



Pemodelan Regresi Spasial Berbasis Area Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Provinsi Kalimantan Selatan

Area-based Spatial Regression Modelling of Environmental Quality Index (EQI) in South Kalimantan Province

Nor Jinan Hafidhah¹

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

Yuana Sukmawaty

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

Yeni Rahkmawati

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

Artikel Masuk : 6 Juni 2024

Artikel Diterima : 24 November 2025

Tersedia Online : 31 Desember 2025

Abstrak: Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) merupakan indikator yang dapat memberikan gambaran tentang kualitas lingkungan hidup di suatu wilayah. IKLH digunakan sebagai alat evaluasi dalam berbagai program perbaikan kualitas lingkungan hidup dan sumber informasi untuk mendukung pengambilan kebijakan mengenai perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Dalam perhitungan IKLH terdapat empat indikator, yaitu Indeks Kualitas Air (IKA), Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Lahan (IKTL), dan Indeks Kualitas Air Laut (IKAL). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh persentase jumlah penduduk, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), dan jumlah kendaraan bermotor terhadap IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2022. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis regresi spasial berbasis area. Data yang digunakan merupakan data sekunder tahun 2022 dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Kalimantan Selatan, meliputi 13 kabupaten/kota sebagai area pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Spatial Autoregressive Moving Average* (SARMA) merupakan model terbaik untuk memodelkan faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap IKLH. Dari model SARMA diperoleh bahwa persentase jumlah penduduk, PDRB dan jumlah kendaraan bermotor berpengaruh signifikan terhadap IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan. Koefisien determinasi sebesar 80,65% menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan keragaman IKLH secara kuat. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan model SARMA yang mampu menangkap pengaruh spasial lag dan eror secara simultan, serta temuan hubungan positif PDRB terhadap IKLH yang mengindikasikan bahwa pertumbuhan ekonomi di Kalimantan Selatan dapat berjalan seiring dengan peningkatan kualitas lingkungan.

¹ Korespondensi Penulis: Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia. Email: norjinan29@gmail.com

How to Cite

Hafidhah, N. J., Sukmawaty, Y., & Rahkmawati, Y. (2025). Pemodelan Regresi Spasial Berbasis Area Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 13(3), 41-60. <https://doi.org/10.14710/jwl.13.3.41-60>

42 Pemodelan Regresi Spasial Berbasis Area Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Provinsi Kalimantan Selatan

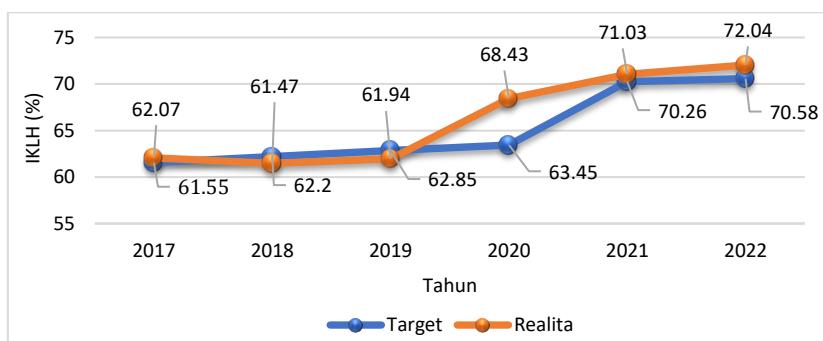
Kata Kunci: Kalimantan Selatan, Kualitas Lingkungan Hidup, Regresi Spasial, Spatial Autoregressive Moving Average

Abstract: The Environmental Quality Index (EQI) is an indicator that can provide an overview of the quality of the environment in an area. EQI is used as an evaluation tool in environmental quality improvement programs and a source of information to support policy making related to environmental protection and management. In the calculation of EQI there are four indicators, namely the Water Quality Index (IKA), Air Quality Index (AQI), Land Quality Index (LQI), and Sea Water Quality Index (SEQI). This study aims to analyze the effect of the percentage of population, Gross Regional Domestic Product (GRDP), and the number of motorized vehicles on the environmental quality index in South Kalimantan Province in 2022. The research method used in this research is area-based spatial regression analysis. The data used are secondary data for the year 2022 from the Central Bureau of Statistics (BPS) and the Environmental Agency (DLH) of South Kalimantan Province, covering 13 districts/cities as observation areas. The results show that the Spatial Autoregressive Moving Average (SARMA) model is the most appropriate model for explaining factors that influence EQI. The SARMA model indicates that the percentage of population, GRDP, and the number of motor vehicles have significant effects on EQI in South Kalimantan Province. The coefficient of determination of 80.65% demonstrates that the model explains the variability of EQI strongly. The novelty of this study lies in the use of the SARMA model, which is capable of capturing spatial lag and spatial error effects simultaneously, as well as the finding that GRDP has a positive relationship with EQI, suggesting that economic growth in South Kalimantan can progress alongside improvements in environmental quality.

Keywords: Environmental Quality, Spatial Regression, Spatial Autoregressive Moving Average, South Kalimantan

Pendahuluan

Indonesia adalah negara dengan kekayaan alam yang berlimpah baik yang dapat diperbarui maupun tidak dapat diperbarui. Pemanfaatan kekayaan alam tersebut memberikan kontribusi besar pada pembangunan ekonomi di suatu negara. Seiring berkembangnya pembangunan ekonomi, maka kebutuhan akan energi, lahan, dan sumber daya alam juga semakin meningkat, sehingga menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan hidup (Badan Pusat Statistik, 2022). Hal tersebut bertentangan dengan tujuan SDGs (*Sustainable Development Goals*) ke-11 yang menekankan bahwa pembangunan kota dan pemukiman inklusif, aman, tahan lama dan berkelanjutan, dengan memberikan perhatian terhadap keseimbangan ekonomi, lingkungan, dan bidang lainnya (Saraswati dan Siagian, 2020). Pada 2009, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan mengembangkan IKLH untuk menilai dan mengevaluasi kualitas lingkungan di suatu daerah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023). IKLH digunakan sebagai alat evaluasi dalam program-program perbaikan kualitas lingkungan hidup dan sumber informasi untuk mendukung pengambilan kebijakan terkait perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023), IKLH menggunakan empat indikator dalam perhitungannya, yaitu Indeks Kualitas Air (IKA), Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Lahan (IKTL), dan Indeks Kualitas Air Laut (IKAL).



Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Selatan, 2023

Gambar 1. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup di Provinsi Kalimantan Selatan

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan mengalami kenaikan di setiap tahunnya, namun pada tahun 2018 mengalami penurunan sebesar 0.6%. Pada tahun 2022 nilai IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan sebesar 72.04% atau dikategorikan baik. Nilai IKLH ini mengalami peningkatan sebanyak 1.01% dari nilai tahun sebelumnya dan memenuhi target yang ditetapkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Provinsi Kalimantan Selatan 2021-2026, yaitu sebesar 70.58%. Meskipun demikian, menurut Laporan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Selatan ada beberapa Kabupaten/Kota yang mengalami penurunan IKLH di tahun 2022, yaitu Kabupaten Banjar, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Tanah Laut, dan Kota Banjarmasin. Penurunan IKLH paling besar terjadi di Kabupaten Tanah Laut yaitu sebesar 3.55% dari tahun 2021. Kenyataan ini menunjukkan bahwa Provinsi Kalimantan Selatan masih menghadapi tantangan terkait lingkungan.

IKLH merupakan indikator yang dapat memberikan gambaran tentang dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan di suatu wilayah. Faktor pendorong dampak lingkungan yaitu populasi, pendapatan, dan teknologi (Ehrlich dan Holdren, 1972 dalam Firdaus 2017). Keterkaitan dari tiga faktor tersebut dapat digambarkan melalui model IPAT (*Impact-Population-Affluence-Technology*) yang pertama kali dirumuskan oleh Ehrlich dan Holdren pada tahun 1972. Pada penelitian ini, *Impact* direpresentasikan oleh Indeks Kualitas Lingkungan Hidup, *Population* direpresentasikan oleh persentase jumlah penduduk, *Affluence* direpresentasikan oleh Produk Domestik Regional Bruto dan *Technology* direpresentasikan oleh jumlah kendaraan bermotor. Berdasarkan penelitian Hadiningrum (2018) menunjukkan bahwa kepadatan penduduk dan PDRB sektor pertanian memiliki pengaruh terhadap IKLH. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Hidayati dan Zakianis (2022) menunjukkan bahwa transportasi darat memiliki hubungan dengan IKLH di Indonesia.

Untuk mengetahui faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap IKLH dapat menggunakan metode analisis regresi. Analisis regresi merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel prediktor dan variabel respons. Dalam metode ini tidak mempertimbangkan aspek lokal yang mungkin berbeda di antara wilayahnya. Namun, dalam kasus dampak lingkungan dapat dipengaruhi oleh faktor wilayah atau spasial, apabila di suatu wilayah mengalami pencemaran lingkungan maka akan berpotensi menyebar di wilayah sekitarnya. Hal ini didukung oleh penelitian Soedomo (2001) dalam Hadiningrum (2018) yang menyatakan bahwa pencemaran udara tidak hanya dalam suatu skala yang kecil atau lokal saja, namun pada kenyataannya udara dapat menyebar dan berkembang dalam suatu skala yang lebih luas. Menurut Sanusi et al. (2018) dalam Agustina et al. (2022), adanya keterkaitan spasial pada variabel respons dapat menyebabkan pendugaan menjadi tidak tepat sehingga diperlukan model yang memperhitungkan aspek spasial.

Berdasarkan fenomena tersebut, penggunaan regresi spasial menjadi penting karena kualitas lingkungan pada suatu wilayah cenderung tidak berdiri sendiri, melainkan dipengaruhi oleh wilayah sekitarnya. Selain itu, hasil uji autokorelasi spasial menunjukkan adanya ketergantungan spasial pada data IKLH, sehingga regresi konvensional tidak lagi memenuhi asumsi independensi. Dengan demikian, regresi spasial merupakan pendekatan yang lebih tepat untuk menghasilkan pendugaan parameter yang akurat dan tidak bias.

Metode regresi spasial merupakan metode statistik untuk mengidentifikasi hubungan antar variabel respons dan variabel prediktor dengan mempertimbangkan efek lokasi atau wilayah. Komponen dasar dalam model regresi spasial adalah matriks pembobotan spasial untuk menunjukkan adanya hubungan antara wilayah yang diamati. Terdapat dua pendekatan dalam membuat matriks pembobotan spasial, yaitu berbasis titik yang berdasarkan posisi koordinat garis lintang (*longitude*) dan garis bujur (*latitude*), sedangkan berbasis area yang berdasarkan

44 Pemodelan Regresi Spasial Berbasis Area Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Provinsi Kalimantan Selatan

prinsip ketetanggaan (*neighborhood*) antar wilayah (Yanuari, 2013). Dalam penelitian ini digunakan regresi spasial berbasis area karena fenomena lingkungan tidak terbatas pada satu titik lokasi saja, tetapi dapat menyebar dan memengaruhi wilayah di sekitarnya. Model regresi spasial dengan berbasis area, yaitu *Spatial Autoregressive Models* (SAR), *Spatial Error Models* (SEM), dan *Spatial Autoregressive Moving Average* (SARMA).

Dalam rangka meningkatkan IKLH di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan, diperlukan pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhinya dengan memperhatikan adanya pengaruh spasial. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan regresi spasial dengan berbasis area untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berdampak pada IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 2022 yang difokuskan pada faktor persentase jumlah penduduk, PDRB, dan jumlah kendaraan bermotor.

Metode Penelitian

Sumber Data Dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Selatan dan publikasi Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 2022. Sedangkan data peta menggunakan data shp (*Shapefile*) Provinsi Kalimantan Selatan yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data spasial dari 13 Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Selatan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu IKLH sebagai variabel respons, sedangkan variabel prediktor adalah persentase jumlah penduduk, Produk Domestik Regional Atas Dasar Harga Konstan (PDRB-ADHK), dan jumlah kendaraan bermotor. Rincian variabel yang digunakan disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Simbol	Variabel	Definisi Variabel	Satuan
Y	Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH)	Angka yang menggambarkan secara umum keadaan lingkungan hidup di suatu wilayah.	Persen (%)
X_1	Persentase Jumlah Penduduk	Persentase jumlah penduduk di suatu wilayah	Persen (%)
X_2	Produk Domestik Regional Atas Dasar Harga Konstan (PDRB-ADHK)	Nilai tambah barang dan jasa tersebut yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada satu tahun tertentu sebagai tahun dasar	Miliar
X_3	Jumlah Kendaraan Bermotor	Jumlah dari beberapa jenis kendaraan, yaitu mobil penumpang, mobil bus, mobil barang, dan sepeda motor.	Unit

Metode Analisis

Model IPAT

Penelitian mengenai dampak suatu lingkungan dapat dijelaskan dengan menggunakan model IPAT (*Impact-Population-Affluence-Technology*). Model IPAT merupakan kerangka kerja konseptual yang digunakan untuk mengetahui dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan hidup. Model IPAT pertama kali dirumuskan oleh Ehrlich dan Holdren pada tahun 1972. Dalam model ini menjelaskan bahwa dampak lingkungan terjadi dari interaksi tiga faktor utama, yaitu penduduk, pendapatan, dan teknologi, yang dapat dituliskan ke dalam persamaan sebagai berikut (Anjani, 2013).

$$I = P \times A \times T \quad (1)$$

Dengan I adalah dampak lingkungan, P adalah penduduk, A merupakan pendapatan, dan T adalah teknologi. Model IPAT bertujuan untuk mengetahui interaksi antara populasi, tingkat pendapatan, dan teknologi berkontribusi terhadap dampak terhadap lingkungan.

Indeks Kualitas Lingkungan Hidup

IKLH merupakan indikator pengelolaan lingkungan hidup tingkat nasional yang digunakan sebagai sumber informasi untuk mendukung proses pengambilan kebijakan terkait perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021). Indikator yang digunakan untuk menghitung IKLH, yaitu Indeks Kualitas Air (IKA), Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Lahan (IKTL), dan Indeks Kualitas Air Laut (IKAL).

Menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Selatan (2022) kualitas lingkungan di Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 2022 mendapatkan predikat baik dengan nilai IKLH sebesar 72.04% dan telah memenuhi target RPJMD Provinsi Kalimantan Selatan. Namun, nilai indikator menunjukkan kualitas air dan kualitas masih berada pada predikat sedang atau belum mencapai target RPJMD. Selain itu, terdapat perbedaan kondisi IKLH antar kabupaten/kota, di mana beberapa wilayah mengalami penurunan nilai IKLH dibandingkan tahun sebelumnya. Perbedaan ini mengindikasikan adanya ketidakseimbangan kualitas lingkungan antarwilayah serta perlunya analisis lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang memengaruhinya.

Jumlah Penduduk

Peningkatan jumlah penduduk sering kali diiringi dengan peningkatan aktivitas yang mempengaruhi lingkungan, seperti produksi limbah rumah tangga dan ekspansi lahan. Menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) (2022), Indonesia menghasilkan 21,1 juta ton timbulan sampah dengan sekitar 38.3% diantaranya berasal dari sumber timbulan sampah rumah tangga. Dampak dari meningkatnya jumlah penduduk tidak hanya terbatas pada volume limbah, tetapi juga berpotensi mendorong pencemaran tanah dan air akibat limbah cair maupun padat yang tidak dikelola dengan baik.

Selain itu, pertambahan penduduk juga meningkatkan kebutuhan lahan untuk berbagai aktivitas manusia, mulai dari permukiman hingga kegiatan ekonomi. Ekspansi penggunaan lahan tersebut dapat menyebabkan perubahan struktur ekosistem dan menurunkan kualitas lahan. Dengan demikian, dinamika jumlah penduduk berkontribusi langsung maupun tidak langsung terhadap kualitas air, udara, dan lahan yang akhirnya tercermin dalam nilai IKLH.

Produk Domestik Regional Bruto

Menurut Badan Pusat Statistik, salah satu indikator untuk mengetahui kondisi ekonomi suatu daerah dalam periode tertentu adalah PDRB, baik atas dasar harga konstan maupun harga berlaku. Peningkatan PDRB umumnya mencerminkan pertumbuhan ekonomi melalui ekspansi sektor industri, perdagangan, transportasi, dan aktivitas produksi lainnya. Namun, pertumbuhan ekonomi tersebut tidak jarang menimbulkan tekanan terhadap lingkungan apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.

Pada penelitian Damayanti & Chamid (2016) menunjukkan bahwa PDRB berpengaruh negatif terhadap IKLH, artinya semakin tinggi PDRB di suatu wilayah maka kualitas lingkungan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya emisi dari aktivitas industri, bertambahnya mobilitas penduduk yang memperbesar polusi udara, serta limbah yang dihasilkan dari sektor industri maupun rumah tangga. Dengan demikian, meskipun peningkatan PDRB mencerminkan keberhasilan ekonomi suatu wilayah, pertumbuhan ini sering kali diiringi dengan dampak lingkungan yang tidak diantisipasi dengan baik, sehingga berpotensi menurunkan kualitas air, udara, dan lahan yang pada akhirnya berdampak pada nilai IKLH.

Transportasi Darat

Transportasi merupakan sumber pencemaran terbesar yang disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor. Hal tersebut berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023), pencemaran udara terbesar berasal dari kendaraan yaitu sebesar 44%.

46 Pemodelan Regresi Spasial Berbasis Area Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Provinsi Kalimantan Selatan

Selanjutnya, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menyumbang sebesar 34%. Pencemaran udara yang dominan dari sektor transportasi darat dapat memberikan dampak serius terhadap kualitas udara. Emisi gas dan partikel dari kendaraan bermotor yang dilepaskan dapat menciptakan polusi udara yang merugikan, seperti mempengaruhi kesehatan manusia dan ekosistem sekitarnya. Adanya polutan seperti karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan partikular dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan berkontribusi pada perubahan iklim.

Prinsip Ketetanggaan Dalam Spasial

Matriks pembobot spasial merupakan matriks yang menggambarkan suatu hubungan kedekatan antar wilayah atau lokasi pengamatan yang berukuran $n \times n$, yang mana n adalah banyaknya lokasi (Nada, 2022). Matriks pembobot spasial memiliki beberapa metode untuk mengetahui hubungan spasial antar lokasi, yaitu pembobot jarak (*distance*) dan pembobot ketetanggaan (*Neighborhood*). Pembobot ketetanggaan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu *rook contiguity*, *bishop contiguity*, dan *queen contiguity*.

Pada penelitian ini digunakan matriks pembobot tipe *queen contiguity* karena provinsi Kalimantan Selatan memiliki wilayah-wilayah yang berdekatan dan berbatasan langsung satu sama lain, sehingga dapat mencakup ketetanggaan yang menyeluruh, baik melalui sisi maupun sudut wilayah. Pemilihan *queen contiguity* juga didukung oleh temuan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa fenomena lingkungan, seperti penurunan kualitas air, udara, maupun lahan, memiliki kecenderungan menyebar ke berbagai arah dan tidak terbatas pada batas sisi saja. Oleh karena itu, matriks ini dianggap paling sesuai untuk menggambarkan pola ketergantungan spasial antar kabupaten/kota, di mana dampak lingkungan pada satu wilayah dapat mempengaruhi kualitas wilayah di sekitarnya tanpa memandang bentuk batas geografisnya.

Autokorelasi Spasial

Autokorelasi spasial adalah perkiraan antara nilai pengamatan yang berhubungan dengan lokasi spasial pada variabel yang sama. Jika setiap lokasi yang diamati menunjukkan ketergantungan satu sama lain dalam ruang, maka dapat dinyatakan memiliki autokorelasi secara spasial. Rumus Indeks Moran's sebagai berikut.

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

keterangan:

- x_i : data variabel lokasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$)
 x_j : data variabel lokasi ke- j ($= 1, 2, \dots, n$)
 \bar{x} : rata-rata data

Lagrange Multiplier

Lagrange Multiplier digunakan untuk mendeteksi adanya interaksi spasial terhadap model yang digunakan. Pengujian ini sebagai landasan untuk memilih model regresi spasial berbasis area yang tepat. Pada uji LM dapat menjelaskan adanya autokorelasi spasial pada *lag*, *error*, atau pada keduanya (*lag* dan *error*). Hal tersebut dikarenakan terdapat parameter-parameter spasial yang diidentifikasi, yaitu ρ (paramater spasial *lag*) dan λ (parameter spasial *error*). Berikut kriteria untuk menentukan model yang sesuai berdasarkan uji LM:

- Jika hanya LM *lag* yang menunjukkan tolak hipotesis nol, maka model yang digunakan adalah Model *Spatial Autoregressive* (SAR).
- Jika hanya LM *error* yang menunjukkan tolak hipotesis nol, maka model yang digunakan adalah Model *Spatial Error* (SEM).
- Jika hanya LM SARMA yang menunjukkan tolak hipotesis nol, maka model yang digunakan adalah Model *Spatial Autoregressive Moving Average* (SARMA).

Regresi Spasial Berbasis Area

Regresi spasial merupakan metode statistik untuk memodelkan suatu fenomena yang dipengaruhi oleh beberapa faktor dengan mempertimbangkan pengaruh lokasi atau wilayah. Model umum Regresi Spasial berbasis area sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} \\ \mathbf{u} &= \lambda \mathbf{W} \mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon} \end{aligned} \quad (3)$$

dimana:

\mathbf{y} : vektor variabel respon, berukuran $n \times 1$

ρ : koefisien spasial lag dari variabel prediktor

λ : koefisien spasial *error*

\mathbf{W} : matriks pembobot spasial, berukuran $n \times n$

\mathbf{X} : matriks variabel prediktor, berukuran $n \times (k + 1)$

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

\mathbf{u} : vektor *error* dengan ketergantungan spasial, berukuran $(n \times 1)$

$\boldsymbol{\varepsilon}$: vektor *error*, berukuran $n \times 1$

\mathbf{I} : matriks identitas berukuran $n \times n$

Spatial Autoregressive Model (SAR)

SAR atau *Spatial Lag Model* (SLM) adalah salah satu model spasial berbasis area dengan mengombinasikan model regresi sederhana dengan spatial *lag* yang terdapat korelasi spasial. Model SAR terbentuk apabila $\rho \neq 0$ dan $\lambda = 0$, sehingga persamaan terbentuk sebagai berikut (Yasin, et al., 2020).

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (4)$$

Estimasi parameter pada model SAR menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Berikut estimasi parameter $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ pada model SAR.

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} - (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \rho \mathbf{W} \mathbf{y} \quad (5)$$

Spatial Error Model (SEM)

SEM merupakan model spasial berbasis area yang mempertimbangkan pengaruh spasial *error* antar pengamatan, dimana pada *error* terdapat korelasi spasial. Model SEM terbentuk apabila $\rho = 0$ dan $\lambda \neq 0$, dengan persamaan yang terbentuk adalah

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} \\ \mathbf{u} &= \lambda \mathbf{W} \mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon} \end{aligned} \quad (6)$$

Estimasi parameter SEM menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Berikut estimasi parameter $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ pada model SEM.

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W})^T (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W}) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W})^T (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W}) \mathbf{y} \quad (7)$$

Spatial Autoregressive Moving Average (SARMA)

SARMA merupakan regresi spasial mengasumsikan bahwa pengaruh spasial bergantung pada variabel respons dan sisaan (*error*). Model SARMA digunakan untuk menganalisis data *cross section* dengan matriks pembobot spasial sebagai bentuk hubungan antar daerah (Huang, 1984 dalam Lispani, et al., 2018). Model SARMA terbentuk apabila $\rho \neq 0$ dan $\lambda \neq 0$, dengan persamaan sebagai berikut (Zaman, 2015)

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} \\ \mathbf{u} &= \lambda \mathbf{W} \mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon} \end{aligned} \quad (8)$$

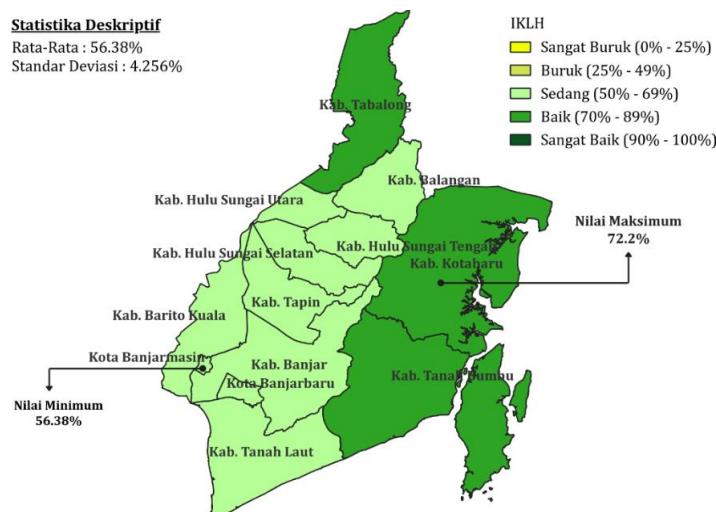
Estimasi parameter SEM menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Berikut estimasi parameter $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ pada model SEM.

$$\hat{\beta} = (X^T(I - \lambda W)^T(I - \lambda W)X)^{-1} X^T (I - \lambda W)^T(I - \lambda W)(I - \rho W) \quad (9)$$

Hasil dan Pembahasan

Analisis Deskriptif

Karakteristik dari faktor-faktor yang mempengaruhi IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2022 dapat ditunjukkan menggunakan peta tematik. Persebaran spasial pada IKLH dikelompokkan menjadi lima kategori yaitu sangat buruk, buruk, sedang, baik, dan sangat baik dengan batas-batas yang ditentukan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

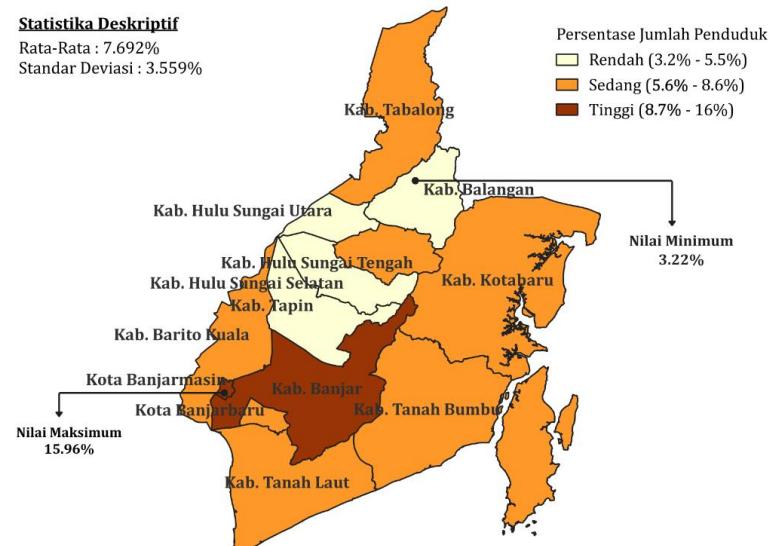


Gambar 2. Peta Tematik Indeks Kualitas Lingkungan Hidup di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022

Berdasarkan pada Gambar 2, pengelompokan IKLH di Kalimantan Selatan terbagi dua kategori dari lima kategori yang ada, yaitu kategori baik dan kategori sedang. Dari 13 kabupaten/kota yang terdapat di Provinsi Kalimantan Selatan, tiga kabupaten/kota diantaranya masuk dalam kategori baik, yang menunjukkan bahwa memiliki nilai IKLH dalam rentang 70% – 89%. Sedangkan, 10 kabupaten/kota lainnya dikategorikan sedang, yang berarti memiliki nilai IKLH antara 50% hingga 69%. Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Tabalong, dan Kabupaten Kotabaru dikategorikan sebagai wilayah dengan IKLH yang baik. Sedangkan, Kabupaten Balangan, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kabupaten Banjar, Kabupaten Tanah Laut, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Tapin, Kabupaten Barito Kuala, Kota Banjarbaru, dan Kota Banjarmasin dikategorikan sebagai wilayah dengan kualitas lingkungan hidup yang sedang. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di wilayah tersebut belum dikatakan baik, tapi juga tidak terlalu buruk, sehingga perlu mendapatkan perhatian lebih dan upaya untuk meningkatkan kualitas lingkungannya.

Wilayah yang memiliki IKLH kategori sedang cenderung berada di wilayah yang berdekatan, seperti Kabupaten Balangan, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kabupaten Tapin, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Banjar, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Tanah Laut, Kota Banjarbaru, dan Kota Banjarmasin. Kondisi ini mungkin berkaitan dengan rendahnya Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL), khususnya di daerah Hulu Sungai Selatan, Barito Kuala Hulu Sungai Utara, dan Hulu Sungai Tengah yang menunjukkan kualitas lahan yang tidak memadai. Selain itu, wilayah yang memiliki IKLH kategori baik cenderung berada di wilayah yang berdekatan, yaitu Kabupaten Tanah Bumbu dan Kabupaten Kotabaru. Pada wilayah tersebut berada daerah pesisir yang dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas lingkungan. Kedekatan ini biasanya menghasilkan udara yang lebih bersih dan akses ke sumber daya alam yang

berkelanjutan, yang mendukung kesejahteraan penduduk setempat. Hal tersebut menunjukkan bahwa IKLH di suatu kabupaten/kota bisa saja bergantung pada IKLH di kabupaten/kota yang berdekatan. Dengan kata lain, KLH pada suatu kabupaten/kota tidak bersifat independen, melainkan menunjukkan adanya ketergantungan terhadap kondisi lingkungan pada wilayah yang berdekatan. Ketergantungan spasial ini dapat timbul karena tekanan lingkungan seperti pertumbuhan penduduk, aktivitas ekonomi, dan intensitas kendaraan bermotor yang memberikan dampak tidak hanya pada wilayah asal, tetapi juga pada wilayah di sekitarnya. Temuan ini konsisten dengan penelitian Hidayati dan Zakianis (2022), yang menunjukkan adanya keterkaitan spasial dalam kualitas lingkungan, sehingga menguatkan bahwa faktor-faktor tersebut turut membentuk pola pengelompokan IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan.

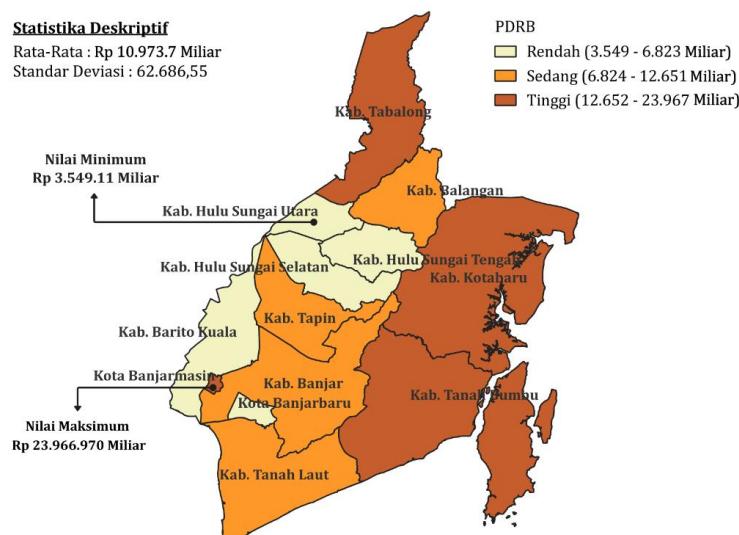


Gambar 3. Peta Tematik Persentase Jumlah Penduduk di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022

Persebaran spasial persentase penduduk dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu kategori tinggi, kategori sedang dan kategori rendah dengan batas-batas yang ditentukan berdasarkan metode klasifikasi Natural Breaks. Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa persebaran persentase penduduk di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2022 sebagian besar dari kabupaten/kota yang termasuk dalam kategori sedang yang berarti memiliki persentase dalam rentang 5.6% – 8.6%. Kabupaten/kota tersebut yaitu Kabupaten Tabalong, Kabupaten Kotabaru, , Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Tanah Laut, dan Kabupaten Hulu Sungai Tengah. Persentase jumlah penduduk yang memiliki kategori tinggi dalam rentang 8.7% – 16%, yaitu Kota Banjarmasin dan Kota Banjarbaru. Selain itu, persentase penduduk di Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kabupaten Balangan, Kabupaten Tapin, dan Hulu Sungai Selatan dikategorikan rendah yang berarti memiliki persentase dalam rentang 3.2% – 5.5%.

Wilayah yang memiliki persentase penduduk cenderung sedang berada di wilayah yang berdekatan, seperti Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kabupaten Tanah Bumbu, Kota Banjarbaru dan Kabupaten Tanah Laut. Sama halnya dengan wilayah yang memiliki persentase penduduk cenderung tinggi berada di wilayah yang berdekatan, yaitu Kabupaten Banjar dan Kota Banjarmasin. Hal ini dikarenakan memiliki fasilitas publik dan pusat layanan di Kabupaten Banjar dan Kota Banjarmasin yang baik dan memadai sehingga mempengaruhi keputusan penduduk untuk menetap di wilayah tersebut. Wilayah yang memiliki persentase penduduk cenderung rendah juga berada di wilayah yang berdekatan, seperti Kabupaten Tapin, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Utara, dan Kabupaten Balangan. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penduduk di suatu kabupaten/kota bisa saja bergantung pada persentase penduduk di kabupaten/kota yang berdekatan.

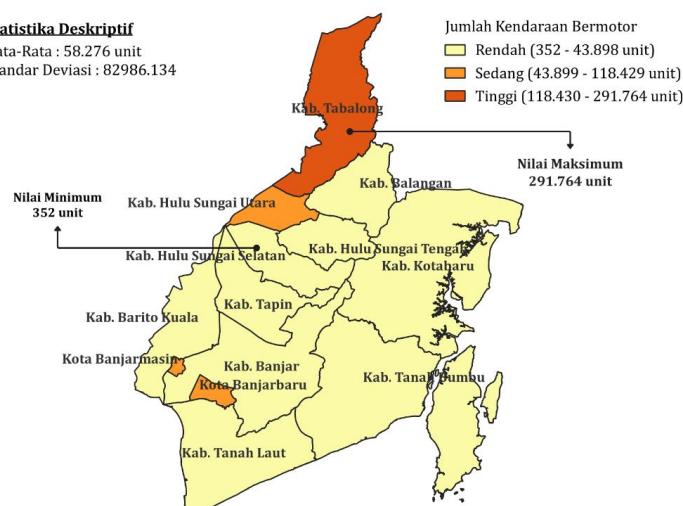
50 Pemodelan Regresi Spasial Berbasis Area Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Provinsi Kalimantan Selatan



Gambar 4. Peta Tematik PDRB di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022

Persebaran spasial PDRB di Provinsi Kalimantan Selatan dikelompokkan menjadi 3 kategori yakni kategori tinggi, kategori sedang, dan kategori rendah dengan batas-batas yang ditentukan berdasarkan metode klasifikasi data Natural Breaks. Berdasarkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Kotabaru, Kota Banjarmasin dan Kabupaten Tabalong yang masuk dalam kategori tinggi, yang berarti memiliki nilai PDRB dalam rentang Rp 12.652 – Rp 23.967 miliar. Wilayah Kabupaten Tanah Laut, Kabupaten Banjar, dan Kabupaten Balangan masuk dalam kategori sedang, yaitu memiliki nilai PDRB dalam rentang Rp 6.824 -Rp 12.651 miliar. Sedangkan, wilayah yang nilai PDRB dengan kategori rendah atau memiliki nilai PDRB dalam rentang Rp 3.549 – Rp 6.899 miliar, yaitu Kota Banjarbaru, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Tapin, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, dan Kabupaten Hulu Sungai.

Wilayah-wilayah yang masuk dalam nilai PDRB yang rendah berada di wilayah yang berdekatan, yaitu Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Tapin, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, dan Kabupaten Hulu Sungai. Sama halnya dengan wilayah dengan nilai PDRB tinggi juga cenderung berada di wilayah yang berdekatan, yaitu Kabupaten Kotabaru dan Kabupaten Tanah bumbu. Hal tersebut menunjukkan bahwa PDRB di suatu kabupaten/kota bisa saja bergantung pada PDRB di kabupaten/kota yang berdekatan.



Gambar 5. Peta Tematik Jumlah Kendaraan Bermotor di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022

Persebaran spasial jumlah kendaraan bermotor di Provinsi Kalimantan Selatan dikelompokkan menjadi 3 kategori yakni kategori tinggi, sedang, rendah dengan batas-batas yang ditentukan berdasarkan metode klasifikasi data *Natural Breaks* (Jenks). Berdasarkan Gambar 5 persebaran jumlah kendaraan bermotor di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2022 sebagian besar dari kabupaten/kota yang termasuk dalam kategori rendah, yaitu jumlah kendaraan bermotor dalam rentang 352 – 43898 unit. Wilayah yang memiliki jumlah kendaraan bermotor yang rendah berada di wilayah yang berdekatan, yaitu Kabupaten Balangan, Kabupaten Kotabaru, Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Tanah Laut, Kabupaten Banjar, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Tapin, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, dan Kabupaten Hulu Sungai Tengah. Wilayah yang masuk dalam kategori tinggi atau jumlah kendaraan bermotor dalam rentang 118430 – 291764 unit, yaitu Kabupaten Tabalong. Sedangkan wilayah yang masuk dalam kategori sedang atau memiliki jumlah kendaraan bermotor dalam rentang 43899 – 118429 unit, yaitu Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kota Banjarbaru, dan Kota Banjarmasin.

Pendeteksian Multikolinieritas

Pendeteksian multikolinieritas bertujuan untuk mengetahui adanya korelasi antar variabel prediktor. Adanya multikolinieritas pada variabel prediktor akan mengakibatkan standar *error* yang lebih besar. Pendekripsi multikolinieritas dilakukan dengan menggunakan nilai Korelasi Pearson. Adapun hasil pengujian multikolinieritas dengan menggunakan Korelasi Pearson sebagai berikut.

Tabel 2 . Nilai Korelasi Pearson Pada Variabel Prediktor

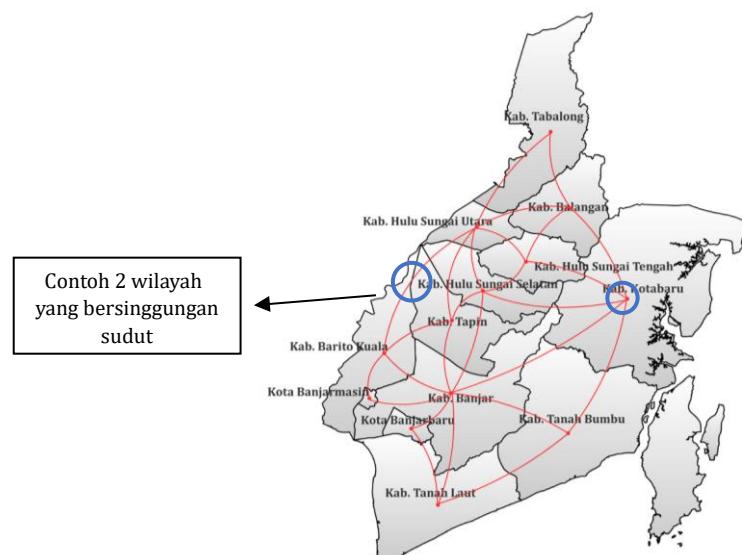
Variabel	X_1	X_2	X_3
X_1	1	0.652	0.573
X_2	0.652	1	0.338
X_3	0.573	0.338	1

Menurut Gujarati (1995) dalam Putri (2016) pendekripsi multikolinieritas dapat dilihat dari nilai Korelasi Peatson, apabila nilai korelasi pearson yang diperoleh kurang dari 0.8 maka tidak terdapat masalah multikolinieritas pada data yang digunakan. Dari hasil Tabel 2 diperoleh semua nilai Korelasi Pearson antar variabel prediktor menunjukkan kurang dari 0.8, sehingga dapat dikatakan bahwa tidak terdapat masalah multikolinieritas.

Matriks Pembobot Spasial

Sebelum melakukan pengujian efek spasial, diperlukan pembobotan untuk menunjukkan ketetanggaan antar wilayah. Jenis pembobot yang berbeda akan menghasilkan autokorelasi spasial yang berbeda. Pada penelitian ini, matriks pembobot spasial menggunakan prinsip ketetanggan yaitu matriks *queen contiguity*, yang menggabungkan antara matriks *rook contiguity* dan matriks *bishop contiguity*. Adapun peta ketetanggan kabupaten/kota Provinsi Kalimantan Selatan dengan *queen contiguity* sebagai berikut.

52 Pemodelan Regresi Spasial Berbasis Area Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Provinsi Kalimantan Selatan



Gambar 6. Peta Ketetanggaan Kabupaten/Kota Provinsi Kalimantan Selatan Berdasarkan Queen Contiguity

Berdasarkan peta ketetanggaan pada Gambar 6 menunjukkan ketetanggaan kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Selatan berdasarkan sisi dan sudut yang bersinggungan antar wilayah. Sebagai contoh wilayah Kabupaten Barito Kuala bersinggungan sisi dengan Kota Banjarmasin, Kabupaten Banjar, dan Kabupaten Tapin. Selain itu, Kabupaten Barito Kuala juga bersinggungan sudut dengan Kabupaten Hulu Sungai Utara. Adapun ketetanggaan spasial kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Selatan disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3 . Wilayah Ketetanggaan Kabupaten/Kota Berdasarkan Queen COnitivity di Provinsi Kalimantan Selatan

No.	Kabupaten/Kota	Ketetanggaan
1.	Kab. Tanah Laut	Kota Banjarbaru, Kab. Banjar, dan Kab. Tanah Bumbu
2.	Kab. Kota Baru	Kab. Tanah Bumbu, Kab. Banjar, Kab. Hulu Sungai Tengah, Kab. Hulu Sungai Selatan, Kab. Balangan
3.	Kab. Banjar	Kab. Tanah Laut, Kota Banjarbaru, Kab. Banjarmasin, Kab. Barito Kuala, Kab. Tapin, Kab. Tanah Bumbu, Kab. Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Kota Baru
4.	Kab.Barito Kuala	Kota Banjarmasin, Kab. Banjar, Kab. Tapin, Kab. Hulu Sungai utara
5.	Kab. Tapin	Kab. Banjar, Kab. Barito Kuala, Kab. Hulu Sungai Selatan, Kab. Hulu Sungai Utara
6.	Kab. Hulu Sungai Selatan	Kab. Tapin, Kab. Hulu Sungai Utara, Kab. Hulu Sungai Tengah, Kab. Kotabaru, Kab. Banjar
7.	Kab. Hulu Sungai Tengah	Kab. Hulu Sungai Selatan, Kab. Hulu Sungai Utara, Kab. Kotabaru, Kab. Balangan
8.	Kab. Hulu Sungai Utara	Kab. Tabalong, Kab Balangan, Kab. Hulu Sungai Tengah, Kab. Hulu Sungai Selatan, Kab. Tapin, Kab. Barito kuala
9.	Kab. Tabalong	Kab. Hulu Sungai Utara, Kab. Balangan
10.	Kab. Tanah Bumbu	Kab. Tanah Laut, Kab. Banjar, Kab. Kotabaru
11.	Kab. Balangan	Kab. Tabalong, Kab. Hulu Sungai Utara, Kab. Hulu Sungai Tengah, Kab. Kotabaru
12.	Kota Banjarmasin	Kab. Barito Kuala, Kab. Banjar
13.	Kota Banjarbaru	Kab. Banjar, Kab. Tanah Laut

Pada Tabel 3 menunjukkan ketetanggaan spasial 13 kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Selatan berdasarkan *queen contiguity*. Kabupaten Banjar merupakan kabupaten yang memiliki jumlah tetangga paling banyak sebesar 8 tetangga. Kabupaten Banjar bertetangga dengan Kabupaten Tanah Laut, Kota Banjarbaru, Kabupaten Banjarmasin, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Tapin, Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Kota Baru.

Berdasarkan Tabel 3 dapat diubah dalam bentuk matriks untuk ketetanggaan yang dimiliki setiap kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Selatan. Pada matriks *queen contiguity* akan bernilai 1 apabila lokasi pengamatan bersinggungan sisi atau sudut dengan lokasi tetangga dan apabila tidak bersinggungan sisi atau sudut maka akan bernilai 0. kemudian, melakukan standarisasi dengan cara membagi setiap elemen matriks dengan jumlah ketetanggaan pada setiap barisnya. Adapun bentuk matriks ketetanggaan spasial yang diperoleh sebagai berikut.

$$W = \begin{bmatrix} & w_1 & w_2 & w_3 & w_4 & w_5 & w_6 & w_7 & w_8 & w_9 & w_{10} & w_{11} & w_{12} & w_{13} \\ w_1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ w_2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ w_3 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ w_4 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ w_5 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_6 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_7 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ w_8 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ w_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ w_{10} & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_{11} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_{12} & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_{13} & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Pengujian Autokorelasi Spasial

Pengujian autokorelasi spasial digunakan untuk mengetahui adanya ketergantungan spasial antar lokasi pengamatan pada variabel IKLH. Apabila terdapat ketergantungan spasial, maka asumsi dari regresi spasial telah terpenuhi sehingga analisis yang digunakan adalah regresi spasial. Adapun hasil dari pengujian autokorelasi spasial menggunakan indeks moran disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Autokorelasi Spasial

Moran's I	Z(I)	E(I)	Var(I)	p-value
0.2050	6.565	-0.833	0.0267	0.03365

Pengambilan keputusan dengan membandingkan nilai $Z(I)$ dan $Z_{\alpha/2}$. Dalam penelitian ini menggunakan $\alpha = 5\%$, maka berdasarkan tabel Z diperoleh $Z_{0.05/2} = 1.964$. Hal ini menunjukkan bahwa $|Z(I)| > Z_{0.05/2}$ yang berarti H_0 ditolak. Selain itu, dapat juga dilihat dengan nilai *p-value* berdasarkan Tabel 4.3 yang menunjukkan *p-value* sebesar 0.03365 yang berarti bahwa kurang dari taraf signifikan ($\alpha = 5\%$). Hal ini menunjukkan bahwa H_0 ditolak, yang berarti terdapat autokorelasi spasial antar lokasi pengamatan.

Identifikasi Model Spasial

Identifikasi model regresi spasial berbasis area dilakukan dengan pengujian *lagrange multiplier*. Pada uji LM digunakan untuk mendekripsi ketergantungan spasial pada *lag*, *error*, atau keduanya (*lag* dan *error*). Berikut hasil pengujian *lagrange multiplier* menggunakan matriks pembobot spasial queen contigity yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Lagrange Multiplier

Uji LM	p-value
LM lag	0.649
LM error	0.307
LM SARMA	0.018

Identifikasi model spasial dapat dilihat dari nilai *p-value* pada masing-masing uji LM lag, uji LM error, dan uji LM SARMA. Hasil uji LM pada Tabel 4.4 menunjukkan nilai *p-value* pada LM *lag* sebesar 0.649 yang berarti *p-value* > $\alpha = 5\%$. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat ketergantungan spasial pada *lag*. Pada LM *error* diperoleh nilai *p-value* sebesar 0.307, yang berarti *p-value* > $\alpha = 5\%$. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat ketergantungan spasial pada *error*. Sedangkan, pada LM SARMA memperoleh nilai *p-value* sebesar 0.018 yang berarti *p-value* < $\alpha = 5\%$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ketergantungan spasial *lag* dan *error*.

Berdasarkan hasil pengujian *lagrange multiplier* yang diperoleh menunjukkan bahwa uji LM *lag* dan uji LM *error* tidak signifikan, sedangkan uji LM SARMA menunjukkan hasil yang signifikan atau terdapat ketergantungan spasial pada *lag* dan *error*. Sehingga, perlu dilanjutkan analisis regresi spasial berbasis area dengan menggunakan model SARMA.

Pemodelan Spatial Autoregressive Moving Average

Berdasarkan hasil pengujian dependensi spasial menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial antar wilayah pengamatan, sehingga dapat dilakukan analisis menggunakan regresi spasial berbasis area. Setelah dilakukan pengujian Lagrange Multiplier dengan tingkat signifikansi 5% menunjukkan bahwa model yang digunakan untuk analisis IKLH dan faktor yang diduga mempengaruhinya di Provinsi Kalimantan Selatan adalah SARMA. Estimasi parameter model SARMA pada kasus IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022 disajikan pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6 . Estimasi Parameter Model SARMA

Parameter	Estimasi	Std.Error	Z _{hitung}	p-value
β_0	29.351	16.619	1.7662	0.077
β_1	-1.0625	0.22495	-4.7232	2.322×10^{-6}
β_2	5.3897×10^{-4}	1.2182×10^{-4}	4.4242	9.678×10^{-6}
β_3	-2.5290×10^{-5}	6.5224×10^{-6}	-3.8775	0.0001055
ρ	0.61436	0.23998	2.56	0.010468
λ	-1.2782	0.27814	-4.5955	4.3171×10^{-6}

Berdasarkan hasil estimasi parameter pada Tabel 4.5 diperolah hasil uji signifikansi parameter secara parsial. Dengan menggunakan taraf signifikansi sebesar 5%, variabel yang berpengaruh secara signifikan pada model adalah persentase jumlah penduduk (X_1), PDRB (X_2), dan jumlah kendaraan bermotor (X_3). Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase jumlah penduduk, PDRB, dan jumlah kendaraan bermotor berpengaruh terhadap IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan pada Tahun 2022.

Pada parameter (ρ) memiliki *p-value* yang kurang dari taraf signifikan 5% yang berarti parameter (ρ) berpengaruh secara signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa IKLH pada suatu wilayah yang berdekatan memiliki pengaruh terhadap nilai IKLH di wilayah sekitarnya. Kemudian, pada parameter (λ) juga berpengaruh signifikan, yang berarti terdapat pengaruh *error* antar wilayah yang berdekatan terhadap nilai IKLH di wilayah sekitarnya.

Model dugaan regresi spasial Model SARMA yang terbentuk untuk faktor yang diduga berpengaruh terhadap IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan sebagai berikut.

$$\hat{Y} = 0.61436 WY + 29.351 - 1.0625 X_{1i} + (5.3897 \times 10^{-4}) X_{2i} + (-2.5290 \times 10^{-5}) X_{3i} + \hat{u}$$

$$\hat{u} = -1.2782W\hat{u}$$

Adapun hasil nilai *error* ($\hat{\epsilon}$) dan *error* dengan ketergantungan spasial (\hat{u}) di setiap kabupaten/kota sebagai berikut.

Tabel 7. Nilai *Error* ($\hat{\epsilon}$) Dan Nilai *Error* dengan Ketergantungan Spasial (\hat{u}) Pada Model SARMA

Kabupaten/kota	\hat{u}	$\hat{\epsilon}$	Kabupaten/kota	\hat{u}	$\hat{\epsilon}$
Tanah Laut	1.3887	0.8538	Hulu Sungai Utara	-0.7592	-0.5788
Kota Baru	0.4953	0.3592	Tabalong	6.0362	2.1748
Banjar	4.2357	2.7593	Tanah Bumbu	-1.7219	0.8855
Barito Kuala	0.5670	-1.0088	Balangan	-5.2827	-3.4289
Tapin	-2.7102	-0.7126	Banjarmasin	-5.6976	-2.6282
Hulu Sungai Selatan	2.2076	2.5375	Banjarbaru	-3.7692	-0.1747
Hulu sungai Tengah	0.0288	-1.0381			

Setiap kabupaten atau kota memiliki bentuk model SARMA yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan oleh matriks pembobot *queen contiguity* yang menggambarkan hubungan kedekatan antara setiap kabupaten atau kota yang menjadi objek pengamatan. Sebagai contoh, model untuk Kabupaten Tanah laut sebagai berikut

$$\hat{Y}_{tanah\ laut} = 0.61436 \left((w_{Banjar} \times y_{Banjar}) + (w_{Tanah\ Bumbu} \times y_{Tanah\ Bumbu}) + (w_{Banjarbaru} \times y_{Banjarbaru}) \right) + 29.351 - 1.0625 X_{11} + (5.3897 \times 10^{-4}) X_{21} + (-2.5290 \times 10^{-5}) X_{31} + -1.2782 \left((w_{Banjar} \times \hat{u}_{Banjar}) + (w_{Tanah\ Bumbu} \times \hat{u}_{Tanah\ Bumbu}) + (w_{Banjarbaru} \times \hat{u}_{Banjarbaru}) \right)$$

$$\hat{Y}_{tanah\ Laut} = 0.61436 ((0.333 \times 66.03) + (0.333 \times 70.19) + (0.333 \times 61.83)) + 29.351 - (1.0625 (8.63)) + ((5.3897 \times 10^{-4}) (11.053,37)) + ((-2.5290 \times 10^{-5}) (12101)) - 1.2782 ((0.333 \times 4.2357) + (0.333 \times (-1.7219)) + (0.333 \times (-3.7692)))$$

$$\hat{Y}_{tanah\ Laut} = 40.558 + 29.351 - 9.184 + 5.962 - 0.305 + 0.5349$$

$$\hat{Y}_{tanah\ Laut} = 66.926$$

Pada model SARMA untuk Kabupaten Tanah Laut menunjukkan bahwa nilai prediksi IKLH Kabupaten Tanah Laut sebesar 66.926% dengan variabel yang mempengaruhinya adalah persentase jumlah penduduk, PDRB, dan jumlah kendaraan bermotor. Rata rata IKLH di Kabupaten Tanah Laut adalah 29.351% dengan variabel lain diasumsikan konstan. Apabila persentase jumlah penduduk di Kabupaten Tanah Laut mengalami kenaikan sebesar 8.63% maka IKLH di Kabupaten Tanah Laut mengalami penurunan sebesar 9.184 % dengan variabel lain dianggap konstan. Pada variabel PDRB di Kabupaten Tanah Laut apabila mengalami kenaikan 11.053,37 Miliar Rupiah, sedangkan variabel lainnya dianggap konstan maka IKLH di Kabupaten Tanah Laut akan mengalami kenaikan sebesar 5.962%. Pada variabel jumlah kendaraan bermotor apabila mengalami kenaikan 12.101 unit, sedangkan variabel lainnya dianggap konstan maka IKLH mengalami penurunan menjadi 0.305%.

IKLH di Kabupaten Tanah Laut juga dipengaruhi oleh wilayah yang berdekatan dengannya, yaitu Kabupaten Banjar, Kabupaten Tanah Bumbu, dan Kota Banjarbaru yang berpengaruh meningkatkan IKLH di Kabupaten Tanah Laut sebesar 40.558 % dengan yang dilibatkan dalam variabel penelitian ini diasumsikan konstan. Sedangkan, nilai *error* pada lokasi tetangganya

berdasarkan *queen contiguity* (Kabupaten Banjar, Kabupaten Tanah Bumbu, dan Kota Banjarbaru) juga memberikan pengaruh bernilai negatif terhadap IKLH di Kabupaten Tanah Laut. Hal ini menunjukkan bahwa variabel prediktor pada model di kabupaten/kota tetangganya juga memberikan pengaruh tak langsung sehingga saat nilai *error* di kabupaten/kota tetangga mengalami penurunan sebesar 0.14 satuan maka IKLH di Kabupaten Tanah Laut mengalami peningkatan sebesar 0.5349%.

Pengujian Asumsi Residual

Model SARMA akan tepat digunakan apabila memenuhi semua asumsi residual. Asumsi residual yang dipenuhi sama hal nya dengan uji asumsi klasik pada regresi linier, yaitu uji normalitas, uji autokorelasi, dan uji homokedastisitas. Adapun pengujian asumsi dapat disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Asumsi Residual Pada Model SARMA

Uji Asumsi	Statistik Uji	p-value	Keputusan
Uji Homokedastisitas	$BP = 1.334$	0.721	Terima H_0
Uji Normalitas	$JB = 0.323$	0.848	Terima H_0
Uji Autokorelasi	$d = 1.863$	0.891	Terima H_0

Pengujian homokedastisitas pada residual dilakukan menggunakan uji *Breusch-Pagan*. Berdasarkan hasil pengujian homokedastisitas pada Tabel 8, diperoleh *p-value* sebesar 0.721 yang berarti lebih besar dari taraf signifikan 5%. Hal ini menunjukkan bahwa residual pada model SARMA memiliki ragam yang homogen atau tidak terjadi heterokedastisitas.

Pengujian normalitas dilakukan menggunakan uji *Jarque-Bera*. Berdasarkan hasil pengujian asumsi normalitas didapatkan nilai *p-value* sebesar 0.848 yang berarti *p-value* $> \alpha = 5\%$. Hal ini menunjukkan bahwa residual pada model SARMA menyebar normal. Pengujian autokorelasi spasial menggunakan Durbin Watson, untuk mengetahui adanya ketergaantungan spasial pada residual model SARMA. Berdasarkan hasil pengujian autokorelasi spasial pada Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai *p-value* sebesar 0.891 yang berarti *p-value* lebih besar dari taraf signifikan 5%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat autokorelasi spasial pada residual model SARMA.

Ukuran Kebaikan Model

Ukuran kebaikan model yang digunakan dalam penelitian ini adalah koefisien determinasi (R^2). Semakin tinggi nilai koefisien determinasi pada model maka dapat menunjukkan bahwa model tersebut memberikan penjelasan yang baik terhadap keragaman data. Untuk mengukur kebaikan model SARMA menggunakan koefisien determinasi yang diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R^2 &= 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\ &= 1 - \frac{42.05842}{217.3718} \\ &= 0.8065 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diperoleh nilai R^2 sebesar 0.8065 yang artinya 80,65% keragaman data dapat dijelaskan oleh model SARMA. Berdasarkan hasil tersebut model SARMA diperoleh 80,65% mampu menjelaskan IKLH di kabupaten/kota Provinsi Kalimantan Selatan melalui variabel prediktor yang digunakan. Sedangkan, 19.35% berasal dari keragaman data lain yang dapat dijelaskan melalui variabel lain yang memiliki hubungan dengan IKLH. Dibandingkan dengan model regresi linier berganda, koefisien determinasi yang diperoleh sebesar 19.08%, yang berarti lebih kecil dibandingkan model regresi spasial SARMA. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi spasial berbasis area merupakan model terbaik untuk menjelaskan IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan.

Pembahasan

Faktor-faktor dari aktivitas manusia yang diduga mempengaruhi IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan ditentukan berdasarkan model IPAT yaitu persentase jumlah penduduk yang mewakili *Population*, PDRB yang mewakili *Affluence*, dan jumlah kendaraan bermotor yang mewakili *Technology*. Berdasarkan hasil penelitian dengan model SARMA menunjukkan bahwa persentase jumlah penduduk, PDRB, dan jumlah kendaraan bermotor berpengaruh signifikan terhadap IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan. Persamaan model SARMA yang dihasilkan sebagai berikut.

$$\hat{Y} = 0.61436 WY + 29.351 - 1.0625 X_{1i} + (5.3897 \times 10^{-4}) X_{2i} + (-2.5290 \times 10^{-5}) X_{3i} + \hat{u}$$

$$\hat{u} = -1.2782 W\hat{u}$$

Pada model di atas, peningkatan jumlah penduduk sebesar 1% akan mengalami penurunan IKLH sebesar 1.0625%. Hal ini menunjukkan bahwa setiap terjadi peningkatan persentase jumlah penduduk dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan hidup di kabupaten/kota Provinsi Kalimantan Selatan. Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hidayati dan Zakianis (2022) yang menyatakan bahwa semakin banyak jumlah penduduk di suatu wilayah maka dapat mempengaruhi kualitas lingkungan. Selain itu, temuan ini juga mendukung Hadiningrum (2018) yang menemukan hubungan negatif antara kepadatan penduduk dan kualitas lingkungan perkotaan. Pertumbuhan populasi cenderung mendorong aktivitas manusia seperti konsumsi makanan, penggunaan air dan energi. Dari aktivitas manusia yang meningkat ini kemudian berdampak pada peningkatan volume limbah yang dihasilkan. Setiap individu menghasilkan zat sisa atau limbah, sehingga dengan bertambahnya jumlah penduduk maka sampah yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Tanpa sistem pengelolaan limbah yang memadai, aktivitas ini dapat memperburuk kondisi lingkungan melalui polusi udara, tanah, dan air.

Pertumbuhan penduduk meningkatkan kebutuhan lahan untuk pemukiman, infrastruktur, dan aktivitas ekonomi yang sering kali mengurangi tutupan vegetasi serta area resapan air, sehingga menurunkan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*). Jika jumlah penduduk melebihi kapasitas tersebut, kualitas lingkungan akan menurun signifikan. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan pengendalian pertumbuhan penduduk, pengelolaan limbah terintegrasi, dan tata ruang yang seimbang agar dampak negatif pertumbuhan penduduk terhadap lingkungan dapat diminimalisasi.

Pada variabel PDRB berpengaruh positif dan signifikan terhadap IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan. Hal ini menunjukkan bahwa kabupaten/kota yang mengalami peningkatan PDRB satu satuan akan mengalami peningkatan IKLH sebesar 0.00053897%. Hasil penelitian tersebut berbeda dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Damayanti dan Chamid (2022) yang memperoleh adanya pengaruh PDRB secara negatif dan signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup. Namun, terdapat penelitian terdahulu yang sejalan yang dilakukan oleh Ghina Fadhilla (2020) yang menyatakan bahwa PDRB berpengaruh positif dan signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup, yang berarti pertumbuhan ekonomi dapat berjalan seiring dengan peningkatan kesejahteraan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan ekonomi tidak harus selalu berdampak negatif pada lingkungan, terutama apabila diiringi dengan kebijakan dan praktik yang mendukung keberlanjutan. Faktor yang bisa menjelaskan hubungan positif tersebut adalah penerapan konsep *Green Industry* atau Industri Hijau yang dijelaskan dalam Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan Nomor 19 Tahun 2018 tentang Rencana Pembangunan Industri Provinsi Kalimantan Selatan 2018-2038 pada Pasal 1 poin ke-10. Poin tersebut menunjukkan bahwa pemerintah telah menerapkan kebijakan gerakan industri hijau sebagai salah satu upaya untuk menyelaraskan pembangunan dengan pelestarian lingkungan hidup, serta mengutamakan efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan. Penerapan Industri Hijau meliputi penggunaan teknologi ramah lingkungan, efisiensi energi, dan pengelolaan limbah yang baik. Dengan adanya regulasi ini, diharapkan perusahaan-perusahaan di Kalimantan Selatan dapat beroperasi dengan lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas lingkungan hidup

di wilayah tersebut. Hal ini membuktikan bahwa dengan kebijakan yang tepat, pembangunan ekonomi dapat berjalan seiring dengan pelestarian lingkungan, menekankan pentingnya integrasi antara kebijakan ekonomi dan lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.

Pada variabel jumlah kendaraan bermotor memiliki pengaruh negatif terhadap IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan. Hal ini menunjukkan bahwa kabupaten/kota apabila jumlah kendaraan bermotor mengalami peningkatan satu satuan maka IKLH akan mengalami penurunan sebesar 0.00002529%. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan Awwalina Hidayati dan Ziakianis (2022) yang menyatakan bahwa transportasi darat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai IKLH. Transportasi merupakan salah satu sumber pencemar lingkungan terbesar yang disebabkan oleh aktivitas dari kendaraan bermotor. Emisi gas buang dari kendaraan bermotor mengandung berbagai zat berbahaya seperti karbon monoksida, nitrogen oksida, hidrokarbon, dan partikel halus yang dapat menyebabkan masalah kesehatan serius bagi manusia dan dapat merusak ekosistem. Selain dari polusi yang ditimbulkan dari kendaraan, limbah dari kendaraan bermotor juga memberikan pengaruh terhadap kualitas lingkungan.

Jika dibandingkan dengan penelitian sejenis, hasil ini konsisten dengan temuan Arsyad et al. (2019) yang menyatakan bahwa peningkatan jumlah kendaraan bermotor menjadi faktor dominan dalam penurunan indeks kualitas udara di kota-kota besar Indonesia. Perbandingan dengan penelitian terdahulu memperkuat kesimpulan bahwa kendaraan bermotor berkontribusi besar terhadap degradasi lingkungan. Kebaruan penelitian ini terletak pada pembuktian bahwa dampak negatif kendaraan bermotor tidak hanya berlaku di wilayah perkotaan besar, tetapi juga nyata terjadi di tingkat kabupaten/kota di Kalimantan Selatan, serta terbukti memiliki keterkaitan spasial antarwilayah melalui model SARMA.

Implikasinya, diperlukan kebijakan terpadu yang mencakup pengendalian jumlah kendaraan bermotor, penerapan teknologi ramah lingkungan, peningkatan transportasi publik, dan kerja sama antarwilayah dalam mengurangi polusi. Dengan demikian, dampak negatif kendaraan bermotor terhadap IKLH dapat diminimalisasi, sekaligus mendukung pencapaian target pembangunan berkelanjutan.

Pada model SARMA perubahan nilai IKLH di suatu kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Selatan dapat berpengaruh signifikan terhadap nilai IKLH di kabupaten/kota tetangganya. Hal tersebut karena faktor-faktor lingkungan sering kali tidak mengenal batas administratif dan dapat menyebar melalui berbagai media, seperti air, udara, dan tanah. Misalnya, polusi udara dari kendaraan bermotor atau industri di satu daerah dapat berpindah ke daerah lain melalui angin. Demikian pula, pencemaran sungai di satu wilayah dapat mengalir ke wilayah hilir yang bertetanggaan. Selain itu, kebijakan lingkungan dan upaya pelestarian yang dilakukan di satu kabupaten/kota juga dapat memberikan dampak positif terhadap kabupaten/kota lain di sekitarnya, terutama jika terdapat kerja sama antar-daerah dalam pengelolaan lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting bagi pemerintah daerah untuk bekerja sama dalam merancang dan menerapkan kebijakan lingkungan yang efektif untuk meningkatkan IKLH secara keseluruhan.

Selain itu, nilai *error* dari suatu kabupaten/kota dapat berpengaruh signifikan terhadap nilai IKLH di kabupaten/kota tetangganya. Nilai *error* menandakan bahwa adanya faktor-faktor lain yang mempengaruhi IKLH yang belum dijelaskan oleh model. Oleh karena itu, apabila terjadi peningkatan nilai *error* sebesar satu satuan di kabupaten/kota tetangga dapat menurunkan IKLH sebesar 1,2782% di kabupaten/kota lain, sehingga memperlihatkan betapa kuatnya pengaruh eksternal suatu wilayah terhadap kualitas lingkungan wilayah sekitarnya.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa faktor jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor memberikan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan hidup, sedangkan PDRB justru berkontribusi positif berkat adanya kebijakan pembangunan berkelanjutan di Provinsi Kalimantan Selatan. Temuan ini berbeda dari sebagian besar penelitian terdahulu, yang umumnya menemukan hubungan negatif antara PDRB dan kualitas lingkungan, sehingga menunjukkan adanya dinamika baru dalam hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kondisi lingkungan di Kalimantan Selatan. Selain itu, penggunaan model SARMA dalam

penelitian ini memberikan nilai tambah metodologis karena mampu menangkap pengaruh spasial *lag* dan *error* secara simultan, sesuatu yang belum banyak diterapkan pada studi IKLH sebelumnya. Model ini mengungkap adanya keterkaitan spasial antarwilayah, di mana perubahan kualitas lingkungan di satu kabupaten/kota dapat memengaruhi daerah di sekitarnya. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperluas temuan empiris mengenai faktor-faktor yang memengaruhi IKLH, tetapi juga menawarkan pendekatan analitis yang lebih kuat dalam memahami dinamika spasial kualitas lingkungan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa IKLH di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2022 dengan kategori baik terjadi di Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Kotabaru, dan Kabupaten Tabalong dalam rentang 70% - 89%. Sedangkan, kabupaten/kota lainnya masuk dalam kategori sedang. Untuk variabel persentase jumlah penduduk dengan kategori tinggi terjadi di Kabupaten Banjar dan Kota Banjarbaru dalam rentang 8.7% - 16%. Pada PDRB di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2022 dengan kategori tinggi terjadi di Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Kotabaru, Kota Banjarmasin, dan Kabupaten Tabalong dengan rentang nilai 12.652 - 23.967 miliar rupiah. Untuk variabel jumlah kendaraan bermotor di Provinsi Kalimantan Selatan dengan kategori tinggi hanya terjadi di Kabupaten Tabalong 291.764 unit.

Model SARMA teridentifikasi sebagai model terbaik dengan koefisien determinasi sebesar 80,65%. Model ini membuktikan bahwa variabel persentase jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor berpengaruh negatif signifikan terhadap IKLH, sedangkan PDRB berpengaruh positif signifikan. Selain itu, model SARMA mengungkap adanya keterkaitan spasial, di mana perubahan nilai IKLH di suatu kabupaten/kota dapat memengaruhi wilayah sekitarnya, begitu pula nilai error di suatu wilayah dapat berdampak pada kabupaten/kota tetangga.

Temuan penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan pengetahuan terkait kualitas lingkungan hidup dan analisis spasial. Hasil penelitian ini menemukan bahwa PDRB berpengaruh positif terhadap IKLH, berbeda dari sebagian besar studi terdahulu yang menunjukkan hubungan negatif antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan. Temuan ini memberikan perspektif baru bahwa pembangunan ekonomi di Kalimantan Selatan berpotensi berjalan seiring dengan peningkatan kualitas lingkungan. Selain itu, penggunaan model SARMA menghadirkan kebaruan metodologis karena mampu menangkap pengaruh spasial *lag* dan *error* secara simultan, sehingga memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang dinamika spasial kualitas lingkungan hidup. Dengan demikian, penelitian ini memperkaya literatur mengenai analisis spasial dalam studi lingkungan dan memberikan dasar ilmiah bagi perumusan kebijakan lingkungan yang berbasis wilayah.

Daftar Pustaka

- Agustina, M., Makkulau, Abapihi, B., Wibawa, G. N., Ruslan, & Yahya, I. (2022). Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka di Indonesia Dengan Pendekatan Regresi Spasial. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Terapan (SINTA) VI*, 6. doi:<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/sinta6/article/view/41871>
- Anjani, D. (2013). *Penerapan Model IPAT (Impact-Population-Affluence-Technology) Pada Emisi Karbon Dioksida (CO2) di Asean*. Skripsi, Universitas Airlangga, Surabaya. Dikutip dari <http://repository.unair.ac.id/id/eprint/2975>
- Arsyad, M., Bahri, S., & Suharto, E. (2019). Dampak transportasi darat terhadap kualitas udara perkotaan di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 25(2), 101–112.
- Badan Informasi Geospasial (BIG). (2023). *Peta Per Wilayah Provinsi Kalimantan Selatan*. Diambil kembali dari <https://tanahair.indonesia.go.id/>
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan (2021). *RPJMD Provinsi Kalimantan Selatan 2021-2026*. BAPPEDA Provinsi Kalimantan Selatan
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). *Provinsi Kalimantan Selatan Dalam Angka 2022*. Banjarbaru: Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan.

60 Pemodelan Regresi Spasial Berbasis Area Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Provinsi Kalimantan Selatan

- Damayanti, R., & Chamid, M. S. (2016). Analisis Pola Hubungan PDRB dengan Faktor Pencemaran Lingkungan di Indonesia Menggunakan Pendekatan Geographically Weighted Regression (GWR). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(1), 2337-3520.
doi:<https://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v5i1.14170>
- Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Selatan. (2022). Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Kalimantan Selatan. Banjarbaru: DLH Prov. Kalimantan Selatan
- Fadhillah, G. (2020). Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Kualitas Lingkungan Hidup . Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah , Ekonomi Pembangunan. Jakarta: Fakultas Ekonomi dan Bisnis uin jakarta. Diambil kembali dari <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/54492>
- Firdaus, I. A. (2017). Pengaruh Pertumbuhan dan Keterbukaan Ekonomi Terhadap Perubahan Kualitas Lingkungan: Analisis Environmental Kuznet Curve (Studi Kasus Negara-Negara Anggota Regional Comprehensive Economic Partnership Tahun 1999-2014). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, 05(02).
doi:<https://jimfeb.ub.ac.id/index.php/jimfeb/article/download/4171/3685>
- Hadiningsrum, S. (2018). *Pemodelan Regresi Spasial Pada Indeks Kualitas Lingkungan Hidup di Jawa Timur Tahun 2015*. Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang. Dikutip dari
<http://repository.ub.ac.id/id/eprint/168701>
- Hidayati, A. Z., & Zakianis. (2022). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Indonesia Tahun 2017-2019. *Jurnal Medika Hutama*, 03(02), 2327-2340. Dikutip dari
<http://jurnalmedikahutama.com/index.php/JMH/article/view/456>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Profil Indeks Kualitas Lingkungan Hidup 2021*. Direktorat Jenderal Pengendalian Pencegahan dan Kerusakan Lingkungan. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Profil Indeks Kualitas Lingkungan Hidup 2022*. Direktorat Jenderal Pengendalian Pencegahan dan Kerusakan Lingkungan. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023). Kemenperin: Polusi Tinggi di Akhir Pekan, Bukan Faktor Kendaraan Bermotor. Dikutip dari <http://ikft.kemenperin.go.id/kemenperin-polusi-tinggi-di-akhir-pekan-bukan-faktor-kendaraan-bermotor/>
- Lispiani, N. M., Sumarjaya, I. W., & Sukarsa, I. k. (2018). Pemodelan Jumlah Tindak Kriminalitas di Provinsi Jawa Timur Dengan Analisis Regresi Spatial Autoregressive And Moving Average. *E-Jurnal Matematika*, 7(4), 346-356.
doi:<https://doi.org/10.24843/MTK.2018.v07.i04.p224>
- Nada, S. (2022). *Perbandingan Matriks Pembobot Spasial Menggunakan Metode Spatial Autoregressive Model (SAR) Pada Kasus Stunting Balita Usia 0-59 Bulan di Indonesia Tahun 2021*. Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah , Jakarta
- Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan. (2018). *Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan Nomor 19 Tahun 2018 tentang Rencana Pembangunan Industri Provinsi Kalimantan Selatan 2018–2038*. Banjarmasin: Sekretariat Daerah.
- Putri, U. A. (2016). *Penanganan Masalah Multikolinearitas Pada Fungsi Produksi Cobb-Douglas Dengan Pendekatan Partial Least Square-Path Modelling*. Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta. Dikutip dari
<http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/43424>
- Saraswati, A. R., & Siagian, T. H. (2020). Modeling Kualitas Lingkungan Hidup di Indonesia Tahun 2017: Suatu Upaya Pencapaian SDGs. *Seminar Nasional Official Statistics 2019*, 2019(1), 315-324.
doi:<https://dx.doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2019i1.213>
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). (2022). *Grafik Komposisi Sampah Berdasarkan Sumber Sampah*. Jakarta: Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Diambil kembali dari <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/sumber>
- Yanuari, A. (2013). *Perbandingan Pengujian Efek Spasial dengan Lagrange Multiplier dan Robust Lagrange Multiplier Pada Pemilihan Model Regresi Dependensi Spasial*. Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang. Dikutip dari
<http://repository.ub.ac.id/id/eprint/153430>
- Yasin, H., Warsito, B., & Hakim, A. R. (2020). *Regresi Spasial (Aplikasi dengan R)*. Pekalongan: Wade Group.
- Zaman, A. N. (2015). *Penerapan Spatial Autoregressive Moving Average (SARMA) dengan Kasus Multikolinieritas Pada Data Pengangguran di Jawa Timur Tahun 2012*. Skripsi, Universitas Brawijaya, Malaang. Dikutip dari
<http://repository.ub.ac.id/id/eprint/154541/>