pengamatan pada koefisien  $\mu_i$  berupa peubah *dummy* yang memiliki nilai berbeda-beda untuk setiap individu ke- $i$ <sup>[3]</sup>. Estimasi parameter pada model pengaruh tetap (*fixed effect*) salah satunya menggunakan *within transformation*<sup>[3]</sup>, yaitu persamaan (3) dirata-ratakan untuk keseluruhan waktu sehingga diperoleh persamaan:

$$\bar{y}_i = \alpha + \mu_i + \bar{X}_i\beta + \bar{\varepsilon}_i \quad (4)$$

Kemudian dengan mengurangkan persamaan (3) dengan persamaan (4) (*within transformation*) diperoleh persamaan:

$$y_{it} - \bar{y}_i = (X_{it}^T - \bar{X}_i^T)\beta + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i) \quad (5)$$

Dari persamaan (5) dapat disederhanakan menjadi persamaan berikut:

$$y_{it}^* = X_{it}^*\beta + \varepsilon_{it}^* \quad (6)$$

Parameter  $\beta$  diduga dengan menggunakan *Ordinary Least Squares* (OLS) sehingga diperoleh  $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y$  dengan  $X = X_{it} - \bar{X}_i$  dan  $y = y_{it} - \bar{y}_i$ .

### 2.4 Model Pengaruh Acak (*Random Effect Model*)

*Random Effect Model* (REM) disebut juga dengan *Error Component Model* (ECM). Model ini mempunyai persamaan:

$$y_{it} = \alpha + \mu_i + X_{it}^T \beta + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Pada model ini,  $\mu_i$  dianggap sebagai variabel acak dengan rata-rata  $\mu_0$ . Jadi intersep dapat ditulis sebagai  $\mu_i = \mu_0 + v_i$  dengan  $v_i$  adalah residual dengan nilai rata-rata nol dan varians  $\sigma_v^2$ . Maka persamaannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_{it} = \alpha + \mu_0 + X_{it}^T \beta + w_{it} \quad (11)$$

dengan  $w_{it} = \varepsilon_{it} + v_i$ . Estimasi  $\beta$  menggunakan metode *Generalized Least Square*<sup>[10]</sup>.

## 2.5 Pemilihan Model Regresi Data Panel

### 2.5.1 Uji Chow

Uji Chow dilakukan untuk memilih model *common effect* atau *fixed effect* yang akan digunakan. Hipotesis uji Chow sebagai berikut<sup>[3]</sup>:

$H_0$  :  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_N = 0$  (model *common effect*)

$H_1$  : minimal ada satu  $\mu_i \neq 0$  (model *fixed effect*),  $i = 1, 2, \dots, N$

Statistik uji:

$$F_0 = \frac{(RRSS - URSS)/(N-1)}{URSS/(NT-p)}$$

dengan:

RRSS = *restricted residual sum of squares* model *common effect*

URSS = *unrestricted residual sum of squares* model *fixed effect*

$H_0$  ditolak jika  $F_0 > F_{\text{tabel}}$  dengan  $F_{\text{tabel}} = F_{(N-1, NT-p, \alpha)}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ , yang artinya model yang digunakan adalah *fixed effect model* (FEM).

### 2.5.2 Uji Hausman

Uji Hausman dilakukan untuk memilih model *random effect* ataupun *fixed effect* yang digunakan. Hipotesis untuk uji Hausman adalah sebagai berikut<sup>[9]</sup>:

$H_0$  : Model *random effect*

$H_1$  : Model *fixed effect*

Statistik uji :

$$W = \chi^2[p] = [\hat{\beta}_{\text{FEM}} - \hat{\beta}_{\text{REM}}]^T \left[ \text{var} [\hat{\beta}_{\text{FEM}} - \hat{\beta}_{\text{REM}}] \right]^{-1} [\hat{\beta}_{\text{FEM}} - \hat{\beta}_{\text{REM}}]$$

dengan:

$\hat{\beta}_{\text{FEM}}$  = estimator  $\beta$  model FEM dan  $\hat{\beta}_{\text{REM}}$  = estimator  $\beta$  model REM

$H_0$  ditolak jika  $W > \chi_{\alpha, p}^2$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ , maka model yang digunakan adalah FEM.

## 2.6 Pengujian Asumsi Regresi Data Panel

### a. Asumsi Normalitas

Salah satu mendeteksi normalitas menggunakan uji Jarque-Bera dengan hipotesis sebagai berikut<sup>[11]</sup>:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Statistik uji :

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

dengan:

$S_k$  : *Skewness* (kemencengan) dan  $K$  : *Kurtosis* (peruncingan)

$H_0$  ditolak  $JB < \chi^2_{(2)}$  atau p-value  $> \alpha$ , artinya residual tidak berdistribusi normal.

### b. Asumsi Homoskedastisitas

Salah satu uji yang digunakan dalam menganalisis asumsi homoskedastisitas adalah dengan menggunakan uji Glejser. Glejser menyarankan meregresikan nilai absolut dari residual dengan variabel independen<sup>[10]</sup>.

### c. Asumsi Non-Autokorelasi

Asumsi autokorelasi bertujuan untuk mengetahui kemungkinan dalam suatu model ada korelasi antar residual pada periode  $t$  dengan residual pada periode  $t-1$ <sup>[8]</sup>. Untuk mendeteksi adanya autokorelasi dapat menggunakan metode Durbin Watson<sup>[10]</sup>.

### d. Asumsi Non-Multikolinieritas

Multikolinieritas merupakan hubungan linier antar variabel independen di dalam model.

Salah satu cara untuk mendeteksi adanya multikolinieritas dengan menghitung VIF (*Variance Inflation Factor*) dimana multikolinieritas terdeteksi jika nilai VIF  $> 10$ <sup>[10]</sup>.

## 2.7 Heterogenitas Spasial

Heterogenitas spasial disebabkan oleh kondisi unit spasial di dalam suatu wilayah pengamatan yang tidak homogen. Metode uji Breusch-Pagan dapat digunakan untuk menguji heterogenitas spasial (*spatial heterogeneity*) dengan hipotesis sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

$H_0$ :  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$  (tidak terdapat heterogenitas spasial)

$H_1$ : minimal ada satu  $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$  (terdapat heterogenitas spasial)

Statistik uji:

$$BP = (1/2)\mathbf{f}^T \mathbf{Z}(\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \sim \chi^2_{(p)}$$

$H_0$  ditolak jika nilai  $BP > \chi^2_{(p)}$  atau jika p-value  $< \alpha$  dengan  $p$  adalah banyaknya variabel independen, yang artinya terdapat heterogenitas spasial.

## 2.8 Non-Multikolinieritas Lokal

Asumsi non-multikolinieritas lokal menggunakan kriteria  $VIF_k(u_i, v_i)$  (*Varians Inflation Factor*) dimana multikolinieritas lokal terdeteksi jika nilai  $VIF_k(u_i, v_i)$  setiap variabel independen ke- $k$  pada lokasi ke- $i > 10$ <sup>[14]</sup>.

## 2.9 Model Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression

Ide utama dari *Geographically Weighted Panel Regression* adalah sama halnya dengan analisis GWR *cross-sectional*<sup>[17]</sup>. Pada model GWPR, diasumsikan bahwa deret waktu (*time series*) dari observasi pada lokasi geografis merupakan realisasi dari sebuah proses *smooth spatiotemporal*<sup>[17]</sup>. Model *Geographically Weighted Panel Regression* merupakan bentuk kombinasi antara model GWR dan model regresi data panel dengan melibatkan unsur waktu pada model GWR<sup>[14]</sup>. Persamaan model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression* adalah sebagai berikut:

$$y_{it} = \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) X_{itk} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ dan } t = 1, 2, \dots, T \quad (12)$$

dengan:

- $y_{it}$  = variabel dependen di lokasi pengamatan ke- $i$  pada waktu ke- $t$   
 $\beta_k(u_i, v_i)$  = koefisien regresi variabel independen ke- $k$  di lokasi pengamatan ke- $i$   
 $(u_i, v_i)$  = titik koordinat letak geografis lokasi pengamatan ke- $i$   
 $X_{itk}$  = variabel independen ke- $k$  di lokasi pengamatan ke- $i$  waktu ke- $t$   
 $\varepsilon_{it}$  = residual pengamatan ke- $i$  pada waktu ke- $t$

Persamaan (12) diperoleh dari hasil transformasi yaitu *within transformation*<sup>[4]</sup>. Transformasi ini terdiri atas pengurangan persamaan model pengaruh tetap dengan persamaan model rata-rata. Model *fixed effect* dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$y_{it} = \beta_0(u_i, v_i) + \mu_i + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)X_{itk} + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

Sedangkan, persamaan rata-rata dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\bar{y}_i = \beta_0(u_i, v_i) + \mu_i + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)\bar{X}_{ik} + \bar{\varepsilon}_i \quad (14)$$

Hasil transformasi dari pengurangan persamaan (13) terhadap persamaan (14) dinyatakan sebagai berikut:

$$y_{it} - \bar{y}_i = \beta_0(u_i, v_i) - \beta_0(u_i, v_i) + \mu_i - \mu_i + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)(X_{itk} - \bar{X}_{ik}) + \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i \quad (16)$$

Persamaan (16) dapat disederhanakan menjadi persamaan berikut:

$$y_{it}^* = \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)X_{itk}^* + \varepsilon_{it}^* \quad (17)$$

dengan:

$$y_{it}^* = y_{it} - \bar{y}_i; \quad X_{itk}^* = X_{itk} - \bar{X}_{ik}; \quad \varepsilon_{it}^* = \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i$$

## 2.10 Estimasi Parameter Model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression*

Estimasi parameter model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression* menggunakan pendekatan *Weighted Least Square* (WLS) seperti estimasi pada model *Geographically Weighted Regression* (GWR)<sup>[5,14]</sup> sehingga diperoleh estimator dari parameter model sebagai berikut:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = [X^T W(u_i, v_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i) y$$

matriks  $W$  berukuran  $nt \times nt$  yaitu sebagai berikut:

$$W_{(u_i, v_i)} = \text{diag}(w_{11}(u_i, v_i), w_{21}(u_i, v_i), \dots, w_{n1}(u_i, v_i), \dots, \\ \dots \\ \dots \\ (w_{1t}(u_i, v_i), w_{2t}(u_i, v_i), \dots, w_{nt}(u_i, v_i)))$$

## 2.11 Pemilihan Pembobot Model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression*

Pembobot dalam model GWPR sama halnya dengan pembobot pada model GWR, dimana bergantung pada jarak antar titik lokasi pengamatan. Pengamatan dalam lokasi pengambilan sampel lokal diberikan bobot berdasarkan fungsi kernel pada GWPR seperti halnya dalam GWR kemudian bobot tersebut diterapkan untuk semua periode waktu<sup>[17]</sup>. Salah satu untuk menentukan matriks pembobot dengan menggunakan fungsi kernel<sup>[6]</sup> dan salah satu jenis fungsi kernel yaitu fungsi kernel tetap (*fixed kernel*) dengan fungsi kernel eksponensial<sup>[16]</sup> yang dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$W_{ij} = \exp\left(\frac{-d_{ij}}{b}\right)$$

dengan:

$d_{ij}$  = jarak *euclidian* antara lokasi  $(u_i, v_i)$ , dan lokasi  $(u_j, v_j)$  dan  $b$  = nilai *bandwidth*

Pada fungsi pembobot kernel tetap, terdapat parameter *bandwidth*. *Bandwidth* dianalogikan sebagai radius suatu lingkaran, sehingga sebuah titik lokasi pengamatan yang berada dalam radius lingkaran masih dianggap berpengaruh dalam membentuk parameter di titik lokasi pengamatan ke- $i$ <sup>[7]</sup>. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memilih *bandwidth* optimum dan salah satu diantaranya menggunakan *Cross Validation* (CV)<sup>[7]</sup>. Perhitungan CV pada GWPR sama dengan GWR yang dihitung berdasarkan rata-rata variabel dependen dan independen untuk keseluruhan waktu<sup>[17]</sup> dan didefinisikan sebagai berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \hat{y}_{\neq i}(b))^2$$

dengan  $y_i$  adalah rata-rata dari waktu ke waktu variabel dependen di lokasi pengamatan  $i$  dan  $\hat{y}_{\neq i}(b)$  adalah nilai estimator  $y_i$  dengan *bandwidth*  $b$  dengan pengamatan di lokasi  $(u_i, v_i)$  dihilangkan dari proses estimasi.

## 2.12 Pengujian Model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression*

### a. Uji Kecocokan Model

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara model regresi data panel *fixed effect* dengan *fixed effect* GWPR dengan hipotesis sebagai berikut<sup>[13]</sup>:

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$  untuk setiap  $k = 1, 2, \dots, p$  dan  $i = 1, 2, \dots, p$

(tidak ada perbedaan yang signifikan antara model regresi data panel *fixed effect* dan *fixed effect* GWPR)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$  untuk  $k = 1, 2, \dots, p$  dan  $i = 1, 2, \dots, n$

(terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi data panel *fixed effect* dan *fixed effect* GWPR)

Statistik uji:

$$F = \frac{RSS(H_1)/df_1}{RSS(H_0)/df_2}$$

dengan :

$RSS(H_0) = \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{H}) \mathbf{y}$  dimana  $\mathbf{H} = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T$

$RSS(H_1) = \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{L})^T (\mathbf{I} - \mathbf{L}) \mathbf{y}$

$df_1 = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}$ , dimana  $\delta_i = \text{tr}[(\mathbf{I} - \mathbf{L})^T (\mathbf{I} - \mathbf{L})^i]$ ,  $i = 1, 2$ ;  $df_2 = NT - K$

$\mathbf{I}$  merupakan matriks identitas berukuran  $nt \times nt$  serta  $\mathbf{L}$  merupakan matriks proyeksi dari model GWPR. Berikut matriks proyeksi  $\mathbf{L}$  model GWPR:

$$\mathbf{L}_{(nt \times nt)} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_{11}^T [\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \\ \mathbf{x}_{21}^T [\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{n1}^T [\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{1t}^T [\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \\ \mathbf{x}_{2t}^T [\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{nt}^T [\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \end{bmatrix}$$

$H_0$  akan ditolak jika  $F < F_{1-\alpha, df_1, df_2}$  atau  $p\text{-value} > \alpha$ , artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi data panel *fixed effect* dan *fixed effect* GWPR.

### b. Uji Signifikansi Parameter Model

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter yang signifikan mempengaruhi variabel dependennya. Berikut ini merupakan hipotesis pengujiannya<sup>[14]</sup>:

$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0$ , untuk  $k = 1, 2, \dots, p$  dan  $i=1, 2, \dots, n$   
 $H_1$ : minimal ada satu  $\beta_k(u_i, v_i) \neq 0$  untuk  $k = 1, 2, \dots, p$  dan  $i=1, 2, \dots, n$   
 Statistik uji:

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

dimana  $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{RSS(H_1)}{\delta_1}}$  dan  $C_{kk}$  adalah elemen diagonal ke- $k$  dari matriks  $C_i C_i^T$  dengan  $C = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i)$

T akan mengikuti distribusi t dengan derajat bebas  $df = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}$ . Jika diberikan tingkat signifikansi  $\alpha$ , maka  $H_0$  akan ditolak jika  $|T_{hit}| > \alpha/2$ ;  $df$  atau  $p$ -value  $< \alpha$ .

### 2.13 Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Nilai  $R^2$  *Fixed Effect* GWPR didapatkan dengan persamaan berikut<sup>[7]</sup>:

$$R^2(u_i, v_i) = \frac{TSS - RSS}{TSS}$$

$$R^2(u_i, v_i) = \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij} (y_j - \bar{y})^2 - \sum_{j=1}^N w_{ij} (y_j - \hat{y})^2}{\sum_{j=1}^N w_{ij} (y_j - \bar{y})^2}$$

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi Jawa Tengah. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Indeks Pembangunan Manusia sebagai variabel dependen dan banyaknya sarana kesehatan ( $X_1$ ), angka partisipasi sekolah SMP/MTS ( $X_2$ ), pengeluaran perkapita disesuaikan ( $X_3$ ) serta tingkat pengangguran terbuka ( $X_4$ ) sebagai variabel independen adalah di 35 kabupaten/kota di seluruh wilayah Jawa Tengah pada tahun 2010 sampai 2015 serta letak geografis tiap kabupaten/kota di Jawa Tengah.

### 3.2 Tahapan Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression* dengan menggunakan *software* R. Berikut langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data dalam penelitian ini :

1. Mendapatkan data IPM beserta variabel-variabel yang mempengaruhinya.
2. Melakukan estimasi *fixed effect model*.
3. Melakukan Uji Chow dan Uji Hausman untuk memilih model diantara model *common effect* dengan model *fixed effect* dan model *fixed effect* dengan model *random effect*.
4. Melakukan pengujian asumsi regresi data panel, yaitu uji normalitas, uji non-autokorelasi, homoskedastisitas dan non-multikolinieritas.
5. Melakukan pengujian heterogenitas spasial dan asumsi non multikolinieritas lokal.
6. Menghitung jarak *euclidean* antara lokasi ke- $i$  yang terletak pada koordinat  $(u_i, v_i)$  terhadap lokasi ke- $j$  yang terletak pada koordinat  $(u_j, v_j)$ .
7. Menghitung *bandwidth* optimum dengan data sampel lokal (data rata-rata keseluruhan waktu) menggunakan metode CV dan matriks pembobot *fixed exponential kernel*.
8. Melakukan estimasi parameter model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression* menggunakan deviasi antara data dengan rata-rata data untuk setiap unit lokasi terhadap unit waktu menggunakan matriks pembobot *fixed exponential kernel*.
9. Melakukan pengujian model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression*.
10. Mendapatkan model akhir dan koefisien determinasi dan menginterpretasi model.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Model Regresi Data Panel

###### *Common Effect Model*

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

$$\hat{y}_{it} = 32,10800 - 0,03231 X_{1it} + 0,15664 X_{2it} + 0,00239 X_{3it} - 0,00099 X_{4it}$$

###### *Fixed Effect Model*

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

$$\hat{y}_{it} = 0,0733 X_{1it} + 0,0789 X_{2it} + 0,0016 X_{3it} - 0,1255 X_{4it}$$

###### *Random Effect Model*

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

$$\hat{y}_{it} = 42,2054 + 0,0765 X_{1it} + 0,0230 X_{2it} + 0,0020 X_{3it} - 0,0982 X_{4it}$$

##### 4.2 Uji Chow dan Uji Hausman

Uji Chow		Uji Hausman	
Hasil	Kesimpulan	Hasil	Kesimpulan
$F_0 = 124,2969$ dan $p - value = 0,0000$	$H_0$ ditolak, yang artinya model yang digunakan adalah <i>fixed effect model</i> (FEM).	$W = 37,4327$ dan $p - value = 0,0000$	$H_0$ ditolak, yang artinya model yang digunakan adalah <i>fixed effect model</i> (FEM).

##### 4.3 Pengujian Asumsi Regresi Data Panel

Pada pengujian asumsi regresi data panel, disimpulkan bahwa pada uji normalitas residual berdistribusi normal, pada uji homoskedastisitas varian dari residual tidak konstan, pada uji non-multikolinieritas tidak terdapat hubungan linier diantara variabel independen dan pada uji non-autokorelasi tidak terdapat autokorelasi pada residual.

##### 4.4 Pengujian Heterogenitas Spasial dan Asumsi Non-Multikolinieritas Lokal

Berdasarkan pengujian asumsi regresi data panel, terdapat asumsi yang tidak terpenuhi yaitu adanya heterogenitas. Berdasarkan unit *cross section* yang merupakan wilayah, kemungkinan heterogenitas yang terjadi disebabkan kondisi wilayah pengamatan yang tidak homogen sehingga terjadinya heterogenitas spasial. Berdasarkan pengujian heterogenitas spasial diperoleh nilai BP sebesar 23,0557 dan p-value sebesar 0,0000 yang berarti  $H_0$  ditolak, menunjukkan bahwa terdapat heterogenitas spasial. Sedangkan, asumsi non-multikolinieritas lokal terpenuhi karena nilai VIF masing-masing variabel independen untuk setiap lokasi < 10 yang menunjukkan tidak terdapat multikolinieritas lokal.

##### 4.5 Model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression* Indeks Pembangunan Manusia

Langkah pertama yang dilakukan dalam pemodelan *Fixed Effect GWPR* adalah menentukan lokasi setiap sampel yang akan digunakan yaitu letak geografis. Setelah itu, menghitung rata-rata variabel dependen maupun independen untuk keseluruhan waktu pada setiap lokasi untuk mendapatkan nilai *bandwidth optimum* menggunakan kriteria *cross validation (CV)* dan nilai pembobot. Matriks pembobot merupakan diagonal nilai pembobot yang telah didapatkan dan berulang sebanyak unit waktu untuk mendapatkan estimasi parameter. Model yang terbentuk akan berbeda pada setiap lokasi. Berikut salah satu model *fixed effect GWPR* yang terbentuk pada lokasi pengamatan Kota Semarang:

$$\hat{y}_{33t} = 0,0266 X_{33t1} + 0,0869 X_{33t2} + 0,0018 X_{33t3} - 0,1002 X_{33t4}$$

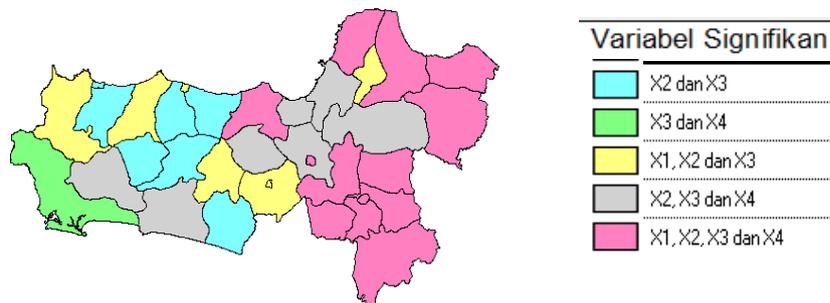
#### 4.6 Pengujian Model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression*

Uji Kecocokan Model	
Hasil	Kesimpulan
$F = 0,6870$ dan $p - value = 0,9964$	$H_0$ ditolak, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi data panel <i>fixed effect</i> dan <i>fixed effect</i> GWPR.

Berdasarkan uji kecocokan model menggunakan  $\alpha$  sebesar 5%, diperoleh kesimpulan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi data panel *fixed effect* dengan *fixed effect* GWPR.

Uji Signifikansi Parameter Kota Semarang			
Variabel	t-Statistik	p-value	Kesimpulan
$X_1$	1,0751	0,2836	$H_0$ ditolak untuk variabel $X_2$ , $X_3$ dan $X_4$ yaitu angka partisipasi sekolah, pengeluaran perkapita yang disesuaikan dan tingkat pengangguran terbuka berpengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kota Semarang
$X_2$	10,2744	0,0000	
$X_3$	11,7461	0,0000	
$X_4$	-3,1938	0,0016	

Berdasarkan pengujian signifikansi parameter menggunakan  $\alpha$  sebesar 5%, kabupaten/kota di Jawa Tengah dapat dikelompokkan berdasarkan variabel-variabel yang signifikan mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia sebagai berikut:



#### 4.7 Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dihasilkan dari model *fixed effect* GWPR dengan pembobot *fixed exponential kernel* yang terbentuk sebesar 92,27%.

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu berdasarkan pengujian pemilihan model pada regresi panel, model *fixed effect* terpilih untuk diterapkan ke dalam model *Geographically Weighted Panel Regression*. Selain itu, berdasarkan pengujian kecocokan model menunjukkan bahwa model *fixed effect* GWPR berbeda signifikan terhadap model regresi data panel, serta model yang dihasilkan untuk setiap lokasi akan berbeda antara satu dengan yang lainnya. Selain itu, kabupaten/kota di Jawa Tengah mempunyai 5 kelompok berdasarkan variabel-variabel yang signifikan. Pada model *fixed effect* GWPR menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 92,27%. Kemudian berikut ini adalah salah satu contoh model yang terbentuk menggunakan *fixed effect* GWPR untuk lokasi pengamatan Kota Semarang:

$$\hat{y}_{33t} = 0,0266 X_{33t1} + 0,0869 X_{33t2} + 0,0018 X_{33t3} - 0,1002 X_{33t4}$$

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [2] Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. *Berita Resmi Statistik*. Semarang: Badan Pusat Statistik Jawa Tengah.
- [3] Baltagi, B. H. 2005. *Econometrics Analysis of Panel Data (3 ed.)*. Chicester, England: John Wiley & Sons Ltd.
- [4] Bruna, F., dan Yu, D. 2013. Geographically Weighted Panel Regression. *XI Congreso Galego de Estatística e Investigación de Operacións, A Coruña 24-26 de outubro de 2013*.
- [5] Cai, R, Yu, D., dan Oppenheimer, M. 2014. Estimating the Spatially Varying Responses of Corn Yields to Weather Variations using Geographically Weighted Panel Regression. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 39, 2.
- [6] Chasco, C., Garcia, I., dan Vicens, J. 2007. Modelling Spatial Variation Household Disposable Income With Geographically Weighted Regression. *Munich Personal Repec Archive (MPRA)* , Working Paper, No. 1682.
- [7] Fotheringham, A. S., Brunson, C., dan Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- [8] Ghozali, I. 2009. *EKONOMETRIKA*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- [9] Greene, W. H. 2003. *Econometric Analysis (5 ed.)*. New Jersey: Prentice Hall International.
- [10] Gujarati, D. N. 2004. *Basic Econometrics (4 ed.)*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- [11] Jarque, C. M., dan Bera, A. K. 1987. A Test for normality of observation and regression residuals. *International Statistical Review* , Vol. 55, pp. 163-172.
- [12] Jaya, I. G., dan Sunengsih, N. 2009. Kajian Analisis Regresi dengan Data Panel. *Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA 2009*. Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- [13] Leung, Y., Mei, C. L., dan Zhang, W. X. 2000. Statistical Test for Spatial Non Stasionarity Based on the Geographically Weighted Regression Model. *Departement of Geography and The Centre for Environmental Studies The Chinese University of Hong Kong, Shatin, Hong Kong*.
- [14] Qur'ani, A. Y. 2014. Pemodelan Geographically Weighted Regression Panel (GWR-Panel) Sebagai Pendekatan Model Geographically Weighted Regression (GWR) Dengan Menggunakan Fixed Effect Model Time Trend. *Jurnal Mahasiswa Statistik*, Vol.2, 3.
- [15] Trianggara, N., Rahmawati, R., dan Yasin, H. 2016. Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Spatial Panel Fixed Effect (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia Propinsi Jawa Tengah 2008 - 2013). *Jurnal Gaussian*. Vol.5, 1, 173-182.
- [16] Wheeler, D. C., & Antonio, P. 2010. *Handbook of Applied Spatial Analysis : Software Tools, Methods and Applications*. Berlin: Springer.
- [17] Yu, D. 2010. Explorating Spatiotemporally Varying Regressed Relationships:The Geographically Weighted Panel Regression Analysis. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Vol.38, Part II.