

PEMODELAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN  
GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)**Zahrina Fakhriyan Annabilah**Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : [zahrinaannabilah@mhs.unesa.ac.id](mailto:zahrinaannabilah@mhs.unesa.ac.id)**Drs. Hery Tri Sutanto, M.Si**Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : [herysutanto@unesa.ac.id](mailto:herysutanto@unesa.ac.id)**Abstrak**

Pembangunan suatu bangsa merupakan aspek penting pada sebuah negara. Suatu ukuran standar pembangunan manusia yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa adalah Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Pada tahun 2016 angka IPM provinsi Jawa Timur mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya menjadi 69,74%. Pada penelitian ini rumusan masalah yang akan dibahas adalah pemodelan pada Indeks Pembangunan Manusia di provinsi Jawa Timur. Perbedaan lokasi tentunya juga memberikan karakteristik lokasi yang beragam. Oleh karena itu dilakukan analisis secara spasial (berdasarkan lokasi) menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). Hasil analisis menggunakan metode GWR diperoleh model yang berbeda di setiap kota dan kabupaten yang diamati

**Kata kunci** : Indeks pembangunan manusia, spasial, *geographically weighted regression* (GWR)**Abstract**

The development of a nation is an important aspect of a country. A measure of the human development standard established by the United Nations is the Human Development Index (HDI). In 2016 the East Java province HDI rate increased from the previous year to 69.74%. In this study the formulation of the problem raised was modeling on the Human Development Index in East Java province. Different locations certainly also provide various location characteristics. Therefore a spatial analysis (based on location) is carried out using the Geographically Weighted Regression (GWR) method. The results of the analysis using the GWR method obtained different models in each city and district observed.

**Keywords** : Human development index, spatial, geographically weighted regression (GWR)**1. PENDAHULUAN**

Pembangunan suatu bangsa memiliki peranan penting pada sebuah negara. Suatu ukuran standar pembangunan manusia yang telah ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa yaitu Indeks Pembangunan Manusia (IPM) atau *Human Development Index*. Indeks pembangunan manusia adalah indikator penting dalam menilai keberhasilan pembangunan kualitas hidup manusia. Ukuran keberhasilan tersebut dipengaruhi oleh dimensi kesehatan, dimensi pendidikan, dan dimensi hidup layak.

Jawa Timur terbagi atas 29 kabupaten dan 9 kota. Banyaknya kabupaten dan kota tersebut akan memberikan gambaran pembangunan manusia yang beragam. Pada tahun 2016 IPM provinsi Jawa Timur mengalami peningkatan menjadi 69,74 persen. Hal

tersebut menunjukkan semakin membaiknya kualitas pembangunan masyarakat di Jawa Timur.

Data IPM provinsi Jawa Timur sebarannya sangat beragam karena setiap lokasi memiliki karakteristik yang berbeda. Faktor lokasi diduga akan berdampak pada ketergantungan spasial sesuai dengan hukum Tobler 1 dalam bidang geografi "*Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things*".

Data spasial adalah data yang berisi informasi geografis berupa koordinat wilayah dan atribut berupa variabel bebas dan variabel respon. Pemodelan data spasial perlu memperhatikan adanya efek spasial berupa heterogenitas spasial dan dependensi spasial.

Penelitian ini menerapkan salah satu metode analisis spasial yaitu *Geographically Weighted Regression* (GWR). *Geographically Weighted*

**PEMODELAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN  
GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)**

*Regression* (GWR) merupakan model pengembangan regresi yang bersifat lokal. Penaksiran parameter model dilakukan dengan pemberian matriks pembobot yang berbeda di setiap lokasi pengamatan. Sehingga dalam penelitian ini akan dibahas tentang model yang dibentuk dengan *Geographically Weighted Regression* pada data Indeks Pembangunan Manusia provinsi Jawa Timur.

**2. KAJIAN TEORI**

**A. Analisis Data Spasial**

Analisis data spasial dilakukan untuk mengetahui pengaruh spasial pada observasi. Pengaruh spasial tersebut yaitu keberagaman spasial dan ketergantungan spasial. Uji keberagaman spasial dilakukan dengan uji *Breusch-Pagan* (BP) dengan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 \text{ (homogenitas)}$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ (heterogenitas)}$$

$$\text{Statistik uji : } BP = (1/2) f^T Z(Z^T Z)^{-1} Z^T f \quad (1)$$

Kriteria penolakan : tolak  $H_0$  jika  $BP > \chi_p^2$

dengan  $p$  adalah banyaknya variabel bebas. Pengujian ketergantungan spasial dinyatakan dengan uji *Moran's I* dengan hipotesis :

$$H_0: I = 0 \text{ (tidak terjadi ketergantungan spasial)}$$

$$H_1: I \neq 0 \text{ (terjadi ketergantungan spasial)}$$

$$\text{Statistik uji : } Z_I = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}}$$

Kriteria penolakan : tolak  $H_0$  jika  $|Z_I| > Z_{\alpha/2}$

**B. Model Geographically Weighted Regression**

Model ini merupakan pengembangan regresi linier dengan parameter model yang berbeda di setiap lokasi. Model GWR dirumuskan sebagai berikut (Fotheringham, *et al.*, 2002) :

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

*Weighted Least Square* digunakan untuk melakukan penaksiran parameter dengan memberikan matriks pembobot yang berbeda di setiap lokasi amatan.

**C. Pemilihan Bandwidth Optimum**

Pemilihan *bandwidth* optimum merupakan hal penting dalam proses pemodelan menggunakan GWR. Metode yang digunakan adalah metode *Cross Validation* (Fotheringham, *et al.*, 2002) dengan persamaan sebagai berikut:

$$CV(b) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(b))^2 \quad (3)$$

dengan  $y_i$  adalah variabel respon di lokasi pengamatan ke- $i$  dan  $\hat{y}_{\neq i}$  adalah nilai prediksi lokasi pengamatan ke- $i$  tanpa melibatkan lokasi ke- $i$  tersebut. *Bandwidth* optimum ditunjukkan dengan nilai CV minimum.

**D. Penaksiran Parameter**

Penaksiran parameter menggunakan metode *Weighted Least Square* dengan memberikan pembobot pada setiap lokasi yang diamati. Fungsi pembobot yang digunakan adalah fungsi kernel *Gaussian*

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{1}{2}(d_{ij}/b)^2\right) \quad (4)$$

dimana  $b$  adalah *bandwidth* sedangkan  $d_{ij}$  adalah jarak *Euclidean* antara pengamatan pada titik ke- $i$  dan ke- $j$ . Matriks pembobot yang digunakan merupakan matriks diagonal yang dinyatakan dengan  $W(u_i, v_i) = \text{diag}(w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in})$  Estimasi parameter model GWR untuk setiap lokasi dinyatakan sebagai berikut (Paez & Wheeler, 2009) :

$$\tilde{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) y \quad (5)$$

**E. Pengujian Model GWR**

Pengujian bertujuan untuk mengetahui beberapa atau semua parameter berpengaruh signifikan pada variabel respon atau tidak, dengan hipotesis sebagai berikut :

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

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$$

$$\text{Statistik uji : } T = \frac{\tilde{\beta}_k(u_i, v_i)}{SE(\tilde{\beta}_k(u_i, v_i))} \quad (6)$$

Statistik uji T berdistribusi t dengan derajat bebas  $\delta_1^2 / \delta_2$ , tolak  $H_0$  jika  $|T| > t_{\alpha/2, \delta_1^2 / \delta_2}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ .

**F. Indeks Pembangunan Manusia**

Indeks pembangunan manusia merupakan suatu ukuran ringkasan pencapaian rata-rata dalam dimensi pembangunan manusia (UNDP, 2016). Indeks pembangunan manusia dipengaruhi oleh tiga dimensi dasar yaitu dimensi kesehatan yang dinilai dari angka harapan hidup saat lahir, dimensi pendidikan dinilai dari harapan lama sekolah dan rata-rata lama sekolah, dan dimensi hidup layak yang dinilai dari pengeluaran perkapita (BPS, 2015). Ketiga dimensi dasar tersebut berpengaruh terhadap perubahan indeks pembangunan manusia.

### 3. METODE

#### A. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Timur dalam bentuk buku berjudul Data Dinamis Provinsi Jawa Timur Triwulan I 2017 (BAPPEDA, 2017) yaitu data indeks pembangunan manusia provinsi Jawa Timur tahun 2016.

#### B. Variabel Penelitian

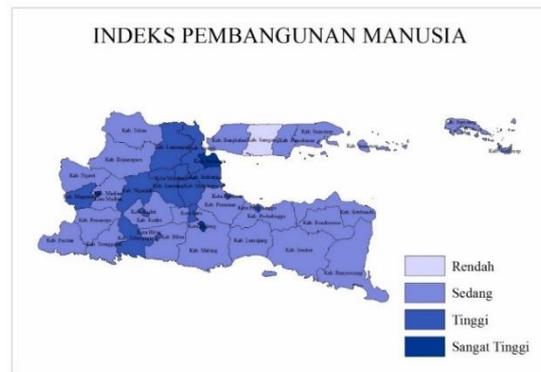
Pada penelitian ini terdiri dari satu variabel respon yaitu indeks pembangunan manusia (Y) dan empat variabel bebas yaitu angka harapan hidup ( $X_1$ ), angka harapan lama sekolah ( $X_2$ ), angka rata-rata lama sekolah ( $X_3$ ), dan angka pengeluaran perkapita ( $X_4$ ).

#### C. Langkah Penelitian

1. Mendeskripsikan data
2. Mengidentifikasi pola hubungan antar variabel
3. Memeriksa pengaruh spasial
4. Menganalisis model GWR dengan cara berikut:
  - a. Menentukan  $u_i$  (*longitude*) dan  $v_i$  (*latitude*) pada setiap kota dan kabupaten di provinsi Jawa Timur
  - b. Menentukan jarak *Euclidean* antara lokasi  $i$  dengan lokasi  $j$  yang dilakukan di seluruh lokasi pengamatan
  - c. Menentukan nilai *bandwidth* optimal dengan *cross validation* (CV)
  - d. Menentukan matriks pembobot dengan fungsi kernel *Gaussian*
  - e. Menaksir parameter model dengan metode *weighted least square*
  - f. Melakukan pengujian signifikansi parameter model GWR
5. Menarik kesimpulan

### 4. PEMBAHASAN

Secara administratif, Jawa Timur terbagi atas 29 kabupaten dan 9 kota. Indeks pembangunan manusia di Jawa Timur mengalami peningkatan menjadi 69,74 persen di tahun 2016. Indeks pembangunan manusia dibagi menjadi empat golongan yaitu sangat tinggi ( $IPM \geq 80$ ), tinggi ( $70 \leq IPM \leq 80$ ) sedang ( $60 \leq IPM \leq 70$ ), dan rendah ( $IPM < 60$ ).



Gambar 4. 1 Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Jawa Timur

Pada gambar 4.1 menunjukkan gambaran umum dari indeks pembangunan manusia di Jawa Timur. Indeks pembangunan manusia di Jawa Timur terdiri dari empat kategori. Kota Madiun, kota Surabaya, dan kota Malang termasuk dalam kategori sangat tinggi dengan rentang nilai 80,01 sampai 80,46 persen. Jombang, Lamongan, Nganjuk, Tulungagung, Mojokerto, Probolinggo, Magetan, kota Batu, kota Pasuruan, Gresik, kota Kediri, kota Mojokerto, kota Blitar, dan Sidoarjo termasuk dalam kategori tinggi dengan rentang nilai 70,03 sampai 78,17 persen. Bangkalan, Sumenep, Lumajang, Pamekasan, Jember, Probolinggo, Bondowoso, Situbondo, Pasuruan, Pacitan, Tuban, Bojonegoro, Malang, Trenggalek, Blitar, Ponorogo, Ngawi, Banyuwangi, Madiun, Kediri termasuk dalam kategori sedang dengan rentang nilai 62,06 sampai 69,87 persen. Sedangkan Sampang termasuk dalam kategori rendah dengan nilai IPM 59,09 persen.

Pengujian pengaruh spasial dilakukan dengan pengujian keberagaman spasial (uji *Breusch-Pagan*) dan pengujian ketergantungan spasial (uji *Moran's I*). Hipotesis pengujian keberagaman spasial adalah

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 \text{ (homogenitas)}$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ (heterogenitas)}$$

Dari hasil pengujian diperoleh nilai statistik uji *Breusch-Pagan* adalah 13,145 dengan *p-value* 0,01059. Karena nilai statistik uji lebih besar dari  $\chi_{0,05;4}^2 = 0,711$  dan *p-value* kurang dari  $\alpha = 0,05$  sehingga tolak  $H_0$  yang memiliki arti terjadi keberagaman spasial.

Hipotesis pengujian ketergantungan spasial adalah

$$H_0: I = 0 \text{ (tidak terjadi ketergantungan spasial)}$$

$$H_0: I \neq 0 \text{ (terjadi ketergantungan spasial)}$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai  $|Z_1| = 5,4907$  dengan *p-value* = 4,002443e-08. Karena nilai  $|Z_1|$  lebih besar dari  $Z_{\alpha/2} = 1,96$  dan *p-value* kurang dari  $\alpha = 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak yang berarti bahwa terjadi dependensi spasial. Terjadinya dependensi

**PEMODELAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN  
GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)**

spasial berarti bahwa variabel pada area tertentu berpengaruh satu sama lain dengan area di dekatnya.

Setelah dilakukan pengujian pengaruh spasial selanjutnya adalah melakukan pemodelan dengan *geographically weighted regression* (GWR). Hal yang harus dilakukan adalah dengan memberikan pembobot spasial dengan metode *weighted least square*. Terlebih dahulu menentukan *bandwidth* optimum. *Bandwidth* optimum yang diperoleh dengan cara *cross validation* adalah 0,86343. Kemudian nilai tersebut digunakan untuk membentuk matriks pembobot dengan fungsi kernel *Gaussian* yang terlebih dahulu menentukan jarak *Euclidean* untuk setiap lokasi pengamatan. Matriks pembobot yang telah diperoleh digunakan untuk estimasi parameter sesuai dengan persamaan (5) sehingga nantinya akan diperoleh model GWR untuk setiap lokasi pengamatan. Pada tabel 1 akan ditunjukkan rangkuman estimasi parameter.

**Tabel 1.** Rangkuman Estimasi Parameter Model GWR

Estimator	$\hat{\beta}(u_i, v_i)$		
	Min	Median	Max
X. Intercept	1,702347	6,067251	8,252159
X <sub>1</sub>	0,41047	0,440326	0,492103
X <sub>2</sub>	1,01388	1,0402012	1,128452
X <sub>3</sub>	1,226704	1,387343	1,461136
X <sub>4</sub>	0,000769	0,000807	0,000934

Untuk melihat parameter mana yang berpengaruh secara signifikan pada data indeks pembangunan manusia dilakukan pengujian dengan hipotesis

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

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$$

Dengan statistik uji pada persamaan (6). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh untuk semua  $|T|$  nilainya lebih dari  $t_{\alpha/2, \delta_1}^2 / \delta_2 = t_{0,025; 27,968} = 2,048$  yang berarti bahwa semua variabel bebas berpengaruh secara signifikan pada variabel respon.

Model GWR dapat menggambarkan indeks pembangunan manusia di provinsi Jawa Timur. Sebagai contoh adalah interpretasi model GWR di kota Surabaya  $\hat{Y} = 6,196016 + 0,4393937X_1 + 1,038551X_2 + 1,402055X_3 + 0,0007940441X_4$

. Berdasarkan model yang dibentuk dapat diketahui bahwa jika faktor lain bernilai tetap dan angka harapan hidup mengalami peningkatan satu satuan maka indeks pembangunan manusia juga akan mengalami kenaikan sebesar 0,4393937. Angka harapan lama sekolah mengalami peningkatan satu satuan, maka indeks

pembangunan manusia akan mengalami kenaikan sebesar 1,038551. Rata-rata lama sekolah mengalami peningkatan satu satuan maka indeks pembangunan manusia mengalami kenaikan sebesar 1,4020553. Jika angka pengeluaran perkapita mengalami peningkatan satu satuan maka indeks pembangunan manusia akan meningkat menjadi 0,0007940441.

## 5. PENUTUP

### A. Simpulan

Berdasarkan pembahasan dan rumusan, maka kesimpulan yang didapatkan adalah data yang digunakan dalam penelitian terdapat efek spasial sehingga dilanjutkan pemodelan dengan metode *geographically weighted regression* (GWR) dengan kernel *Gaussian*. Sehingga setiap lokasi pengamatan memiliki model yang bervariasi.

### B. Saran

Saran pada penelitian ini antara lain dari sisi kebijakan pemerintah bergantung dari analisis variabel yang berpengaruh di tiap kabupaten/kota perlu diprioritaskan. Selain itu, disarankan untuk menggunakan metode lain dalam memodelkan suatu data yang terdapat pengaruh spasial. Karena ada kemungkinan penggunaan metode dalam penelitian ini belum cukup akurat, sehingga metode lain tersebut dapat diggunakan sebagai pembanding untuk penentuan model yang sesuai.

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2015. *Indeks Pembangunan Manusia*. (Online), (<https://www.bps.go.id/subject/26/indeks-pembangunan-manusia.html>, diakses 31 Mei 2018).
- BAPPEDA Jawa Timur. 2017. *Data Dinamis Provinsi Jawa Timur: Triwulan I 2017*. Surabaya: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Timur.
- Fortheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. E. 2002. *Geographically Weighted Regression : The Analysis of Spatially Varying Relationships*. England: John Wiley and Sons Ltd.
- Paez, A. and Wheeler, D.C. 2009. *Geographically Weighted Regression*. Canada: Elsevier Ltd.
- UNDP. 2016. *Human Development Reports*. (Online), (<http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>, diakses 6 Mei 2018).