
PEMODELAN REGRESI GLOBAL (GLM) DAN REGRESI SPASIAL (SAR DAN SDM) PADA KASUS INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI PROVINSI KALIMANTAN SELATAN

Marliana^{1*}, Jonathan Adiwinata²

¹² Program Studi Statistika Universitas Lambung Mangkurat

*e-mail: anamrliana@gmail.com

Abstract

The Human Development Index (HDI) is a parameter that functions to assess the success of the quality of human life. The factors used in the research are the severity of poverty, population density and net participation rate. The research carried out aims to see what factors influence the HDI in South Kalimantan Province in 2022, the HDI value for South Kalimantan Province is below the Indonesian HDI value and quite a few regencies/cities in South Kalimantan Province have HDI values below the HDI value. Indonesia. The statistical analysis used is a spatial approach, where the SAR and HR spatial regression models will be searched. The Global Regression Model (GLM) obtained in this study is $\hat{y}_i = 62,42 - 39,23x_1 + 0,001708x_2 + 0,2001x_3 + \varepsilon_i$, while the Spatial Autoregressive (SAR) model is $\hat{y}_i = 75,21 + -0,176 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij}y_i - 41,88x_1 + 0,001755x_2 + 0,2009x_3 + \varepsilon_i$ and Spatial Durbin Model is $\hat{y}_i = 164 - 0,775 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij}y_i - 68x_1 + 0,001724x_2 + 0,1746x_3 - 103,7 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij}x_{1j} + 6,940 \times 10^{-4} \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij}x_{2j} - 0,5203 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij}x_{3j}$. The best model that can be obtained is the Spatial Durbin Model (SDM) with an AIC value of 52,82654 and an R^2 value of 95,86%.

Keywords: Global Regression Model, Spatial Autoregressive Model, Spatial Durbin Model

1. PENDAHULUAN

Analisis regresi adalah metode statistik untuk mengukur korelasi antara variabel prediktor dan respon. [12]. Ada banyak jenis analisis regresi, salah satunya adalah analisis regresi spasial. Analisis regresi spasial digunakan apabila terdapat korelasi antara suatu lokasi dengan lokasi lain yang berdekatan. Oleh karena itu, hal ini disebut autokorelasi spasial. Salah satu jenis analisis regresi spasial yang dapat mengatasi autokorelasi spasial adalah *Spatial Autoregressive Model* (SAR) [9]. Model autoregresif spasial (SAR) merupakan model regresi linier yang variabel responnya berkorelasi secara spasial, sedangkan jenis analisis regresi spasial yang mempertimbangkan pengaruh kedekatan wilayah terhadap variabel respon dan prediktor adalah *Spatial Durbin Model* (SDM).

Terdapat banyak penerapan SAR dan SDM, salah satunya dalam menggambarkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) [9]. Indeks pembangunan manusia suatu wilayah berkaitan dengan IPM wilayah sekitarnya. Oleh karena itu, hal ini menunjukkan adanya faktor spasial yang menyebabkan data antar observasi tidak dapat diasumsikan berdiri sendiri atau berhubungan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kami memasukkan pengaruh spasial berupa lokasi (kabupaten/kota) ke dalam analisis dengan harapan dapat menambah informasi pada model data yang terbentuk [5]. Indeks pembangunan manusia bertujuan untuk membantu keberhasilan

pembangunan dengan cara memprioritaskan manusia sebagai parameter yang digunakan untuk menilai kemampuan negara yang menggambarkan baik ekonomi maupun sosial [10]. Nilai IPM yang diperoleh Provinsi Kalimantan Selatan masih berada di bawah nilai IPM Indonesia sehingga permasalahan di Provinsi Kalimantan Selatan belum terselesaikan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan bagi pemerintah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya. Dalam [11] mengatakan bahwa Indeks Pembangunan manusia berpengaruh terhadap besarnya prevalensi penduduk menengah ke bawah, prevalensi rumah yang dilengkapi dengan jamban, dan prevalensi kepadatan penduduk di suatu daerah.

Masalah utama yang dihadapi oleh pembangunan manusia yaitu dengan adanya ketimpangan pencapaian dalam pembangunan manusia antar tingkat wilayah. Provinsi Kalimantan menghadapi masalah yang serupa. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah solusi yang dapat dipergunakan untuk mengetahui hal yang menjadi faktor rendahnya tingkat IPM tingkat wilayah di Provinsi Kalimantan Selatan dengan menggunakan *Global Regression Model* (GLM) dan regresi spasial (SAR dan SDM). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap IPM di Provinsi Kalimantan Selatan menggunakan pemodelan regresi global dan regresi spasial.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Regresi Global

Regresi Global atau dengan nama lain regresi linier, merupakan salah satu metode statistik yang dipergunakan untuk menjelaskan secara fungsional antar variabel dalam bentuk persamaan matematik. Analisis yang mengadaptasi metode regresi linear dibedakan menjadi dua, yang terdiri dari analisis regresi sederhana dan analisis regresi berganda. Analisis regresi linear sederhana dipergunakan untuk mengetahui korelasi antar variabel respon dengan variabel prediktor tunggal, melalui persamaan matematis. Sedangkan analisis regresi linear berganda dipergunakan untuk memprediksi antar variabel respon dan prediktor lebih dari satu [4]. Persamaan umum analisis regresi linier berganda sebagai berikut:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad (1)$$

2.2. Regresi Spasial

Regresi spasial dipergunakan jika tipe data yang dimiliki bersifat spasial atau memiliki efek lokasi. Efek lokasi yang dimaksud dibedakan menjadi dua jenis, yaitu autokorelasi spasial dan heterogenitas spasial. Autokorelasi spasial dapat digambarkan secara sederhana seperti ini, ketika ada pengamatan pada lokasi i , maka hasilnya akan bergantung dengan pengamatan lain yang dilakukan pada lokasi j , sehingga dapat disimpulkan $j \neq i$. heterogenitas spasial dapat terjadi ketika adanya efek lokasi secara *random*, yaitu adanya perbedaan antar masing-masing lokasi. Menurut [7], model regresi spasial secara umum adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} \\ \mathbf{u} &= \lambda \mathbf{W} \mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}, \boldsymbol{\varepsilon} \sim \mathbf{N}(\mathbf{0}, \sigma_{\varepsilon}^2 \mathbf{I}_N) \end{aligned} \quad (2)$$

2.3. Matriks Pembobot Spasial

Matriks bobot spasial merupakan matriks terstandar yang dapat menyatakan ada tidaknya korelasi dependen spasial, dan dinyatakan dengan elemen W . Untuk menentukan bobot antar lokasi yang diamati digunakan matriks bobot spasial yang berkaitan dengan korelasi ketetanggaan antar lokasi. Dalam penelitian ini, kami membentuk matriks bobot spasial berdasarkan perpotongan sisi dan sudut (*Queen Contiguity*). Bentuk umum matriks bobot spasial adalah sebagai berikut:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nn} \end{bmatrix}$$

2.4. Uji Indeks Moran

Teknik pengujian yang digunakan untuk mendeteksi autokorelasi spasial adalah uji indeks moran. Autokorelasi spasial adalah metode analisis spasial yang digunakan untuk melihat keterkaitan antar nilai dengan lokasi spasial pada variabel yang sama. Variabel memiliki autokorelasi spasial jika terdapat hubungan antar lokasi dalam ruang. Variabel memiliki autokorelasi spasial positif, jika nilai-nilainya mirip dengan lokasi yang berdekatan. Kemudian dapat dikatakan sebagai autokorelasi negatif jika dapat dibuktikan dengan perolehan nilai yang berbeda terhadap lokasi yang saling berdekatan atau menyebar. [15]. Pengukuran autokorelasi spasial dapat menggunakan metode Indeks Moran, *geary's I* dan *I Tangos's excess*. Dalam penelitian ini untuk pengujian aurokorelasi spasial menggunakan *Moran's I*. Nilai Indeks Moran dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Hipotesis:

$H_0 : I = 0$ (tidak terdapat autokorelasi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (terdapat autokorelasi spasial)

Statistik uji Moran's I, yaitu:

$$z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{var}(I)}} \quad (4)$$

Dimana

$$E(I) = \frac{-1}{N - 1}$$

$$\text{var}(I) = \frac{(N^2 S_1 - N S_2 + 3W^2)}{W^2(N^2 - 1)} - [E(I)]^2$$

Kaidah pengambilan keputusan apabila $|Z(I)| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$, maka hipotesis nol di tolak sehingga terdapat autokorelasi spasial pada data, begitu sebaliknya. Nilai rentang indeks *Moran's I* dalam matriks pembobot spasial yang telah distandarisasi yaitu diantara $-1 \leq I \leq 1$. Jika nilai $-1 \leq I \leq 0$ yang berarti bahwa terjadi autokorelasi

spasial negatif dan apabila nilai $0 \leq I \leq 1$ yang menunjukkan berarti terjadi autokorelasi positif.

2.5. Spatial Autoregressive (SAR) Model

Model regresi linier pada data spasial dengan pendekatan area disebut juga *Spatial Autoregressive* (SAR) atau *Spatial Lag Model* (SLM). Model ini memperhitungkan adanya keterkaitan nilai variabel terikat antara (Y) antar lokasi yang berbeda [2]. Model SAR juga merupakan model *spatial lag* pada variabel prediktor menggunakan data *cross section*. Model umum untuk SAR adalah sebagai berikut [8].

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\varepsilon} &\sim N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma^2) \end{aligned} \quad (5)$$

Suatu wilayah dapat mempengaruhi wilayah lain di sekitarnya secara spasial, dan tingkat korelasi pengaruh ini ditunjukkan oleh parameter *spatial lag* (ρ). Model regresi SAR memiliki bentuk estimasi parameter sebagai berikut:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^t \mathbf{X})^{-1} (\mathbf{I} - \rho \mathbf{W}) \mathbf{y} \quad (6)$$

2.6. Spatial Durbin Model (SDM)

Spatial Durbin Model (SDM) memperhitungkan pengaruh jarak antar wilayah terhadap variabel respon dan prediktor. Model ini menempatkan *lag* spasial antara variabel respon dan prediktor. Rumus umum model SDM adalah:

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \alpha \mathbf{1}_n + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{W} \mathbf{X} \boldsymbol{\theta} + \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\varepsilon} &\sim N(0, \sigma^2 \mathbf{I}_n) \end{aligned} \quad (7)$$

Metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dapat digunakan untuk mengestimasi parameter SDM. Fungsi *likelihood* pada model SDM adalah sebagai berikut

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{Z} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (8)$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{y} - \rho \mathbf{W}_1 \mathbf{y} - \mathbf{Z} \boldsymbol{\beta}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = (\mathbf{I} - \rho \mathbf{W}_1) \mathbf{y} - \mathbf{Z} \boldsymbol{\beta}$$

$$L(\sigma^2; \boldsymbol{\varepsilon}) = \left(\frac{1}{2\pi\sigma^2} \right)^{\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} (\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon}) \right)$$

$$L(\rho, \boldsymbol{\beta}, \sigma^2 | \mathbf{y}) = \left(\frac{1}{2\pi\sigma^2} \right)^{\frac{n}{2}} (j) \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} (\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon}) \right) \quad (9)$$

$$j = \left| \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right| = |I - \rho W_1|$$

Fungsi *Jacobian* merupakan turunan terhadap y dari persamaan (8). Substitusikan persamaan (8) yang merupakan fungsi *Jacobian* ke persamaan (9), sehingga menghasilkan persamaan berikut.

$$L(\rho, \beta, \sigma^2 | y) = \left(\frac{1}{2\pi\sigma^2} \right)^{\frac{n}{2}} |I - \rho W_1| \exp \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \left((I - \rho W_1)y - Z\beta \right)^T \left((I - \rho W_1)y - Z\beta \right) \right) \quad (10)$$

2.7. Pengujian Efek Spasial

2.7.1. Uji Ketergantungan Spasial

Proses pemilihan model regresi spasial dapat dilakukan dengan mengidentifikasi ketergantungan spasial yang termuat dalam data penelitian. Salah satu tipe pengujian ketergantungan spasial, yaitu uji *Lagrange Multiplier*.

Statistik uji untuk LM_{lag} dan LM_{error} yaitu sebagai berikut:

$$LM_{lag} = \frac{(\varepsilon^t W y)^2}{s^2 ((W X \beta)^t M (W X \beta) + T s^2)} \quad (11)$$

$$LM_{error} = \frac{(\varepsilon^t W \varepsilon)^2}{T} \quad (12)$$

dengan:

$$M = I - (X^t X)^{-1} X^t$$

$$T = tr[(W^t + W)W]$$

$$s^2 = \frac{\varepsilon^t \varepsilon}{n}$$

dimana ε adalah nilai error dari hasil OLS, W adalah matriks pembobot, β adalah vektor koefisien parameter regresi, dan X adalah matriks variabel prediktor.

2.7.2. Uji Keragaman Spasial

Statistik uji yang digunakan untuk menguji keragaman spasial merupakan pengembangan dari statistik uji *Lagrange Multiplier* yang dikemukakan oleh [3] yaitu:

$$BP = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i f_i \right)' \left(\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i' \right) \left(\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i f_i \right) \quad (13)$$

dengan taraf nyata uji α , akan dilakukan penolakan H_0 jika $BP > \chi_{p-1, \alpha}^2$, (p adalah banyaknya parameter pada model regresi) atau jika $p - value < \alpha$.

2.8. Pemilihan Model Terbaik

2.8.1. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) adalah ukuran kebaikan model yang menunjukkan seberapa kuat variabel prediktor berpengaruh kepada variabel respon, model

terbaiknya yang memiliki nilai R^2 tertinggi. Bentuk umum R^2 diberikan sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} \quad (14)$$

dimana JKR adalah jumlah kuadrat regresi dan JKT adalah jumlah kuadrat total. Nilai koefisien determinasi terletak di antara 0 dan 1 [14].

2.8.2. Akaike Information Criterion (AIC)

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memilih model terbaik yaitu *Akaike Information Criterion* (AIC) dengan model terbaik yang memiliki nilai AIC terkecil [6]. Model sistematisnya sebagai berikut:

$$AIC_c = 2n \ln(\hat{\sigma}) + n \ln(2\pi) + n \left\{ \frac{n + \text{tr}(\mathbf{S})}{n - 2 - \text{tr}(\mathbf{S})} \right\} \quad (15)$$

2.9. Indeks Pembangunan Manusia

United Nations Development Programme (UNDP) sebagai lembaga yang memperkenalkan mengenai pembangunan manusia kepada masyarakat pada tahun 1990 yang dipublikasikan melalui laporan yang bertajuk *Human Development Programme Report* (HDR). Pada laporan tersebut UNDP mendefinisikan manusia sebagai salah satu kekayaan yang dimiliki oleh bangsa. Manusia tidak hanya menjadi *input* saja tetapi juga diposisikan sebagai tujuan akhir dari pembangunan manusia. Pembangunan manusia bertujuan untuk meningkatkan angka harapan hidup manusia, tingkat kesehatan, serta tingkat produktivitas [1]. Laporan UNDP yang dipublikasikan pada tahun 1990 tidak hanya menjelaskan konsep pembangunan manusia saja tetapi juga memuat tentang cara pengukuran terhadap objek pembangunan manusia. Pengukuran yang telah dibuat disebut sebagai Indeks Pembangunan Manusia (IPM). UNDP mempublikasikan IPM secara rutin setiap tahunnya sejak 1990 yang dituliskan dalam laporan tahunan HDR. Hasil dari IPM dapat menggambarkan tentang cara penduduk mengakses hasil dari pembangunan yang telah dilakukan melalui pendapatan, kesehatan, fasilitas pendidikan, hingga aspek lain yang berkaitan dengan kehidupan. Pada tahun 1990 HDR menyebutkan, bahwa terdapat tiga dimensi dalam membentuk IPM yang meliputi, manusia dengan usia panjang yang memiliki kesehatan baik, tingkat pengetahuan yang dimiliki masyarakat, dan standar kelayakan kehidupan. Terdapat empat indikator yang dapat mewakili ketiga dimensi tersebut yaitu Umur Harapan Hidup (UHH) bayi baru lahir, Angka Melek Huruf (AMH), Angka Partisipasi Kasar (APK), dan Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita. Perhitungan IPM dapat dilakukan dengan metode rata-rata aritmatik.

3. METODE PENELITIAN

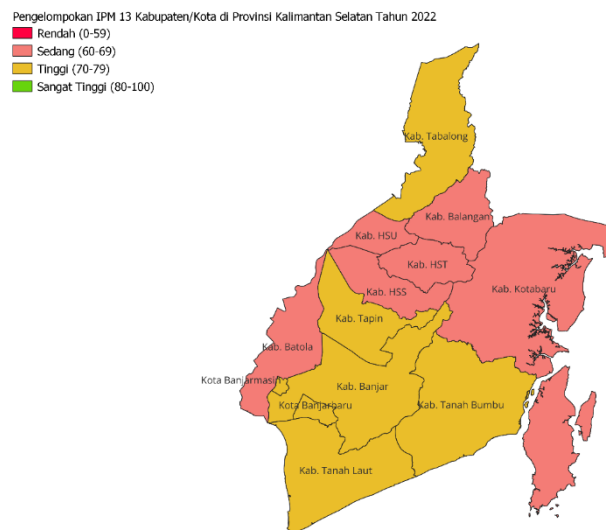
Data penelitian diperoleh melalui data sekunder periode 2019-2022 yang dikelola Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kalimantan Selatan. Variabel yang dijadikan respon dalam penelitian ini adalah Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan 3 (tiga) variabel prediktornya adalah Tingkat keparahan kemiskinan,

kepadatan penduduk, dan angka partisipasi murni menurut 13 kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Selatan.

Metode analisis dalam penelitian ini dimulai dengan menggambarkan keadaan IPM serta 3 (tiga) variabel yang diduga mempengaruhinya, dilanjutkan dengan melakukan pengujian efek spasial menggunakan *Lagrange Multiplier* dan *Breusch-Pagan*. Selanjutnya melakukan pemodelan dengan Regresi Global (GLM), *Spatial Autoregressive Model (SAR)*, dan *Spatial Durbin Model (SDM)*. Akhir dari penelitian ini berupa pemilihan model terbaik dengan menggunakan kriteria AIC dan R^2 serta pengambilan kesimpulan.

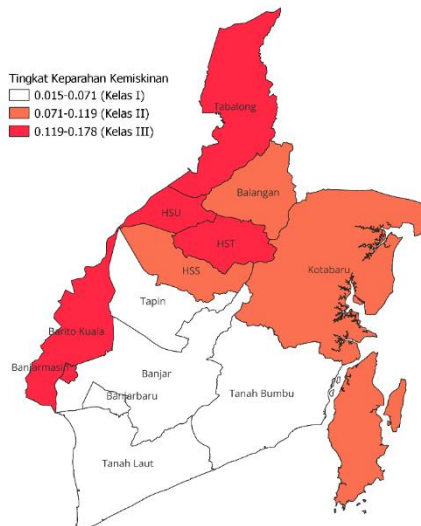
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Deskriptif



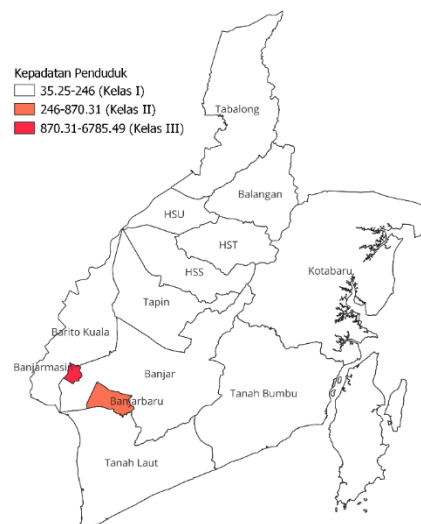
Gambar 1: Peta Sebaran Indeks Pembangunan Manusia Kalimantan Selatan Tahun 2022

Pada gambar 1 terlihat bahwa IPM di Kalimantan Selatan tahun 2022 membentuk pola spasial yang mencakup observasi bahwa daerah yang berdekatan memiliki IPM yang serupa atau relatif mendekati satu sama lain. Ini menciptakan pola spasial di mana wilayah-wilayah yang berdekatan memiliki IPM yang seragam atau memiliki karakteristik yang mirip. Dengan kategori “sedang” terletak di Kabupaten Barito Kuala, Hulu Sungai Utara, Hulu Sungai Tengah, Hulu Sungai Selatan, Balangan, dan Kotabaru. Sementara kategori “tinggi” terletak di Kabupaten Tabalong, Tapin, Banjar, Tanah Bumbu, Tanah Laut, Kota Banjarmasin, dan Banjarbaru.



Gambar 2: Peta Sebaran Tingkat Keparahan Kemiskinan Kalimantan Selatan Tahun 2022

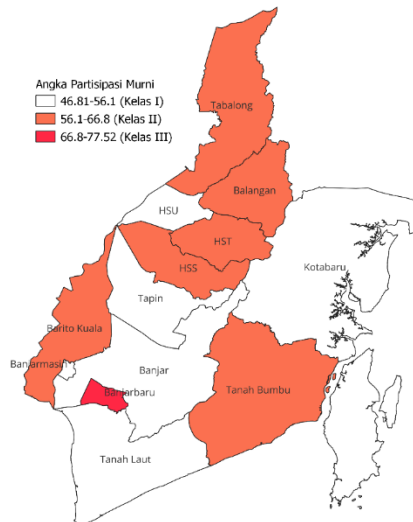
Pada Gambar 2 diatas dilakukan klasifikasi menggunakan metode *Natural Breaks (Jenks)* menunjukkan sebaran Tingkat Keparahan Kemiskinan di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2022. Gambar diatas dikelompokkan menjadi tiga kelas. Kelas 1 berada di rentang nilai $0,015 \leq TTK \leq 0,071$ yang mencakup daerah Kota Banjarbaru, Kabupaten Tanah Laut, Tanah Bumbu, Banjar dan Tapin, yang ditandai daerah berwarna putih. Kelas 2 berada di rentang nilai $0,071 \leq TTK \leq 0,119$, yang mencakup daerah Kabupaten Balangan, Hulu Sungai Selatan, dan Kotabaru, yang ditandai daerah berwarna orange. Kelas 3 berada di rentang nilai $0,119 \leq TTK \leq 0,178$, yang mencakup daerah Kota Banjarmasin, Kabupaten Barito Kuala, Hulu Sungai Tengah, Hulu Sungai Utara dan Tabalong yang ditandai daerah yang berwarna merah.



Gambar 3: Peta Sebaran Kepadatan Penduduk Kalimantan Selatan Tahun 2022

Pada Gambar 3 diatas menunjukkan sebaran Kepadatan Penduduk di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2022. Gambar diatas dikelompokkan menjadi tiga kelas. Kelas 1 berada di rentang nilai $35,25 \leq KP \leq 246$ yang mencakup daerah Kabupaten Tanah Laut, Tanah Bumbu, Banjar, Barito Kuala, Tapin, Kotabaru, Hulu Sungai Utara,

Hulu Sungai Tengah, Hulu Sungai Selatan, Balangan dan Tabalong yang ditandai daerah berwarna putih. Kelas 2 berada di rentang nilai $246 \leq KP \leq 870,31$, yang hanya mencakup daerah Kota Banjarbaru yang ditandai daerah berwarna orange. Kelas 3 berada di rentang nilai $870,31 \leq KP \leq 6785,49$, yang hanya mencakup daerah Kota Banjarmasin yang ditandai daerah yang berwarna merah



Gambar 4: Peta Sebaran Angka Partisipasi Murni Kalimantan Selatan Tahun 2019

Pada Gambar 4 diatas menunjukkan sebaran Angka Partisipasi Murni (APM) di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2019. Gambar diatas dikelompokkan menjadi tiga kelas. Kelas 1 berada di rentang nilai $46,81 \leq APM \leq 56,1$ yang mencakup daerah Kota Banjarmasin, Kabupaten Tanah Laut, Kotabaru, Banjar, Hulu Sungai Utara dan Tapin, yang ditandai daerah berwarna putih. Kelas 2 berada di rentang nilai $56,1 \leq APM \leq 66,8$, yang mencakup daerah Kabupaten Barito Kuala, Hulu Sungai Selatan, Hulu Sungai Tengah, Tanah Bumbu, Tabalong dan Balangan, yang ditandai daerah berwarna orange. Kelas 3 berada di rentang nilai $66,8 \leq APM \leq 77,52$, yang hanya mencakup daerah Kota Banjarbaru yang ditandai daerah yang berwarna merah.

4.2. Pengujian Indeks Moran

Uji autokorelasi spasial dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya adanya korelasi antarlokasi pada setiap variabel dengan menggunakan Indeks Moran. Pengambilan Keputusan dilakukan jika $|Z(I)| > Z_{\alpha/2}$ atau jika nilai $p - value < \alpha$, maka H_0 ditolak atau terdapat autokorelasi spasial.

Tabel 1 Pengujian Indeks Moran

Variabel	I	$z(I)$	$p - value$	Keterangan
Y	0,11801199	1,4065	0,1596	Tidak terdapat autokorelasi spasial
X_1	-0,19096440	-0,68513	0,4933	Tidak terdapat autokorelasi spasial
X_2	-0,076805979	0,12067	0,9039	Tidak terdapat autokorelasi spasial
X_3	-0,01524924	0,47759	0,6329	Tidak terdapat autokorelasi spasial

Berdasarkan hasil pengujian $|Z(I)| > Z_{0,025} = 1,96$ serta pengujian $p - value$ dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ seperti pada tabel 1, maka pengambilan keputusan adalah gagal tolak H_0 atau tidak terdapat autokorelasi spasial pada semua variabel yang akan digunakan.

4.3. Regresi Global

Berdasarkan hasil *output* didapatkan model regresi sebagai berikut.

Tabel 2 Proses Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter pada Model Regresi Global

Parameter	Estimasi Parameter	t_{hitung}	$Pr(> t)$	Keputusan
β_0	62,42	14,950	$1,16 \times 10^{-7}$	Tolak H_0
β_1	-39,23	-3,865	0,003816	Tolak H_0
β_2	0,001708	5,949	0,000216	Tolak H_0
β_3	0,2001	3,061	0,013539	Tolak H_0

Dengan melihat tabel 2, dapat dibentuk model regresi global sebagai berikut.

$$\hat{y}_i = 62,42 - 39,23x_1 + 0,001708x_2 + 0,2001x_3 + \varepsilon_i$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai $p - value$ sebesar 0,0006175 dan F_{hitung} sebesar 15,85 yang artinya $p - value > \alpha = 0,05$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak yang berarti variabel prediktor berpengaruh secara simultan terhadap variabel respon.

Untuk melihat parameter yang berpengaruh signifikan secara global dilakukan pengujian signifikansi parameter secara parsial. Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa semua variabel berpengaruh signifikan terhadap ketiga variabel respon.

4.4. Pengujian Efek Spasial

4.4.1. Uji Ketergantungan Spasial

Lagrange Multiplier digunakan untuk mendeteksi ketergantungan spasial dengan lebih spesifik yaitu dengan ketergantungan dalam lag dan *error*. jika LM_{lag} dan $LM_{error} > \chi_{1,\alpha}^2$ atau jika nilai $p - value < \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak atau terdapat ketergantungan spasial pada lag maupun *error*. Hasil pengujian *Lagrange Multiplier* ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2 Hasil Uji *Lagrange Multiplier*

Uji Ketergantungan Spasial	Nilai	$p - value$
<i>Lagrange Multiplier (lag)</i>	0,50825	0,4759
<i>Lagrange Multiplier (error)</i>	0,29632	0,5862

Berdasarkan tabel 2, diketahui bahwa nilai $p - value > \alpha = 0,05$ untuk LM_{lag} maupun LM_{err} sedangkan nilai LM_{err} dan $LM_{lag} < \chi^2_{1;\alpha} = 3,84146$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa gagal tolak H_0 yang berarti tidak terdapat ketergantungan spasial pada lag maupun *error*.

4.4.2. Uji Keragaman Spasial

Pengujian keragaman spasial dilakukan menggunakan Uji *Brusch-Pagan* (BP) untuk menguji apakah model regresi mengalami ketidaksamaan varians residual antar pengamatan. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai *Brusch – Pagan* = 1,6548 dan nilai $p - value = 0,647$, maka $BP < \chi^2_{2;0,05} = 5,99146$ dan $p - value > \alpha = 0,05$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima yang berarti ragam *error* pada model regresi bersifat homogen atau tidak terjadi heterogenitas spasial pada ragam *error*.

4.5. Spatial Autoregressive (SAR) Model

Berdasarkan hasil *output* didapatkan model regresi sebagai berikut.

Tabel 3 Proses Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter pada Model SAR

Parameter	Estimasi Parameter	Std. Error	z-Statistik	$p - value$	Keputusan
β_0	75,21	19,76	3,805	0,0001414	Tolak H_0
β_1	-41,88	8,949	-4,680	$2,864 \times 10^{-6}$	Tolak H_0
β_2	0,001755	$2,477 \times 10^{-4}$	7,086	$1,374 \times 10^{-12}$	Tolak H_0
β_3	0,2009	0,05516	3,642	0,0002704	Tolak H_0
ρ	-0,176	0,28111	-0,629	0,52918	Terima H_0

Dengan melihat tabel 3, dapat dibentuk model regresi global sebagai berikut.

$$\hat{y}_i = 75,21 + (-0,176) \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} y_i - 41,88x_1 + 0,001755x_2 + 0,2009x_3 + \varepsilon_i$$

Adapun hasil uji kecocokan model SAR diperoleh nilai $W_j = 0,39596$ dan nilai $p - value = 0,50004$ serta diketahui bahwa $W_j < \chi^2_{1;0,05} = 3,84146$ dan $p - value > \alpha = 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima yang berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara regresi global dengan SAR atau dengan kata lain, regresi global lebih tepat digunakan.

Pengujian signifikansi parameter secara parsial dilakukan dengan kriteria pengambilan keputusan jika nilai $Pr(> |z|) \leq \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak. Berdasarkan tabel 3 menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan terhadap ketiga variabel respon.

4.6. Spatial Durbin Model (SDM)

Dari hasil pemodelan sebelumnya pada pemodelan SAR dan pengujian ketergantungan spasial diidentifikasi tidak ada pengaruh spasial. Namun, dalam penelitian ini tetap akan dilakukan percobaan dengan melibatkan variabel lain yaitu

variabel spasial untuk variabel prediktor dan akan diidentifikasi pengaruhnya secara spasial. Berdasarkan hasil *output* didapatkan model regresi sebagai berikut.

Tabel 4 Proses Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter pada SDM

Parameter	Estimasi Parameter	Std. Error	z-Statistik	p-value	Keputusan
β_0	164	24,72	6,634	$3,248 \times 10^{-11}$	Tolak H_0
β_1	-68	9,414	-7,223	$5,074 \times 10^{-13}$	Tolak H_0
β_2	0,001724	$1,818 \times 10^{-4}$	9,485	$2,2 \times 10^{-16}$	Tolak H_0
β_3	0,1746	0,03908	4,467	$7,912 \times 10^{-6}$	Tolak H_0
θ_1	-103,7	31,49	-3,294	0,0009850	Tolak H_0
θ_2	$6,940 \times 10^{-4}$	$6,732 \times 10^{-4}$	1,030	0,3025789	Terima H_0
θ_3	-0,5203	0,1518	-3,427	0,0006097	Tolak H_0
ρ	-0,77563	0,28999	-2,6747	0,0074802	Tolak H_0

Berdasarkan tabel 4 didapatkan model regresi sebagai berikut.

$$\hat{y}_i = (164) + (-0,775) \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} y_i - 68x_1 + 0,001724x_2 + 0,1746x_3 - 103,7 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} x_{1j} + 6,940 \times 10^{-4} \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} x_{2j} - 0,5203 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} x_{3j}$$

Adapun hasil uji kecocokan model SDM diperoleh nilai $W_j = 7,1539$ dan nilai $p - value = 0,031496$ serta diketahui bahwa $W_j < \chi_{1,0,05}^2 = 3,84146$ dan $p - value > \alpha = 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara regresi global dengan SDM atau dengan kata lain, SDM lebih tepat digunakan.

Pengujian signifikansi parameter secara parsial dilakukan dengan kriteria pengambilan keputusan jika nilai $\Pr(> |z|) \leq \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak. Berdasarkan tabel 4 menunjukkan bahwa semua variabel berpengaruh signifikan terhadap ketiga variabel respon dan variabel respon dengan bobot spasial untuk X_1 dan X_3 .

4.7. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan untuk mengetahui besarnya peluang dari masing-masing model yang terbentuk. Hasil pengukuran model terbaik menggunakan R^2 dan AIC pada tabel berikut.

Tabel 5 Pemilihan Model Terbaik

Model	R^2	AIC
Regresi Global	0,8408	56,01101
<i>Spatial Durbin</i>	0,9586	52,82654
<i>Spatial Autoregressive</i>	0,8942	57,55615

Berdasarkan tabel 5 hasil pemilihan model terbaik didapatkan model terbaik dengan nilai AIC terkecil dan R^2 terbesar adalah model *Spatial Durbin Model* (SDM) dengan nilai AIC sebesar 52,82654 dan nilai R^2 bernilai 95,86%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian data spasial diperoleh hasil bahwa tidak terdapat ketergantungan spasial dan keragaman spasial pada data. Selain itu, berdasarkan uji kecocokan model regresi spasial, model SDM lebih tepat digunakan dibandingkan regresi global maupun SAR. Sementara itu, berdasarkan uji signifikansi parameter secara parsial dengan Model Regresi Global (GLM), *Spatial Autoregressive* (SAR) Model, dan *Spatial Durbin Model* (SDM) dapat disimpulkan ketiga variabel, yaitu Tingkat Keparahan Kemiskinan (X_1), Kepadatan Penduduk (X_2), dan Angka Partisipasi Murni (X_3) teruji signifikan terhadap IPM (Y). Artinya indeks pembangunan manusia dipengaruhi oleh tingkat keparahan kemiskinan, angka partisipasi murni, dan kepadatan penduduk. Berdasarkan hasil yang diperoleh juga didapatkan Model Regresi Global, *Spatial Autoregressive* (SAR) Model, dan *Spatial Durbin Model* (SDM) sebagai berikut.

1. Model Regresi Global (GLM)

$$\hat{y}_i = 62,42 - 39,23x_1 + 0,001708x_2 + 0,2001x_3 + \varepsilon_i$$

2. *Spatial Autoregressive* (SAR) Model

$$\hat{y}_i = 75,21 - 0,176 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} y_i - 41,88x_1 + 0,001755x_2 + 0,2009x_3 + \varepsilon_i$$

3. *Spatial Durbin Model* (SDM)

$$\hat{y}_i = 164 - 0,775 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} y_i - 68x_1 + 0,001724x_2 + 0,1746x_3 - 103,7 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} x_{1j} + 6,940 \times 10^{-4} \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} x_{2j} - 0,5203 \sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} x_{3j}$$

Dengan hasil pengukuran model terbaik menggunakan R^2 dan AIC didapatkan model terbaik adalah model *Spatial Durbin Model* (SDM) dengan nilai AIC sebesar 52,82654 dan nilai R^2 bernilai 95,86%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] United Nations Development Programme (UNDP), U. N. (1990). *Global Human Development Report*. Human Resources Department.
- [2] Anselin, L. (1999). *Spatial Econometrics*. Dallas: University of Texas.
- [3] Breusch, T., & Pagan, A. R. (1979). A Simple Test of Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *J.Econ.Soc*, 1287-1294.
- [4] Draper, N. R., & Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan (Terjemahan Bambang Sumantri)*. Jakarta: Gramedia.

- [5] Fatati, I. F., Wijayanto, H., & Soleh, A. M. (2017). Analisis Regresi Spasial dan Pola Penyebaran pada Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di provinsi Jawa Tengah. *Media Statistika*, 95-105.
- [6] Fotheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. USA: Wiley.
- [7] LeSage, J. P. (1999). *The Theory and Practice of Spatial Econometrics*. University of Taledo.
- [8] LeSage, J., & Pace, R. K. (2009). *Spatial Econometrics*. Boca Ration: R Press.
- [9] Lokang, Y. P., & Dwiatmoko, I. A. (2019). Analisis Regresi Spasial Durbin untuk Menganalisis Faktor-Faktor yang berhubungan dengan Persentase Penduduk Miskin. *Jurnal Ilmiah Matrik*, 118-127.
- [10] Nor, M., & Nasruddin. (2019). Analisis Pengaruh Pengeluaran Pemerintah di Sektor Pendidikan dan Kesehatan terhadap Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu Ekonomi dan Pembangunan (JIEP)*, 2(1), 33-45.
- [11] Rosa, M., Maiyastri, & Yozza, H. (2020). Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Analsisi Regresi Spasial Di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Matematika UNAND*, 347-356.
- [12] Suyono. (2015). *Analisis Regresi untuk Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.
- [13] Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probability & Statistics for Engineers Scientists*. Boston: Prentice Hall.
- [14] Widarjono. (2009). *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya, Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Ekonisia.
- [15] Wuryandari, T., Hoyyi, A., Kusumawardani, D. S., & Rahmawati, D. (2014). Identifikasi Autokorelasi Spasial Pada Jumlah pengangguran Di Jawa Tengah Menggunakan Indeks Moran. *Media Statistika*, 7(1), 1-10.
- [16] Yasin, H., Warsito, B., & Hakim, A. R. (2020). *Regresi Spasial (Aplikasi dengan R)*. Pekalongan: Wade Group.