

Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Pulau Kalimantan dengan *Spatial Error Model*

Analysis of Factors Affecting Human Development Index (HDI) in Kalimantan Island with Spatial Error Model

Dien Permata Mulia Tsani^{1*}, Shantika Martha²

^{1,2} Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Kota Pontianak;

*Penulis Korespondensi. e-mail: h1091221028@student.untan.ac.id

ABSTRACT

Human Resource Development (HRD) in Indonesia is a crucial aspect in realizing national development goals and Sustainable Development Goals (SDGs) in Indonesia. The Human Development Index (HDI) is useful for assessing how well human resources development is going. The HDI can also be used as an important indicator to assess the progress of community development in different regions. In 2023, many districts/cities in Kalimantan Island recorded an HDI below Indonesia's national average of 73.55. Therefore, identifying the various factors that impact HDI in the region is very important. This study focuses on a spatial approach to explore the spatial dependence of the HDI in districts/cities in Kalimantan Island. The factors analyzed include health, education, social, and employment. The test findings show that there is spatial autocorrelation of the errors, so the Spatial Error Model method can be used. The influence between districts/cities is measured by applying the queen contiguity spatial weighting matrix. The model result shows that districts/cities in Kalimantan Island that are close to each other have a significant impact on HDI in other regions. Average Years of Schooling (AYS), Life Expectancy (LE), and Labor Force Participation Rate (LFPR) are some of the variables that spatially affect HDI in Kalimantan Island. AYS and LE are positively correlated with HDI increase, while LFPR is negatively correlated with HDI increase. These finding suggest that to raise human resources caliber in Kalimantan Island, education and health elements should receive special attention

Keywords: Queen Contiguity, Moran's Index, Lagrange Multiplier Test

ABSTRAK

Pembangunan Sumber Daya Manusia (SDM) di Indonesia merupakan aspek krusial dalam mewujudkan tujuan pembangunan nasional dan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) di Indonesia. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) berguna untuk menilai seberapa baik pembangunan SDM berjalan. IPM juga dapat digunakan sebagai indikator penting untuk menilai kemajuan pembangunan masyarakat di berbagai wilayah. Pada tahun 2023, banyak kabupaten/kota di Pulau Kalimantan yang mencatatkan IPM di bawah rata-rata IPM nasional sebesar 73,55. Oleh karena itu, mengidentifikasi berbagai faktor yang berdampak pada IPM di wilayah tersebut sangat penting. Penelitian ini berfokus pada pendekatan spasial untuk mengeksplorasi ketergantungan spasial terhadap IPM di kabupaten/kota di Pulau Kalimantan. Faktor-faktor yang dianalisis mencakup kesehatan, pendidikan, sosial, dan ketenagakerjaan. Temuan pengujian menunjukkan terdapat autokorelasi spasial terhadap *error*, sehingga metode *Spatial Error Model* dapat digunakan. Pengaruh antar kabupaten/kota

diukur dengan menerapkan matriks pembobot spasial *queen contiguity*. Hasil model menunjukkan bahwa kabupaten/kota di Pulau Kalimantan yang berdekatan memiliki dampak yang signifikan terhadap IPM di wilayah lain. Rata-Rata Lama Sekolah (RRLS), Angka Harapan Hidup (AHH), dan Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) adalah beberapa variabel yang secara spasial memengaruhi IPM di Pulau Kalimantan. RRLS dan AHH berkorelasi positif terhadap kenaikan IPM, sementara TPAK berkorelasi negatif terhadap peningkatan IPM. Temuan ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan kualitas SDM di Pulau Kalimantan, elemen pendidikan dan kesehatan harus mendapat perhatian yang khusus.

Kata kunci: *Queen Contiguity*, Indeks Morans'I, Uji *Lagrange Multiplier*

PENDAHULUAN

Pengembangan kualitas manusia di Indonesia memegang peran krusial dalam meraih tujuan pembangunan nasional serta untuk mencapai target *Sustainable Development Goals* (SDGs). Dalam konteks ini, kualitas SDM tidak hanya diukur dari segi kuantitas, tetapi juga mencakup aspek pendidikan, kesehatan, dan keterampilan. Meningkatkan kualitas SDM sangat penting untuk mendorong peningkatan taraf hidup masyarakat dan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan (Fitriani & Baihaqi, 2024). Indikator utama seperti Indeks Pembangunan Manusia (IPM) digunakan untuk mengevaluasi pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM). IPM merupakan sebuah parameter gabungan yang berfungsi untuk mengevaluasi kemajuan pembangunan individu di suatu wilayah. Walaupun tidak mencakup seluruh aspek pembangunan manusia, IPM dapat memberikan gambaran mengenai dimensi-dimensi dasar yang mencerminkan kualitas hidup penduduk seperti kesehatan, pendidikan, dan pendapatan (Siswati & Hermawati, 2018).

Karakteristik suatu daerah tentunya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan setempat. Hal ini mengakibatkan adanya perbedaan faktor-faktor yang memengaruhi nilai IPM di suatu daerah. Walaupun Indonesia telah menunjukkan kemajuan dalam beberapa tahun terakhir, ketimpangan antar wilayah dalam pencapaian IPM masih menjadi tantangan yang signifikan. Pada tahun 2023, banyak kabupaten/kota di Pulau Kalimantan yang memiliki IPM lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata IPM nasional sebesar 73,55. Ini menunjukkan adanya variasi spasial (heterogenitas) dalam pencapaian IPM di Pulau Kalimantan. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang memengaruhi IPM di berbagai kabupaten/kota di Pulau Kalimantan. Perkembangan IPM di berbagai wilayah Pulau Kalimantan tidak terlepas dari keterkaitan spasial antar kabupaten/kota (Novitasari & Khikmah, 2019). Oleh sebab itu, pendekatan *Spatial Error Model* (SEM) dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketergantungan spasial antar wilayah yang sangat relevan mengingat karakteristik geografis Pulau Kalimantan (Arif et al., 2019). Dalam model SEM, kesalahan prediksi di satu wilayah dapat dipengaruhi oleh kesalahan di wilayah tetangga sehingga memberikan gambaran yang lebih tepat mengenai dinamika pembangunan manusia.

Faktor-faktor yang memengaruhi setiap kabupaten/kota memiliki kontribusi yang bervariasi (Kadri et al., 2020). Manurung & Hutabarat (2021) dari penelitiannya menyebutkan bahwa rata-rata lama sekolah memengaruhi IPM. Sementara penelitian Ginting & Lubis (2023) mengungkapkan bahwa angka harapan hidup juga berperan penting dalam memengaruhi IPM. Selain itu, Junian et al. (2018) menyoroti bahwa tingkat partisipasi angkatan kerja berkontribusi terhadap IPM. Tak kalah penting, penelitian oleh Prahasta et al. (2023) menjabarkan bahwa tingkat pengangguran terbuka turut berpengaruh terhadap IPM.

Salah satu komponen penting yang memengaruhi peningkatan IPM yaitu kesehatan. Kesehatan merupakan kebutuhan dasar bagi masyarakat yang diukur melalui indikator Angka Harapan Hidup (AHH). Indikator AHH digunakan untuk mengukur seberapa efektif pemerintah dalam meningkatkan

kesejahteraan masyarakat, terutama dalam sektor kesehatan. AHH menggambarkan usia rata-rata yang dapat dicapai individu berdasarkan tingkat kematian di suatu komunitas. AHH yang rendah mencerminkan kurangnya keberhasilan pembangunan kesehatan di suatu wilayah, sementara AHH yang tinggi menunjukkan keberhasilan yang baik.

Selain itu, pendidikan juga menjadi faktor penting dalam memengaruhi IPM. Pendidikan adalah kebutuhan dasar setiap individu dan kualitasnya dapat diukur melalui indikator seperti Rata-Rata Lama Sekolah (RRLS). RRLS mengacu pada jumlah lama pendidikan formal yang ditempuh oleh penduduk dengan usia 25 tahun ke atas. Indikator ini menggambarkan pencapaian tingkat pendidikan yang lebih tinggi. Faktor lain yang memengaruhi IPM adalah tingkat pengangguran. Peningkatan IPM dapat berperan pada penurunan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), meliputi individu yang sedang mencari pekerjaan, merencanakan untuk berwirausaha, memiliki kesulitan memperoleh pekerjaan, atau telah mendapatkan pekerjaan namun belum mulai menjalankannya. Dari perspektif indikator pencapaian IPM, persentase penduduk usia kerja yang terlibat dalam pasar tenaga kerja, baik yang sudah bekerja maupun yang mencari pekerjaan, dikenal sebagai Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK), dan hal ini berdampak pada kualitas hidup yang baik. Indikator ini mencerminkan proporsi tenaga kerja yang siap memberikan kontribusi dalam produksi barang dan jasa. Sebagai salah satu parameter kesejahteraan, TPAK menjadi bagian penting dalam penilaian Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Peningkatan tingkat keterlibatan dalam angkatan kerja dapat menunjukkan peningkatan produktivitas tenaga kerja, yang pada gilirannya dapat memengaruhi daya tawar berupa peningkatan upah. Ketika upah pekerja meningkat, kesejahteraan manusia pun akan mengalami peningkatan.

Melalui metode SEM, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak RRLS, AHH, TPAK, dan TPT memengaruhi IPM, baik secara terpisah maupun secara keseluruhan, dengan memperhatikan hubungan spasial antar kabupaten/kota di Pulau Kalimantan. Oleh karena itu, diharapkan hasil yang disajikan mampu memberikan gambaran yang menyeluruh dan tepat mengenai berbagai faktor yang memengaruhi IPM di wilayah tersebut, serta mendukung pengambilan kebijakan berbasis data spasial yang efektif.

METODOLOGI

Regresi Linear Berganda

Tujuan dari regresi linear berganda adalah untuk mengukur secara bersamaan hubungan antara satu variabel dependen dengan beberapa variabel independen. Persamaan regresi linear berganda secara umum dijelaskan sebagai berikut (Revildy et al., 2021):

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + e \quad (1)$$

Dengan y sebagai variabel dependen, β_0 adalah konstanta, β_p merupakan parameter regresi untuk variabel ke- p ($p=1,2,\dots,k$), X_p adalah variabel independen ke- p ($p=1,2,\dots,k$), dan e menggambarkan sisa atau kesalahan.

Uji Overall atau Uji F

Tujuan dari Uji F untuk menentukan apakah model regresi yang dibangun secara keseluruhan signifikan, yang dapat menunjukkan setidaknya terdapat satu variabel independen memengaruhi perubahan atau variasi variabel dependen. Pada pengujian hipotesis, digunakan statistik F yang dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut (Fanitawati, 2020):

$$F_n = \frac{R^2/k}{(1 - R^2)/(n - k - 1)} \quad (2)$$

Dengan F_n sebagai nilai statistik uji F, R^2 adalah koefisien determinasi dalam analisis regresi berganda, k menunjukkan jumlah variabel independen, dan n menunjukkan pada jumlah sampel.

Hipotesis:

$H_0: \beta_i = 0$, untuk $i = 1, 2, \dots, k$ (Tidak ada hubungan linear antara seluruh variabel independen dengan variabel dependen)

$H_1: \beta_i \neq 0$, untuk $i = 1, 2, \dots, k$ (Setidaknya ada satu variabel independen yang memiliki hubungan linear dengan variabel dependen)

Kriteria pengambilan keputusan:

Apabila nilai $p\text{-value} > 0,05$ atau $f_{hitung} < f_{tabel((n-1);(k-n))}$ pada $\alpha = 5\%$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Apabila nilai $p\text{-value} < 0,05$ atau $f_{hitung} > f_{tabel((n-1);(k-n))}$ pada $\alpha = 5\%$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Uji Parsial

Uji t yang juga disebut sebagai uji parsial, adalah metode pengujian yang digunakan untuk menilai bagaimana setiap variabel independen memengaruhi variabel dependen. Rumus yang digunakan pada uji parsial yaitu (Fanitawati, 2020):

$$t = \frac{b_i}{SE(b_i)} \quad (3)$$

Dengan b_i adalah koefisien regresi dari variabel independen ke- i , dan $SE(b_i)$ merupakan kesalahan baku dari koefisien regresi ke- i

Hipotesis :

$H_0: \beta_i = 0$, untuk $i = 1, 2, \dots, k$ (tidak terdapat pengaruh signifikan dari variabel independen ke- i terhadap variabel dependen)

$H_1: \beta_i \neq 0$, untuk $i = 1, 2, \dots, k$ (ada pengaruh signifikan dari variabel independen ke- i terhadap variabel dependen)

Kriteria pengambilan keputusan:

Apabila nilai $p\text{-value} > 0,05$ atau $t_{hitung} < t_{tabel(\alpha; (n-k))}$ pada $\alpha = 5\%$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Apabila nilai $p\text{-value} < 0,05$ atau $t_{hitung} > t_{tabel(\alpha; (n-k))}$ pada $\alpha = 5\%$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Uji Normalitas

Salah satu metode untuk mengetahui apakah data yang dikumpulkan memiliki pola distribusi normal adalah dengan pengujian normalitas. Beberapa metode, seperti uji Anderson-Darling, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov, dan Shapiro-Wilk dapat digunakan dalam prosedur pengujian ini. Uji Jarque-Bera digunakan untuk menguji kenormalan dalam penelitian ini.

Uji Jarque-Bera menggunakan informasi tentang *skewness* (kemiringan) dan *kurtosis* (keruncingan) distribusi data untuk menilai apakah data mengikuti distribusi normal. Uji Jarque-Bera (JB) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(k - 3)^2}{24} \right) \quad (4)$$

Dengan S adalah *skewness* dari *residual*, k merupakan *kurtosis* dari *residual*.

Hipotesis:

H_0 : (*residual* mengikuti distribusi normal)

H_1 : (*residual* tidak mengikuti distribusi normal)

Kriteria pengambilan keputusan:

Apabila nilai $p\text{-value} > 0,05$ atau $JB < \chi^2_{(\alpha;2)}$ pada $\alpha = 5\%$, maka H_0 dapat diterima dan H_1 ditolak.

Apabila nilai $p\text{-value} < 0,05$ atau $JB < \chi^2_{(\alpha;2)}$ pada $\alpha = 5\%$, maka H_0 ditolak dan H_1 dapat diterima

Uji Heteroskedastisitas

Salah satu metode statistik untuk mengetahui apakah model regresi memiliki variabilitas *residual* yang tidak konstan adalah uji heteroskedastisitas. Beberapa metode yang dapat digunakan antara lain uji Koenker-Basset, White, Breusch-Pagan, Goldfeld-Quandt, dan Park. Pada penelitian ini, uji Breusch-Pagan dan Koenker-Basset diterapkan untuk menguji adanya heteroskedastisitas.

Uji Breusch-Pagan dirancang untuk mendeteksi heteroskedastisitas dengan menguji apakah varians dari *residual* model regresi tergantung pada variabel independen. Uji ini menguji hipotesis nol bahwa varians *residual* adalah konstan (homoskedastisitas). Rumus uji Breusch-Pagan (BP) sebagai berikut:

$$BP = \frac{nR^2}{2} \quad (5)$$

Uji Koenker-Basset adalah variasi dari uji Breusch-Pagan yang lebih handal terhadap spesifikasi model. Uji ini juga menguji heteroskedastisitas tetapi tidak memerlukan asumsi bahwa kesalahan mengikuti distribusi normal. Rumus Uji Koenker-Basset sebagai berikut:

$$QB = n \cdot \frac{(S^2 + (k - 3)^2 / 4)}{6} \quad (6)$$

Hipotesis:

H_0 : (data tidak mengalami masalah heterostedastisitas)

H_1 : (data mengalami masalah heteroskedastisitas)

Kriteria pengambilan keputusan:

Apabila $p\text{-value} > 0,05$, maka H_0 (hipotesis nol) diterima dan H_1 (hipotesis alternatif) ditolak

Apabila $p\text{-value} < 0,05$, maka H_0 (hipotesis nol) ditolak dan H_1 (hipotesis alternatif) diterima

Regresi Spasial

Dalam analisis, metode regresi spasial digunakan untuk memperhitungkan hubungan antara suatu variabel dengan variabel-variabel lainnya dengan mempertimbangkan pengaruh spasial dari area yang diamati. Model dasar metode ini adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} \quad (7)$$

$$\mathbf{u} = \lambda \mathbf{W} \mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}, \boldsymbol{\varepsilon} \sim N(0, \sigma^2 \mathbf{I}) \quad (8)$$

dengan:

\mathbf{y} : Vektor variabel dependen dengan ukuran $n \times 1$

ρ : Parameter koefisien spasial *lag* untuk variabel dependen

\mathbf{X} : Matriks yang memuat variabel independen berukuran $n \times (k+1)$

$\boldsymbol{\beta}$: Vektor koefisien regresi dengan ukuran $(k+1) \times n$

\mathbf{u} : Vektor *error* yang mengandung autokorelasi berukuran $n \times 1$

$\boldsymbol{\varepsilon}$: Vektor *error* yang tidak mengandung autokorelasi berukuran $n \times 1$

λ : Parameter koefisien *lag* spasial pada *error*

\mathbf{I} : Matriks identitas dengan ukuran $n \times n$

\mathbf{W} : Matriks pembobot spasial dengan ukuran $n \times n$

σ^2 : Konstanta varians

Matriks Pembobot Spasial

Matriks pembobot spasial adalah alat analisis yang digunakan untuk menunjukkan hubungan antara lokasi-lokasi dalam suatu area geografis. Matriks ini berisi nilai-nilai yang menunjukkan tingkat hubungan atau pengaruh antar unit spasial, seperti titik, garis, atau wilayah. Nilai-nilai ini bisa mencerminkan faktor seperti jarak, kedekatan, atau jenis hubungan lainnya yang relevan. Matriks pembobot spasial memiliki beberapa bentuk, seperti *Rook Contiguity*, *Queen Contiguity*, dan *Bishop Contiguity*. Matriks *Queen Contiguity* digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur hubungan spasial antar unit data, yang ditentukan berdasarkan hubungan antar sisi-sisi perbatasan dan sudut-sudut perbatasan wilayah lain (Nabilah et al., 2021). Dalam matriks ini, hubungan antar lokasi i dan j direpresentasikan oleh nilai w_{ij} , jika lokasi i dan j saling berdekatan atau berhimpit, maka w_{ij} bernilai 1, dan bernilai 0 jika tidak terdapat persentuhan.

$$W_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{j=1}^n c_{ij}} \quad (9)$$

Dengan W_{ij} yang menunjukkan bobot spasial antara lokasi ke- i dan ke- j , serta c_{ij} yang merupakan nilai matriks *contiguity* untuk lokasi ke- i dengan lokasi ke- j , $\sum c_i$ merujuk pada jumlah total elemen matriks *contiguity* untuk lokasi ke- i , dengan $i, j = 1, 2, \dots, 56$

Indeks Moran's I

Patrick Alfred Pierce Moran adalah orang yang mengembangkan Indeks Moran's, sebuah matriks yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat autokorelasi spasial pada skala global. Alat ini berfungsi untuk menentukan apakah terdapat pola spasial dalam data, seperti pengelompokan (*cluster*), penyebaran (*dispersion*), atau distribusi yang acak (*random*). Rumus Indeks Moran's sebagai berikut (Nurjanah et al., 2023):

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i \neq j}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})^2} \quad (10)$$

Dengan I sebagai indeks moran's, x_i mewakili nilai pada lokasi ke i , x_j adalah nilai pada lokasi ke j , dan \bar{x} adalah rata rata dari seluruh data.

Hipotesis:

H_0 : $I = 0$ (Tidak ada autokorelasi spasial antara lokasi-lokasi yang berbeda)

H_1 : $I \neq 0$ (Terdapat autokorelasi spasial antara lokasi-lokasi yang berbeda)

Pengambilan keputusan:

H_0 ditolak jika diperoleh nilai $|Z_{hitung}| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ atau nilai $p - value < \alpha$

H_0 diterima jika diperoleh nilai $|Z_{hitung}| < Z_{\frac{\alpha}{2}}$ atau nilai $p - value > \alpha$

Uji Lagrange Multiplier

Model regresi dapat diuji untuk mengetahui adanya ketergantungan spasial dengan menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM). Uji ini tersedia dalam dua jenis yaitu LM *lag* dan LM *error* (Rahmawati & Bimanto, 2021).

Hipotesis dalam pemodelan *spatial lag*:

H_0 : $\rho = 0$: (tidak terdapat ketergantungan autoregresi spasial/spasial *lag*)

H_1 : $\rho \neq 0$: (terdapat ketergantungan autoregresi spasial/spasial *lag*)

Hipotesis dalam pemodelan *spatial error*:

$H_0: \lambda = 0$: (tidak terdapat ketergantungan pada galat spasial)

$H_1: \lambda \neq 0$: (ada ketergantungan pada galat spasial)

Statistik uji yang digunakan pada *Spatial Lag* :

$$LM_l = \frac{[e'Wy/ee'/n]^2}{D} \quad (11)$$

$$D = \left[\frac{(WX\beta)'(I-X(X'X)^{-1}X')(WX\beta)}{\sigma^2} \right] + tr(W'W + WW) \quad (12)$$

Statistik uji yang digunakan pada *Spatial Error* :

$$LM_e = \frac{[e'We/ee'/n]^2}{tr(W'W + WW)} \quad (13)$$

Dengan e mempresentasikan vektor *error* model regresi.

Hipotesis:

H_0 : (tidak ditemukan bukti adanya efek dependensi spasial *lag* atau *error*)

H_1 : (ditemukan bukti adanya efek dependensi spasial *lag* atau *error*)

Pengambilan Keputusan :

jika nilai LM_l atau $LM_e > X^2_{(\alpha,1)}$ atau nilai $p\text{-value} < \alpha$, maka tolak H_0

jika nilai LM_l atau $LM_e < X^2_{(\alpha,1)}$ atau nilai $p\text{-value} > \alpha$, maka tolak H_1

Spatial Error Model

Spatial Error Model (SEM) adalah jenis model regresi spasial yang menganalisis korelasi spasial dalam komponen kesalahan. Pengaruh ini muncul akibat keberadaan variabel penjelas yang tidak disertakan dalam model, variabel tersebut berkontribusi pada kesalahan dan memiliki keterkaitan dengan kesalahan di lokasi lain (Wardani, 2019).

Secara umum, rumus dari SEM dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y = X\beta + u \quad (14)$$

$$u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (15)$$

Asumsi yang harus terpenuhi adalah

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I) \quad (16)$$

Tahapan-tahapan Analisis

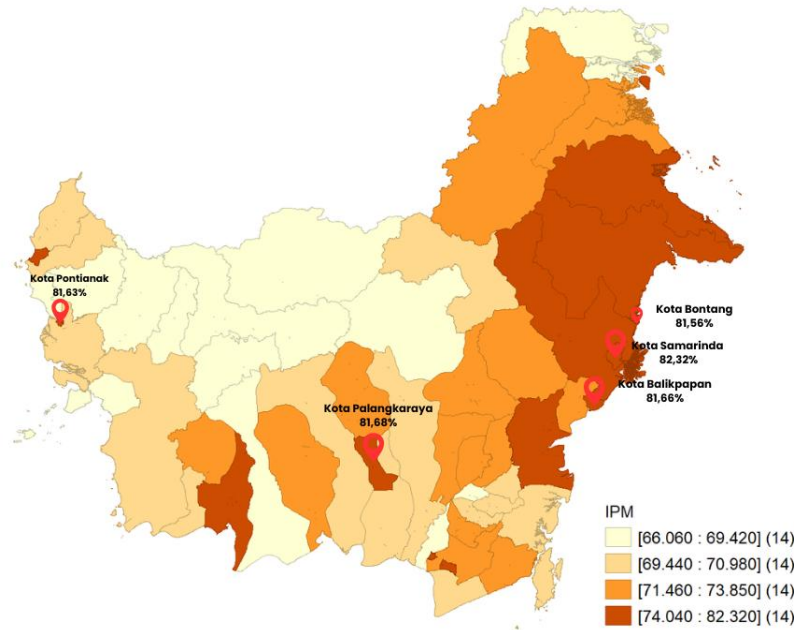
Tahapan analisis dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut (Sulistyawan & Mustika, 2019):

- 1) Menyusun data dan melakukan analisis uji *overall*, uji parsial, uji regresi linear berganda serta uji asumsi
- 2) Membuat matriks pembobot menggunakan *Queen Contiguity*
- 3) Menerapkan Indeks Moran's untuk menguji ketergantungan spasial antara lokasi pengamatan yang berdekatan
- 4) Untuk memilih model regresi spasial terbaik, lakukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui dampak ketergantungan spasial dengan menggunakan uji LM
- 5) Melakukan pemodelan menggunakan *Spatial Error Model*
- 6) Menginterpretasikan hasil dari model *Spatial Error Model*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

IPM digunakan sebagai indikator untuk menilai kualitas pembangunan manusia dengan mengacu pada tiga aspek penting meliputi kesejahteraan fisik, pendidikan, dan kualitas hidup yang memadai. Peta berikut menyajikan perbandingan IPM antar kabupaten/kota di Pulau Kalimantan, dengan menyoroti 5 kota yang memiliki nilai IPM tertinggi.



Gambar 1. Peta sebaran IPM di Pulau Kalimantan, 2023

Sumber: Badan Pusat Statistik (diolah), 2023

Tabel 1. Definisi variabel penelitian

| Kode (1) | Keterangan (2) | Maksimum (3) | Minimum (4) | Rata-rata (5) |
|-------------|--|-----------------|----------------|------------------|
| IPM | Indikator Komposit yang mengukur keberhasilan pembangunan hidup manusia | 82,32 | 66,06 | 72,24 |
| RRLS | Rata-rata waktu yang dihabiskan untuk pendidikan formal oleh orang-orang berusia diatas 25 tahun | 11,65 | 6,35 | 8,58 |
| AHH | Perkiraan jumlah tahun hidup seseorang sejak lahir | 74,89 | 64,97 | 71,18 |
| TPAK | Proporsi angkatan kerja terhadap keseluruhan penduduk yang berusia 15 tahun ke atas | 75,88 | 62,95 | 69,44 |
| TPT | Persentase jumlah penganggur terhadap jumlah angkatan kerja | 8,92 | 2,07 | 4,34 |

Sumber: Badan Pusat Statistik

Publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS) menyediakan data yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini, IPM berfungsi sebagai variabel dependen sementara empat variabel independennya meliputi RRLS, AHH, TPAK, serta TPT. Data dikumpulkan dari lima provinsi di Pulau Kalimantan berdasarkan kabupaten/kota, sehingga terdapat 56 titik lokasi yang menjadi sampel penelitian pada tahun 2023. Pada gambar 1 menunjukkan bahwa Kota Samarinda memiliki IPM

tertinggi di Pulau Kalimantan dengan nilai 82,32% yang menunjukkan kualitas hidup yang baik di kota tersebut. Diikuti oleh Kota Palangkaraya (81,68%), Kota Balikpapan (81,66%), Kota Pontianak (81,63%), dan Kota Bontang (81,56%). Sebaliknya, Kabupaten Kayong Utara tercatat sebagai daerah dengan IPM terendah di Pulau Kalimantan yaitu 66,06% yang mengindikasikan adanya tantangan dalam meningkatkan kualitas hidup penduduknya. Selain itu, pada tabel 1 dapat dilihat rata-rata IPM di Pulau Kalimantan yaitu 72,24% yang mencerminkan variasi signifikan dalam pembangunan manusia di antara provinsi-provinsi di Pulau Kalimantan.

Pada tabel 1, dalam hal RRLS Kota Palangkaraya menjadi kota dengan nilai tertinggi sebesar 11,65 sedangkan Kabupaten Kayong Utara kembali berada di posisi terendah dengan 6,35. Rata-rata RRLS di Pulau Kalimantan tercatat 8,58, hal ini menunjukkan bahwa meskipun pendidikan telah mengalami kemajuan di beberapa daerah, namun masih ada daerah-daerah lain yang membutuhkan fokus lebih besar dalam peningkatan akses dan kualitas pendidikan. Sementara pada aspek kesehatan dan standar hidup yang layak, Kota Balikpapan mencatatkan AHH tertinggi sebesar 74,89, sementara Kabupaten Hulu Sungai Utara berada pada posisi terendah dengan 64,97. Rata-rata AHH di Pulau Kalimantan adalah 71,18. Di sisi lain, Kabupaten Tana Tidung memiliki TPAK tertinggi sebesar 75,88 sedangkan Kabupaten Paser terendah dengan nilai 62,95, dan rata-rata TPAK di Pulau Kalimantan sebesar 69,44. Untuk TPT Kota Pontianak mencatatkan angka tertinggi sebesar 8,92 dan Kabupaten Penajam Paser Utara terendah sebesar 2,07, sementara rata-rata TPT di Pulau Kalimantan sebesar 4,34. Ini menunjukkan bahwa meskipun ada kemajuan dalam beberapa indikator pembangunan manusia, masih ada perbedaan yang mencolok antar wilayah di Pulau Kalimantan.

Hasil Regresi Linear Berganda

Tujuan utama analisis regresi linear berganda adalah untuk memastikan sejauh mana variabel-variabel independen memengaruhi variabel dependen dan meramalkan nilai variabel dependen dengan menggunakan informasi dari variabel-variabel independen.

Tabel 2. Uji regresi linear berganda

| ANOVA | | | | | |
|------------|----------------|-----|-------------|---------|-------|
| Model | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Regression | 845,145 | 4 | 211,286 | 112,358 | 0,000 |
| Residual | 95,904 | 51 | 1,880 | | |
| Total | 941,049 | 55 | | | |

| Coefficients | | | | | |
|--------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| Model | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig |
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| (Constant) | 44,294 | 7,843 | | 5,648 | 0,000 |
| RRLS | 2,565 | 0,183 | 0,734 | 14,045 | 0,000 |
| AHH | 0,204 | 0,090 | 0,114 | 2,267 | 0,028 |
| TPAK | -0,149 | 0,064 | -0,136 | -2,342 | 0,023 |
| TPT | 0,418 | 0,141 | 0,174 | 2,957 | 0,005 |

Sumber: Badan Pusat Statistik (diolah), 2024

Hasil uji F pada tabel 2, terlihat bahwa seluruh variabel independen secara bersama-sama memiliki dampak yang signifikan terhadap IPM di Pulau Kalimantan. Dengan nilai F_{hitung} sebesar 112,358 dan nilai F_{tabel} 3,71, serta nilai signifikansi sebesar 0,000 yang lebih kecil dari 0,05, maka

hipotesis nol (H_0) dapat ditolak. Hal ini menunjukkan IPM sangat dipengaruhi oleh kombinasi dari semua variabel independen.

Selain itu, pada tabel 2 hasil uji parsial mengindikasikan bahwa setiap variabel independen memiliki nilai signifikansi atau p -value yang lebih kecil dari 0,05 yang berarti hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini mengindikasikan bahwa semua variabel independen seperti RRLS, AHH, TPAK, dan TPT secara parsial berpengaruh terhadap IPM. Setiap variabel independen secara signifikan memengaruhi variabel dependen, yang mengindikasikan adanya keterkaitan yang erat antara variabel-variabel yang dianalisis. Model Regresi yang terbentuk :

$$\widehat{IPM} = 44,294 + 2,565RRLS + 0,204X2AHH - 0,149X3TPAK + 0,418TPT + e \quad (17)$$

Dari model regresi yang terbentuk, konstanta menunjukkan nilai 44,294 yang merupakan nilai dasar IPM ketika semua variabel independen bernilai nol. Koefisien positif pada variabel RRLS menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu satuan dalam RRLS akan menyebabkan peningkatan IPM sebesar 2,565. Semakin tinggi tingkat pendidikan masyarakat, semakin signifikan dampaknya terhadap perbaikan kualitas hidup. Hal serupa juga berlaku pada variabel AHH yang menunjukkan koefisien positif, ini berarti bahwa peningkatan satu unit dalam AHH akan berkontribusi pada peningkatan IPM sebesar 0,204 yang menunjukkan perbaikan dalam sektor kesehatan berkontribusi terhadap peningkatan IPM.

Namun, untuk variabel TPAK koefisiennya negatif yaitu -0,149 yang berarti setiap peningkatan satu satuan TPAK akan menurunkan IPM sebanyak 0,149. Ini menunjukkan bahwa peningkatan dalam jumlah tenaga kerja tidak selalu berbanding lurus terhadap kualitas hidup. Hal ini dikarenakan sebagian besar angkatan kerja memiliki pekerjaan dengan upah rendah atau tidak memadai. Di sisi lain, TPT memiliki koefisien positif yang mengindikasikan bahwa setiap kenaikan satu satuan TPT akan menaikkan IPM sebesar 0,418. Hal ini menunjukkan semakin rendah pengangguran akan semakin baik kualitas hidup masyarakat. Selain itu, nilai R -squared yang diperoleh sebesar 0,90 atau 90% menunjukkan model regresi yang diterapkan dapat menjelaskan sekitar 90% dari perubahan yang terjadi pada variabel dependen. Hal ini menunjukkan pengaruh faktor-faktor independen yang terlibat dapat menjelaskan sebagian besar variasi yang diamati dalam variabel dependen.

Hasil uji normalitas dengan menggunakan metode Jarque-Bera menunjukkan p -value sebesar 0,0957 > nilai α 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi normal. Selanjutnya, hasil uji heteroskedastisitas menunjukkan p -value sebesar 0,423 pada uji Breusch-Pagan dan 0,458 pada uji Koenker-Basset. Dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05, jika p -value yang lebih besar dari α menunjukkan H_0 diterima. Ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah heteroskedastisitas pada data.

Hasil Indeks Morans'I

Hasil Indeks Moran's I menunjukkan hubungan yang signifikan dengan p -value sebesar 0,041, yang lebih kecil dari tingkat signifikansi (0,05). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data menunjukkan adanya autokorelasi spasial. Dengan kata lain, setiap kabupaten/kota memiliki dampak spasial yang kuat terhadap tingkat IPM di kabupaten/kota sekitarnya. Kabupaten/kota dengan IPM tinggi cenderung memengaruhi tetangganya untuk memiliki IPM yang lebih tinggi. Demikian pula sebaliknya, kabupaten/kota dengan IPM rendah cenderung memberikan dampak pada kabupaten/kota di sekitarnya untuk memiliki IPM yang lebih rendah. Dalam penelitian ini, W_{ij} adalah matriks pembobot dari *queen contiguity* berukuran 56×56 , dimana $i = 1, 2, \dots, 56$.

Hasil Uji Lagrange Multiplier

Tabel 3. Uji Lagrange Multiplier

| Uji (1) | df (2) | <i>p-value</i> (3) | Keterangan (4) |
|-----------------------------|-----------|-----------------------|-------------------|
| Lagrange Multiplier (lag) | 1 | 0,454 | Terima H_0 |
| Robust LM (lag) | 1 | 0,588 | Terima H_0 |
| Lagrange Multiplier (error) | 1 | 0,030 | H_0 ditolak |
| Robust LM (error) | 1 | 0,035 | H_0 ditolak |
| Lagrange Multiplier (SARMA) | 2 | 0,081 | Terima H_0 |

Berdasarkan tabel 3, hasil menunjukkan *p-value* untuk Uji LM (lag) dan Robust LM (lag) masing-masing sebesar 0,454 dan 0,588. Karena kedua nilai tersebut lebih besar dari nilai α (0,05). Hal ini menunjukkan bahwa model regresi yang diuji tidak memberikan bukti yang cukup untuk menyatakan adanya ketergantungan spasial dalam bentuk *lag*. Dengan kata lain, nilai variabel dependen di suatu lokasi tidak bergantung pada nilai variabel dependen di lokasi-lokasi sekitarnya.

Di sisi lain, nilai *p-value* dari uji LM (error) dan Robust LM (error) masing-masing adalah 0,030 dan 0,035, dan keduanya berada di bawah tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Hasil ini menunjukkan adanya ketergantungan spasial dalam bentuk *error* pada model regresi. Ketergantungan spasial *error* mengindikasikan bahwa gangguan atau *residual* di suatu lokasi memiliki hubungan atau pola dengan gangguan di lokasi-lokasi sekitarnya. Dengan kata lain, faktor-faktor yang tidak terobservasi namun berpengaruh terhadap variabel dependen memiliki keterkaitan spasial antar lokasi yang berbeda. Kesimpulannya, model regresi yang dianalisis tidak menunjukkan ketergantungan spasial *lag*, tetapi terdapat ketergantungan spasial dalam bentuk *error*.

Spatial Error Model

Tabel 4. Hasil Spatial Error Model

| Variabel (1) | Coefficient (2) | <i>p-value</i> (3) |
|-----------------|--------------------|-----------------------|
| CONSTANT | 39,554 | 0,0000 |
| RRLS | 2,762 | 0,0000 |
| AHH | 0,235 | 0,0151 |
| TPAK | -0,125 | 0,0274 |
| TPT | 0,217 | 0,0958 |
| LAMDA | 0,508 | 0,0002 |

Pada tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai konstanta atau IPM memiliki *p-value* yang lebih kecil dari α (0,05), yang menunjukkan bahwa IPM berperan signifikan dalam model regresi ini. Selain itu, variabel independen lainnya seperti RRLS, AHH dan TPAK juga menunjukkan *p-value* di bawah 0,05, artinya ketiga variabel tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap IPM dengan *p-value* masing-masing variabel sebesar 0,0000, 0,0151, dan 0,0274, sementara nilai *error* tercatat sebesar 0,0002. Namun, setelah dilakukan uji *Spatial Error Model* ditemukan bahwa satu variabel yaitu TPT tidak memiliki pengaruh signifikan dengan *p-value* sebesar 0,0968. Hal ini menunjukkan bahwa dalam model *spatial error* ini, TPT tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen. Oleh karena itu, dilakukan uji model *spatial error* dengan mengeluarkan variabel TPT dari analisis.

Tabel 5. Hasil Spatial Error Model

| Variabel (1) | Coefficient (2) | <i>p-value</i> (3) |
|-----------------|--------------------|-----------------------|
| CONSTANT | 41,195 | 0,0000 |
| RRLS | 2,895 | 0,0000 |

| Variabel (1) | Coefficient (2) | p-value (3) |
|-----------------|--------------------|----------------|
| AHH | 0,245 | 0,0138 |
| TPAK | -0,162 | 0,0009 |
| LAMDA | 0,597 | 0,0000 |
| CONSTANT | 41,195 | 0,0000 |

Dengan demikian, berikut ini adalah model regresi spasial yang dihasilkan dengan menggunakan pendekatan *Spatial Error Model*:

$$\widehat{IPM}_i = 41,195 + 2,895 RRLS_i + 0,245AHH_i - 0,162TPAK_i + u_i \quad (18)$$

$$u_i = 0,597 \sum_{j=1, i \neq j}^n w_{ij} u_j + \varepsilon_i \quad (19)$$

Model yang terbentuk dari hasil *Spatial Error Model* menunjukkan bahwa konstanta atau nilai dasar dari IPM adalah 41,195 yang berarti jika semua variabel independen bernilai nol, nilai IPM akan berada pada angka tersebut. Variabel RRLS memiliki korelasi yang positif dengan IPM, artinya setiap kenaikan satu satuan pada RRLS akan menyebabkan peningkatan sebesar 2,895 pada IPM. Hal ini menunjukkan pentingnya pendidikan dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Selanjutnya variabel AHH juga menunjukkan korelasi positif dengan IPM, artinya setiap kenaikan satu satuan AHH akan menaikkan IPM sebesar 0,245. Hal ini mencerminkan bahwa kesehatan dan umur panjang penduduk berperan penting dalam pembangunan manusia.

Di sisi lain, variabel TPAK menunjukkan korelasi negatif yang mengindikasikan bahwa IPM akan turun sebesar 0,162 untuk setiap kenaikan satu satuan TPAK. Ini dapat diartikan bahwa meningkatkan tingkat partisipasi angkatan kerja tidak selalu berkontribusi positif terhadap kualitas hidup. Hal ini juga dapat disebabkan oleh mayoritas penduduk angkatan kerja atau individu berusia 15 tahun yang bekerja di Pulau Kalimantan, yang lebih memilih untuk bekerja di sektor pertanian, perkebunan atau pertambangan yang cenderung mengabaikan kesempatan untuk melanjutkan pendidikan formal. Situasi ini dapat menyebabkan rendahnya tingkat pendidikan yang merupakan salah satu indikator utama dalam pengukuran IPM. Model ini juga mencakup komponen *error* sebesar 0,597 yang berasal dari *Spatial Error Model*. Nilai *error* ini menunjukkan interaksi spasial antar 56 kabupaten/kota di Pulau Kalimantan memiliki pengaruh kedekatan/spasial terhadap IPM sebesar 0,597.

Nilai *R-Square* dalam hasil regresi spasial dengan metode *Spatial Error Model* yaitu sebesar 0,91 atau 91%. Angka ini menunjukkan kualitas model yang sangat baik. Model ini dapat menjelaskan 91% variasi pada nilai IPM melalui kombinasi variabel-variabel independen yang digunakan, sementara sekitar 9% variasi tidak dapat dijelaskan dan kemungkinan dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal di luar penelitian. Hal ini mengindikasikan bahwa model regresi spasial *Spatial Error Model* memiliki kekuatan prediksi yang tinggi dan sangat relevan dalam analisis data.

KESIMPULAN

Penelitian terhadap faktor-faktor yang memengaruhi IPM di Pulau Kalimantan, menunjukkan bahwa menggunakan pendekatan spasial dengan *Spatial Error Model* dapat menggambarkan hubungan yang lebih akurat antara IPM dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Mengingat adanya hubungan geografis antar kabupaten/kota di Pulau Kalimantan. Hal ini disebabkan oleh adanya hubungan geografis yang saling terkait antar kabupaten/kota yang berdekatan di Pulau Kalimantan sehingga saling berpengaruh dalam hal IPM. Jika IPM di suatu daerah tinggi, maka daerah-daerah yang berbatasan dengannya cenderung memiliki IPM yang juga tinggi. Sebaliknya, jika suatu kabupaten/kota memiliki IPM yang rendah, maka daerah di sekitarnya berpotensi menghadapi tantangan serupa dalam

pembangunan manusia. Fenomena ini menunjukkan pentingnya pengelolaan pembangunan yang terintegrasi dan berbasis kawasan.

Selain pengaruh autokorelasi spasial, analisis regresi spasial menggunakan *Spatial Error Model* menunjukkan korelasi negatif antara TPAK dan IPM, dengan koefisien regresi sebesar -0,162. Dengan kata lain, peningkatan IPM dapat menyebabkan penurunan TPAK, yang mengindikasikan jika kualitas hidup IPM meningkat, maka jumlah angkatan kerja yang terlibat dalam ekonomi formal mungkin cenderung berkurang. Hal ini bisa terjadi karena penduduk lebih cenderung memilih bekerja daripada melanjutkan pendidikan formal. Untuk mengatasi masalah ini, peran pemerintah sangat penting. Pemerintah perlu merancang kebijakan yang tidak hanya fokus pada peningkatan IPM, tetapi juga menciptakan peluang kerja yang sesuai dengan keterampilan yang dimiliki oleh masyarakat. Salah satu tindakan yang dapat diambil ialah dengan meningkatkan kualitas pendidikan vokasional yang lebih relevan dengan kebutuhan pasar kerja. Selain itu, pemerintah juga harus mendorong sektor-sektor ekonomi yang mampu menyerap angkatan kerja, seperti sektor manufaktur, pertanian, dan pariwisata. Dengan demikian, meskipun IPM meningkat, TPAK tetap dapat dipertahankan atau bahkan ditingkatkan sehingga pembangunan ekonomi dan sosial di Pulau Kalimantan dapat berjalan seimbang dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS (Berbagai Provinsi) Provinsi Kalimantan Dalam Angka, Badan Pusat Statistik, Statistik Indonesia.
- Arif, A., Tiro, M. A., & Nusrang, M. (2019). Perbandingan Matriks Pembobot Spasial Optimum Dalam Spatial Error Model (SEM) (Kasus : Indeks Pembangunan Manusia Kabupaten/Kota Di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2015). *Variansi: Journal Of Statistics And Its Application On Teaching And Research*, 1(2), 32. <https://doi.org/10.35580/variansiunm12895>
- Fanitawati, N. (2020). Pengaruh Tingkat Harga dan Kualitas Produk Terhadap Keputusan Pembelian Bagi Konsumen di Dapur Putih Cafe Metro. *Skripsi*, H. 55.
- Fitriani, A., & Baihaqi, M. I. (2024). Keberhasilan Ekonomi Desa Dan Sumber Daya Manusia Terhadap Perekonomian Masyarakat. 2.
- Ginting, D. I., & Lubis, I. (2023). Pengaruh Angka Harapan Hidup dan Harapan Lama Sekolah Terhadap Indeks Pembangunan Manusia. *Bisnis-Net Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, 6(2), 519–528. <https://doi.org/10.46576/bn.v6i2.3884>
- Junian, R., Kusnandar, D., & Sulistianingsih, E. (2018). Analisis Indeks Pembangunan Manusia di Kalimantan Barat dengan Regresi Panel dan Biplot. *Bimaster*, 07(03), 177–184. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jbmstr/article/view/26133>
- Kadri, I. A., Susilawati, M., & Sari, K. (2020). Faktor–Faktor Yang Berpengaruh Signifikan Terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Papua. *E-Jurnal Matematika*, 9(1), 31. <https://doi.org/10.24843/mtk.2020.V09.I01.P275>
- Manurung, E. N., & Hutabarat, F. (2021). Pengaruh Angka Harapan Lama Sekolah, Rata-Rata Lama Sekolah, Pengeluaran Per Kapita Terhadap Indeks Pembangunan Manusia. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Manajemen*, 4(2), 121–129. <https://doi.org/10.35326/jiam.v4i2.1718>
- Nabilah, P. P., Zidni, R. M., Humairoh, N. L., & Widodo, E. (2021). Penerapan Spatial Error Model (SEM) Untuk Mengetahui Faktor-faktor Yang Memengaruhi Kriminalitas. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2021(1), 333–342. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.V2021i1.870>
- Novitasari, D., & Khikmah, L. (2019). Penerapan Model Regresi Spasial Pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Tengah Tahun 2017. *Statistika Journal Of Theoretical Statistics And Its Applications*, 19(2), 123–134. <https://doi.org/10.29313/jstat.V19i2.5068>
- Nurjanah, N., Rinaldi, A., & Putri, R. (2023). Spatial Error Model Pada Tingkat Kemiskinan Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung. *Variance: Journal Of Statistics And Its Applications*, 5(1),

47–54. <https://doi.org/10.30598/variancevol5iss1page47-54>

- Prahasta, K. D., Isnaniah, U. N., Nurlaily, D., Nurhayati, F., & Silfiani, M. (2023). Analisis Pengaruh Umur Harapan Hidup, Harapan Lama Sekolah, Rata-Rata Lama Sekolah dan Tingkat Pengangguran Terbuka Terhadap Indeks Pembangunan Manusia Berdasarkan Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan Tahun 2022. *Journal Of Mathematics And Information Technology*, Vol. 1 No., 33–40. <https://journal.itk.ac.id/index.php/equiva/article/view/1014>
- Rahmawati, D., & Bimanto, H. (2021). Perbandingan Spatial Autoregressive Model dan Spatial Error Model dalam Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Statistika Dan Aplikasinya*, 5(1), 41–50. <https://doi.org/10.21009/jsa.05104>
- Revildy, W. D., Lestari, S. S. S., & Nalita, Y. (2021). Pemodelan Spatial Error Model (SEM) Angka Prevalensi Balita Pendek (Stunting) di Indonesia Tahun 2018. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2020(1), 1224–1231. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.V2020i1.662>
- Siswati, E., & Hermawati, D. T. (2018). Analisis Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*, 18(2), 93–114. <https://doi.org/10.30742/jisa1822018531>
- Sulistiyawan, E., & Mustika, R. (2019). Spasial Error Model Untuk Balita Gizi Buruk di Provinsi Jawa Timur Tahun 2016. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (Jram)*, 3(1), 57. <https://doi.org/10.26740/jram.V3n1.P57-63>
- Wardani, Y. (2019). *Estimasi Parameter Spatial Error Model*. 9.