

**PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI  
INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA KABUPATEN/ KOTA  
DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN  
*GEOGRAPHICALLY WEIGHTED ORDINAL LOGISTIC REGRESSION***

**Rahma Nurfiani Pradita<sup>1</sup>, Hasbi Yasin<sup>2</sup>, Diah Safitri<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP

<sup>2,3</sup>Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

[rnpradita@gmail.com](mailto:rnpradita@gmail.com), [hasbiyasin17@gmail.com](mailto:hasbiyasin17@gmail.com), [diahsafitri.fifi@gmail.com](mailto:diahsafitri.fifi@gmail.com)

**ABSTRACT**

Human Development Index (HDI) is a measurement used for measuring human developmental achievement in certain area. Although, it does not measure all dimensions of human development, HDI seems able to measure principal dimension of human development that include longevity and health, knowledge and a good life. *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR) Model is used to model a relationship between categorical response variable that have ordinal scale toward predictor variable that depend on geographical location where the data are observed. This research aims to know the factors that influence HDI of Regency/ City in East Java Province 2013 using ordinal logistic regression model and GWOLR with exponential kernel function weighting. Factors that are influencing HDI of Regency/ City in East Java are percentage of population that finish Junior High School ( $X_2$ ), the number of health facility ( $X_4$ ), and population density ( $X_5$ ). Based on HDI of Regency/ City in East Java's accuracy classification result, between observations and prediction counted based on *Apparent Error Rate* (APER) value, it is known that GWOLR model with exponential kernel function weighting has better classification's accuracy (86,84%) than ordinal logistic regression model (81,58%).

**Keywords:** HDI, Ordinal Logistic Regression Model, GWOLR, Exponential Kernel Function, Classification's Accuracy, APER

**1. PENDAHULUAN**

Pembangunan manusia merupakan suatu upaya untuk memperbanyak pilihan-pilihan yang dimiliki manusia yang dapat terealisasi apabila manusia berumur panjang dan sehat, memiliki pengetahuan dan keterampilan, serta dapat memanfaatkan kemampuan yang dimilikinya dalam kegiatan yang produktif. Hal tersebut sekaligus merupakan tujuan utama dari pembangunan yaitu untuk menciptakan sumber daya manusia yang berkualitas. Sumber daya manusia yang berkualitas merupakan aset kekayaan bangsa sekaligus sebagai modal dasar pembangunan (BPS, 2013). Sebagai alat untuk mengetahui perkembangan mengenai kualitas pembangunan manusia, maka *United Nations Development Programme* memperkenalkan dan mengembangkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang dibuat dan dipopulerkan oleh *United Nations* (PBB) sejak tahun 1990 (BPS, 2011).

Menurut BPS (2013) Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan suatu ukuran yang digunakan untuk mengukur pencapaian pembangunan manusia di suatu wilayah. Meskipun tidak mengukur semua dimensi dari pembangunan manusia, namun IPM dinilai mampu mengukur dimensi pokok dari pembangunan manusia. Sebagai ukuran kualitas hidup, IPM dibangun melalui pendekatan tiga dimensi dasar. Dimensi tersebut mencakup umur panjang dan sehat, pengetahuan, dan kehidupan yang layak.

Di dalam BPS (2014) pencapaian IPM di kabupaten/ kota yang ada di Propinsi Jawa Timur sebarannya sangat beragam. Kondisi kesehatan dan pendidikan penduduk yang tinggal di sebagian besar wilayah relatif rendah dibandingkan rata-rata kabupaten/ kota di Jawa Timur, sehingga akan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap rendahnya angka status pembangunan manusia di wilayah tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa pendidikan, kesehatan, maupun infrastruktur ekonomi di Jawa Timur kurang merata dan cenderung terpusat pada beberapa daerah. Adanya perbedaan tersebut menjadikan pendidikan, kesehatan, maupun infrastruktur ekonomi di Jawa Timur merupakan permasalahan yang spasial, sebab

faktor geografis akan mempengaruhi suatu daerah yang pada akhirnya akan mempengaruhi IPM di Propinsi Jawa Timur. Oleh karena itu, menurut Brunson, dkk (1996) diperlukan suatu metode pemodelan statistik yang memperhatikan letak geografis atau faktor lokasi pengamatan. Salah satu metode untuk menganalisisnya adalah dengan menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR).

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) telah mengalami perkembangan. Apabila peubah respon bersifat kategori dan berskala ordinal maka dapat digunakan model *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR). Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis tertarik untuk mengkaji Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Kabupaten/ kota di Jawa Timur dengan Menggunakan *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Model Regresi Logistik Ordinal

Menurut Hosmer dan Lemeshow (2000) regresi logistik ordinal merupakan salah satu metode statistika untuk menganalisis variabel respon (dependen) yang mempunyai skala data ordinal yang terdiri atas tiga kategori atau lebih. Di dalam Audrina, dkk (2014) variabel prediktor (independen) yang dapat disertakan dalam model berupa data kategori atau kontinu yang terdiri atas dua variabel atau lebih.

Di dalam Agresti (2002) model untuk regresi logistik ordinal adalah model logit kumulatif (*cumulative logit models*). Pada model logit ini sifat ordinal dari respon  $Y$  dituangkan dalam peluang kumulatif. Misalkan variabel respon  $Y$  memiliki  $G$  buah kategori berskala ordinal dan  $\mathbf{x}_i$  menyatakan vektor variabel prediktor ke- $p$  pada pengamatan ke- $i$ ,  $\mathbf{x}_i = [x_{i1} \ x_{i2} \ \dots \ x_{ip}]^T$  dengan  $i = 1, 2, \dots, n$ , maka model logit kumulatif dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{logit} \left[ P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) \right] = \alpha_g + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}, \quad g = 1, 2, \dots, G-1$$

dimana menurut Putranto dan Mashuri (2012)  $P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)$  adalah peluang kumulatif kurang dari atau sama dengan kategori ke- $g$  jika diketahui  $\mathbf{x}_i$ ,  $\{\alpha_g\}$  merupakan parameter intersep dan memenuhi kondisi  $\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_{G-1}$  dan  $\boldsymbol{\beta} = [\beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_p]^T$  merupakan vektor koefisien regresi yang bersesuaian dengan  $x_1, x_2, \dots, x_p$ .

Di dalam Agresti (2002) logit kumulatif didefinisikan sebagai:

$$\text{logit} \left[ P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) \right] = \ln \left[ \frac{P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)}{1 - P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)} \right], \quad g = 1, 2, \dots, G-1$$

maka model regresi logistik ordinal dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{logit} \left[ P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) \right] = \ln \left[ \frac{P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)}{1 - P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)} \right] = \alpha_g + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}, \quad g = 1, 2, \dots, G-1 \quad (1)$$

Sehingga peluang untuk masing-masing kategori respon dapat dinyatakan sebagai:

$$\pi_g(\mathbf{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_g + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_g + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})} - \frac{\exp(\alpha_{g-1} + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_{g-1} + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})}, \quad g = 1, 2, \dots, G$$

Di dalam Agresti (2002) penaksiran parameter regresi logistik ordinal dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Menurut Hosmer dan Lemeshow (2000) prinsip dari metode MLE adalah mengestimasi vektor parameter  $\boldsymbol{\theta} = [\alpha_1 \ \alpha_2 \ \dots \ \alpha_{G-1} \ \beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_p]^T$  dengan cara memaksimumkan fungsi *likelihood*. Untuk

mempermudah perhitungan, maka dilakukan transformasi  $\ln$  pada fungsi *likelihood* sehingga terbentuk fungsi *ln-likelihood*. Estimasi parameter melalui metode MLE adalah dengan melakukan turunan parsial fungsi *ln-likelihood* terhadap parameter yang akan diestimasi kemudian disamadengankan nol. Turunan parsial pertama dari fungsi *ln-likelihood* yang akan diestimasi merupakan fungsi yang nonlinear terhadap parameter. Estimasi parameter dari persamaan regresi yang nonlinear tidak mudah jika menggunakan metode kemungkinan maksimum dan memerlukan metode yang bersifat iterasi untuk memperoleh estimasi parameternya. Menurut Agresti (2002) metode iterasi yang digunakan adalah metode iterasi *Newton Raphson*.

Pengujian parameter model regresi logistik ordinal dapat dilakukan secara keseluruhan maupun individu serta uji kesesuaian model.

a. Uji Parameter Secara Keseluruhan

Menurut Hosmer dan Lemeshow (2000) uji secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah variabel independen yang terdapat dalam model berpengaruh nyata atau tidak secara keseluruhan. Hipotesis yang digunakan:

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji yang digunakan yaitu uji rasio *likelihood* atau *Likelihood Ratio Test* (LRT) (Imaslihkah dkk, 2013)

$$G^2 = \left[ \frac{\binom{n_1}{n}^{n_1} \binom{n_2}{n}^{n_2} \binom{n_3}{n}^{n_3}}{\prod_{i=1}^n (\pi_1(\mathbf{x}_i))^{y_{i1}} (\pi_2(\mathbf{x}_i))^{y_{i2}} (\pi_3(\mathbf{x}_i))^{y_{i3}}} \right]$$

dengan  $n_1 = \sum_{i=1}^n y_{i1}, n_2 = \sum_{i=1}^n y_{i2}, n_3 = \sum_{i=1}^n y_{i3}, n = n_1 + n_2 + n_3$ .  $H_0$  ditolak apabila nilai  $G^2 > \chi^2_{(\alpha, p)}$  atau *p-value*  $< \alpha$ .

b. Uji Parameter Secara Individu

Menurut Hosmer dan Lemeshow (2000) pengujian parameter model regresi logistik ordinal secara parsial atau individu dilakukan untuk mengetahui signifikansi parameter  $\beta$  terhadap variabel respon secara parsial. Hipotesis yang digunakan:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji yang digunakan yaitu Uji *Wald*.

$$W_k = \frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)}$$

dengan  $\hat{\beta}_k$  merupakan penaksir parameter  $\beta_k$  dan standar error  $\hat{\beta}_k$  diperoleh dari  $SE(\hat{\beta}_k) = \sqrt{\hat{Var}(\hat{\beta}_k)}$ .  $H_0$  ditolak apabila nilai  $|W_k| > Z_{\alpha/2}$  atau *p-value*  $< \alpha$ .

c. Uji Kesesuaian Model (*Goodness of Fit*)

Menurut Zakariyah dan Zain (2015) uji kesesuaian model digunakan untuk menilai apakah model sesuai atau tidak. Hipotesis yang digunakan:

$H_0$ : Model sesuai (tidak ada perbedaan antara hasil observasi dengan hasil prediksi)

$H_1$ : Model tidak sesuai (ada perbedaan antara hasil observasi dengan hasil prediksi)

Statistik uji yang digunakan yaitu Uji *Deviance*.

$$D = -2 \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^G \left[ y_{ig} \ln \left( \frac{\hat{\pi}_{ig}}{y_{ig}} \right) \right]$$

dengan  $\hat{\pi}_{ig} = \hat{\pi}_g(x_i)$  merupakan peluang observasi ke- $i$  pada kategori ke- $g$ ,  $df = J-(p+1)$  dimana  $J$  merupakan jumlah kovariat.  $H_0$  ditolak jika  $D > \chi^2_{(\alpha, df)}$

## 2.2 Model Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR)

Menurut Purhadi, dkk (2012) model GWOLR merupakan bentuk kombinasi dari model GWR (*Geographically Weighted Regression*) dan model regresi logistik ordinal. Model GWOLR digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon yang berskala ordinal dengan variabel prediktor yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati. Misalkan variabel respon terdiri dari  $G$  buah kategori, maka model GWOLR untuk lokasi ke- $i$  dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{logit} \left[ P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) \right] = \ln \left[ \frac{P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)}{1 - P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)} \right] = \alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)$$

dimana  $g = 1, 2, \dots, G-1$  dan  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Dengan  $\{\alpha_g(u_i, v_i)\}$  merupakan parameter intersep dan memenuhi kondisi  $\alpha_1(u_i, v_i) \leq \alpha_2(u_i, v_i) \leq \dots \leq \alpha_{G-1}(u_i, v_i)$ ,  $\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) = [\beta_1(u_i, v_i), \beta_2(u_i, v_i), \dots, \beta_p(u_i, v_i)]^T$  merupakan vektor koefisien regresi untuk lokasi ke- $i$ , sementara  $(u_i, v_i)$  adalah titik koordinat (*longitude, latitude*) lokasi ke- $i$ .

Di dalam Purhadi, dkk (2012) peluang kumulatif kategori respon ke- $g$  dapat dinyatakan sebagai:

$$P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}, \quad g = 1, 2, \dots, G-1$$

Menurut Rifada dan Purhadi (2011) peluang variabel respon pada lokasi ke- $i$  mempunyai kategori ke- $g$  jika diketahui  $\mathbf{x}_i$  yaitu

$$\pi_g^*(\mathbf{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} - \frac{\exp(\alpha_{g-1}(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_{g-1}(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}$$

Di dalam Rifada dan Purhadi (2011) penaksiran parameter  $\boldsymbol{\theta}(u_i, v_i) = [\alpha_1(u_i, v_i) \quad \alpha_2(u_i, v_i) \quad \dots \quad \alpha_{G-1}(u_i, v_i) \quad \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)]^T$  pada model GWOLR menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) terboboti. Selanjutnya yaitu membentuk fungsi *ln-likelihood* dengan melakukan transformasi *ln* pada fungsi *likelihood*. Di dalam Purhadi, dkk (2012) faktor pembobot pada model GWOLR adalah letak geografis. Faktor tersebut memiliki nilai yang berbeda untuk setiap lokasi yang menunjukkan sifat lokal pada model GWOLR. Oleh karena itu pembobot diberikan pada bentuk *ln-likelihoodnya* untuk model GWOLR. Di dalam Lailiyah dan Purhadi (2012) estimasi parameter dilakukan dengan melakukan turunan parsial pertama persamaan fungsi *ln-likelihood* terboboti terhadap parameter yang akan diestimasi dan kemudian disamakan dengan nol. Hasil turunan parsial pertama yang diperoleh berbentuk nonlinear sehingga digunakan metode iterasi *Newton Raphson*.

Pengujian hipotesis pada model GWOLR adalah uji kesamaan model GWOLR dengan model regresi logistik ordinal, uji parameter secara keseluruhan dan uji parameter secara individu.

### a. Uji Kesamaan Model GWOLR dengan Model Regresi Logistik Ordinal

Di dalam Purhadi, dkk (2012) uji ini bertujuan untuk menguji signifikansi dari faktor geografis. Hipotesis yang digunakan:

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k \quad ; i = 1, 2, \dots, n ; k = 1, 2, \dots, p$  (tidak ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$  (ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal)

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{D(\hat{\theta})/df_1}{D(\hat{\theta}^*)/df_2}$$

Dimana  $D(\hat{\theta})$  adalah nilai devians dari model regresi logistik ordinal dihitung berdasarkan nilai maksimum *likelihood* di bawah  $H_0$  ( $L(\hat{\omega})$ ) dengan derajat bebas  $df_1$  dan  $D(\hat{\theta}^*)$  adalah nilai devians dari model GWOLR dihitung berdasarkan nilai maksimum *likelihood* di bawah populasi ( $L(\hat{\Omega})$ ) dengan derajat bebas  $df_2$ .  $H_0$  ditolak jika  $F_{hit} > F_{(\alpha; df_1, df_2)}$ .

b. Uji Parameter Secara Keseluruhan

Di dalam Anggarini dan Purhadi (2012) uji secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui signifikansi parameter terhadap variabel respon secara bersama-sama pada model GWOLR. Hipotesis yang digunakan:

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

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

Statistika uji:

$$G^2 = -2 \left( \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^3 y_{ig} \ln \left[ \frac{\sum_{j=1}^n y_{jg} w_j(u_i, v_i)}{\sum_{j=1}^n w_j(u_i, v_i)} \right] - \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^3 y_{ig} \ln [\hat{\pi}_g^*(\mathbf{x}_i)] \right)$$

dengan  $df = \text{trace}(\mathbf{S})$ .  $H_0$  ditolak apabila nilai  $G^2 >$  dari  $\chi^2_{(\alpha; df)}$

c. Uji Parameter Secara Individu

Menurut Dewi (2014) uji parameter secara individu digunakan untuk mengetahui signifikansi parameter secara individual/ parsial pada model GWOLR. Hipotesis yang digunakan:

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0 \quad ; i = 1, 2, \dots, n ; k = 1, 2, \dots, p$

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

Statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{SE(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))}$$

dimana  $\hat{\beta}_k(u_i, v_i)$  merupakan penaksir parameter  $\beta_k(u_i, v_i)$  dan nilai standar error  $\hat{\beta}_k(u_i, v_i)$  diperoleh dari  $SE(\hat{\beta}_k(u_i, v_i)) = \sqrt{\text{Var}(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))}$ .  $H_0$  ditolak jika  $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$

### 2.3 Pemilihan Pembobot

Di dalam Leung, dkk (2000) fungsi dari pembobot adalah untuk memberikan hasil estimasi parameter yang berbeda pada pengamatan yang berbeda. Menurut Chasco, dkk (2007) salah satu fungsi pembobot yang dapat digunakan adalah fungsi Kernel *Exponential*:

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\left(d_{ij}^2/h^2\right)\right)$$

dengan  $d_{ij}$  adalah jarak *Euclidian* antara lokasi  $(u_i, v_i)$  dan lokasi  $(u_j, v_j)$ ,  $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$ , serta  $h$  menyatakan parameter non negatif yang diketahui dan biasanya disebut sebagai parameter penghalus (*bandwidth*).

Di dalam Fotheringham, dkk (2002) salah satu metode yang bisa digunakan untuk mendapatkan *bandwidth* optimum adalah metode *Cross Validation* (CV). Menurut Rifada dan Puhadi (2011) nilai CV dapat dirumuskan sebagai berikut:  $CV(h) = \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^G (y_{\neq i, g} - \hat{\pi}_{\neq i, g}(h))^2$

dengan  $y_{\neq i, g}$  adalah variabel indikator dimana pengamatan di lokasi  $(u_i, v_i)$  dihilangkan dari proses penaksiran, sehingga  $y_{\neq i, g} = 1$  jika pengamatan di lokasi  $(u_i, v_i)$  mempunyai kategori  $g$  dan 0 untuk yang lain,  $\hat{\pi}_{\neq i, g}(h)$  adalah nilai estimasi peluang pengamatan di lokasi  $(u_i, v_i)$  memiliki kategori  $g$ . Untuk mendapatkan nilai  $h$  yang optimal maka diperoleh dari  $h$  yang menghasilkan nilai CV yang minimum.

#### 2.4 Uji Multikolinieritas

Menurut Widarjono (2013) pendeteksian adanya kasus multikolinieritas menggunakan *Variance Inflation Factors* (VIF) yang dinyatakan sebagai berikut:

$$VIF_k = \frac{1}{1 - R_k^2}$$

dengan  $R_k^2$  adalah koefisien determinasi antara  $X_k$  dengan variabel prediktor lainnya. Nilai  $VIF_k$  yang lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antar variabel prediktor.

#### 2.5 Ketepatan Klasifikasi

Menurut Puhadi, dkk (2012) untuk mendapatkan model regresi terbaik dilakukan dengan membandingkan hasil model regresi logistik ordinal dan GWOLR. Salah satu kriteria yang digunakan untuk menentukan model terbaik yaitu model yang mempunyai nilai ketepatan klasifikasi terbesar. Ketepatan klasifikasi pada penelitian ini menggunakan APER (*Apparent Error Rate*). Menurut Johnson dan Wichern (2007) dari perhitungan nilai APER maka dapat dilihat nilai errornya, sehingga untuk mencari nilai ketepatan klasifikasi dapat menggunakan  $1 - \text{APER}$ .

#### 2.6 Indeks Pembangunan Manusia

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan suatu ukuran yang digunakan untuk mengukur pencapaian pembangunan manusia di suatu wilayah. Meskipun tidak mengukur semua dimensi dari pembangunan manusia, namun IPM dinilai mampu mengukur dimensi pokok dari pembangunan manusia (BPS, 2013).

Menurut UNDP, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) mengukur capaian pembangunan manusia berbasis sejumlah komponen dasar kualitas hidup. Sebagai ukuran kualitas hidup, IPM dibangun melalui pendekatan tiga dimensi dasar. Dimensi tersebut mencakup umur panjang dan sehat, pengetahuan, dan kehidupan yang layak. Ketiga dimensi tersebut memiliki pengertian sangat luas karena terkait banyak faktor. Untuk mengukur dimensi kesehatan, digunakan angka harapan hidup waktu lahir. Selanjutnya untuk mengukur dimensi pengetahuan digunakan gabungan indikator angka melek huruf dan rata-rata lama sekolah. Adapun untuk mengukur dimensi hidup layak digunakan indikator kemampuan daya beli (*Purchasing Power Parity*). Kemampuan daya beli masyarakat terhadap sejumlah kebutuhan pokok yang dilihat dari rata-rata besarnya pengeluaran perkapita sebagai pendekatan pendapatan yang mewakili capaian pembangunan untuk hidup layak (BPS, 2013).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Jawa Timur yaitu data Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) Jawa Timur tahun 2013. Dalam penelitian ini juga memperlihatkan letak astronomis dari masing-masing titik pengamatan yaitu letak koordinat lintang selatan (*Latitude*) dan bujur timur (*Longitude*) sebagai faktor pembobot geografis tiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Pada penelitian ini yang dijadikan unit observasi adalah 38 kabupaten/ kota di Provinsi Jawa Timur. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variabel respon atau dependen dan variabel prediktor atau independen serta letak bujur timur ( $u_i$ ) dan letak lintang selatan ( $v_i$ ) tiap kabupaten/ kota di Jawa Timur. Secara ringkas variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian dapat disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Variabel Penelitian yang Digunakan

No	Nama Variabel	Keterangan
1.	Indeks Pembangunan Manusia (Y)	Y = 3 (IPM > 75,0) Y = 2 (70,0 – 75,0) Y = 1 (IPM < 70,0)
2.	Angka Partisipasi Sekolah (SMP/ MTS) ( $X_1$ )	Satuan persen (%)
3.	Presentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat ( $X_2$ )	Satuan persen (%)
4.	Persentase rumah tangga dengan akses air bersih ( $X_3$ )	Satuan persen (%)
5.	Banyaknya sarana kesehatan ( $X_4$ )	
6.	Kepadatan Penduduk ( $X_5$ )	Penduduk/km <sup>2</sup>
7.	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) ( $X_6$ )	Satuan persen (%)

Tahapan-tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan statistika deskriptif sebagai gambaran untuk mendeskripsikan data IPM kabupaten/ kota di Jawa Timur tahun 2013 dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya.
- Memeriksa multikolinieritas antara variabel-variabel prediktor dengan menggunakan nilai VIF.
- Mendapatkan model regresi logistik ordinal dengan melakukan uji parameter secara keseluruhan, individu dan kesesuaian model.
- Menyusun model *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR) dengan langkah berikut :
  - Menentukan  $u_i$  dan  $v_i$ , berdasarkan garis Bujur Timur dan garis Lintang Selatan untuk setiap kantor pemerintahan (kantor Bupati/ Walikota) masing-masing kabupaten/ kota di Provinsi Jawa Timur.
  - Menghitung jarak *Euclidian* antara lokasi  $i$  yang terletak pada koordinat  $(u_i, v_i)$  terhadap lokasi  $a$  yang terletak pada koordinat  $(u_a, v_a)$ .
  - Menentukan *bandwith* optimum menggunakan metode *Cross Validation* (CV).
  - Menghitung matriks pembobot  $w_j(u_i, v_i)$  dengan memasukkan jarak *Euclidian* dan nilai *bandwidth* optimum dimana  $j=1,2,\dots,38$ , sehingga setiap lokasi ke- $i$  akan mempunyai pembobot sejumlah 38 buah.
  - Mendapatkan penaksiran parameter model GWOLR.
  - Melakukan pengujian kesamaan model regresi logistik ordinal dan GWOLR.
  - Melakukan pengujian parameter model GWOLR secara keseluruhan dan individu.
- Mendapatkan model regresi terbaik untuk pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur tahun 2013 dengan membandingkan model regresi logistik ordinal dan GWOLR. Model terbaik adalah model yang mempunyai ketepatan klasifikasi terbesar.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Uji Multikolinieritas

Berdasarkan uji multikolinieritas didapatkan hasil bahwa nilai VIF tiap variabel prediktor kurang dari 10 sehingga dapat dikatakan bahwa antar variabel prediktor tidak saling berkorelasi

atau tidak adanya multikolinieritas antar variabel prediktor. Jadi, keenam variabel prediktor tersebut dapat digunakan dalam pemodelan regresi logistik ordinal maupun GWOLR.

#### 4.2 Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia dengan Regresi Logistik Ordinal

Pengujian parameter model regresi logistik ordinal dilakukan secara keseluruhan dan individu. Pengujian parameter model regresi logistik secara keseluruhan yaitu sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0, k = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ dan } 6$$

Didapatkan nilai  $G^2$  sebesar 51,350. Nilai  $G^2$  jika dibandingkan dengan nilai  $\chi^2_{(0,05;6)}$  sebesar 12,592 maka nilai statistik  $G^2$  lebih besar daripada nilai  $\chi^2_{(0,05;6)}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia tiap kabupaten/ kota di Jawa Timur.

Setelah dilakukan pengujian parameter model regresi logistik ordinal secara keseluruhan, maka dilakukan pengujian parameter model regresi logistik ordinal secara individu dengan hipotesis yaitu sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0, k = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ dan } 6$$

Jika digunakan taraf signifikansi sebesar 5 % maka didapatkan nilai  $Z_{\alpha/2}$  sebesar 1,96. Nilai statistik uji masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian Parameter Model Regresi Logistik Ordinal

Variabel	Koefisien	SE Koefisien	Wald	P-value
Const(1)	25,2838	22,0184	1,15	0,2508
Const(2)	31,1657	22,5691	1,38	0,1673
X <sub>1</sub>	-0,3029	0,1659	-1,83	0,0679
X <sub>2</sub>	-0,6825	0,2444	-2,79	0,0052
X <sub>3</sub>	-0,0008	0,1027	-0,01	0,9939
X <sub>4</sub>	0,0291	0,0147	1,99	0,0468
X <sub>5</sub>	-0,0010	0,0004	-2,46	0,0140
X <sub>6</sub>	0,1617	0,1928	0,84	0,4017

Berdasarkan Tabel 2, maka parameter yang berpengaruh signifikan terhadap model yang memiliki nilai  $|W_k|$  lebih besar  $Z_{0,025} = 1,96$  atau  $p$ -value kurang dari 0,05 yaitu  $\beta_2, \beta_4, \beta_5$ . Sehingga variabel prediktor yang berpengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia tiap kabupaten/ kota di Jawa Timur adalah persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat, banyaknya sarana kesehatan dan kepadatan penduduk.

Selanjutnya dilakukan uji *Goodness of Fit* (uji kesesuaian model) dengan hipotesis yaitu:

$$H_0 : \text{Model Sesuai}$$

$$H_1 : \text{Model Tidak Sesuai}$$

Didapatkan nilai  $D$  sebesar 30,8759. Nilai  $D$  jika dibandingkan dengan nilai  $\chi^2_{(0,05;68)}$  sebesar 88,25 maka nilai statistik  $D$  lebih kecil daripada nilai  $\chi^2_{(0,05;68)}$ . Jadi, dapat disimpulkan bahwa model sesuai sehingga tidak ada perbedaan antara hasil observasi dengan hasil prediksi.

Jadi diperoleh model akhir regresi logistik ordinal untuk Indeks Pembangunan Manusia tiap kabupaten/ kota di Jawa Timur tahun 2013 adalah sebagai berikut:

$$\text{logit} [P(Y_i \leq 1 | \mathbf{x}_i)] = 25,2838 - 0,3029X_{1i} - 0,6825X_{2i} - 0,0008X_{3i} + 0,0291X_{4i} - 0,0010X_{5i} + 0,1617X_{6i}$$

$$\text{logit} [P(Y_i \leq 2 | \mathbf{x}_i)] = 31,1657 - 0,3029X_{1i} - 0,6825X_{2i} - 0,0008X_{3i} + 0,0291X_{4i} - 0,0010X_{5i} + 0,1617X_{6i}$$

Berdasarkan model tersebut, variabel yang berpengaruh secara nyata pada model regresi logistik ordinal adalah variabel X<sub>2</sub>, X<sub>4</sub> dan X<sub>5</sub>. Variabel prediktor yang paling berpengaruh nyata adalah persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat karena mempunyai  $p$ -value yang paling

kecil. Sedangkan variabel prediktor yang berpengaruh nyata paling kecil yaitu banyaknya sarana kesehatan karena mempunyai  $p$ -value yang paling besar.

### 4.3 Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia dengan GWOLR

Langkah awal yang digunakan untuk memodelkan Indeks Pembangunan Manusia tiap kabupaten/ kota di Jawa Timur yaitu dengan menentukan letak geografis berdasarkan garis lintang selatan dan bujur timur kantor kabupaten untuk tiap kabupaten/ kota di Jawa Timur. Setelah itu menghitung jarak *Euclidian* antara lokasi ke- $i$  terhadap lokasi ke- $j$ . Selanjutnya menentukan *bandwidth* optimum dengan menggunakan metode *Cross Validation* (CV). Dengan *bandwidth* optimum sebesar 1,901 diperoleh matriks pembobot fungsi kernel *exponential* dengan memasukkan jarak *Euclidian* dan *bandwidth* optimum ke dalam fungsi pembobot kernel *exponential*. Pembobot yang sudah didapatkan pada masing-masing lokasi penelitian kemudian digunakan untuk menaksir parameter GWOLR pada tiap kabupaten/ kota di Jawa Timur menggunakan iterasi *Newton Raphson*. Setelah estimasi model GWOLR didapatkan, maka dilakukan pengujian kesamaan model GWOLR dengan model Regresi Logistik Ordinal, pengujian parameter secara keseluruhan dan juga individu.

Hipotesis yang digunakan untuk pengujian kesamaan model antara model GWOLR dengan model Regresi Logistik Ordinal yaitu sebagai berikut:

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k \quad ; i = 1, 2, \dots, 38 \ ; k = 1, 2, \dots, 6$  (tidak ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$  (ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal)

Statistik uji yang digunakan adalah statistik uji F dan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Uji Kesamaan Model GWOLR dengan Model Regresi Logistik Ordinal

Model	Devians	Df	Devians/df	F Hitung
Regresi Logistik Ordinal	30,876	68	0,4541	3,448
GWOLR	27,114	205,894	0,1317	

Didapatkan nilai F Hitung pada pengujian kesamaan model GWOLR dengan model Regresi Logistik Ordinal sebesar 3,448. Jika dibandingkan dengan nilai  $F_{(0,05;68;205,894)}$  sebesar 1,366 maka didapatkan nilai F hitung lebih besar dari  $F_{(0,05;68;205,894)}$ . Jadi dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model Regresi Logistik Ordinal. Hal ini menunjukkan bahwa pemodelan Indeks Pembangunan Manusia kabupaten/ kota di Jawa Timur tahun 2013 antara hasil model GWOLR dan model Regresi Logistik Ordinal berbeda signifikan.

Pengujian secara serentak parameter model GWOLR dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_6(u_i, v_i) = 0$

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

Didapatkan nilai statistik  $G^2$  sebesar 55,361 dibandingkan dengan nilai  $\chi^2_{(0,05;9,507)}$  sebesar 16,92 maka nilai statistik  $G^2$  lebih besar daripada nilai  $\chi^2_{(0,05;9,507)}$ . Jadi dapat disimpulkan bahwa minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia kabupaten/ kota di Jawa Timur.

Pengujian parameter model GWOLR secara parsial menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0 \quad ; i = 1, 2, \dots, 38 \ ; k = 1, 2, \dots, 6$

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

Masing-masing kabupaten/ kota di Jawa Timur mempunyai model yang berbeda-beda, sehingga variabel yang signifikan juga berbeda. Misalkan akan menguji parameter  $\beta_k$  berpengaruh

signifikan pada lokasi ketujuh ( $u_7, v_7$ ) yaitu kabupaten Malang, maka dapat dilihat nilai Z hitung pada masing-masing parameter yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Pengujian Parameter Model GWOLR di Kabupaten Malang

Parameter	Estimasi	Standard Error	Z Hitung
$a_1(u_7, v_7)$	22,1272	24,4548	0,9048
$a_2(u_7, v_7)$	27,7462	25,0149	1,1092
$\beta_1(u_7, v_7)$	-0,2797	0,1728	-1,6185
$\beta_2(u_7, v_7)$	-0,6642	0,2675	-2,4833
$\beta_3(u_7, v_7)$	-0,0064	0,1158	-0,0551
$\beta_4(u_7, v_7)$	0,0316	0,0159	1,9936
$\beta_5(u_7, v_7)$	-0,0009	0,0004	-2,3352
$\beta_6(u_7, v_7)$	0,1766	0,2141	0,8245

Berdasarkan Tabel 4, maka parameter yang berpengaruh signifikan terhadap model yang memiliki nilai  $|W_k|$  lebih besar  $Z_{0,025} = 1,96$  atau  $p$ -value kurang dari 0,05 yaitu  $\beta_2, \beta_4, \beta_5$ . Sehingga variabel prediktor yang berpengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Malang adalah persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat, jumlah sarana kesehatan dan kepadatan penduduk. Sehingga pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Malang adalah sebagai berikut:

$$\text{logit}[P(Y \leq 1 | \mathbf{x})] = 22,1272 - 0,2797X_1 - 0,6642X_2 - 0,0064X_3 + 0,0316X_4 - 0,0009X_5 + 0,1766X_6$$

$$\text{logit}[P(Y \leq 2 | \mathbf{x})] = 27,7462 - 0,2797X_1 - 0,6642X_2 - 0,0064X_3 + 0,0316X_4 - 0,0009X_5 + 0,1766X_6$$

Berdasarkan model tersebut, variabel yang berpengaruh secara nyata pada model GWOLR di Kabupaten Malang adalah variabel  $X_2, X_4$  dan  $X_5$ . Variabel prediktor yang paling berpengaruh nyata adalah persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat karena mempunyai  $p$ -value yang paling kecil. Sedangkan variabel prediktor yang berpengaruh nyata paling kecil yaitu banyaknya sarana kesehatan karena mempunyai  $p$ -value yang paling besar.

Selanjutnya dapat dilakukan pengelompokan kabupaten dan kota berdasarkan variabel-variabel yang signifikan dalam model GWOLR dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Pengelompokan Kabupaten/ Kota Berdasarkan variabel yang Signifikan pada Model GWOLR dengan Pembobot Fungsi Kernel *Exponential*

Kabupaten/ Kota	Variabel yang Signifikan
Pacitan dan Banyuwangi	Tidak ada variabel yang signifikan
Lumajang, Jember, Bondowoso, Situbondo, Pamekasan, Sumenep	Persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat
Probolinggo, Pasuruan, Tuban, Bangkalan, Sampang, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Surabaya	1. Persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat 2. Kepadatan penduduk
Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Lamongan, Gresik, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Madiun, Kota Batu	1. Persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat 2. Jumlah sarana kesehatan 3. Kepadatan penduduk

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa variabel yang berpengaruh secara signifikan dengan menggunakan model GWOLR pembobot kernel *exponential* pada umumnya adalah persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat ( $X_2$ ), banyaknya sarana kesehatan ( $X_4$ ) dan kepadatan penduduk ( $X_5$ ). Namun ada dua kabupaten yang tidak mempunyai variabel yang signifikan atau dengan kata lain tidak ada variabel yang berpengaruh secara nyata terhadap Indeks Pembangunan Manusia di daerah tersebut yaitu kabupaten Pacitan dan Banyuwangi.

#### 4.4 Perbandingan Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia dengan Regresi Logistik Ordinal dan GWOLR

Perbandingan pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur menggunakan regresi logistik ordinal maupun GWOLR dilakukan dengan membandingkan ketepatan

klasifikasinya. Hasil ketepatan klasifikasi untuk masing-masing model dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Perbandingan Ketepatan Klasifikasi

Model	Ketepatan Klasifikasi
Regresi Logistik Ordinal	81,58%
GWOLR	86,84%

Tabel 6 menunjukkan bahwa pemodelan Indeks Pembangunan Manusia menggunakan model GWOLR menghasilkan nilai ketepatan klasifikasi yang lebih besar dibandingkan dengan model regresi logistik ordinal. Hal ini menunjukkan bahwa model GWOLR lebih tepat digunakan pada pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur tahun 2013 dibandingkan dengan model regresi logistik ordinal.

## 5. KESIMPULAN

Pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia kabupaten/kota di Jawa Timur tahun 2013 menggunakan GWOLR dengan pembobot kernel *exponential* lebih baik dibandingkan dengan regresi logistik ordinal berdasarkan nilai ketepatan klasifikasinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan model GWOLR pada umumnya adalah persentase penduduk yang tamat SMP/ sederajat, banyaknya sarana kesehatan dan kepadatan penduduk. Namun ada dua kabupaten yang tidak mempunyai variabel yang signifikan atau dengan kata lain tidak ada variabel yang berpengaruh secara nyata terhadap Indeks Pembangunan Manusia di daerah tersebut yaitu kabupaten Pacitan dan Banyuwangi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. 2002. *Categorical Data Analysis, Second Edition*. USA: John Wiley and Sons, New York.
- Anggarini, R. dan Purhadi. 2012. Pemodelan Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Prevalensi Balita Kurang Gizi di Provinsi Jawa Timur dengan Pendekatan Geographically Weighted Logistic Regression (GWLR), *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, Vol. 1, 1, 159-164.
- Badan Pusat Statistik. 2011. Indeks Pembangunan Manusia 2009-2010. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Indeks Pembangunan Manusia 2012. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik. 2014. Indeks Pembangunan Manusia 2013. Jakarta: BPS.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A.S., dan Charlton, M. (1996). "Geographically Weighted Regression: a method for exploring spatial nonstationarity", *Geographical Analysis*, 28, 281-298.
- 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.
- 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.
- Dewi, S.R. 2014. Pemodelan Metode Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression dengan Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian Kernel, Adaptive Bisquare Kernel, dan Adaptive Tricube Kernel, *Jurnal Mahasiswa Statistik*, Vol. 2, 6, 429- 432.
- Fotheringham, A.S., Brunsdon, C., dan Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Hosmer dan Lemeshow. 2000. *Applied Logistic Regression*. USA: John Wiley and Sons, New York.
- Johnson, R. A. dan Wichern, D. W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Sixth edition. New Jersey: Prentice Hall.

- Lailiyah, N. dan Purhadi. 2012. Pemodelan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Buta Huruf Kabupaten/ Kota di Jawa Timur dengan Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression, *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, Vol. 1, 1, 213-218.
- Imaslihkah, S., Ratna, M., dan Ratnasari, V. 2013. Analisis Regresi Logistik Ordinal terhadap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Predikat Kelulusan Mahasiswa S1 di ITS Surabaya, *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, Vol. 2, 2, 177-182.
- Leung, Y., Mei, C. L., dan Zhang, W. X. 2000. "Statistical Tests for Spatial Nonstationarity Based on the Geographically Weighted Regression Model", *Environment and Planning A*, Vol. 32, Pages 9-32.
- Purhadi, Rifada, M., dan Wulandari, S. P. 2012. "Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression Model", *International Journal of Mathematics and Computation*, Vol. 16, Issue 3.
- Putranto, R. T. dan Mashuri, M. 2012. Analisis Statistik Tentang Faktor-faktor yang Mempengaruhi Waktu Tunggu Kerja Fresh Graduate di Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan Metode Regresi Logistik Ordinal, *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, Vol. 1, 1, 324-328.
- Rifada, M. dan Purhadi. 2011. Pemodelan Tingkat Kerawanan Demam Berdarah Dengue di Kabupaten Lamongan dengan Pendekatan Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression, *Prosiding Seminar Nasional Statistika Universitas Diponegoro 2011*, Semarang, hal. 114-126.
- Widarjono, A. 2013. *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
- Zakariyah dan Zain, I. 2015. Analisis Regresi Logistik Ordinal pada Prestasi Belajar Lulusan Mahasiswa di ITS Berbasis SKEM, *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, Vol. 4, 1, 121-126.