



ANALISIS REGRESI SPASIAL: PENGARUH LUAS LAHAN SAWAH DAN JUMLAH PETANI TERHADAP PRODUKSI PANGAN DI KABUPATEN BOGOR

Dian Nita Pangastuti^{1*}

¹Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
E-mail Koresponden: diannitapangastuti@gmail.com

Diterima: 26-02-2026, Revisi: 04-05-2026, Disetujui: 16-05-2026
©2026 Universitas Hamzanwadi

Abstrak. Sebagai bagian dari Jabodetabek, Kabupaten Bogor mengalami urbanisasi yang memberikan tekanan ganda terhadap ketahanan pangan melalui ekspansi perkotaan yang menyebabkan alih fungsi lahan pertanian. Kondisi ini menyebabkan menurunnya jumlah tenaga kerja pertanian yang menjadi aktor kunci dalam keberlanjutan produksi pangan lokal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh luas lahan sawah dan jumlah petani terhadap produksi pangan di Kabupaten Bogor dalam kaitannya dengan fenomena urbanisasi yang masif di Kabupaten Bogor. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif deduktif dengan menggunakan regresi spasial pada software Geoda. Data yang digunakan berupa data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor dan Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Bogor dengan variabel yaitu produksi padi, luas lahan sawah dan jumlah petani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas lahan sawah dan jumlah petani berpengaruh signifikan terhadap produksi pertanian, dengan luas lahan sawah menjadi faktor yang paling dominan. Dari hasil regresi dihasilkan bahwa setiap peningkatan 1 hektare luasan lahan sawah akan meningkatkan produksi padi 12.3074 ton, dan setiap tambahan 1 orang petani akan meningkatkan produksi sebesar 1.659 ton.

Kata kunci: urbanisasi, alih fungsi lahan, tenaga kerja pertanian, ketahanan pangan, dan regresi spasial

Abstract. As a part of Greater Jakarta (Jabodetabek) metropolitan area, Bogor Regency is undergoing rapid urbanization, putting dual pressure on food security through urban expansion and the conversion of agricultural land. This has led to a decline in the agricultural workforce, which is key to the sustainability of local food production. This study aims to analyze the influence of rice field area and the number of farmers on food production in Bogor Regency within the context of intense urbanization. Using a deductive quantitative method with spatial regression analysis in GeoDa software. The study utilizes secondary data sourced from the Central Bureau of Statistics (BPS) and the Food Crops, Horticulture, and Plantation Service of Bogor Regency, focusing on three variables: rice production, rice field area, and the number of farmers. The research findings indicate that the area of paddy fields and the number of farmers have a significant effect on agricultural production, with the paddy field area being the most dominant factor. The regression results show that every additional 1 hectare of paddy field area increases rice production by 12.3074 tons, and each additional farmer contributes to an increase in production of 1.659 tons.

Keywords: urbanization, land conversion, agricultural labor, food security and spatial regression

PENDAHULUAN

Urbanisasi merupakan proses yang terjadi di berbagai belahan dunia disebabkan oleh industrialisasi dan pembangunan ekonomi yang tidak merata antara perkotaan dan pedesaan. Hal ini menjadikan kota-kota memiliki daya tarik yang besar bagi penduduk untuk mencari pekerjaan dan bertempat tinggal demi memperbaiki kualitas hidupnya (Harahap, 2013). Dampak dari urbanisasi tidak hanya terbatas pada peningkatan kepadatan penduduk, tetapi juga mencakup perubahan identitas budaya, baik bagi pendatang maupun masyarakat setempat (Kamin, 2025), penurunan kualitas lingkungan (Dahlan, 2025), maupun perubahan struktur ekonomi dan perubahan penggunaan lahan (Evers et al., 2024).

Mengacu pada Our World in Data tahun 2023, sebanyak 56.90% manusia tinggal di kawasan perkotaan dan 43.10% tinggal di pedesaan. Di Indonesia terdapat 56.4% penduduk tinggal di perkotaan

(Badan Pusat Statistik, 2023). Tingginya jumlah penduduk di wilayah perkotaan ini dipengaruhi oleh ketersediaan infrastruktur yang memadai, kesempatan kerja yang lebih besar serta ketersediaan barang dan jasa yang lebih lengkap (Roberts, 2014). Hal ini menyebabkan adanya peningkatan kebutuhan lahan untuk kawasan terbangun sebagai kawasan permukiman, industri dan jasa.

Keterbatasan lahan di pusat kota mengakibatkan kawasan perkotaan semakin meluas hingga ke wilayah yang berada di sekitarnya yang disebut sebagai ekspansi perkotaan (Kurniati et al., 2022). Proses ini tidak hanya disebabkan oleh keterbatasan fisik ruang, tetapi juga oleh tingginya harga lahan di pusat kota serta fenomena gentrifikasi dan spekulasi lahan yang mempersempit akses masyarakat terhadap ruang hunian (Giyarsih, 2001; Firman, 2009). Akibatnya, terjadi pergeseran lokasi hunian dan aktivitas ekonomi ke wilayah pinggiran kota yang relatif lebih terjangkau. Fenomena ini dikenal sebagai peri-urbanisasi, yaitu proses transformasi wilayah perdesaan menjadi kawasan semi-perkotaan dengan karakteristik campuran antara aktivitas agraris dan non-agraris (Demiroglu, 2024).

Kabupaten Bogor merupakan salah satu wilayah peri-urban yang mengalami tekanan urbanisasi yang sangat kuat karena posisinya sebagai bagian dari kawasan metropolitan Jabodetabek. Kedekatannya dengan Jakarta sebagai pusat ekonomi nasional menjadikan Kabupaten Bogor sebagai wilayah ekspansi perkotaan yang intensif. Sepanjang tahun, alih fungsi lahan terjadi di Kabupaten Bogor akibat tekanan urbanisasi. Penurunan luas lahan pertanian di Kabupaten Bogor selama 10 tahun terakhir juga ditandai dengan penurunan luas panen dari 91.428 ha menjadi 51.667 ha (Badan Pusat Statistik, 2023). Tingginya penurunan luas lahan pertanian di Kabupaten Bogor ini dipengaruhi oleh permintaan akan ruang permukiman, industri, dan infrastruktur. Pengembangan sistem jaringan transportasi di wilayah Jabodetabek menciptakan pola komuter yang intens, di mana ribuan pekerja melakukan perjalanan pulang-pergi menggunakan moda transportasi seperti KRL (Kereta Rel Listrik), kendaraan pribadi, maupun transportasi lainnya (Irfayanti et al., 2021).

Urbanisasi di kawasan pinggiran bukan hanya ditinjau dari aspek spasial berupa alih fungsi lahan yang masif, tetapi juga ditinjau dari aspek kependudukan dan ketenagakerjaan. Pada kawasan ini perubahan signifikan dalam struktur ketenagakerjaan. Jenis pekerjaan di kawasan ini berubah dari berbasis agraris menjadi lebih beragam, termasuk pekerjaan di sektor jasa, industri kecil, dan perdagangan informal (Shen et al., 2024). Dilihat dari sisi ketenagakerjaan, jumlah petani di Kabupaten Bogor juga mengalami penurunan yang signifikan. Pada tahun 2013 jumlah petani di Kabupaten Bogor adalah 240.737 jiwa, sedangkan pada tahun 2023 jumlah petani hanya 180.870 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2024). Hal ini diperparah oleh jumlah petani yang didominasi oleh usia lanjut lebih dari 40 tahun dengan persentase 59,15%. Fenomena ini dikarenakan penduduk usia muda 19-39 tahun cenderung tidak berminat bekerja di bidang pertanian dan beralih ke sektor industri, jasa dan perdagangan. Hal ini dapat mengancam keberlanjutan kegiatan pertanian dan ketahanan pangan di Kabupaten Bogor. Transformasi ini menunjukkan bahwa urbanisasi di kawasan pinggiran tidak hanya berdampak pada perubahan fisik wilayah, tetapi juga pada penurunan kapasitas produksi pertanian akibat berkurangnya faktor produksi utama, yaitu lahan dan tenaga kerja.

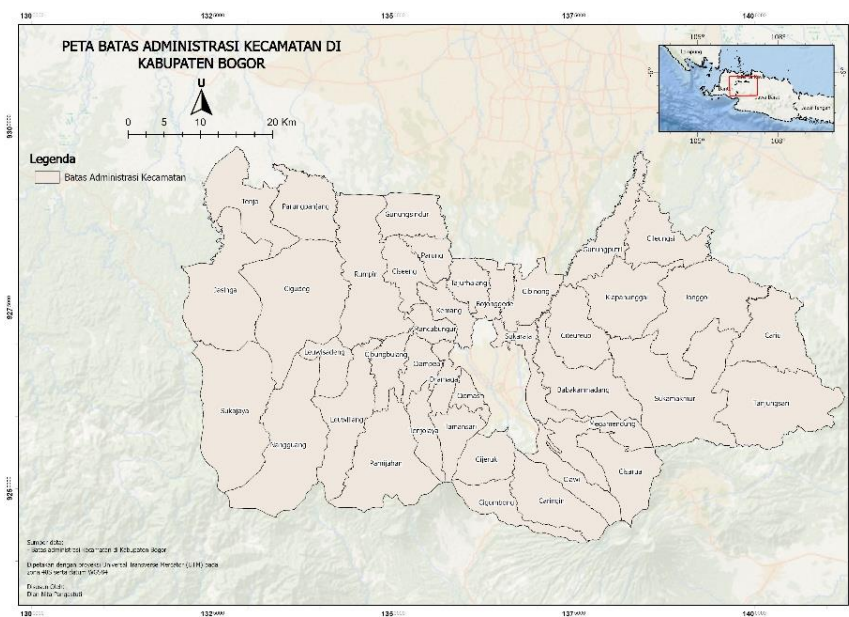
Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas dampak urbanisasi terhadap produksi pangan, yang hanya berfokus pada satu sisi, yaitu perubahan penggunaan lahan, dan sebagian besar studi masih berfokus pada aspek spasial dan demografi secara terpisah. Kajian yang secara kuantitatif dan spasial menghubungkan penurunan luas lahan pertanian dan jumlah tenaga kerja (petani) terhadap produksi pangan masih terbatas, khususnya dalam konteks wilayah peri-urban seperti Kabupaten Bogor. Padahal, secara teoritis, penurunan luas lahan dan tenaga kerja pertanian memiliki implikasi langsung terhadap kapasitas produksi pangan, yang pada akhirnya memengaruhi ketahanan pangan regional.

Permasalahan ini menjadi sangat penting, mengingat Kabupaten Bogor memiliki peran strategis sebagai salah satu pemasok utama beras, tanaman pangan, dan hortikultura bagi kawasan Jabodetabek (Pribadi & Pauliet, 2015). Selain itu, Kabupaten Bogor juga memiliki peranan sebagai daerah pengembangan pertanian sebagaimana ditegaskan dalam dokumen perencanaan Kabupaten Bogor. Di satu sisi, wilayah ini berfungsi sebagai *hinterland* produksi pangan, namun di sisi lain menghadapi tekanan urbanisasi yang tinggi sebagai wilayah penyangga ekspansi perkotaan. Dualisme peran ini menciptakan dilema pembangunan yang berpotensi mengancam keberlanjutan sistem pertanian dan stabilitas pasokan pangan di kawasan metropolitan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh luas lahan sawah dan jumlah petani terhadap produksi pangan di Kabupaten Bogor, serta mengkaji implikasinya terhadap ketahanan pangan dalam konteks urbanisasi yang pesat. Dengan mengintegrasikan analisis spasial dan statistik, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi memperkaya pengetahuan dan menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dampak urbanisasi terhadap keberlanjutan pertanian di wilayah peri-urban.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di wilayah administrasi Kabupaten Bogor (Gambar 1) dengan koordinat 16°21' - 107°13' Bujur Timur dan 6°19' - 6°47' Lintang Selatan. Kabupaten Bogor menjadi salah satu provinsi terluas di Jawa barat dengan luasan yaitu 2991.78 Km². Secara administratif Kabupaten Bogor terdiri dari 435 desa yang tersebar pada 40 Kecamatan di Kabupaten Bogor. Kabupaten Bogor dipilih sebagai lokasi penelitian karena lokasinya yang berada di kawasan Jabodetabek yang merupakan kawasan metropolitan terbesar di Indonesia. Posisi ini menjadikan Bogor salah satu kawasan penyangga bagi kawasan perkotaan di sekitarnya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber: Rancangan Peneliti, 2026)

Penelitian ini menggunakan pendekatan deduktif kuantitatif. Penelitian ini menggunakan data sekunder Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor dan Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Bogor dengan variabel sebagai Berikut:

Tabel 1. Data Penelitian

No.	Variabel	Sumber
1	Produksi Pertanian Padi (GKG) (Y)	Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Bogor
2	Luas Lahan Pertanian (X1)	Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Bogor
3	Jumlah Petani (X2)	Badan Pusat Statistik

Sumber: Rancangan Peneliti, 2026

Untuk dapat menjawab pertanyaan penelitian, akan dilakukan analisis regresi spasial sebagai metode utama untuk menganalisis dampak urbanisasi terhadap ketersediaan pangan di Kabupaten Bogor. Regresi

spasial adalah metode statistik yang menggabungkan hubungan spasial ke dalam analisis regresi. Metode ini digunakan untuk memodelkan dan memahami bagaimana lokasi geografis dan pola spasial mempengaruhi variabel dependen. Berbeda hal dengan seperti regresi klasik, yang mengasumsikan independensi antara pengamatan, regresi spasial mengakui saling ketergantungan titik-titik data berdasarkan kedekatan geografis mereka (Yasin et al., 2020).

Mengacu pada Anselin (1998), persamaan model umum pada regresi spasial dapat dibentuk menjadi beberapa model:

1. Jika $\rho = 0$ dan $\lambda = 0$ maka disebut model regresi linier klasik atau regresi Ordinary Least Square (OLS) dengan persamaan yang terbentuk adalah:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

2. Jika $\rho \neq 0$ dan $\lambda = 0$ maka bentuk persamaan menjadi model Spatial Autoregressive (SAR). SAR terjadi akibat adanya dependensi nilai respon antar lokasi. Model regresi SAR adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W}\mathbf{1}\mathbf{y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

3. Jika $\rho = 0$ dan $\lambda \neq 0$ maka bentuk persamaan menjadi model Spatial Error Model (SEM). SEM terjadi akibat adanya dependensi nilai error di lokasi yang lain. Model regresi yang terbentuk adalah:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} \quad \mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \lambda \mathbf{W}\mathbf{2}\mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

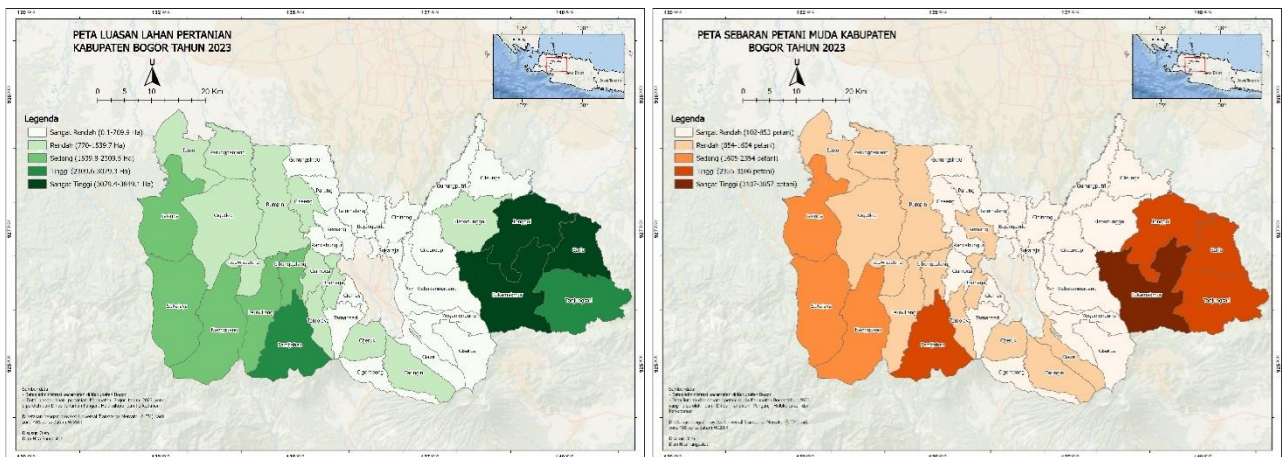
4. Jika $\rho \neq 0$ dan $\lambda \neq 0$ disebut Spatial Autoregressive Moving Average (SARMA) dengan persamaan yang terbentuk adalah:

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W}\mathbf{y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u}$$

Pada penelitian ini, aplikasi GeoDa digunakan untuk melakukan analisis regresi linier berganda (OLS) dan mengidentifikasi model regresi terbaik yang akan dipilih. GeoDa mampu menyederhanakan proses analisis regresi spasial. Dalam penggunaan GeoDa, SAR (*Spatial Autoregressive Model*) atau LM-lag dan SEM (*Spatial Error Model*) atau LM-error diuji dengan cara membandingkan nilai signifikansinya masing-masing. LM-lag dan LM-error dikatakan signifikan jika nilainya $< 0,05$. Jika keduanya signifikan, maka dilakukan pengujian lebih lanjut dengan menggunakan Robust LM-Error dan Robust LM-Lag. Jika didapat Robust LM-Lag signifikan maka dapat disimpulkan SAR (*Spatial Autoregressive Model*) merupakan pemodelan terbaik untuk menggambarkan regresinya, sebaliknya jika Robust LM-Error yang signifikan maka SEM (*Spatial Error Model*) yang menjadi model regresi terbaik.

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Fenomena urbanisasi di Kabupaten Bogor dapat dilihat dari dua sisi, yaitu alih fungsi lahan dan struktur tenaga kerja. Urbanisasi sering kali ditandai dengan adanya alih fungsi lahan, utamanya dari pertanian menjadi nonpertanian (Wibowo et al., 2023). Alih fungsi lahan dapat terjadi karena adanya pembangunan infrastruktur, industri, perumahan serta fenomena gentrifikasi (Winarso et al., 2015; Wibowo et al., 2023; Wilonoyudho et al., 2017; Giyarsih, 2001). Di samping itu, pergeseran struktur tenaga kerja dapat ditandai dengan berkurangnya jumlah petani, khususnya yang berusia muda kurang dari 40 tahun. UNFPA Indonesia (2015) menjelaskan bahwa urbanisasi berdampak pada penurunan di sektor pertanian dan peningkatan di sektor industri dan jasa. Oleh karena itu, banyak tenaga kerja terserap di sektor industri dan jasa dengan produk per kapita yang lebih besar (Shaw et al., 2020; Acharya, 2024; Yuliati et al., 2019). Fenomena urbanisasi menunjukkan adanya pola pengelompokan atau kluster utamanya di wilayah utara dan tengah yang berdekatan dengan Kota Depok dan Kota Bogor dengan ciri kekotaan yang ditandai dengan rendahnya luasan sawah karena tergerus oleh kebutuhan lahan terbangun dan jumlah petani yang tergolong rendah karena terserap di sektor industri maupun jasa. Pola pengelompokan ini juga menjadi bukti berlakunya konsep *spatial spillover* yang dikemukakan oleh Anselin (1995), di mana perubahan tertentu pada suatu wilayah akan memengaruhi wilayah lain yang berdekatan secara geografis.



Gambar 2. Peta Sebaran Luasan Lahan Sawah dan Jumlah Petani Kabupaten Bogor
(Sumber: Analisis Peneliti, 2026)

Analisis keterkaitan antarvariabel dalam konteks wilayah tidak selalu dapat dijelaskan secara akurat menggunakan pendekatan regresi linier klasik (OLS). Hal ini dikarenakan terdapat kemungkinan ketergantungan spasial (*spatial dependence*) dan heterogenitas spasial (*spatial heterogeneity*) antarunit wilayah, yang menyebabkan asumsi independensi pada model regresi klasik atau OLS tidak terpenuhi (Anselin, 1988). Dalam konteks pertanian, kegiatan produksi pada suatu wilayah tidak terlepas dari kondisi dan aktivitas wilayah sekitarnya seperti kesamaan kondisi fisik wilayah, ketersediaan infrastruktur, serta akses terhadap pasar dan sumber daya pertanian (Makovníková et al., 2023; Roring, 2019).

Dalam penelitian ini, analisis dilakukan untuk mengetahui faktor yang memengaruhi produksi pertanian di Kabupaten Bogor pada tahun 2023 dengan mempertimbangkan aspek spasial. Variabel independen yang digunakan meliputi luas lahan sawah dan jumlah petani dengan usia kurang dari 40 tahun.

Tabel 2. Hasil Regresi Multivariat

Variabel	Koefisien	t-Statistic	Probability
Constant	-2.9501	-3.50372	0.00122
Luas Sawah	12.450	14.7683	0.00000
Petani	1.6846	2.64078	0.01204
$R^2 = 0.9527$	Adj $R^2 = 0.9501$	$F = 372.857$ ($p < 0.01$)	$\alpha = 5\%$

Sumber: Analisis Peneliti, 2026

Langkah awal dalam melakukan regresi spasial adalah dengan melakukan regresi spasial dengan metode *Ordinary Least Squares (OLS)*. Hasil regresi OLS menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 95,27% variasi produksi pertanian, yang juga mengindikasikan adanya keterkaitan yang kuat antara variabel dependen dengan variabel independen. Secara keseluruhan, model signifikan dengan p-value kurang dari 0.001. Hasil uji ini juga menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti bahwa variabel independen secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap produksi padi 2023. Di samping itu, variabel luas sawah dan jumlah petani juga berpengaruh signifikan secara parsial terhadap produksi padi tahun 2023.

Tabel 3. Diagnostic for Spatial Dependence

Test	Value	Probability
Moran's I	0.3970	0.00082
Lagrange Multiplier (lag)	1.2869	0.25662
Lagrange Multiplier (error)	7.1827	0.00736

 $\alpha = 5\%$

Sumber: Analisis Peneliti, 2026

Pengujian selanjutnya yaitu Uji Moran's I. Uji ini dilakukan untuk menilai adanya atau tidaknya autokorelasi spasial dalam variabel penelitian. Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi permulaan dari keacakan spasial. Keacakan spasial ini dapat mengindikasikan adanya pola-pola yang mengelompok atau membentuk tren terhadap ruang (Kosfeld, 2006). Uji Moran's I memerlukan pembobotan spasial. Jenis pembobotan yang digunakan yaitu Queen Contiguity. Pembobotan ini didasarkan pada sisi yang bersinggungan dan sudut yang menempel. Rentang nilai dari Indeks Moran dengan matriks pembobot spasial terstandarisasi adalah $-1 \leq I \leq 1$. Nilai $-1 \leq I < 0$ menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif, sedangkan nilai $0 < I \leq 1$ menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif. Nilai Indeks Moran bernilai nol mengindikasikan tidak berkelompok. Hasil analisis menunjukkan nilai indeks Moran sebesar 0.3970 dengan p-value 0.00082 yang berarti terdapat autokorelasi spasial positif. Nilai ini dapat diinterpretasikan bahwa kecamatan yang bersinggungan atau berdekatan memiliki nilai yang hampir seragam dan membentuk klaster atau pengelompokan.

Setelah dilakukan uji autokorelasi spasial, selanjutnya adalah menentukan model regresi yang tepat melalui uji Lagrange Multiplier Test berdasarkan nilai Lagrange Multiplier (Lag) dan Lagrange Multiplier (Error). Uji Lagrange Multiplier (LM) menunjukkan bahwa LM (error) signifikan ($p = 0.0073$), sedangkan LM (lag) tidak signifikan untuk $\alpha = 5\%$. Dengan demikian, model yang paling tepat digunakan adalah Spatial Error Model (SEM). Model SEM memodelkan korelasi spasial dalam error/residual, mengatasi masalah ketergantungan spasial yang tidak bisa dijelaskan oleh variabel independen. SEM cocok jika spatial dependence muncul akibat faktor tidak teramati yang spasialnya terstruktur, misalnya variabel lingkungan yang tidak diukur langsung.

Tabel 4. Perbandingan Nilai AIC dan R²

Model	Nilai AIC	R ²
OLS	757.6	0.9527
SEM	751.9	0.9610

Sumber: Analisis Peneliti, 2026

Setelah diketahui bahwa terdapat autokorelasi pada error, diperlukan pemilihan model yang sesuai dengan menggunakan indikator Akaike Information Criterion (AIC) sebagai alat pembandingan antara model OLS dan SEM. Model terbaik adalah yang memiliki R-square terbesar dan AIC terkecil (Anselin, 2005). Hasil analisis menunjukkan bahwa Model Spatial Error menunjukkan peningkatan kinerja dibandingkan dengan OLS, ditandai dengan peningkatan R² dari 0.9527 menjadi 0.9610 dan penurunan nilai AIC dari 757.6 menjadi 751.9. Hal ini menunjukkan bahwa SEM menjadi model yang lebih baik dan akurat dalam memprediksi produksi pertanian.

Tabel 5. Hasil Regresi Spasial SEM Model

Variabel	Koefisien	t-Statistic	Probability
Constant	-2.5581	-2.5718	0.01012
Luas Sawah	12.3074	0.8666	0.00000
Petani	1.65904	14.7683	0.00483
Lambda	0.4330	2.5122	0.0120
R ² = 0.9610		AIC = 751.939	

Sumber: Analisis Peneliti, 2026

Berdasarkan hasil estimasi menggunakan model Spatial Error (SEM), diperoleh bentuk persamaan regresi spasial sebagai berikut:

$$Y = -2.5581 + 12.3074X_1 + 1.6590X_2 + 0.4330W_2u + e_i$$

Keterangan:

Y = Produksi Padi (Ton)

X₁ = Luas Lahan Pertanian/Sawah (Ha)X₂ = Jumlah Petani berusia kurang dari 40 tahun (Orang)W_{2u} = Faktor Lainnya berkaitan dengan Spasial DependensiE_i = Error Individu

Persamaan model *Spatial Error Model* (SEM) yang dihasilkan menunjukkan bahwa produksi pertanian di Kabupaten Bogor dipengaruhi secara signifikan oleh luas lahan sawah dan jumlah petani, serta dipengaruhi pula oleh keterkaitan spasial antarwilayah. Hasil ini menegaskan bahwa sistem produksi pangan di wilayah peri-urban seperti Kabupaten Bogor tidak hanya ditentukan oleh faktor internal wilayah, tetapi juga oleh dinamika ruang dan interaksi geografis antarkecamatan.

Koefisien luas lahan sawah yang bernilai positif menunjukkan bahwa peningkatan luas sawah masih menjadi faktor utama dalam meningkatkan produksi pertanian, yang mana setiap peningkatan 1 hektare luasan lahan sawah akan meningkatkan produksi padi 12.3074 ton. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian internasional yang menyebutkan bahwa lahan merupakan faktor produksi paling mendasar dalam sistem pangan, terutama di wilayah berkembang yang masih bergantung pada pertanian berbasis lahan (Lambin & Meyfroidt, 2011; Foley et al., 2011). Dalam konteks Kabupaten Bogor, hasil ini memperlihatkan bahwa keberadaan lahan sawah produktif memiliki peran strategis dalam menjaga kapasitas produksi pangan regional, khususnya sebagai wilayah penyangga pangan kawasan metropolitan Jabodetabek.

Namun demikian, hasil ini juga perlu dipahami dalam konteks urbanisasi yang berlangsung cepat di Kabupaten Bogor. Sebagai bagian dari kawasan metropolitan Jakarta, Bogor mengalami tekanan perkembangan kawasan terbangun yang sangat tinggi, terutama untuk kebutuhan permukiman, industri, dan infrastruktur transportasi. Urbanisasi tersebut mendorong terjadinya konversi lahan pertanian menjadi lahan nonpertanian, khususnya di wilayah yang memiliki aksesibilitas tinggi terhadap pusat pertumbuhan ekonomi (Firman, 2009; Pribadi & Pauleit, 2015). Penurunan luas sawah akibat ekspansi perkotaan secara langsung akan menurunkan kapasitas produksi pertanian, sebagaimana tercermin dari besarnya pengaruh variabel luas sawah dalam model SEM.

Fenomena ini sesuai dengan teori *land use transition* yang menjelaskan bahwa transformasi wilayah dari agraris menuju urban-industrial akan menggeser fungsi ruang secara bertahap dari fungsi produksi pangan menuju fungsi ekonomi perkotaan (Houla, 2006; Lambin & Meyfroidt, 2010). Di wilayah peri-urban seperti Bogor, tekanan urbanisasi umumnya lebih tinggi karena wilayah tersebut berfungsi sebagai zona transisi antara kota inti dan kawasan perdesaan. Akibatnya, lahan pertanian menjadi sangat rentan terhadap alih fungsi, terutama pada kecamatan yang berada di koridor perkembangan metropolitan Jakarta.

Selain luas sawah, jumlah petani juga terbukti berpengaruh positif signifikan terhadap produksi pertanian. Berdasarkan koefisien hasil SEM, setiap tambahan 1 orang petani akan meningkatkan produksi sebesar 1.659 ton. Walaupun nilai koefisiennya relatif lebih kecil dibandingkan dengan luas lahan, hasil ini menunjukkan bahwa tenaga kerja pertanian tetap memiliki peran penting dalam mempertahankan produktivitas sektor pertanian. Temuan ini memperlihatkan bahwa pertanian di Kabupaten Bogor masih bersifat labor intensive, di mana keberadaan petani sebagai pelaku utama produksi tetap menjadi faktor penentu keberhasilan usaha tani.

Dalam konteks urbanisasi, hasil ini menjadi penting karena salah satu dampak utama urbanisasi adalah terjadinya transformasi struktur tenaga kerja dari sektor primer menuju sektor sekunder dan tersier. Peningkatan peluang kerja di sektor industri dan jasa menyebabkan banyak tenaga kerja muda meninggalkan sektor pertanian karena dianggap kurang menjanjikan secara ekonomi (Tacoli, 2017; Liu et al., 2021). Kondisi ini mengakibatkan terjadinya penuaan petani (*aging farmer*) dan penurunan regenerasi tenaga kerja pertanian. Jika kondisi tersebut terus berlangsung, maka kapasitas produksi pangan akan semakin menurun meskipun teknologi pertanian berkembang. Oleh karena itu, hasil penelitian ini memperkuat pentingnya kebijakan regenerasi petani dan peningkatan kesejahteraan tenaga kerja pertanian sebagai bagian dari strategi ketahanan pangan daerah.

Di sisi lain, keberadaan parameter spasial λ (lambda) sebesar 0,43308 yang signifikan menunjukkan adanya ketergantungan spasial pada komponen error model. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat faktor-faktor lain di luar variabel yang diamati yang memengaruhi produksi pertanian dan memiliki pola keterkaitan antarwilayah. Menurut LeSage & Pace (2009), autokorelasi spasial pada error umumnya muncul karena adanya variabel penting yang tidak terobservasi tetapi memiliki pola spasial yang serupa antarwilayah yang berdekatan. Dalam konteks pertanian, faktor-faktor tersebut dapat berupa kualitas tanah, topografi, sistem irigasi, akses terhadap pasar, jaringan distribusi hasil pertanian, hingga dukungan kelembagaan pertanian.

Nilai λ yang positif menunjukkan bahwa wilayah-wilayah yang berdekatan cenderung memiliki karakteristik residual yang serupa. Dengan kata lain, jika suatu kecamatan memiliki faktor-faktor tidak terukur yang mendukung tingginya produksi pertanian, maka kecamatan di sekitarnya cenderung mengalami kondisi yang sama. Sebaliknya, jika suatu wilayah mengalami tekanan urbanisasi tinggi, degradasi lahan, atau kerusakan sistem irigasi, dampaknya juga dapat menyebar ke wilayah sekitar melalui keterhubungan spasial.

Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa sistem pertanian di Kabupaten Bogor memiliki sifat spasial yang kuat dan saling terintegrasi. Infrastruktur irigasi, jaringan distribusi hasil pertanian, aksesibilitas jalan, hingga pola penggunaan lahan tidak bekerja secara terpisah antarkecamatan, melainkan membentuk suatu sistem regional yang saling memengaruhi. Hal ini sesuai dengan konsep *spatial spillover effect*, yaitu kondisi ketika perubahan pada suatu wilayah akan memberikan dampak terhadap wilayah lain di sekitarnya (Elhorst, 2014; Rey & Montouri, 1999).

Dalam perspektif pembangunan wilayah, hasil ini menunjukkan bahwa pengelolaan pertanian di Kabupaten Bogor tidak dapat dilakukan secara parsial berdasarkan batas administratif kecamatan semata. Pendekatan pembangunan pertanian perlu mempertimbangkan keterkaitan spasial antarwilayah, terutama dalam pengendalian alih fungsi lahan, pengembangan infrastruktur irigasi terpadu, dan perlindungan kawasan pertanian pangan berkelanjutan (Anselin, 2005; Fischer & Getis, 2010). Kebijakan yang bersifat sektoral tanpa mempertimbangkan struktur ruang berpotensi menimbulkan ketimpangan dan mempercepat penurunan kapasitas produksi pangan regional. Hal ini ditunjukkan secara jelas melalui hasil analisis SEM yang tidak hanya menjelaskan hubungan statistik antarvariabel, tetapi juga menunjukkan bahwa dinamika produksi pertanian di Kabupaten Bogor merupakan hasil interaksi kompleks antara

faktor penggunaan lahan, demografi, ekonomi, dan proses urbanisasi yang berlangsung secara spasial. Oleh sebab itu, pendekatan spasial menjadi penting dalam perencanaan pembangunan wilayah untuk menjaga keberlanjutan sistem pangan di kawasan peri-urban.

Untuk memastikan kelayakan model SEM, dilakukan beberapa pengujian terhadap asumsi klasik seperti normalitas, homoskedastisitas, dan nonmultikolinearitas. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan Jarque–Bera test. Hasil pengujian menunjukkan nilai p-value 0.0819, yang berarti lebih besar dari 0.05. Meskipun begitu, nilai ini tetap signifikan pada level $\alpha = 10\%$. Anselin (2005) menjelaskan bahwa normalitas bukan syarat mutlak dalam regresi spasial (SEM dan SAR) karena lebih fokus pada pola spasial daripada distribusi data. Selain itu, ketika ukuran sampel cukup besar, distribusi data spasial akan mendekati normal berdasarkan Central Limit Theorem (Gujarati & Porter, 2009).

Uji heteroskedastisitas dilakukan untuk mengetahui apakah varians dari error (residual) pada setiap observasi bersifat konstan (homoskedastisitas) atau tidak konstan (heteroskedastisitas). Untuk mengetahui adanya heteroskedastisitas dalam model, digunakan uji Breusch–Pagan (BP) dan uji Koenker–Bassett (KB). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai statistik Breusch–Pagan sebesar 1,5729 dengan p-value 0,45546, sedangkan nilai statistik Koenker–Bassett sebesar 1,2608 dengan p-value 0,53239. Kedua nilai p-value tersebut lebih besar dari taraf signifikansi 0.05 yang menunjukkan bahwa varians bersifat homogen atau model regresi bebas heteroskedastisitas dan asumsi homogenitas terpenuhi.

Uji multikolinearitas dilakukan untuk mengetahui apakah antarvariabel bebas dalam model regresi memiliki hubungan atau korelasi (Gujarati & Porter, 2009). Salah satu cara untuk mendeteksi multikolinearitas adalah dengan melihat nilai Condition Number (CN). Nilai CN < 10 menunjukkan tidak ada masalah multikolinearitas; nilai antara 10 hingga 30 menunjukkan indikasi adanya multikolinearitas ringan; sedangkan nilai CN > 30 menandakan adanya multikolinearitas serius dalam model (Belsley et al., 1980). Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai Condition Number sebesar 5,98, yang masih jauh di bawah batas 30. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi tidak mengalami masalah multikolinearitas atau variabel independen bebas dari tumpang tindih.

SIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa model terbaik dalam regresi spasial ini adalah *Spatial Error Model* (SEM) di mana luas lahan sawah dan jumlah petani berpengaruh signifikan terhadap produksi pertanian, dengan luas lahan sawah menjadi faktor yang paling dominan. Peningkatan luasan lahan sawah memberikan kontribusi yang positif dan signifikan terhadap peningkatan hasil pertanian. Di samping itu, peningkatan jumlah petani juga berpengaruh positif signifikan terhadap produksi pangan. Persamaan regresi menunjukkan bahwa dengan asumsi faktor lain bernilai tetap, setiap peningkatan 1 hektare luasan lahan sawah akan meningkatkan produksi padi 12.3074 ton, dan setiap tambahan 1 orang petani akan meningkatkan produksi sebesar 1.659 ton. Model ini juga menunjukkan bahwa faktor-faktor tak teramati seperti kualitas tanah, jaringan irigasi, aksesibilitas lahan, dan dukungan infrastruktur pertanian tidak hanya memengaruhi wilayah tempat faktor tersebut berada, tetapi juga menyebar ke wilayah tetangga melalui interaksi spasial. Oleh karena itu, urbanisasi perlu dikendalikan agar tidak mengancam ketahanan pangan melalui pembatasan alih fungsi lahan dengan menegakkan aturan terkait LP2B serta mendorong regenerasi petani melalui modernisasi sektor pertanian dengan memanfaatkan teknologi, inovasi, dan jejaring sosial.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, R. (2024). Occupational Shift from Agricultural to Non-Agricultural Sectors in Semi Urban Area. *Journal of Education and Research*, 14(1), 1-95.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Anselin, L. (2005). *Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook*. University of Illinois.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Jumlah Penduduk menurut Wilayah, Daerah Perkotaan/Perdesaan, dan Jenis Kelamin, 2023. <https://sensus.bps.go.id/topik/tabular/sp2022/187/0/0>

- Badan Pusat Statistik. (2023). Luas panen dan produksi padi di Indonesia 2023 (Angka Sementara). <https://www.bps.go.id/>
- Badan Pusat Statistik. (2024). Kabupaten Bogor Dalam Angka 2024. <https://www.bps.go.id/>
- Belsley, D. A., Kuh, E., & Welsch, R. E. (1980). *Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity*. New York: Wiley.
- Dahlan, M. (2025). Dampak Urbanisasi Terhadap Kualitas Lingkungan di Kota Makassar. *Jurnal Kajian Sosial dan Budaya: Tebar Science*, 9(1), 17-21.
- Demiroğlu İzgi, B. (2024). Quantitative Analysis of Peri-Urbanization: Developing a Peri-Urban Index for Medium-Sized Cities Using the Analytic Hierarchy Process--A Case Study of Yozgat, Turkey. *Sustainability*, 16(14), 6002.
- Elhorst, J. P. (2014). *Spatial Econometrics: From Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. Springer.
- Evers, D., Katuriċ, I., & van der Wouden, R. (2024). Understanding urbanization. In *Urbanization in Europe: past developments and pathways to a sustainable future* (pp. 1-14). Cham: Springer International Publishing.
- Firman, T. (2009). The continuity and change in mega-urbanization in Indonesia: A survey of Jakarta–Bandung Region (JBR) development. *Habitat International*, 33(4), 327-339.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... & Zaks, D. P. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342.
- Giyarsih, S. R. (2001). Gejala *Urban Sprawl* Sebagai Pemicu Proses Densifikasi Permukiman Di Daerah Pinggiran Kota (*Urban Fringe*).
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Harahap, F. R. (2013). Dampak urbanisasi bagi perkembangan kota di Indonesia. *Jurnal Society*, 1(1), 35-45.
- Hualou, L. (2006). Rural housing land transition in China: Theory and verification. *Acta Geographica Sinica*, 61(10), 1093-1100.
- Indonesia, UNFPA (2015). *Urbanization in Indonesia. Monograph Series: 4*.
- Kamin, D. A. (2025). Pengaruh Urbanisasi Terhadap Identitas Budaya di Kawasan Perkotaan. *Jurnal Sociopolitico*, 7(1), 70-74.
- Kurniati, S. A., Rahayu, P., & Istanabi, T. (2022). Peri-urbanisasi dan dinamika perkembangan kawasan perkotaan sekunder (studi kasus: Bosukawonosraten). *Desa-Kota: Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota, dan Permukiman*, 4(2), 167-180.
- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2011). Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), 3465-3472.
- LeSage, J., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to Spatial Econometrics*. Boca Raton: CRC Press.
- Makovníková, J., Kološta, S., Flaška, F., & Pálka, B. (2023). Factors influencing the spatial distribution of regulating agro-ecosystem services in agriculture soils: a case study of Slovakia. *Agriculture*, 13(5), 970.
- Our World in Data. (2023). *Proportion of population living in urban areas, 2023*. <https://ourworldindata.org/grapher/share-of-population-urban?time=2023>
- Pribadi, D. O., & Pauleit, S. (2015). The dynamics of peri-urban agriculture during rapid urbanization of Jabodetabek Metropolitan Area. *Land Use Policy*, 48, 13-24.
- Rey, S. J., & Montouri, B. D. (1999). US regional income convergence: a spatial econometric perspective. *Regional studies*, 33(2), 143-156.

- Roberts, B. (2014). *Managing System of Secondary Cities. Belgium: City Alliances*
<https://ourworldindata.org/urbanization>
- Roring, C., Kawung, G. M., & Wauran, P. (2019). Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah produksi petani bunga di kota Tomohon. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 19(01), 78-87.
- Shaw, B. J., van Vliet, J., & Verburg, P. H. (2020). *The Peri-urbanization of Europe: A Systematic Review of a Multifaceted Process. Landscape and Urban Planning*, 1961–11.
- Shen J, Wang S, Wang Y. (2024). *Environmental Inequality in Peri-Urban Areas: A Case Study of Huangpu District, Guangzhou City. Land*, 13(5), 703.
- Wibowo, B., & Setyawan, A. (2019). Konversi Lahan Pertanian dan Dampaknya terhadap Ketahanan Pangan di Daerah Perkotaan. *Jurnal Agribisnis dan Pembangunan*, 14(2), 89-102.
- Wilsonyudho, S., Rijanta, R., Keban, Y. T., & Setiawan, B. (2017). *Urbanization and regional imbalances in Indonesia. Indonesian Journal of Geography*, 49(2), 125-132.
- Winarso, H., Hudalah, D., & Firman, T. (2015). Peri-urban transformation in the Jakarta metropolitan area. *Habitat International*, 49, 221-229.
- Yasin, H., Hakim, A. R., & Warsito, B. (2020). *Regresi Spasial (Aplikasi dengan R)*. Pekalongan: Wade Group.
- Yuliati, N, Kusnandar, Sudarto, T., Rahayu, E.S. (2019). Farmers' Intention to Leave the Agricultural Sector in East Java, Indonesia: A Crisis Through Non-Agricultural Job Opportunities Challenges. *Journal of Social Sciences Research*, 13, 2854-2863.
- Zhang, T., Sun, W., Xiao, J., & Yan, G. (2024). The impact of land use change on food security under the background of rapid urbanization-a case study of Xiamen city. *Environmental Research Communications*, 6(10), 105006.
- Ziem, Bonye, S., Yenglier Yiridomoh, G., & Derbile, E. K. (2021). Urban expansion and agricultural land use change in Ghana: Implications for peri-urban farmer household food security in Wa Municipality. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 13(2), 383-399.