

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif-deskriptif dengan pendekatan *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) yang difokuskan pada analisis spasial kesejahteraan masyarakat menggunakan perangkat lunak QGIS. Metodologi KDD digunakan karena penelitian ini bertujuan menemukan pengetahuan baru (*spatial pattern discovery*) dari kumpulan data statistik kesejahteraan dan data spasial wilayah administrasi di Provinsi Sumatera Barat. Melalui pendekatan ini, proses analisis dilakukan secara bertahap mulai dari pengumpulan data, pembersihan data, integrasi data spasial, analisis autokorelasi spasial (Moran's I dan LISA), hingga penyajian hasil dalam bentuk WebGIS interaktif.

Tahapan utama dalam proses KDD yang diadaptasi dalam penelitian ini sesuai dengan Gambar 2.1 yang mencakup:

1. *Data Selection*: Pemilihan data berdasarkan indikator kesejahteraan masyarakat dari sumber data resmi (BPS Sumatera Barat, 2024).
2. *Data Pre-processing*: Pembersihan dan normalisasi data untuk menghilangkan inkonsistensi dan menyesuaikan format spasial.
3. *Data Transformation*: Integrasi data statistik ke dalam layer spasial di QGIS.
4. *Data Mining (Spatial Analysis)* : Analisis autokorelasi spasial menggunakan Moran's I dan LISA untuk menemukan pola keterkaitan antarwilayah.
5. *Interpretation / Evaluation*: Interpretasi hasil analisis autokorelasi spasial untuk mengidentifikasi pola pengelompokan (*cluster*) kesejahteraan masyarakat, baik klaster kesejahteraan tinggi maupun rendah, serta mengevaluasi makna spasial dari pola yang terbentuk. Pada tahap ini, hasil analisis juga disajikan dalam bentuk visualisasi peta tematik dan WebGIS berbasis Leaflet.js sebagai bagian dari representasi pengetahuan

(*knowledge representation*), sehingga mendukung pemahaman, interpretasi, dan pemanfaatan hasil analisis secara interaktif.

Dengan demikian, pendekatan KDD menjadikan penelitian ini tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga analitik dan eksploratif, karena berupaya menemukan hidden spatial patterns yang menggambarkan distribusi dan keterkaitan kesejahteraan masyarakat di Sumatera Barat.

B. Setting Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Provinsi Sumatera Barat, yang terdiri dari 19 kabupaten/kota sebagai unit analisis. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada adanya variasi yang signifikan dalam indikator kesejahteraan masyarakat antarwilayah sebagaimana ditunjukkan dalam publikasi Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024 (BPS Sumatera Barat, 2024).

Waktu Pelaksanaan penelitian direncanakan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Selection																
Pre-processing																
Transformation																
Spasial Data Mining																
Interpretasi																
Visualisasi																

C. Bahan/ Materi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data statistik dan data spasial sebagai berikut:

1. Data Statistik (BPS Sumatera Barat, 2024)

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari publikasi BPS berikut:

- a. Indikator Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024

- b. Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024
- c. Provinsi Sumatera Barat dalam Angka 2025
- d. Portal resmi BPS (<https://bps.go.id>) untuk data turunan per kabupaten/kota

Data diambil dari delapan dimensi utama kesejahteraan masyarakat menurut BPS, yaitu:

- 1) Kependudukan,
- 2) Kesehatan dan Gizi,
- 3) Pendidikan,
- 4) Ketenagakerjaan,
- 5) Taraf dan Pola Konsumsi,
- 6) Perumahan dan Lingkungan,
- 7) Kemiskinan, dan
- 8) Aspek Sosial Lainnya.

Dari setiap dimensi tersebut diambil indikator turunan yang tersedia lengkap pada tingkat kabupaten/kota, antara lain:

Tabel 3.2 Indikator Kesejahteraan

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
Kependudukan	Laju pertumbuhan penduduk	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Kependudukan dan Migrasi– Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, Distribusi Persentase Penduduk Kepadatan Penduduk, Rasio Jenis Kelamin Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, 2024)

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
	Rasio jenis kelamin	Portal Data BPS Kota Padang Panjang (Tabel Statistik–Kependudukan dan Migrasi– Rasio Jenis Kelamin Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, 2024)
	Kepadatan penduduk (jiwa/km ²)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Kependudukan dan Migrasi– Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, Distribusi Persentase Penduduk Kepadatan Penduduk, Rasio Jenis Kelamin Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, 2024)
	Angka Beban Ketergantungan (Dependency Ratio)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Kependudukan dan Migrasi–[Proyeksi 2020-2035] Dependency Ratio Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, 2024)
Kesehatan dan Gizi	Angka Harapan Hidup (AHH)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Kesehatan– [Metode Baru] Umur Harapan Hidup Saat Lahir

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
		Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat (Tahun), 2024)
	Prevalensi balita stunting	SSGI 2024 Surves Status Gizi Indonesia (Tabel 4.5, Halm.24)
	Angka kesakitan	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Kesehatan– Angka Kesakitan/Morbiditas Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat (Persen), 2024)
	Persentase penduduk berobat jalan	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Kesehatan– Persentase Penduduk yang Mempunyai Keluhan Kesehatan dan Berobat Jalan Selama Sebulan Terakhir Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat)
	Persentase balita mendapat ASI eksklusif	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024 (Tabel 4.17, Halm.81)
	Persentase penolong proses kelahiran	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
		Barat 2024 (Tabel 5.4, Halm 93)
	Rasio tenaga kesehatan per 100.000 penduduk	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Kesehatan–Jumlah Tenaga Kesehatan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, 2024)
Pendidikan	Angka Melek Huruf (AMH)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Pendidikan–Angka Melek Huruf Penduduk Usia 15-64 Tahun Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kelamin di Provinsi Sumatera Barat (Persen), 2024)
	Rata-rata Lama Sekolah (RLS)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Pendidikan–[Metode Baru] Rata-Rata Lama Sekolah Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat (Tahun))
	Harapan Lama Sekolah (HLS)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Pendidikan–[Metode Baru] Harapan Lama Sekolah Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat (Tahun))

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
	Angka Partisipasi Sekolah (APS)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Pendidikan–Angka Partisipasi Sekolah (APS) Menurut Kabupaten/Kota dan Kelompok Umur di Provinsi Sumatera Barat, 2024)
	Angka Partisipasi Murni (APM)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Pendidikan–Angka Partisipasi Murni (APM) Menurut Kabupaten/Kota dan Jenjang Pendidikan di Provinsi Sumatera Barat, 2024)
Ketenagakerjaan	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Tenaga Kerja–Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) Menurut Kabupaten/Kota)
	Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Tenaga Kerja–Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) Menurut Kabupaten/Kota (Persen))
	Persentase penduduk bekerja menurut lapangan usaha utama	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Tenaga Kerja–Penduduk 15 Tahun ke Atas

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
		yang Bekerja Selama Seminggu yang Lalu Menurut Lapangan Pekerjaan Utama dan Kabupaten/Kota (orang))
	Persentase penduduk bekerja terhadap angkatan kerja	Provinsi Sumatera Barat dalam angka 2025 (Tabel 3.2.2, Halm.174)
Taraf dan Pola Konsumsi	Rata-rata pengeluaran per kapita per bulan (makanan & non-makanan)	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Income and Consumption– Persentase Pengeluaran per Kapita Sebulan Makanan dan Bukan Makanan di Daerah Perkotaan dan Perdesaan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, 2024)
	Indeks Gini	Portal Data BPS (Tabel Statistik– Kondisi Tempat Tinggal, Kemiskinan, dan Permasalahan Sosial Lintas Sektor– Gini Ratio Menurut Kabupaten/Kota di Sumatera Barat)
	Konsumsi energi dan protein per kapita per hari	Dataset Badan Pangan Nasional

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
Perumahan dan Lingkungan	Persentase rumah tangga dengan luas lantai $\geq 7,2 \text{ m}^2$	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024(Tabel 6.4, Halm. 108)
	Akses air minum layak	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024 (Tabel 6.11, Halm.115)
	Akses sanitasi layak	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024 (Tabel 6.8, Halm.112)
	Akses listrik	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024 (Tabel 6.15, halaman 119)
	Status kepemilikan rumah	Portal Data BPS (Tabel Statistik–Pemukiman dan Perumahan– Persentase Rumah Tangga Menurut Kabupaten/Kota dan Status Kepemilikan Bangunan Tempat Tinggal yang Ditempati (Persen), 2024)
Kemiskinan	Persentase penduduk miskin (P0)	Portal Data BPS (Tabel Statistik– Kondisi Tempat Tinggal, Kemiskinan, dan

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
		Permasalahan Sosial Lintas Sektor–Persentase Penduduk Miskin Menurut Kabupaten/Kota di Sumatera Barat (Persen))
	Garis Kemiskinan (GK)	Portal Data BPS (Tabel Statistik– Kondisi Tempat Tinggal, Kemiskinan, dan Permasalahan Sosial Lintas Sektor–Garis Kemiskinan Menurut Kabupaten / Kota di Sumatera Barat (rupiah/kapita/bulan))
	Indeks Kedalaman Kemiskinan (P1)	Portal Data BPS (Tabel Statistik– Kondisi Tempat Tinggal, Kemiskinan, dan Permasalahan Sosial Lintas Sektor–Indeks Kedalaman Kemiskinan (P1) Menurut Kabupaten/Kota di Sumatera Barat)
	Indeks Keparahan Kemiskinan (P2)	Portal Data BPS (Tabel Statistik– Kondisi Tempat Tinggal, Kemiskinan, dan Permasalahan Sosial Lintas Sektor–Indeks Keparahan Kemiskinan (P2) Menurut

Dimensi	Indikator Turunan	Sumber Data
		Kabupaten/Kota di Sumatera Barat)
Aspek Sosial Lainnya	Persentase penduduk memiliki jaminan kesehatan	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024 (Tabel 4.7, Halm.69)
	Persentase rumah tangga penerima bantuan sosial (PKH/BPNT)	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024 (Tabel 8.6, Halm. 148)
	Jumlah tindak pidana (Crime Total)	Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Barat 2024 (Tabel 8.1, Halm. 141)
	Persentase penduduk mengakses internet dan memiliki HP	Provinsi Sumatera Barat dalam Angka 2025 (Tabel 9.2.6, Halm.830)

2. Data Spasial (Shapefile Daerah)

Data batas administrasi kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Barat dalam format Shapefile (.shp) diperoleh dari database GADM (Database of Global Administrative Areas) versi 4.1 menggunakan dataset gadm_41_IDN_2 yang merepresentasikan batas wilayah pada tingkat administrasi kabupaten/kota di Indonesia. Dalam penelitian ini, data GADM digunakan sebagai base layer untuk mengintegrasikan data statistik kesejahteraan masyarakat melalui proses spatial join di QGIS, sehingga

setiap variabel data dapat dikaitkan secara akurat dengan unit geografis masing-masing kabupaten/kota.

D. Alat/ Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan instrumen sebagai berikut:

Tabel 3.3 Alat/ Instrumen Penelitian

No	Alat / Perangkat Lunak	Fungsi Utama
1	QGIS (Quantum GIS)	Analisis spasial, perhitungan Moran's I dan LISA, serta pengelolaan data spasial.
2	Python	Melakukan analisis autokorelasi spasial global dan lokal.
3	Plugin qgis2web	Mengonversi hasil analisis QGIS menjadi peta WebGIS interaktif.
4	Leaflet.js (JavaScript Library)	Visualisasi peta interaktif berbasis web.
5	Microsoft Excel	Pengolahan awal data tabular dan perhitungan dasar statistik deskriptif.

E. Teknik Pengumpulan Data dan Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mengikuti tahapan *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) yang disesuaikan untuk data spasial terdiri atas tahapan seleksi, pra-pemrosesan, transformasi, analisis data, dan interpretasi hasil.

Adapun prosedur penelitian secara bertahap dijelaskan sbb:

1. *Selection* (Pemilihan Data)

Mengumpulkan data sekunder dari BPS yang relevan dengan indikator kesejahteraan masyarakat, serta data spasial batas wilayah kabupaten/kota Sumatera Barat.

2. *Pre-processing* (Praproses Data)

Melakukan pembersihan data (*data cleaning*), penyamaan satuan, normalisasi nilai antarindikator, serta penyelarasan identitas wilayah antara

tabel data dan layer spasial. Teknik Normalisasi Data (*Min-Max Normalization*) Mengingat indikator kesejahteraan yang digunakan memiliki satuan dan rentang nilai yang sangat bervariasi (misalnya: Angka Harapan Hidup dalam tahun, Pengeluaran per Kapita dalam rupiah, dan Kemiskinan dalam persen), maka diperlukan proses normalisasi data. Hal ini bertujuan untuk mentransformasi seluruh data ke dalam skala yang seragam, yaitu rentang 0 hingga 1, sehingga dapat diperbandingkan secara adil dan digabungkan menjadi indeks komposit.

Penelitian ini menggunakan metode *Min-Max Normalization* dengan formulasi sebagai berikut:

$$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3.1)$$

Keterangan:

X' : Nilai data setelah normalisasi

X : Nilai data asli

$X_{\min}$: Nilai minimum dari seluruh data dalam satu atribut

$X_{\max}$: Nilai maksimum dari seluruh data dalam satu atribut

Khusus untuk indikator yang bersifat negatif (dimana nilai rendah menunjukkan kesejahteraan yang lebih baik, seperti Tingkat Kemiskinan atau Tingkat Pengangguran), dilakukan inversi nilai agar selaras dengan indikator positif, menggunakan rumus:

$$X' = 1 - \left(\frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \right) \quad (3.2)$$

3. *Transformation* (Transformasi Data)

Menggabungkan data atribut kesejahteraan ke dalam layer spasial (*join attribute by field value*) untuk menghasilkan dataset spasial siap analisis. Data statistik indikator kesejahteraan masyarakat yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) digabungkan dengan data spasial batas administrasi kabupaten/kota Provinsi Sumatera Barat. Proses integrasi dilakukan dengan menggabungkan data atribut ke dalam layer spasial

menggunakan teknik *join attribute by field value* pada perangkat lunak QGIS.

Penggabungan dilakukan berdasarkan kesesuaian field kunci, yaitu kode wilayah atau nama kabupaten/kota, sehingga setiap unit spasial memiliki atribut indikator kesejahteraan yang lengkap. Hasil dari tahap transformasi ini adalah dataset spasial terintegrasi yang siap digunakan dalam analisis autokorelasi spasial global (Moran's I) dan lokal (LISA).

4. *Data Mining* (Analisis Spasial)

Melakukan perhitungan Moran's I (global) dan LISA (lokal) untuk mendeteksi pola spasial kesejahteraan masyarakat antarwilayah. Tahap ini merupakan inti dari proses analisis data, di mana dilakukan perhitungan autokorelasi spasial untuk mendeteksi pola keterkaitan antarwilayah berdasarkan indikator kesejahteraan masyarakat. Analisis dilakukan dalam dua tahap, yaitu:

a. Analisis Per Dimensi Kesejahteraan

Pada tahap ini, setiap dimensi kesejahteraan seperti pendidikan, kesehatan, ketenagakerjaan, dan dimensi lainnya dianalisis secara terpisah menggunakan *Global Moran's I* untuk mengukur tingkat keterkaitan spasial antarwilayah, serta *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) untuk mendeteksi lokasi *hotspot* (wilayah sejahtera) dan *coldspot* (wilayah kurang sejahtera) di dalam masing-masing dimensi. Hasil analisis per dimensi memberikan gambaran spesifik mengenai sebaran spasial kesejahteraan di setiap aspek sosial-ekonomi.

b. Analisis Gabungan (Indeks Komposit Kesejahteraan)

Setelah seluruh dimensi dianalisis secara terpisah, nilai-nilai indikator yang telah dinormalisasi kemudian digabungkan menjadi indeks kesejahteraan komposit melalui pendekatan rata-rata terstandar (*standardized mean*). Analisis Moran's I dan LISA kembali diterapkan pada indeks komposit ini untuk mengidentifikasi pola spasial kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan di Provinsi Sumatera

Barat. Hasilnya menunjukkan hubungan spasial lintas dimensi serta wilayah yang memiliki kesejahteraan tinggi dan rendah secara agregat.

5. Interpretation (Interpretasi Hasil)

Menginterpretasikan hasil analisis spasial untuk menentukan wilayah yang termasuk kategori:

- a. *High-High (Hotspot)*: Wilayah dengan kesejahteraan tinggi dikelilingi wilayah tinggi,
- b. *Low-Low (Coldspot)*: Wilayah dengan kesejahteraan rendah dikelilingi wilayah rendah,
- c. *High-Low* dan *Low-High*: Wilayah anomali atau transisi.

Pada tahap ini, hasil analisis juga disajikan dengan Mengekspor hasil analisis ke dalam peta digital interaktif (WebGIS) melalui plugin qgis2web dan pustaka Leaflet.js untuk publikasi daring.

F. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengidentifikasi pola distribusi indikator kesejahteraan masyarakat di Sumatera Barat. Analisis ini menggunakan statistik spasial untuk mendeteksi autokorelasi global maupun lokal. Semua perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS versi 3.40.11 dengan modul *Hotspot Analysis* yang berbasis pada pustaka Python PySAL (Python Spatial Analysis Library).

Sebelum melakukan perhitungan autokorelasi spasial, langkah awal yang dilakukan adalah mendefinisikan hubungan ketetanggaan antarwilayah melalui matriks pembobotan spasial (W_{ij}). Matriks ini merepresentasikan struktur hubungan ruang antar satu lokasi dengan lokasi lainnya.

Penelitian ini menerapkan metode k-Nearest Neighbors (KNN) sebagai solusi atas karakteristik geografis Provinsi Sumatera Barat yang melibatkan wilayah kepulauan, yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai. Penggunaan metode persinggungan (*Queen Contiguity*) akan menyebabkan efek isolasi (*island effect*) pada Mentawai, sedangkan dengan KNN, konektivitas tetap terjaga melalui perhitungan jarak antar titik berat (centroid). Secara teknis,

penentuan tetangga dilakukan dengan menghitung jarak Euclidean antar koordinat centroid (x,y) masing-masing wilayah dengan fungsi:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3.3)$$

Berdasarkan matriks jarak tersebut, penelitian ini melakukan uji sensitivitas menggunakan statistik *Global Moran's I* untuk menentukan jumlah tetangga (k) paling optimal. Proses ini dilakukan dengan melakukan simulasi iteratif pada rentang $k = 1$ hingga $k = 18$. Setiap variasi nilai k diuji kekuatannya dalam menangkap pola autokorelasi; nilai k yang menghasilkan signifikansi statistik tertinggi (nilai mutlak Z –score terbesar dan $p < 0,05$) dipilih sebagai parameter final untuk indikator tersebut.

Setelah nilai k optimal ditetapkan, bobot spasial w_{ij} dalam matriks KNN ditentukan sebagai berikut:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika lokasi } j \in k - \text{nearest neighbors of } i \\ 0, & \text{jika lainnya} \end{cases} \quad (3.4)$$

Matriks yang terbentuk kemudian diproses melalui tahap row-standardization untuk menormalisasi bobot pengaruh antar wilayah sehingga total bobot setiap baris bernilai satu ($\sum w_{ij} = 1$). Hal ini memastikan bahwa interpretasi Indeks Moran pada tahap selanjutnya bersifat objektif dan dapat dibandingkan antarindikator.

1. Analisis Autokorelasi Spasial

Analisis autokorelasi spasial global dilakukan menggunakan Indeks Moran untuk menguji ada atau tidaknya keterkaitan spasial kesejahteraan masyarakat antarwilayah. Perhitungan Indeks Moran mengacu pada Persamaan (2.1) yang telah dijelaskan pada Bab II. Selanjutnya, analisis autokorelasi spasial lokal dilakukan menggunakan *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) untuk mengidentifikasi kontribusi masing-masing wilayah terhadap pola spasial global. Analisis

LISA digunakan untuk mendeteksi kluster wilayah dengan tingkat kesejahteraan yang relatif tinggi maupun rendah, serta wilayah pencilan (*outlier*). Perhitungan LISA mengacu pada Persamaan (2.2) sebagaimana dirumuskan pada Bab II.

Interpretasi hasil Indeks Moran didasarkan pada perbandingan antara nilai Moran's I dan nilai harapannya. Nilai Moran's I yang lebih besar dari nilai harapan menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif (pola mengelompok), nilai yang lebih kecil menunjukkan autokorelasi spasial negatif (pola menyebar), sedangkan nilai yang mendekati nilai harapan menunjukkan pola spasial acak.

Hasil analisis LISA selanjutnya diklasifikasikan ke dalam empat kategori pola spasial, yaitu high-high, low-low, high-low, dan low-high, yang digunakan sebagai dasar dalam visualisasi dan interpretasi pola kesejahteraan masyarakat melalui peta tematik interaktif.

2. Evaluasi Signifikansi Moran's I dan LISA

Evaluasi dilakukan untuk memastikan hasil analisis bersifat signifikan secara statistik:

a. Uji Signifikansi Moran's I (Global)

Pengujian dilakukan menggunakan permutation test (999 kali) untuk membandingkan nilai Moran's I aktual dengan distribusi acak. Nilai Z-score dihitung dengan rumus:

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{Var}(I)}} \quad (3.5)$$

Keterangan:

I: Nilai Moran's I hasil observasi/aktual.

E(I): Nilai harapan (mean) Moran's I di bawah asumsi distribusi acak.

$\sqrt{\text{Var}(I)}$: Varians dari nilai Moran's I berdasarkan hasil permutasi.

Kriteria uji:

- $|Z| > 1,96$ atau $p < 0,05$ artinya terdapat pola spasial yang signifikan (signifikan secara statistik).

- $|Z| \leq 1,96$ atau $p \geq 0,05$ artinya tidak ada autokorelasi spasial yang signifikan (pola bersifat acak).

b. Uji Signifikansi LISA (Lokal):

Tiap unit wilayah diuji secara individual untuk menentukan area dengan pengaruh spasial signifikan ($p < 0,05$). Hasil ini digunakan untuk menandai *hotspot* dan *coldspot* kesejahteraan secara statistik.

3. Visualisasi Hasil

Seluruh hasil analisis spasial divisualisasikan dalam format peta tematik interaktif menggunakan qgis2web plugin dan pustaka Leaflet.js. Visualisasi ini memungkinkan identifikasi langsung wilayah dengan tingkat kesejahteraan tinggi maupun rendah, baik per dimensi maupun secara keseluruhan.

