

Pemetaan Disparitas Stunting di Jawa Timur dengan Spatial Autoregressive Model (SAR) dan Spatial Error Model (SEM)

M Syauqi Haris*, Risqy Siwi Pradini, Ahsanun Naseh Khudori

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Informatika, Institut Teknologi Sains dan Kesehatan RS dr. Soepraoen Kesdam V/BRW, Malang, Indonesia

Email: ^{1,*} haris@itsk-soepraoen.ac.id, ² risqypradini@itsk-soepraoen.ac.id, ³ ahsanunnaseh@itsk-soepraoen.ac.id

Email Penulis Korespondensi: haris@itsk-soepraoen.ac.id*

Submitted: 13/07/2025; Accepted: 28/08/2025; Published: 08/09/2025

Abstrak– Stunting masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di Indonesia, khususnya di Provinsi Jawa Timur, di mana terdapat disparitas yang mencolok dalam prevalensi stunting. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi distribusi spasial stunting dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhinya, dengan mempertimbangkan perbedaan geografis antarwilayah. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian menggunakan pendekatan analisis spasial dengan menggunakan data sekunder dari 38 kabupaten dan kota di Jawa Timur. Analisis ini melibatkan beberapa tahap, termasuk eksplorasi pola geografis melalui indeks autokorelasi global Moran's I dan analisis LISA, diikuti dengan pemodelan regresi spasial menggunakan Spatial Autoregressive Model (SAR) dan Spatial Error Model (SEM) berdasarkan matriks bobot tetangga terdekat. Kluster hotspot diidentifikasi di wilayah Tapal Kuda, sementara kluster outlier ditemukan di Sampang dan Tulungagung. Selain itu, model regresi spasial menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan model Ordinary Least Squares (OLS), dengan nilai pseudo R^2 SAR sebesar 0,7203 dan penurunan Akaike Information Criterion (AIC) menjadi 259,05. Hasil analisis menunjukkan bahwa inisiasi menyusui dini, cakupan ibu hamil, dan pemberian tablet tambah darah merupakan faktor signifikan yang mempengaruhi prevalensi stunting ($p < 0,05$). Secara keseluruhan, model spasial memberikan representasi yang lebih akurat tentang pengaruh spasial di seluruh wilayah dibandingkan dengan regresi linier biasa, sehingga dapat menjelaskan variasi geografis stunting dengan lebih baik. Temuan ini menyoroti kebutuhan mendesak untuk mengembangkan kebijakan berbasis wilayah yang disesuaikan dengan karakteristik spasial yang unik di setiap wilayah. Penelitian ini berkontribusi pada bidang studi spasial dalam epidemiologi gizi dan menawarkan dasar ilmiah untuk mengimplementasikan intervensi kesehatan masyarakat yang lebih tepat sasaran.

Kata Kunci: Stunting; Analisis Spasial; Regresi Spasial; Moran's I; LISA.

Abstract– Stunting remains a significant public health concern in Indonesia, particularly in East Java Province, where there are notable regional disparities in its prevalence. This study aims to evaluate the spatial distribution of stunting and identify the influencing factors, taking into account the geographical differences between regions. To achieve this, we employed a spatial analysis approach using secondary data from 38 districts and cities in East Java. The analysis involved several stages, including the exploration of geographic patterns through the Moran's I global autocorrelation index and LISA analysis, followed by spatial regression modeling using the Spatial Autoregressive Model (SAR) and Spatial Error Model (SEM) based on a k-nearest neighbors weight matrix. The results indicated a significant positive spatial autocorrelation (Moran's I = 0.3059; $p = 0.002$), revealing spatial linkages among the regions. High-High clusters were identified in the Tapal Kuda region, while High-Low clusters were found in Sampang and Tulungagung. Moreover, the spatial regression model demonstrated superior performance compared to the Ordinary Least Squares (OLS) model, with a SAR pseudo R^2 value of 0.7203 and a reduction in the Akaike Information Criterion (AIC) to 259.05. The analysis revealed that early breastfeeding initiation, coverage of pregnant women, and provision of blood supplement tablets are significant factors influencing the prevalence of stunting ($p < 0.05$). Overall, spatial models provide a more accurate representation of spatial influences across regions than ordinary linear regression, thereby better explaining geographic variations in stunting. These findings highlight the urgent need for developing area-based policies that are tailored to the unique spatial characteristics of each region. This research contributes to the field of spatial studies in nutrition epidemiology and offers a scientific basis for implementing more targeted public health interventions.

Keywords: Stunting; Spatial Analysis; Spatial Regression; Moran's I; LISA; Public Health Policy.

1. PENDAHULUAN

Stunting masih menjadi tantangan serius dalam pembangunan sumber daya manusia di Indonesia. Anak-anak yang mengalami stunting memiliki risiko lebih tinggi terhadap gangguan perkembangan kognitif, produktivitas yang rendah di masa depan, serta kerentanan terhadap penyakit tidak menular di usia dewasa. Menurut laporan UNICEF (2022), prevalensi stunting global terus menurun, namun di Indonesia angka tersebut masih berada pada level yang mengkhawatirkan, khususnya di wilayah-wilayah dengan kondisi sosial-ekonomi dan infrastruktur dasar yang belum memadai. Dalam konteks nasional, Jawa Timur menjadi salah satu provinsi dengan kontribusi signifikan terhadap total kasus stunting[1], namun penyebarannya tidak merata dan menunjukkan indikasi pengelompokan spasial yang kuat.

Fenomena tersebut mengindikasikan bahwa distribusi stunting tidak bersifat acak secara geografis, melainkan terklastrer secara regional. Studi oleh [2] menunjukkan pentingnya pendekatan spasial dalam analisis stunting, yang mempertimbangkan faktor-faktor lokasi, kedekatan geografis antar wilayah. Selain itu, pola

distribusi spasial juga mencerminkan adanya efek spillover antarwilayah, di mana kondisi suatu wilayah dipengaruhi oleh karakteristik wilayah tetangganya[3]. Pendekatan spasial tidak hanya membantu mengidentifikasi daerah-daerah dengan risiko stunting yang tinggi, tetapi juga mengungkap faktor-faktor penyebab yang saling berkaitan antarwilayah.

Untuk memahami masalah stunting secara menyeluruh, diperlukan pendekatan yang tidak hanya memusatkan perhatian pada karakteristik internal masing-masing wilayah, tetapi juga mempertimbangkan keterkaitan antarwilayah yang terjadi secara geografis. Hal ini penting karena penyebaran stunting tidak selalu terjadi secara acak, melainkan membentuk pola tertentu yang berkaitan erat dengan faktor spasial[4]. Wilayah dengan prevalensi tinggi sering kali berdekatan dengan wilayah lain yang memiliki tingkat masalah serupa, yang mengindikasikan adanya dinamika lintas batas administratif yang tidak tertangkap oleh analisis statistik konvensional[5]. Oleh karena itu, pendekatan analisis yang mampu memetakan keterkaitan tersebut menjadi krusial dalam kajian-kajian kesehatan masyarakat dan sosial berbasis wilayah. Dalam konteks ini, analisis spasial hadir sebagai salah satu pendekatan yang menawarkan keunggulan dalam memahami fenomena yang tersebar secara geografis, seperti halnya stunting. Pendekatan ini tidak hanya berfungsi untuk mengidentifikasi daerah-daerah dengan risiko tinggi, tetapi juga dapat mengungkap pola keterkaitan atau pengelompokan antarwilayah yang saling memengaruhi[6]. Hal ini menjadikan pendekatan spasial sangat relevan untuk menggambarkan ketimpangan atau kesenjangan antarwilayah kabupaten/kota di Jawa Timur. Penelitian [7] masih menggunakan metode regresi linier biasa yang mengasumsikan bahwa masing-masing wilayah bersifat independen, tanpa mempertimbangkan kemungkinan adanya keterkaitan spasial antarwilayah. Pendekatan semacam ini berisiko mengabaikan ketimpangan geografis yang justru penting untuk dipahami dalam konteks penyusunan kebijakan berbasis bukti. Menanggapi kesenjangan dalam literatur tersebut, penelitian ini mengadopsi regresi spasial sebagai metode analisis yang lebih adaptif terhadap struktur data geografis. Pendekatan ini memungkinkan pengungkapan pola hubungan antarwilayah serta keberadaan kluster spasial stunting. Dengan demikian, studi ini tidak hanya memetakan prevalensi stunting secara spasial, tetapi juga memperlihatkan secara jelas adanya kesenjangan antarwilayah yang selama ini luput dari perhatian. Dari sisi kebijakan, temuan ini menegaskan bahwa intervensi stunting tidak bisa dirancang secara seragam, melainkan harus mempertimbangkan karakteristik spasial dan kondisi lokal di masing-masing daerah.

Beberapa metode telah banyak digunakan dalam analisis spasial dan terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola geografis yang kompleks. Salah satunya adalah Moran's I, yaitu ukuran autokorelasi spasial global yang dapat menunjukkan sejauh mana suatu fenomena cenderung terkonsentrasi atau menyebar secara acak di ruang geografis. Nilai Moran's I yang positif dan signifikan secara statistik mengindikasikan adanya kecenderungan pengelompokan nilai-nilai serupa dalam ruang[8] dan menjadi titik awal untuk mengeksplorasi lebih lanjut keberadaan pola spasial. Selain itu, metode Local Indicators of Spatial Association (LISA) digunakan untuk menggali pola spasial secara lokal, yaitu dengan mengidentifikasi keberadaan kluster spesifik dan outlier spasial[9]. Melalui LISA, peneliti dapat mengetahui wilayah mana yang membentuk kluster High-High (hotspot) atau Low-Low (coldspot), serta wilayah yang merupakan anomali spasial seperti High-Low atau Low-High. Teknik ini sangat bermanfaat untuk menyusun intervensi yang lebih kontekstual karena dapat menunjukkan titik-titik konsentrasi terjadinya masalah. Di samping itu, ketika analisis tidak hanya ingin mendeteksi pola tetapi juga mengestimasi hubungan kausal atau struktural, digunakanlah model-model regresi spasial yang menawarkan potensi dalam memahami gejala sosial dan kesehatan masyarakat yang terdistribusi secara geografis[10]. Melalui teknik seperti Moran's I, LISA (Local Indicators of Spatial Association), serta regresi spasial seperti Spatial Autoregressive Model (SAR) dan Spatial Error Model (SEM), peneliti dapat mengidentifikasi pola pengelompokan, outlier spasial, serta mengestimasi pengaruh determinan lokal maupun tetangga secara simultan. Penerapan metode ini dalam konteks kebijakan publik semakin berkembang, di mana isu ketimpangan spasial menjadi perhatian global[11]. Model SAR dan SEM kemudian diaplikasikan untuk mengestimasi pengaruh variabel independen terhadap prevalensi stunting dengan mengakomodasi efek spasial.

Ini menunjukkan bahwa intervensi berbasis wilayah harus mempertimbangkan kondisi spasial, karena upaya perbaikan gizi anak tidak dapat dipisahkan dari konteks lingkungan geografisnya[12]. Literatur terkini menunjukkan peningkatan penggunaan pendekatan spasial dalam studi gizi anak dan kesehatan masyarakat. Studi oleh [13] menegaskan bahwa intervensi berbasis lokasi mampu mengefektifkan distribusi sumber daya kesehatan. Di sisi lain, pendekatan spasial juga membantu identifikasi wilayah yang menjadi fokus permasalahan, yang tidak terdeteksi oleh metode analisis konvensional. Selain itu, penggunaan model regresi spasial terbukti meningkatkan akurasi estimasi dan efektivitas kebijakan[14]. Oleh karena itu, pendekatan ini semakin diakui dalam dunia akademik dan menjadi dasar ilmiah dalam pengambilan keputusan berbasis data.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pola spasial prevalensi stunting di Jawa Timur dan mengidentifikasi determinan yang berpengaruh signifikan setelah memperhitungkan faktor ketergantungan spasial. Keunikan dari studi ini terletak pada integrasi antara analisis eksploratori spasial dan regresi spasial, serta fokus geografis yang tajam pada wilayah kabupaten atau kota di Provinsi Jawa Timur sebagai kawasan prioritas.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksploratif dengan analisis spasial untuk mengevaluasi pola distribusi stunting serta faktor-faktor determinannya pada kabupaten atau kota di Provinsi Jawa Timur. Fokus utama adalah mengidentifikasi adanya autokorelasi spasial dan estimasi pengaruh determinan sosial-ekonomi serta kesehatan dengan mempertimbangkan efek spasial tersebut. Pendekatan ini digunakan karena stunting merupakan fenomena yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya, sehingga perlu dimodelkan dengan mempertimbangkan dependensi geografis antarwilayah[15].

2.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder bersifat agregat, yang terdiri atas:

Tabel 1. Variabel dan Deskripsi untuk Analisis Spasial Prevalensi Stunting di Jawa Timur

Variabel	Deskripsi
X1	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)
X2	Persentase penduduk miskin
X3	Cakupan ibu hamil
X4	Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR)
X5	Inisiasi Menyusu Dini (IMD)
X6	Cakupan imunisasi dasar lengkap
X7	Akses terhadap sanitasi layak
X8	Persentase pemberian tablet tambah darah
X9	Persentase persalinan yang dibantu tenaga kesehatan
X10	Pemberian ASI pada bayi usia balita (ASI Baduta)
X11	Lama pemberian ASI eksklusif
X12	Pemberian makanan pendamping ASI (MP-ASI)
X13	Cakupan imunisasi (berbagai kelompok usia vitamin A dan imunisasi)
X14	Pemberian vitamin A pada kelompok usia 6–11 bulan
X15	Pemberian vitamin A pada kelompok usia 12–59 bulan
X16	Pemberian vitamin A pada kelompok usia 6–59 bulan (kombinasi)
X17	Cakupan pelayanan kesehatan umum (cakupan)
X18	Jumlah jiwa per RT (jiwa_rt)
X19	Akses terhadap sanitasi layak
X20	Data spasial berupa koordinat geografis (latitude dan longitude)

Penelitian ini menggunakan gabungan data prevalensi stunting di Provinsi Jawa Timur dan hasil berbagai survei kesehatan dari beberapa institusi, yakni: Studi Status Gizi Balita Indonesia (SSGBI) 2019, Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) 2019[16]; Laporan Direktorat Statistik Kesejahteraan Rakyat BPS 2019[17]; publikasi Statistik Perumahan dan Permukiman 2019[18]; serta data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) 2019[19].

2.3 Teknik Analisis Data

Analisis diawali dengan penelusuran umum data untuk memahami ciri-ciri dasarnya, lalu dilanjutkan penyusunan peta choropleth yang bertujuan melihat distribusi spasial prevalensi stunting antar kabupaten atau kota di Provinsi Jawa Timur. Langkah penting dilakukan untuk melihat adanya kluster geografis. Selanjutnya dibangun matriks bobot spasial berbasis k-nearest neighbors ($k = 4$) yang menetapkan empat tetangga terdekat bagi tiap centroid wilayah, sehingga dependensi spasial dapat dihitung secara sistematis. Pola tersebut diuji menggunakan autokorelasi global Moran's I dan dianalisis lebih rinci melalui LISA guna mengenali kluster hotspot (High–High), coldspot (Low–Low), serta outlier (High–Low / Low–High). Setelah memperoleh gambaran menyeluruh mengenai pola spasial dari distribusi stunting, langkah analitis dilanjutkan ke tahap inferensial untuk menguji pengaruh faktor-faktor determinan secara statistik. Pemodelan dimulai dengan regresi non spasial seperti OLS untuk memperoleh gambaran hubungan dasar antarfaktor; kemudian dua model regresi spasial yaitu SAR yang memasukkan pengaruh variabel dependen dari wilayah tetangga dan SEM yang mengoreksi kesalahan spasial—diterapkan guna menangkap pengaruh geografis yang mungkin terlewat oleh OLS.

Tahap awal pemodelan dilakukan menggunakan regresi linier OLS (Ordinary Least Squares) untuk memperoleh gambaran awal mengenai hubungan antara prevalensi stunting dan sejumlah variabel independen tanpa mempertimbangkan efek spasial. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan, terutama dalam konteks data spasial, karena tidak mampu menangkap ketergantungan geografis antarwilayah yang berdekatan[20]. Untuk itu, dua model regresi spasial diterapkan pada tahap selanjutnya, yakni Spatial Autoregressive Model (SAR) yang mengintegrasikan pengaruh variabel dependen dari wilayah tetangga ke dalam struktur model[21]. serta Spatial Error Model (SEM) yang dirancang untuk mengoreksi autokorelasi yang terdapat pada residual dan diharapkan mampu memberikan estimasi yang lebih akurat dengan mempertimbangkan pola keterkaitan spasial antar unit wilayah[22].

2.4 Evaluasi Model

Evaluasi terhadap performa model dilakukan dengan membandingkan beberapa indikator statistik, yaitu nilai nilai adjusted R-squared atau pseudo R-squared, log-likelihood, dan Akaike Information Criterion (AIC). Model dianggap memiliki kinerja yang lebih baik apabila menghasilkan nilai adjusted R-squared atau pseudo R-squared yang lebih tinggi dan nilai AIC yang lebih rendah. Indikator-indikator ini penting untuk menentukan apakah model regresi spasial memberikan estimasi yang lebih akurat dibandingkan model regresi non spasial seperti OLS.

2.5 Rencana Pengujian Hipotesis

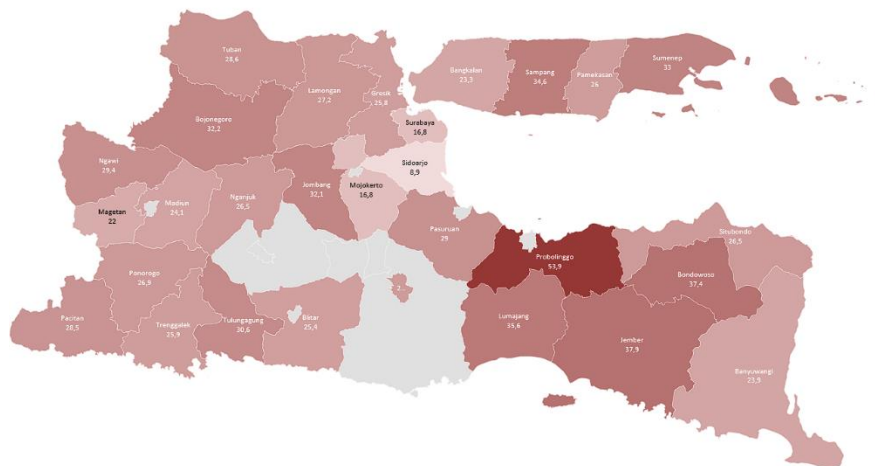
Pengujian hipotesis dilakukan melalui pendekatan bertahap yang terdiri dari eksplorasi spasial dan pemodelan regresi. Hipotesis utama yang diuji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

- H1:** Terdapat autokorelasi spasial positif dalam distribusi prevalensi stunting antar kabupaten/kota di Jawa Timur.
- H2:** Terdapat kluster (hotspot, outlier, dan coldspot) stunting yang signifikan secara spasial.
- H3:** Model regresi spasial memberikan estimasi yang lebih baik dibandingkan OLS dalam menjelaskan variasi prevalensi stunting.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

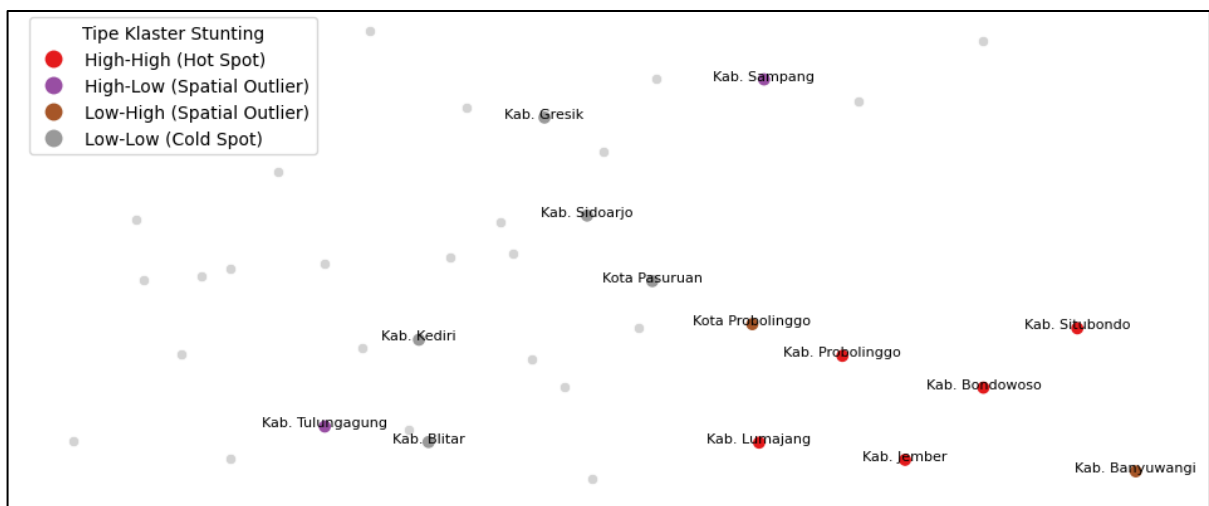
3.1 Hasil Pengujian

Tahapan awal dalam penelitian ini diawali dengan eksplorasi deskriptif terhadap data prevalensi stunting pada 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur. Data yang digunakan bersumber dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, yang mencatat nilai prevalensi stunting yang sangat bervariasi antar wilayah. Nilai ini berkisar dari 8,9% hingga 53,9%, yang secara langsung menunjukkan adanya perbedaan yang cukup mencolok dalam kondisi kesehatan gizi anak di masing-masing kabupaten atau kota di Provinsi Jawa Timur.



Gambar 1. Peta Choropleth Stunting Jawa Timur

Visualisasi pada Gambar 1 dalam bentuk peta choropleth memberikan gambaran lebih konkret mengenai distribusi prevalensi stunting tersebut. Tampak jelas bahwa daerah-daerah dengan tingkat prevalensi tinggi terkonsentrasi di wilayah timur dan tenggara provinsi, terutama di kawasan Tapal Kuda yang mencakup Kabupaten Probolinggo, Bondowoso, Jember, dan Lumajang. Konsentrasi ini bukan sekadar distribusi acak, tetapi mencerminkan pola spasial tertentu. Untuk menguji apakah pola penyebaran tersebut terjadi secara acak atau membentuk pola geografis yang signifikan, dilakukan penghitungan nilai autokorelasi spasial menggunakan indeks Moran's I. Hasil perhitungan menunjukkan nilai sebesar 0.3059 dengan p-value sebesar 0.002. Hasil ini memberikan dasar yang kuat untuk menerima Hipotesis H1 yang mengindikasikan bahwa terdapat autokorelasi spasial positif yang signifikan secara statistik. Dengan kata lain, wilayah-wilayah yang memiliki prevalensi stunting tinggi cenderung berdekatan dengan wilayah lain yang juga memiliki prevalensi tinggi, dan begitu pula sebaliknya.



Gambar 2. Peta kluster stunting Jawa Timur

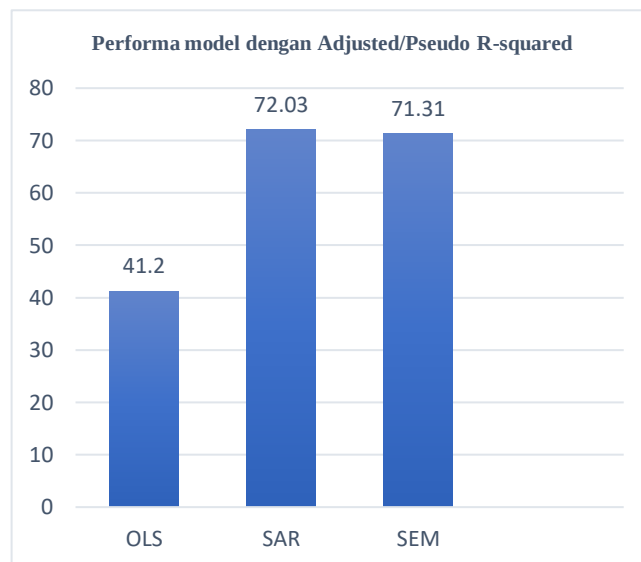
Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan Local Indicators of Spatial Association (LISA) untuk mengidentifikasi pola keterkaitan spasial di tingkat lokal. Visualisasi hasil LISA dalam Gambar 2 memperlihatkan keberadaan kluster-kluster lokal yang signifikan. Beberapa kluster High-High (hotspot) teridentifikasi secara jelas, terutama di wilayah Tapal Kuda, yaitu Kabupaten Probolinggo, Jember, Bondowoso, dan Lumajang. Selain itu, ditemukan juga dua wilayah dengan kluster High-Low (outlier), yaitu Kabupaten Sampang dan Tulungagung, yang merupakan wilayah dengan tingkat prevalensi tinggi namun dikelilingi oleh wilayah dengan prevalensi yang relatif lebih rendah. Menariknya, hasil analisis justru menunjukkan adanya sejumlah kluster Low-Low (coldspot) yang signifikan, yaitu wilayah-wilayah dengan prevalensi stunting rendah yang saling berdekatan. Temuan ini mengindikasikan adanya potensi zona praktik baik secara spasial, yang dapat dijadikan rujukan dalam merancang strategi intervensi di wilayah lain yang memiliki karakteristik serupa. Dengan ditemukannya pola-pola kluster

tersebut, hipotesis H2 dinyatakan diterima, yakni: terdapat kluster (hotspot, outlier, dan coldspot) stunting yang signifikan secara spasial.

Untuk memahami lebih jauh pengaruh faktor-faktor yang diduga berkontribusi terhadap prevalensi stunting, dilakukan analisis regresi linier dengan pendekatan Ordinary Least Squares (OLS). Model awal ini menunjukkan nilai R-squared sebesar 0.714, yang berarti model mampu menjelaskan sekitar 71,4% variasi prevalensi stunting di seluruh wilayah pengamatan. Namun, nilai Adjusted R-squared yang lebih rendah, yaitu 0.412, menunjukkan adanya indikasi overfitting pada model, yang artinya model terlalu menyesuaikan diri terhadap data sampel yang ada. Beberapa variabel independen yang terbukti signifikan dalam model OLS meliputi cakupan inisiasi menyusui dini (IMD), cakupan kunjungan ibu hamil pertama dan tingkat pemberian tablet tambah darah.. Hal ini menunjukkan bahwa model OLS belum sepenuhnya menangkap struktur spasial dari data yang dianalisis.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, digunakan dua model regresi spasial, yaitu Spatial Autoregressive Model (SAR) dan Spatial Error Model (SEM). Model SAR dirancang untuk menangkap ketergantungan spasial langsung antarwilayah yang diwakili melalui variabel dependen yang saling mempengaruhi. Hasil estimasi SAR menunjukkan peningkatan kinerja model dibandingkan OLS, dengan nilai pseudo R-squared sebesar 0.7203, nilai log-likelihood sebesar -108.52, dan penurunan nilai Akaike Information Criterion (AIC) menjadi 259.05. Dalam model SAR, variabel-variabel seperti proporsi ibu hamil ($p = 0.01566$), pemberian tablet tambah darah ($p = 0.01897$), dan IMD ($p = 0.01489$) tetap menunjukkan signifikansi statistik. Meskipun variabel spasial $W_Stunting$ tidak signifikan secara statistik ($p = 0.394$), kehadirannya masih memberikan indikasi bahwa keterkaitan spasial antarwilayah tetap relevan dalam menjelaskan prevalensi stunting.

Kemudian, model SEM juga digunakan untuk menangkap ketergantungan spasial yang mungkin muncul melalui struktur error, bukan variabel dependen secara langsung. Hasil estimasi SEM memperlihatkan performa yang sebanding dengan SAR, dengan pseudo R-squared sebesar 0,7131 dan log-likelihood sebesar -108,52. Variabel-variabel utama yang signifikan dalam model ini adalah proporsi ibu hamil ($p = 0,01737$), pemberian tablet tambah darah ($p = 0,00123$), dan IMD ($p = 0,00279$). Parameter lambda, yang merepresentasikan koefisien error spasial, tidak signifikan ($p = 0,79876$), yang mengindikasikan bahwa ketergantungan spasial pada struktur error mungkin kurang dominan. Secara keseluruhan, hasil dari kedua model spasial menunjukkan bahwa pendekatan ini lebih unggul dibandingkan OLS dalam menjelaskan variasi prevalensi stunting. Ini memperkuat hipotesis H3 bahwa model spasial memberikan estimasi yang lebih akurat.



Gambar 3. Visualisasi Performa Model OLS, SAR, dan SEM

Gambar 3 memperlihatkan perbandingan antara nilai Adjusted R-squared dari model OLS dan Pseudo R-squared dari model spasial SAR serta SEM. Model OLS mencatat Adjusted R-squared sebesar 41,2%, sementara model spasial SAR dan SEM menunjukkan Pseudo R-squared masing-masing sebesar 72,03% dan 71,31%. Hal ini menandakan bahwa model regresi spasial mampu menjelaskan variasi prevalensi stunting antarwilayah dengan jauh lebih baik dibandingkan model regresi linier klasik.

Perlu digarisbawahi bahwa Adjusted R-squared dan Pseudo R-squared adalah metrik yang berbeda secara teknis. Adjusted R-squared digunakan dalam regresi linier klasik (OLS) dan mengoreksi nilai R-squared dengan memperhitungkan kompleksitas model. Sebaliknya, Pseudo R-squared dipakai pada model spasial berbasis likelihood seperti SAR dan SEM untuk mengukur peningkatan kecocokan model dibandingkan model dasar (null

model). Meskipun perhitungannya tidak sama secara matematis, kedua metrik ini dapat digunakan secara bersamaan sebagai indikator kinerja model dalam konteks kekuatan prediktif.

Perbedaan yang signifikan pada nilai ini menunjukkan bahwa model spasial berhasil menangkap pola ketergantungan antarwilayah yang tidak terdeteksi oleh model OLS. Oleh karena itu, hasil ini memberikan bukti kuat bahwa pendekatan spasial lebih efektif dalam merepresentasikan dan menjelaskan distribusi prevalensi stunting secara spasial di Jawa Timur.

3.2 Pembahasan

Temuan pada tahap awal pengujian memberikan gambaran kuat bahwa stunting di Jawa Timur tidak hanya merupakan masalah kesehatan individu, tetapi juga menunjukkan dimensi spasial yang kompleks. Penyebaran stunting membentuk pola geografis tertentu, terutama terkonsentrasi di wilayah Tapal Kuda yang dikenal memiliki tantangan infrastruktur, sosial, dan ekonomi yang khas. Hal ini menegaskan bahwa penelitian ini tidak hanya memetakan prevalensi stunting, tapi juga mencoba menggambarkan ketimpangan atau kesenjangan antarwilayah kabupaten atau kota di Provinsi Jawa Timur. Aspek ini sangat penting karena ketimpangan geografis kerap kali terlewatkan dalam metode konvensional, padahal sangat relevan bagi perumusan kebijakan publik yang efektif dan adil.

Nilai indeks Moran's I yang signifikan mengindikasikan adanya hubungan spasial yang perlu ditangani secara holistik. Bahwa wilayah dengan stunting tinggi cenderung berdekatan dengan wilayah lain yang juga bermasalah, memberi pesan bahwa solusi tidak bisa dikembangkan dalam ruang yang terpisah. Setiap wilayah saling memengaruhi dan saling terkait dalam dinamika permasalahan stunting. Dengan menggunakan analisis LISA, penelitian ini berhasil memperlihatkan tidak hanya sebaran global, tetapi juga kluster-kluster lokal yang signifikan secara statistik. Kluster High-High (hotspot) mencerminkan adanya konsentrasi wilayah dengan prevalensi stunting tinggi yang saling berdekatan, menandakan perlunya pendekatan intervensi yang terkoordinasi. Sementara itu, kemunculan kluster High-Low (outlier) menunjukkan adanya daerah dengan tingkat stunting tinggi yang dikelilingi oleh wilayah dengan nilai prevalensi stunting rendah. Kondisi ini dapat mengindikasikan masalah lokal yang khas, sehingga penting untuk ditelaah lebih lanjut sebagai studi kasus intervensi spesifik berbasis karakteristik wilayah. Di sisi lain, ditemukannya beberapa kluster Low-Low (coldspot) menunjukkan keberadaan wilayah-wilayah dengan nilai prevalensi stunting rendah. Wilayah-wilayah ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai zona pembelajaran atau praktik baik yang dapat dijadikan acuan dalam penyusunan kebijakan dan strategi penanggulangan stunting antarwilayah secara lebih kontekstual.

Temuan pola spasial tersebut memberikan dasar yang kuat untuk melanjutkan analisis pada tingkat yang lebih lanjut, yaitu dengan mengevaluasi faktor-faktor determinan yang secara statistik memengaruhi variasi prevalensi stunting antarwilayah. Hasil regresi OLS menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti cakupan layanan ibu hamil, pemberian suplemen, dan praktik menyusui memiliki pengaruh signifikan. Namun model ini tidak mampu menangkap kenyataan spasial yang telah terbukti melalui Moran's I dan LISA. Hal ini membuat model OLS kurang tepat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam konteks spasial yang kompleks. Pendekatan regresi spasial yang digunakan dalam model SAR dan SEM menunjukkan bahwa dengan mempertimbangkan keterkaitan antarwilayah, model menjadi lebih akurat dan interpretatif. Model SAR secara khusus menunjukkan bahwa ketergantungan antarwilayah melalui variabel dependen mampu menjelaskan distribusi stunting dengan lebih baik. Meskipun variabel spasial dalam SAR tidak signifikan, nilai pseudo R^2 yang tinggi dan penurunan AIC menegaskan bahwa mempertimbangkan struktur spasial tetap memberikan hasil yang lebih baik. Ini menunjukkan bahwa dalam konteks kebijakan, perencanaan harus melibatkan analisis regional, bukan hanya fokus pada wilayah administratif secara individual.

Model SEM tidak memperlihatkan efek spasial yang kuat karena ketidaksignifikanan koefisien lambda. Namun demikian, tetap memberikan gambaran bahwa meskipun struktur error tidak terlalu dipengaruhi oleh spasialitas, penting untuk tetap mempertimbangkan efek tetangga dalam evaluasi kebijakan. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini memperkuat temuan bahwa pola stunting di Jawa Timur bukan hanya persoalan individual atau sektoral, tetapi merupakan masalah yang terstruktur secara spasial dan bersifat antarwilayah. Dengan begitu, strategi intervensi harus melibatkan pendekatan lintas daerah, kolaboratif, dan berbasis data spasial. Pendekatan regresi spasial dalam penelitian ini juga memperlihatkan novelty metodologis, karena berhasil mengintegrasikan dimensi geografis dalam studi stunting yang selama ini sering dilakukan secara linier dan agregatif. Ini memberikan kontribusi penting dalam literatur analisis spasial kesehatan masyarakat di Indonesia, khususnya dalam konteks provinsi dengan struktur wilayah kompleks seperti Jawa Timur.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa prevalensi stunting di Jawa Timur tidak tersebar secara acak, melainkan membentuk pola spasial yang signifikan, dengan kluster hotspot teridentifikasi di kawasan Tapal Kuda serta outlier di Sampang dan Tulungagung. Hasil uji Moran's I dan LISA membuktikan adanya autokorelasi spasial positif,

yang menegaskan bahwa kondisi geografis memengaruhi tingkat stunting secara regional. Model regresi spasial (SAR dan SEM) terbukti lebih akurat dibanding OLS, dengan adjusted/pseudo R-squared yang lebih tinggi dan identifikasi variabel determinan yang signifikan seperti IMD, cakupan ibu hamil, dan tablet tambah darah. Implikasi utama dari temuan ini adalah perlunya pendekatan kebijakan berbasis wilayah, yang menggantikan strategi nasional seragam dengan intervensi regional dan kontekstual. Studi ini berkontribusi pada literatur spasial epidemiologi di Indonesia, memperkuat pentingnya integrasi antara geospasial dan kesehatan masyarakat dalam perencanaan pembangunan.

Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan memperluas cakupan data tidak terbatas pada kabupaten atau kota di Provinsi Jawa Timur, melainkan juga mencakup wilayah administratif yang lebih kecil atau provinsi lain untuk meningkatkan generalisasi temuan. Selain itu, penambahan variabel yang lebih beragam, seperti kualitas lingkungan fisik dan akses layanan kesehatan yang lebih rinci, sangat dianjurkan guna memperkaya analisis faktor yang memengaruhi prevalensi stunting. Penggunaan unit analisis yang lebih mikro, seperti tingkat desa atau kelurahan, juga penting untuk memperoleh pola spasial yang lebih detail dan akurat. Eksplorasi berbagai bentuk matriks bobot spasial, seperti matriks berbasis jarak atau kontiguitas, dapat membantu menguji sensitivitas hasil terhadap metode pengukuran keterkaitan spasial antar wilayah. Dengan pendekatan ini, studi berikutnya diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih mendalam sekaligus menghasilkan rekomendasi kebijakan yang lebih kontekstual dan berbasis data spasial yang kuat.

REFERENCES

- [1] M. S. Haris, A. N. Khudori, and W. T. Kusuma, "Perbandingan Metode Supervised Machine Learning untuk Prediksi Prevalensi Stunting di Provinsi Jawa Timur," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 7, p. 1571, 2022, doi: 10.25126/jtiik.2022976744.
- [2] A. Fitriangga, G. Albilardo, and M. Pramulya, "Distribution and Spatial Pattern Analysis on Malnutrition Cases: a Case Study in Pontianak City," *Malaysian J. Public Heal. Med.*, vol. 20, no. 2, pp. 56–64, 2020, doi: 10.37268/mjphm/vol.20/no.2/art.477.
- [3] K. Dong and S. Zhang, "Deciphering spatial domains from spatially resolved transcriptomics with an adaptive graph attention auto-encoder," *Nat. Commun.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–12, 2022, doi: 10.1038/s41467-022-29439-6.
- [4] V. Uwiringiyimana, F. Osei, S. Amer, and A. Veldkamp, "Bayesian geostatistical modelling of stunting in Rwanda: risk factors and spatially explicit residual stunting burden," *BMC Public Health*, vol. 22, no. 1, pp. 1–14, 2022, doi: 10.1186/s12889-022-12552-y.
- [5] V. N. Maniragaba, L. K. Atuhaire, and P. C. Rutayisire, "Undernutrition among the children below five years of age in Uganda: a spatial analysis approach," *BMC Public Health*, vol. 23, no. 1, pp. 1–17, 2023, doi: 10.1186/s12889-023-15214-9.
- [6] N. Brazil, "The multidimensional clustering of health and its ecological risk factors," *Soc. Sci. Med.*, vol. 295, no. February, 2022, doi: 10.1016/j.socscimed.2021.113772.
- [7] I. Mamlua'atul Mufidah and H. Basuki, "Analisis Regresi Linier Berganda Untuk Mengetahui Faktor Yang Mempengaruhi Kejadian Stunting Di Jawa Timur," *Indones. Nurs. J. Educ. Clin.*, vol. 3, no. 3, pp. 51–59, 2023.
- [8] Y. Chen, "An analytical process of spatial autocorrelation functions based on Moran's index," *PLoS One*, vol. 16, no. 4 April, pp. 1–27, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0249589.
- [9] M. C. Ingram and I. Harbers, "Spatial Tools for Case Selection: Using LISA Statistics to Design Mixed-Methods Research," *Polit. Sci. Res. Methods*, vol. 8, no. 4, pp. 747–763, 2020, doi: 10.1017/psrm.2019.3.
- [10] B. A. Hailu, G. G. Bogale, and J. Beyene, "Spatial heterogeneity and factors influencing stunting and severe stunting among under-5 children in Ethiopia: spatial and multilevel analysis," *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-73572-5.
- [11] A. K. Reda, L. Tavasszy, G. Gebresenbet, and D. Ljungberg, "Modelling the effect of spatial determinants on freight (trip) attraction: A spatially autoregressive geographically weighted regression approach," *Res. Transp. Econ.*, vol. 99, no. March, 2023, doi: 10.1016/j.retrec.2023.101296.
- [12] F. C. Burgemeister, S. B. Crawford, N. J. Hackworth, S. Hokke, and J. M. Nicholson, "Place-based approaches to improve health and development outcomes in young children: A scoping review," vol. 16, no. 12 December. 2021. doi: 10.1371/journal.pone.0261643.
- [13] Rita Uchenna Attah, Baalah Matthew Patrick Garba, Ifechukwu Gil-Ozoudeh, and Obinna Iwuanyanwu, "Leveraging geographic information systems and data analytics for enhanced public sector decision-making and urban planning," *Magna Sci. Adv. Res. Rev.*, vol. 12, no. 2, pp. 152–163, Nov. 2024, doi: 10.30574/msarr.2024.12.2.0191.
- [14] S. Sannigrahi et al., "Responses of ecosystem services to natural and anthropogenic forcings: A spatial regression based assessment in the world's largest mangrove ecosystem," *Sci. Total Environ.*, vol. 715, p. 137004, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137004.
- [15] M. Usman and K. Kopczewska, "Spatial and Machine Learning Approach to Model Childhood Stunting in Pakistan: Role of Socio-Economic and Environmental Factors," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 17, 2022, doi: 10.3390/ijerph191710967.
- [16] B. KEMENKES. RI, "Laporan Pelaksanaan Integrasi Susenas Maret 2019 dan SSGBI Tahun 2019," *Kemenkes RI BPS 2019*, pp. 1–150, 2019, [Online]. Available: <https://cegahstunting.id/unduh/publikasi-data/>
- [17] BPS, "Statistik Kesejahteraan Rakyat 2019," *Badan Pus. Stat.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019, [Online]. Available:

- <https://www.bps.go.id/id/publication/2019/11/22/1dfd4ad6cb598cd011b500f7/statistik-kesejahteraan-rakyat-2019.html>
- [18] BPS, “Statistik Perumahan Dan Permukiman 2019,” Badan Pus. Stat., pp. 3–337, 2019, [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/publication/2020/08/28/a180fbf968ecf6fc9fde1d2a/indeks-pembangunan-manusia-2019.html>
- [19] BPS, “Indeks Pembangunan Manusia 2019,” Badan Pus. Stat., vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019, [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/publication/2020/08/28/a180fbf968ecf6fc9fde1d2a/indeks-pembangunan-manusia-2019.html>
- [20] T. M. Oshan, J. P. Smith, and A. S. Fotheringham, “Targeting the spatial context of obesity determinants via multiscale geographically weighted regression,” *Int. J. Health Geogr.*, vol. 19, no. 1, 2020, doi: 10.1186/s12942-020-00204-6.
- [21] B. A. Ejigu and E. Wencheke, “Introducing covariate dependent weighting matrices in fitting autoregressive models and measuring spatio-environmental autocorrelation,” *Spat. Stat.*, vol. 38, p. 100454, 2020, doi: 10.1016/j.spasta.2020.100454.
- [22] V. Yildirim and Y. Mert Kantar, “Robust estimation approach for spatial error model,” *J. Stat. Comput. Simul.*, vol. 90, no. 9, pp. 1618–1638, 2020, doi: 10.1080/00949655.2020.1740223.