

Analisis IPM di Kalimantan Timur Tahun 2021 Dengan Pendekatan Metode OLS dan GWR

Yanuar Bhakti Wira Tama^{1*}, Dwiki Jaya Ardila², Syalam Ali Wira Dinata
Simatupang³, Retno Wahyu Dewanti⁴

^{1,4}Matematika, Institut Teknologi Kalimantan
^{2,3}Statistika, Institut Teknologi Kalimantan
E-mail: yanuar.bhakti@lecturer.itk.ac.id*

Diajukan 31 Oktober 2023 *Diperbaiki* 12 Desember 2023 *Diterima* 15 Desember 2023

Abstrak

Latar Belakang: Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu provinsi yang memiliki potensi ekonomi yang signifikan di Indonesia. Namun, untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat, perlu dilakukan analisis yang mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia atau IPM di wilayah ini.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis regresi spasial pada IPM di Kalimantan Timur tahun 2021.

Metode: Metodologi penelitian mencakup sumber data yang digunakan dan variabel penelitian yang terdiri dari variabel dependen (IPM) dan variabel independen yang meliputi harapan lama sekolah, umur harapan hidup, rata-rata lama sekolah, rasio ketergantungan, tingkat pengangguran terbuka, dan tingkat partisipasi angkatan kerja. Kemudian akan dibandingkan dengan dua metode yaitu metode *Ordinary Least Square (OLS)* dan *Geographically weighted regression (GWR)*.

Hasil: Model GWR Indeks Pembangunan Manusia di Kalimantan Timur lebih baik dibandingkan model OLS. R square yang didapatkan dengan pemodelan GWR lebih kecil yaitu sebesar 0.984551, Sedangkan Model OLS didapatkan nilai sebesar 0.985.

Kesimpulan: Setiap wilayah di Kalimantan Timur memiliki karakteristik yang berbeda-beda atau memiliki unsur spasial. Nilai IPM tertinggi adalah Kota Samarinda, sedangkan terendah adalah Kabupaten Mahakam Ulu.

Kata kunci: GWR, IPM, Regresi Spasial, OLS.

Abstract

Background: East Kalimantan Province is one of the provinces that has significant economic potential in Indonesia. However, to achieve sustainable development and improve community welfare, it is necessary to carry out an in-depth analysis of the factors that influence the Human Development Index or HDI in this region.

Objective: This research aims to analyze multiple regression on HDI in East Kalimantan in 2021.

Methods: The research methodology includes the data sources used and research variables consisting of the dependent variable (HDI) and independent variables which include expected length of schooling, life expectancy, average length of schooling, dependency ratio, open unemployment rate, and labor force participation rate. Then it will be compared with two methods, namely the Ordinary Least Square (OLS) method and Geographically weighted regression (GWR.)

Results: The GWR model for the Human Development Index in East Kalimantan is better than the OLS model. The R square obtained by GWR modeling is smaller, namely 0.984551, while the OLS model obtained a value of 0.985.

Conclusion: Each region in East Kalimantan has different characteristics or spatial elements. The highest HDI value is Samarinda City, while the lowest is Mahakam Ulu Regency.

Keywords : GWR, HDI, Spatial Regression, OLS

PENDAHULUAN

Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu provinsi yang memiliki potensi ekonomi yang signifikan di Indonesia. Namun, untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat, perlu dilakukan analisis yang mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi IPM di wilayah ini. IPM merupakan salah satu tolak ukur pembangunan pada kualitas sumber daya manusia (Hasibuan et al., 2020). Pembangunan manusia di Indonesia adalah bertujuan untuk menekan kemiskinan. Bagi penduduk miskin pendidikan bukan menjadi aset utama karena mereka bekerja menggunakan tenaga, namun berbeda jika fasilitas pendidikan dan kesehatan itu murah sehingga akan sangat membantu meningkatkan produktifitas dan pendapatan (Heriansyah et al., 2018). Selama periode tahun 1996-2013, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat angka Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Indonesia telah meningkat 5,12 poin dari 68,69 menjadi 73,81. Hal ini sangat konsisten dengan peningkatan komponen pembentuknya (*REPUBLIK INDONESIA INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA 2013 BADAN PUSAT STATISTIK*, 2013). Pada periode 2015-2018, IPM Nasional tumbuh berturut-turut sebesar 0.93%, 0.91%, 0.90%, dan 0.82% (Ningrum et al., 2020).

Dari penelitian-penelitian IPM yang sudah dilakukan, salah satunya adalah Penerapan Metode Naive Bayes Classifier Untuk Klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia Di Provinsi Jawa Timur (Arifat et al., 2023) dan Analisis Indeks Pembangunan Manusia menggunakan analisis OLS dan GWR di Sumatera Utara (Nurhalizah & Sitompul, 2022), dan Permodelan Indeks Pembangunan Manusia di Papua

Indonesia menggunakan metode *geographically weighted ridge regression* (Saputro et al., 2021).

Analisis regresi berganda digunakan dalam tulisan ini untuk menentukan hubungan antara variabel-variabel independen, seperti tingkat pendidikan, tingkat pengangguran, pengeluaran kesehatan, dan lainnya, dengan variabel dependen yaitu IPM di Kalimantan Timur. Dengan menggunakan metode ini, dapat diidentifikasi faktor-faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan IPM.

Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berguna bagi pemerintah, lembaga pembangunan, dan masyarakat umum dalam merumuskan kebijakan dan program-program yang dapat meningkatkan IPM di Kalimantan Timur. Selain itu, laporan ini juga dapat menjadi referensi bagi peneliti dan akademisi yang tertarik dalam bidang pembangunan manusia dan ekonomi regional.

Dalam tulisan ini, akan diuraikan metode analisis yang digunakan, data yang dikumpulkan, hasil yang diperoleh, dan interpretasi dari hasil tersebut. Selanjutnya, rekomendasi kebijakan yang didasarkan pada temuan analisis juga akan dibahas untuk memberikan sumbangan dalam upaya meningkatkan pembangunan manusia di Kalimantan Timur.

Dalam tulisan ini akan digunakan dua buah metode yaitu *Ordinary Least Square* (OLS) dan *Geographically weighted regression* (GWR). Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya beberapa penelitian telah menggunakan kedua metode tersebut seperti hasil pembangunan sosial mempengaruhi harapan hidup di negara China dengan menggunakan metode GWR (Jiang et al., 2018), Menganalisis dampak kualitas urbanisasi terhadap emisi CO₂ di China dengan menggunakan GWR (Wang et al., 2019). Selain itu metode GWR dapat juga digunakan untuk terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi angka putus sekolah menengah kejuruan di Provinsi Sumatera

Utara (Dur et al., 2023). Sedangkan untuk penggunaan OLS beberapa penelitian yang menggunakan spasial adalah pengelompokan spasial fenomena kasus COVID-19 di Selangor (Mohammad et al., 2023), serta juga bisa dilihat pada Analisis spasial mengenai periode prevalensi COVID-19 di wilayah AS hingga 28 Juni 2020 (Sun et al., 2020), dan Analisis spasial kejadian COVID-19 dan konteks sosiodemografi di Brasil (Raymundo et al., 2021).

GWR adalah metode yang digunakan untuk mengolah data yang bersifat spasial. GWR merupakan perkembangan dari analisis regresi linier berganda dengan memberikan pembobot yang berbeda untuk setiap lokasi pengamatan (Daulay & Simamora, 2023). Model GWR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^m \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Dengan :

y_i : Titik koordinat (*longitude, latitude*) lokasi ke-i

$\beta_k(u_i, v_i)$: Koefisien regresi, $k = 1, \dots, p$ pada koordinat titik (u_i, v_i).

x_{ik} : Nilai observasi prediktor k pengamatan ke-i

ε_i : Error pada lokasi ke-i

Pembobot spasial digunakan untuk menggambarkan hubungan spasial antara data satu dengan yang lainnya. Pembobot ini memberikan nilai yang tinggi untuk wilayah yang berdekatan dengan wilayah yang sedang diteliti, sementara nilai pembobot yang rendah diberikan untuk wilayah yang jauh. Fungsi kernel merupakan metode yang digunakan untuk menentukan besarnya pembobot untuk setiap lokasi yang berbeda dalam model Regresi Geografis Terbobot (*Geographically Weighted Regression/GWR*)

Permasalahan yang diangkat yaitu menganalisa IPM di Kalimantan Timur Tahun 2021 dengan menggunakan

metode GWR dan OLS. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pemahaman dan pengembangan pembangunan manusia di Kalimantan Timur serta mendorong perbaikan kondisi sosial-ekonomi masyarakat setempat.

METODE

Desain Penelitian

Digunakan dua buah metode yaitu metode OLS dan GWR lalu akan dibandingkan kedua hasil tersebut.

Populasi dan Sampel

Dalam penelitian ini, digunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kalimantan Timur pada tahun 2021. Data tersebut menjadi sumber informasi untuk melakukan analisis dalam penelitian ini. Selain itu, dalam penelitian ini juga dilibatkan letak titik lintang dan titik bujur sebagai faktor pembobot geografis.

Unit penelitian yang menjadi fokus adalah 6 kabupaten dan 3 kota yang terdapat di wilayah Kalimantan Timur. Data yang dikumpulkan dari BPS akan digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel yang diteliti dengan mempertimbangkan faktor geografis dan lokasi spesifik dari setiap unit penelitian tersebut.

Teknik Sampling

Dalam penelitian ini akan digunakan teknik *purposive sampling* dengan pengambilan data berasal dari Website resmi BPS.

Subjek Penelitian

Akan dilihat *Latitude* dan *Longitude* untuk setiap kabupaten/kota pada Provinsi Kalimantan Timur berdasarkan data dari BPS ditunjukkan pada Tabel 1.

Penerapan Analisis IPM di Kalimantan Timur Tahun 2021 Dengan Pendekatan ...

Tabel 1. Data Latitude dan Longitude kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Timur.

Kabupaten/Kota	Latitude	Longitude
Paser	-1.7949	116.1673
Kutai Barat	-0.5988	115.9947
Kutai Kartanegara	-0.2335	116.9989
Kutai Timur	-1.5828	116.6539
Berau	2.7181	117.0712
Penajam Paser Utara	-1.6686	116.5303
Mahakam Ulu	-0.5714	115.7098
Balikpapan	-1.2654	116.8312
Samarinda	-0.5027	117.5134
Bontang	0.1427	117.4832

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel dependen yaitu IPM Kalimantan Timur pada tahun 2021.
2. Harapan Lama Sekolah (HLS) (Tahun) Kalimantan Timur di Tahun 2021 sebagai X_1
3. Umur Harapan Hidup (UHH) (Tahun) Kalimantan Timur di Tahun 2021 sebagai X_2
4. Rata-Rata Lama Sekolah (RLS) (Tahun) Kalimantan Timur di Tahun 2021 sebagai X_3
5. Rasio Ketergantungan Menurut Kabupaten/Kota (Jiwa) Kalimantan Timur di Tahun 2021 sebagai X_4
6. Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) Menurut Kabupaten/Kota (Persen) Kalimantan Timur di Tahun 2021 sebagai X_5
7. Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) Menurut Kabupaten/Kota (Persen) Kalimantan Timur di Tahun 2021 sebagai X_6

Pada Tabel 2 diberikan data dan variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2 Data Variabel Penelitian.

Kabupaten/Kota	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Paser	72.93	13.25	72.88	8.79	40.92	5.7	65.34
Kutai Barat	72.07	13.02	73.1	8.7	44.61	5.14	72.53
Kutai Kartanegara	74.06	13.6	72.64	9.23	44.57	5.66	64.46
Kutai Timur	73.81	12.9	73.46	9.43	41.81	5.35	67.97
Berau	75.2	13.33	72.32	9.53	46.11	5.82	65.55
Penajam Paser Utara	72.01	12.57	71.68	8.36	45.51	2.95	66.85
Mahakam Ulu	67.95	12.61	72.33	8.18	48.45	3.14	74.83
Balikpapan	80.71	14.22	74.76	10.91	38.12	8.94	64.29
Samarinda	80.76	15.09	74.54	10.49	38.62	8.16	64.29
Bontang	80.59	13.17	74.55	10.8	39.78	9.92	66.63

Teknik Analisis Data

Langkah analisis yang akan dilakukan dalam mencapai tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mendeskripsikan data dengan menggunakan peta tematik untuk memberikan gambaran tentang IPM yang Melapor di Provinsi Kalimantan Timur beserta faktor-faktor yang diduga memiliki pengaruh terhadapnya.
- 2) Melakukan identifikasi pola hubungan antara variabel prediktor dan variabel IPM yang Melapor dapat dilakukan dengan menggunakan scatterplot.
- 3) Menguji multikolinieritas pada setiap variabel prediktor dalam penelitian ini, dengan menggunakan nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) untuk mengidentifikasi kasus multikolinieritas.
- 4) Mendapatkan model regresi linier berganda IPM yang Melapor di Provinsi Kalimantan Timur dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 1. Melakukan estimasi parameter untuk

- memodelkan variabel respon dan variabel prediktor dengan menggunakan metode OLS.
2. Melakukan uji signifikansi parameter regresi linier berganda secara serentak dan secara parsial.
 3. Melakukan pengujian terhadap residual yang didapat dari model regresi linier berganda, diantaranya adalah pengujian asumsi residual identik, residual independen, dan residual berdistribusi normal.
- 5) Memeriksa dependensi aspek spasial dengan menggunakan statistik uji Morans'I dan pengujian heterogenitas spasial dengan menggunakan statistik uji Breusch-Pagan.
- 6) Menganalisis model GWR dengan langkah-langkah analisis sebagai berikut:
1. Menentukan u_i dan v_i berdasarkan *longitude* dan *latitude* untuk setiap kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan
 2. Menghitung jarak eucliden antar lokasi i terhadap lokasi j yang terletak pada koordinat (u_i, v_i) . Perhitungan dilakukan untuk seluruh lokasi pengamatan $i = 1, \dots, 38$.
 3. Matriks pembobot dibentuk dengan menggunakan fungsi kernel dengan menggunakan fungsi *Gaussian*, fungsi *Bisquare*, dan fungsi *Tricube* baik *Fix* dan *Adaptive*.
 4. Nilai *AIC* (*Akaike Information Criterion*) dari masing-masing pembobot fungsi kernel digunakan untuk menentukan fungsi kernel yang akan digunakan dalam pemodelan dengan menggunakan kriteria nilai *AIC* yang paling minimum.
 5. Mendapatkan matriks pembobot pada masing-masing lokasi.
 6. Mendapatkan estimasi parameter untuk model GWR di setiap lokasi.

7. Melakukan pengujian parameter model GWR secara serentak dan individu.
8. Mendapatkan model regresi terbaik untuk persentase kriminalitas di Provinsi Kalimantan Timur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyebaran kejahatan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu tinggi, sedang, rendah. Rata-rata IPM di Kalimantan Timur adalah sebesar 75,01.

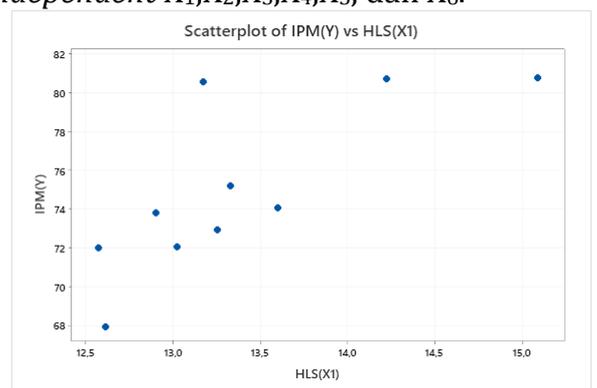
Sedangkan hasil statistika deskriptif sebagai berikut:

Tabel 3 Data Variabel Penelitian.

Variabel	Sum	Mean	Median	Stdev
Y	750.09	75.01	73.94	4.36
X1	133.76	13.376	13.21	0.771
X2	732.26	73.226	72.99	1.074
X3	94.42	9.442	9.33	0.994
X4	428.5	42.85	43.19	3.49
X5	60.78	6.078	5.68	2.297
X6	672.74	67.27	66.09	3.62

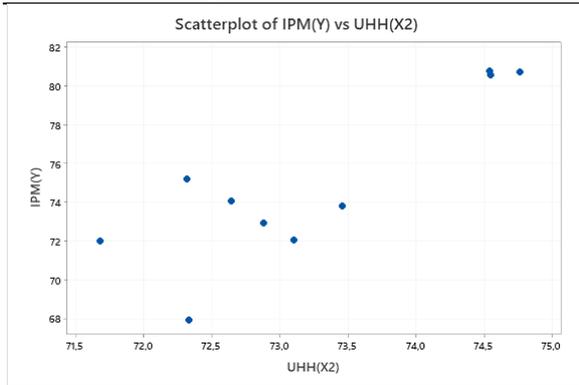
Berdasarkan Tabel 3 tersaji hasil statistik deskriptif untuk beberapa variabel yang diamati dengan masing-masing banyak data adalah 10.

Akan diperoleh *scatter plot* untuk data *dependent* Y dengan setiap variabel *independent* X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , dan X_6 .



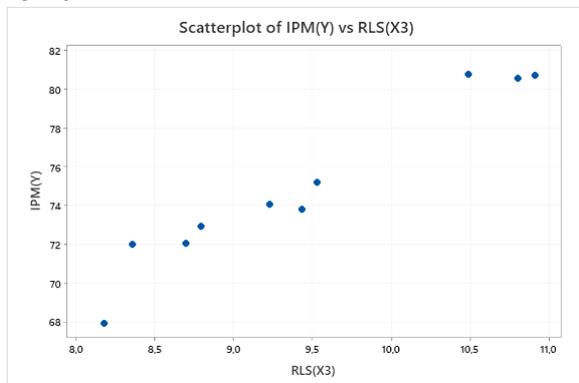
Gambar 1. Scatterplot Variabel Y Terhadap X_1

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa scatterplot di atas menunjukkan hubungan antar variabel secara positif dengan derajat korelasi lemah.



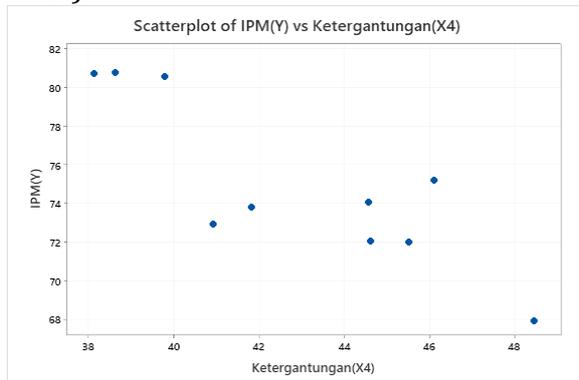
Gambar 2. Scatterplot Variabel Y Terhadap X₂

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa scatterplot di atas menunjukkan hubungan antar variabel secara positif dengan derajat korelasi lemah.



Gambar 3. Scatterplot Variabel Y Terhadap X₃

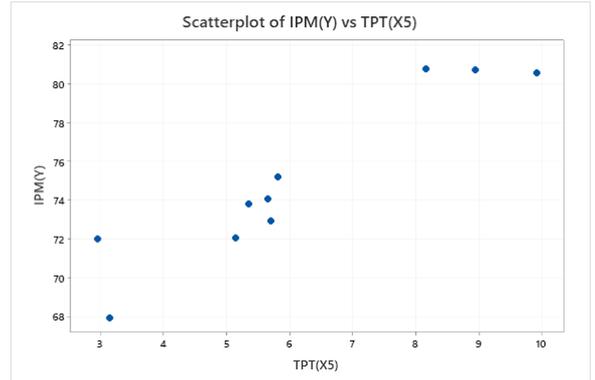
Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa scatterplot di atas menunjukkan hubungan antar variabel secara positif dengan derajat korelasi kuat (cukup kuat).



Gambar 4. Scatterplot Variabel Y Terhadap X₄

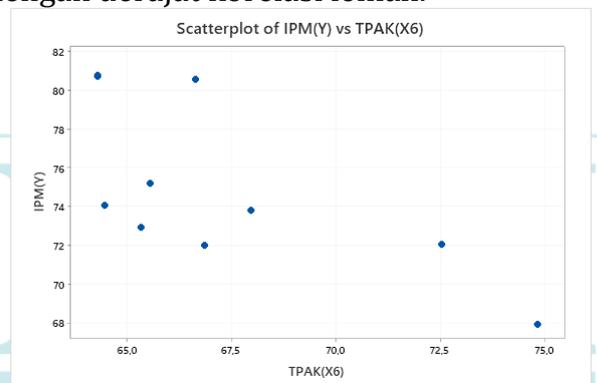
Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa scatterplot di atas menunjukkan hubungan antar variabel secara negatif dengan derajat korelasi

lemah.



Gambar 5. Scatterplot Variabel Y Terhadap X₅

Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa scatterplot di atas menunjukkan hubungan antar variabel secara positif dengan derajat korelasi lemah.



Gambar 6. Scatterplot Variabel Y Terhadap X₆

Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa scatterplot di atas menunjukkan hubungan antar variabel secara negatif dengan derajat korelasi tidak ada.

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan SPSS diperoleh fungsi regresi sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 391.58837 + 1.55551X_1 - 5.30112 X_2 + 5.68716 X_3 - 1.02604 X_4 + 0.51202X_5 + 0.56410 X_6 \quad (2)$$

Diketahui bahwa persamaan (2) tersebut terdiri dari variabel Y dan faktor-faktor berpengaruh terhadap IPM Kalimantan Timur. Koefisien regresi untuk variabel X₁ sebesar 1.55551 menandakan bahwa setiap Harapan Lama Sekolah (HLS) atau X₁ dengan asumsi variabel lain adalah tetap akan meningkatkan IPM di Kalimantan Timur sebesar 1.55551 koefisien regresi untuk variabel tingkat Rata-Rata Lama

Sekolah (RLS) atau X_3 sebesar 5.68716 menyatakan bahwa setiap kenaikan 5.68716 tingkat rata-rata lama sekolah dengan asumsi variabel lain adalah tetap akan meningkatkan IPM di Kalimantan Timur.

Berdasarkan model yang diperoleh, model tersebut menghasilkan nilai R-square sebesar 98.5% dengan nilai MSE sebesar 391.588. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil R-square dan MSE (Mean Square Error) pada Tabel 4

Tabel 4 Hasil Analisis Uji Parsial Model Regresi OLS.

R	R-Square	MSE (Mean Square Error)
0.992	0.985	0.880

R-square dapat juga dikatakan sebagai koefisien determinasi yang menjelaskan seberapa jauh data dependen dapat dijelaskan oleh data independent. Nilai R-square yang di dapat mendekati 100%, artinya koefisien determinasi data independen sangat baik dalam menjelaskan data dependen. Berdasarkan R-square yang didapat sebesar 0.985 atau 98.5% diartikan bahwa sebaran data data dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen sebesar 98.5%, sedangkan sisanya 1.5% tidak dapat dijelaskan oleh variabel independen atau dapat dijelaskan dengan variabel lain diluar variabel independen (komponen error).

Hasil dari GWR dapat dilihat di Tabel 5

Tabel 5 Bandwidth and Geographic Ranges

Coordinates	Min	Max	Range
u_i	115.7098	117.4832	1.7734
v_i	-1.7949	2.7181	4.513

Berdasarkan tabel 5, rentang bandwidth untuk koordinat u_i adalah dari 115.7098 hingga 117.4832, dengan rentang total sebesar 1.7734. Rentang ini menunjukkan variasi nilai yang dapat diakomodasi dalam pengukuran atau perhitungan yang melibatkan

koordinat

u_i . Sementara itu, rentang geografis untuk koordinat v_i adalah dari -1.7949 hingga 2.7181, dengan rentang total sebesar 4.513. Rentang ini mencerminkan variasi geografis yang dapat diterima dalam pengukuran atau perhitungan yang melibatkan koordinat v_i .

Pemodelan IPM dengan GWR. Estimasi parameter model GWR diperoleh dengan memasukkan pembobot spasial dalam perhitungannya dengan menggunakan metode *Weighted Least Squares* (WLS).

Informasi tentang pemodelan GWR pada Tabel 6.

Tabel 6 Pemodelan GWR.

Variabel	Mean	St.Dev	Min	Max
Intercept	420.95	32.509	342.22	458.0
X_1	1.6717	0.114	1.39	1.802
X_2	-5.783	0.545	-6.43	-4.46
X_3	5.956	0.441	4.86	6.44
X_4	-1.068	0.059	-1.13	-0.92
X_5	0.567	0.011	0.55	0.59
X_6	0.614	0.064	0.45	0.68

Pengujian Asumsi Model Regresi OLS dengan GWR. Setelah diperoleh estimasi parameter untuk model regresi OLS dan GWR kemudian dilakukan uji kesesuaian model (*goodness of fit*) untuk melihat apakah faktor geografis berpengaruh terhadap tingkat pengangguran terbuka di Kalimantan Timur (Utami et al., 2017). Bentuk hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$$H_0: \beta_k(u_1, v_1) = \dots = \beta_k(u_{10}, v_{10}) = \beta_k$$

(Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model GWR dengan model OLS)

$$H_1: \text{Paling sedikit satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

(Terdapat perbedaan yang signifikan antara model GWR dengan model OLS, Model GWR lebih baik daripada model OLS)

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan uji Leung dan statistik uji F. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Bandwidth and Geographic Ranges

Source	SS	DF	MS	F
Global	2.640	3	1.7734	
GWR Improvement	0.883	0.677	1.304	
GWR Residuals	1.757	2.323	0.756	1.7242

Berdasarkan Tabel 7 merupakan hasil uji kesesuaian model menggunakan perangkat lunak GWR4.

Terlihat dari Tabel 7 diperoleh F-hitung sebesar 1.724282 dengan nilai F-tabel ($F_{0.05;0.667;2.323}$) sebesar 14,24542 yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara model GWR dan model OLS. Kesimpulannya adalah bahwa keputusan yang diambil gagal menolak H_0 , dan estimasi secara global (regresi linier berganda) dengan estimasi model GWR menghasilkan nilai yang sama.

Tabel 8 terdiri dari informasi hasil GWR.

Tabel 8 Hasil GWR

Diagnostic Information	
Residual sum of squares	1.7566
Effective number of parameters (model: trace(S))	7.4088
Effective number of parameters (variance: trace(S'S))	7.1401
Degree of freedom (model: n - trace(S))	2.5912
Degree of freedom (residual: n - 2trace(S) + trace(S'S))	2.3226
ML based sigma estimate	0.4191
Unbiased sigma estimate	0.8697
-2 log-likelihood	10.9867
Classic AIC	27.8042
AICc	295.4298
BIC/MDL	30.3485
CV	6.3465
R Square	0.9897
Adjusted R Square	0.9301

Yang pertama terdapat Residual sum of squares (jumlah kuadrat residu) menunjukkan sejauh mana model regresi cocok dengan data yang diamati.

Semakin rendah nilai ini, semakin baik model cocok dengan data. Pada tabel ini, nilai residual sum of squares adalah 1.756589 yang berarti mempunyai nilai yang cukup rendah, sehingga dapat dikatakan model ini cukup baik dengan kecocokan data.

Selanjutnya *Effective number of parameters* (jumlah parameter efektif) menggambarkan kompleksitas model. Nilai ini menunjukkan jumlah parameter yang berkontribusi pada model regresi. Tabel ini mencantumkan dua nilai: 7.408757 untuk model berdasarkan jejak (trace(S)) dan 7.140143 untuk model berdasarkan varian (trace(S'S)). Karena hasil menunjukkan konsisten di sekitar angka 7, maka semua parameter berkontribusi pada model regresi.

Lalu ada Degree of freedom (derajat kebebasan) mengindikasikan jumlah observasi yang berkontribusi pada model regresi. Nilai derajat kebebasan model adalah 2.591243, sedangkan derajat kebebasan residual adalah 2.32263.

Lalu ada *Sigma estimate* merupakan perkiraan variabilitas atau dispersi dari residu dalam model regresi. Ada dua perkiraan yang disajikan dalam tabel ini: ML based sigma estimate (perkiraan berdasarkan *Maximum Likelihood*) adalah 0.419117, sementara *unbiased sigma estimate* (perkiraan tidak bias) adalah 0.869651.

Lalu ada -2 log-likelihood adalah pengukuran kecocokan model berdasarkan logaritma kemungkinan maksimum. Pada tabel ini, nilai -2 log-likelihood adalah 10.986659.

Lalu ada Classic AIC (*Akaike Information Criterion*), AICc, BIC/MDL, dan CV (*Cross Validation*) adalah metrik evaluasi lainnya yang digunakan untuk membandingkan kinerja model. Nilai-nilai ini memberikan informasi tentang kompleksitas model, penyesuaian parsial, dan kemampuan prediktif. Pada tabel ini, nilai Classic AIC adalah 27.804172, AICc adalah 295.429772, BIC/MDL adalah 30.348536, dan CV adalah

6.346481. Nilai dari Classic AIC tidak cukup tinggi, dapat diartikan bahwa model cukup cocok dengan data.

Selain itu ada R Square adalah koefisien determinasi yang mengindikasikan seberapa baik variabilitas data respons dapat dijelaskan oleh model. Pada tabel ini, nilai R Square adalah 0.98972 yang berarti bahwa sekitar 98.97% IPM Kalimantan Timur tahun 2021 dipengaruhi oleh Harapan Lama Sekolah, Umur Harapan Hidup, Rata-rata Lama Sekolah, Rasio Ketergantungan, Tingkat Pengangguran Terbuka, dan Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja. Sisanya dipengaruhi oleh factor lain.

Dan terakhir terdapat Adjusted R Square adalah versi penyesuaian dari R Square yang memperhitungkan jumlah parameter dalam model. Nilai Adjusted R Square adalah 0.930051, yang berarti bahwa sekitar 93% IPM Kalimantan Timur dipengaruhi oleh faktor-faktor yang disebutkan sebelumnya, dan hanya akan bertambah secara signifikan jika model regresi diberikan data yang memberikan pengaruh cukup signifikan.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pendeskripsian variabel respon dan variabel prediktor yang diteliti, dapat disimpulkan bahwa setiap wilayah memiliki karakteristik yang berbeda-beda atau memiliki unsur spasial. IPM dibagi menjadi tiga kategori, yaitu tinggi, sedang, rendah untuk memudahkan dalam klasifikasi. IPM yang tertinggi di Kalimantan Timur terdapat di Kota Samarinda dengan nilai 80.76, sedangkan IPM yang terendah di Kalimantan Timur adalah Kabupaten Mahakam Ulu dengan nilai 67.95. Model GWR IPM di Kalimantan Timur lebih

baik dibandingkan model OLS. R square yang didapatkan dengan pemodelan GWR lebih kecil yaitu sebesar 0.984551, Sedangkan Model OLS didapatkan nilai sebesar 0.985.

Saran

Dari permasalahan yang dirasakan peneliti bahwa untuk pemilihan variabel independen yang digunakan sebaiknya dikaji kembali sesuai dengan keilmuan Perekonomian, Kemasyarakatan, dan IPM sehingga akan didapatkan hasil analisis yang lebih baik. Kemudian dicoba menggunakan metode statistika yang lain untuk memodelkan persentase IPM di Kalimantan Timur untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifat, M., Putri, W. A., & Mufida, A. S. (2023). Penerapan Metode Naive Bayes Classifier Untuk Klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia Di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Statistika dan Komputasi*, 2(1), 31-43. <https://doi.org/10.32665/statkom.v2i1.1661>
- Daulay, S. H., & Simamora, E. (2023). PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KEMISKINAN DI PROVINSI SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN METODE GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR). *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA)*, 2(1), 47-60. <https://doi.org/10.55606/jurrimipa.v2i1.646>
- Dur, S., Cipta, H., & Rizki, N. A. (2023). PEMODELAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION TERHADAP FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ANGKA PUTUS SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN DI PROVINSI SUMATERA UTARA. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 4(3), 1490-1513.

- <https://doi.org/10.46306/lb.v4i3.422>
- Hasibuan, L. S., & Rujiman, S. (2020). Analisis Determinan Indeks Pembangunan Manusia (Ipm) Di Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sosial Humaniora*, 5(2), 139-141. <https://doi.org/10.32696/jp2sh.v5i2.470>
- Heriansyah, R. D., Nuraini, I., & Kusuma, H. (2018). Analisis Pengaruh Jumlah Industri Dan Indeks Pembangunan Manusia Terhadap Jumlah Penduduk Miskin Di Kabupaten/Kota Provinsi Banten Tahun 2012-2016. *Jurnal Ilmu Ekonomi*, 2(3), 453-463. <https://doi.org/10.22219/jie.v2i3.7110>
- Jiang, J., Luo, L., Xu, P., & Wang, P. (2018). How does social development influence life expectancy? A geographically weighted regression analysis in China. *Public health*, 163, 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.06.003>
- Mohammad, N. S., Abdul Rasam, A. R., Ghazali, R., Idris, R., & Abu Bakar, R. (2023). Spatial Clustering Phenomena Of Covid-19 Cases In Selangor: A Hotspot Analysis And Ordinary Least Squares Method. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 237-243. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W6-2022-237-2023>
- Ningrum, J. W., Khairunnisa, A. H., & Huda, N. (2020). Pengaruh kemiskinan, tingkat pengangguran, pertumbuhan ekonomi dan pengeluaran pemerintah terhadap indeks pembangunan manusia (IPM) di Indonesia tahun 2014-2018 dalam perspektif Islam. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 6(2), 212-222. <http://dx.doi.org/10.29040/jiei.v6i2.1034>
- Sitompul, P. (2022). Analysis of Ordinary Least Square and Geographically Weighted Regression on the Human Development Index of North Sumatra 2021. *Formosa Journal of Applied Sciences*, 1(6), 981-1000. <https://doi.org/10.55927/fjas.v1i6.1718>
- Raymundo, C. E., Oliveira, M. C., Eleuterio, T. D. A., André, S. R., da Silva, M. G., Queiroz, E. R. D. S., & Medronho, R. D. A. (2021). Spatial analysis of COVID-19 incidence and the sociodemographic context in Brazil. *PLoS One*, 16(3), e0247794. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247794>
- REPUBLIK INDONESIA INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA 2013 BADAN PUSAT STATISTIK. (2013).
- Saputro, D. R. S., Hastutik, R. D., & Widyaningsih, P. (2021, February). The modeling of human development index (HDI) in Papua—Indonesia using geographically weighted ridge regression (GWRR). In AIP Conference Proceedings (Vol. 2326, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0040329>
- Mcgonagle, D. (2020). Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1370576118741734285>
- Utami, T. W., Rohman, A., & Prahutama, A. (2016). Pemodelan regresi berganda

dan Geographically Weighted Regression pada tingkat pengangguran terbuka di Jawa Tengah. *Media Statistika*, 9(2), 133-147.

<https://doi.org/10.14710/medstat.9.2.133-147>

Wang, S., Wang, Z., Tao, R., He, G., Liu, J., Li, C., & Hou, Y. (2019). The potential use of Piwi-interacting RNA biomarkers in forensic body fluid identification: A proof-of-principle study. *Forensic Science International: Genetics*, 39, 129-135.

<https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.01.002>

