

Pemodelan Spasial Data Panel untuk Menganalisis Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas Padi Lahan Rawa Lebak di Kabupaten Hulu Sungai Utara

Hafizatul Nisa*, Yuana Sukmawaty, Sigit Dwi Prabowo

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru 70714, Indonesia

*Corresponding author e-mail: hafizatulnisa29@gmail.com

Article Info

Received June 2025

Accepted August 2025

Published August 2025

Keyword:
Climate Change
Rice Productivity
Panel Data Spatial
Regression
Swamp

Abstract

A serious problem that impacts the agricultural sector is climate change. One of the impacts is reduced productivity of food crops such as rice. Climatic factors such as precipitation and the frequency of rainy days play a crucial role in agricultural production. Utilization of Lowland Swamps as agricultural land has great potential to increase rice productivity. The research aims to illustrate the characteristics of rice productivity in the Lowland Swamp area of Hulu Sungai Utara Regency (HSU) and estimate the parameters in the spatial panel data model affecting it. The study employed panel data spatial regression using the Spatial Autoregressive Model Fixed Effect (SAR-FE) and Spatial Error Model Fixed Effect (SEM-FE) methods. The findings indicated that the rice productivity in the Hulu Sungai Utara (HSU) Regency reached its peak in 2005; conversely, it had a decline and reached its lowest point in 2021. The SAR-FE was selected as the optimal model, with a coefficient of determination of 89,94%. The SAR-FE model demonstrated that rainfall significantly positively affected rice productivity in the Hulu Sungai Utara (HSU) Regency. Simultaneously, rainy days significantly negatively affected the rice productivity of the Hulu Sungai Utara (HSU) Regency.

1. Pendahuluan

Salah satu tantangan terbesar dunia saat ini adalah perubahan iklim, yang memengaruhi berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pertanian. Dampaknya terhadap pertanian sangat signifikan, mengakibatkan kerusakan infrastruktur dan penurunan produktivitas tanaman pangan, yang berpotensi mengancam ketahanan pangan dan meningkatkan kemiskinan [1]. Unsur iklim meliputi jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan merupakan komponen penting bagi produksi pertanian, khususnya tanaman padi. Tanaman padi adalah bahan pokok utama di Indonesia. Provinsi Kalimantan Selatan, dengan produksi padi tertinggi ke-12 di Indonesia dan ke-1 di Pulau Kalimantan sebesar 819.419,2 ton, mengalami penurunan produksi pada tahun 2022 sebesar 196.894,5 ton dibandingkan tahun 2021 sebelumnya. Penurunan ini memengaruhi produktivitas padi di beberapa Kabupaten, termasuk

Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU), yang memiliki luas wilayah yang didominasi rawa lebak sebesar 892,70 km² dari total 907,49 km² [2].

Lahan rawa lebak terdiri dari empat tipologi lebak yakni dangkal, tengahan, dalam, dan sangat dalam. Tipe lebak tengahan dan dangkal memiliki potensi untuk meningkatkan produktivitas padi karena kemampuannya menahan air selama musim kemarau [3]. Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU) memberikan kontribusi yang signifikan di Provinsi Kalimantan Selatan, dengan menempati peringkat ketiga tertinggi dalam produktivitas padi tahun 2022. Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU) menunjukkan peningkatan produktivitas padi pada tahun 2022 sebesar 46,18 Ku/Ha, naik 0,3 Ku/Ha dari tahun sebelumnya, namun produksi padi pada tahun 2022 sebesar 25.623 ton, turun 48.164 ton dari tahun sebelumnya [4]. Adanya unsur iklim dan geografis

diduga menjadi faktor yang memengaruhi produktivitas padi di Kabupaten HSU.

Analisis pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas padi lahan rawa lebak dapat dilakukan menggunakan metode statistika seperti regresi linier. Namun, pendekatan regresi linier kurang akurat jika mengandung informasi spasial [5]. Produktivitas padi diduga dipengaruhi oleh kondisi geografis dan unsur iklim, sehingga memerlukan analisis data panel yang mencakup unit individu dan unit waktu. Analisis data panel dengan mempertimbangkan efek wilayah (spasial) dikenal dengan regresi spasial data panel. Metode statistik yang digunakan merupakan metode regresi spasial data panel dan melibatkan model pengaruh tetap. Model spasial data panel dengan pengaruh tetap (*Fixed Effect*) adalah *Spatial Autoregressive Model Fixed Effect* (SAR-FE) dan *Spatial Error Model Fixed Effect* (SEM-FE) [6]. Estimasi parameter kedua model tersebut dapat menggunakan metode *maximum likelihood*.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mendeskripsikan karakteristik produktivitas padi lahan rawa lebak dan membangun model terbaik dalam pendekatan spasial data panel pada variabel iklim yang diduga memengaruhinya. Dengan mengidentifikasi variabel iklim yang berpengaruh, penelitian ini diharapkan mampu memberi solusi yang efektif untuk mengantisipasi pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas padi lahan rawa lebak.

2. Metode Penelitian

2.1. Regresi Data Panel

Regresi data panel ialah analisis dengan membangun model dampak variabel bebas terhadap variabel terikat pada sekelompok data panel. Bentuk persamaan regresi data panel adalah sebagai berikut [6]:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; k = 1, \dots, K \quad (1)$$

dengan:

β_{0it} : koefisien intersep (parameter)

β_k : koefisien slope ke- k untuk seluruh unit penelitian

Y_{it} : variabel terikat unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

X_{kit} : variabel bebas ke- k unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

ε_{it} : residual

Untuk melakukan estimasi parameter dalam model ini, terdapat tiga model yang umum dipakai yaitu *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM).

2.1.1. Common Effect Model (CEM)

Common Effect Model (CEM) memiliki asumsi yaitu diabaikannya semua pengaruh baik *cross section* (unit individu) maupun *time series* (unit waktu) sehingga intersep dan koefisien regresi tetap sepanjang unit individu dan unit waktu dengan metode OLS (*Ordinary Least Square*). Bentuk persamaan CEM adalah sebagai berikut [7]:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; k = 1, \dots, K \quad (2)$$

dengan:

β_0 : koefisien intersep (parameter)

β_k : koefisien slope ke- k untuk seluruh unit penelitian

Y_{it} : variabel terikat unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

X_{kit} : variabel bebas ke- k unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

2.1.2. Fixed Effect Model (FEM)

Fixed Effect Model (FEM) diasumsikan memiliki variasi intersep yang berbeda antar unit individu, namun koefisien slope konstan pada unit individu. Bentuk persamaan FEM adalah sebagai berikut [8]:

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; k = 1, \dots, K \quad (2)$$

dengan:

β_{0i} : koefisien intersep (parameter)

β_k : koefisien slope ke- k untuk seluruh unit penelitian

Y_{it} : variabel terikat unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

X_{kit} : variabel bebas ke- k unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

2.1.3. Random Effect Model (REM)

Random Effect Model (REM) memiliki asumsi bahwa karakteristik setiap individu berbeda sepanjang rentang waktu, dan perbedaan ini disebabkan oleh error dalam model. Bentuk persamaan REM adalah sebagai berikut [8]:

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_i + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; k = 1, \dots, K \quad (2)$$

dengan:

β_{0i} : koefisien intersep (parameter)

β_k : koefisien slope ke- k untuk seluruh unit penelitian

Y_{it} : variabel terikat unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

X_{kit} : variabel bebas ke- k unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

u_i : efek *random* dari unit individu ke- i

2.2. Identifikasi Model Regresi Data Panel

2.2.1. Uji Chow

Uji *Chow* merupakan uji untuk mengidentifikasi model yang paling cocok di antara CEM dan FEM. Hipotesis uji *Chow* adalah sebagai berikut[6]:

H_0 : $\beta_{01} = \beta_{02} = \dots = \beta_{0N}$ (CEM)

H_1 : minimal terdapat $\beta_{0i} \neq 0$ (FEM)

Uji *Chow* mirip dengan uji F dengan statistik uji:

$$F_{hitung} = \frac{(RSS_1 - RSS_2)/(N - 1)}{RSS_2/(NT - N - K)} \quad (5)$$

dengan:

RSS_1 : *residual sum of square* hasil pendugaan model *common effect*

RSS_2 : *residual sum of square* hasil pendugaan model *fixed effect*

N : jumlah data *cross section*

T : jumlah data *time series*

K : jumlah variabel bebas

Kriteria keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $p - \text{value} < \alpha$.

2.2.2. Uji Hausman

Uji *Hausman* adalah salah satu metode uji untuk membandingkan model yang tepat di antara FEM dan REM, dengan hipotesis [9]:

H_0 : $\text{corr}(X_{it}, \varepsilon_{it}) = 0$ (REM)

H_1 : $\text{corr}(X_{it}, \varepsilon_{it}) \neq 0$ (FEM)

Statistik uji Hausman:

$$H = \hat{q}'[\text{var}(\hat{q})]^{-1}\hat{q} \quad (6)$$

Dimana,

H : nilai estimasi *Hausman*

$\hat{q}$: $[\hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_{0GLS}]$

$\hat{\beta}_0$: intersep dari estimator FEM

$\hat{\beta}_{0GLS}$: intersep dari estimator REM

Kriteria keputusan:

H_0 ditolak jika $H > \chi^2_{tabel}$ atau $p - \text{value} < \alpha$.

2.3. Dependensi Spasial

Dependensi spasial merupakan suatu konsep yang digunakan dalam analisis spasial untuk memahami hubungan antara nilai-nilai dalam suatu variabel di lokasi-lokasi yang berbeda dalam suatu wilayah. Dependensi spasial dapat dideteksi dengan uji indeks Moran [5]. Hipotesis dependensi spasial adalah sebagai berikut:

H_0 : $I = 0$ (tidak terdapat dependensi spasial antar lokasi amatan)

H_1 : $I \neq 0$ (terdapat dependensi spasial antar lokasi amatan)

$$I = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{X}) ((X_j - \bar{X}))}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (7)$$

$i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$

dengan:

X_i : data amatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$)

X_j : data amatan ke- j ($j = 1, 2, \dots, n$)

$\bar{X}$: rata-rata data amatan

w_{ij} : elemen ke- ij dari matriks pembobot spasial **W**

Statistik uji:

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{var}(I)}} \quad (8)$$

Kriteria keputusan:

H_0 ditolak jika $Z(I) > Z_{1-\alpha}$ dan $P - \text{value} < \alpha$.

Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui adanya dependensi spasial (ketergantungan wilayah) dengan uji statistik yang sesuai adalah uji *Lagrange Multiplier* (LM). Dalam regresi spasial, pemilihan model yang tepat dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Lagrange Multiplier* untuk menentukan apakah terdapat interaksi spasial dalam model tersebut atau tidak. Interaksi spasial terdiri dari dua jenis uji yakni *Lagrange Multiplier* pada *Lag* (LM_{lag}) dan *Lagrange Multiplier* pada *Error* (LM_{error}) [6]. Jika LM_{lag} signifikan model yang digunakan yaitu *Spatial Autoregressive Model* (SAR), sedangkan jika LM_{error} signifikan model yang digunakan yaitu *Spatial Error Model* (SEM).

2.4. Matriks Pembobot Spasial

Matriks pembobot spasial (**W**) adalah matriks yang dapat digambarkan dengan suatu hubungan kedekatan antara lokasi amatan yang berukuran $n \times n$. Cara untuk menentukan matriks pembobot dapat menggunakan matriks ketetanggaan (*contiguity*). Terdapat beberapa metode untuk matriks *contiguity* diantaranya [10]:

a. *Rook contiguity*, berdasarkan sisi-sisi yang saling berdekatan.

- b. *Bishop contiguity*, berdasarkan sudut-sudut yang saling berdekatan.
 c. *Queen contiguity*, berdasarkan sisi-sisi dan sudut-sudut yang saling berdekatan.

2.5. Model Spasial Data Panel

Spasial data panel yaitu sebuah model yang menggunakan data panel yang mencakup unit individu dan waktu untuk memperhitungkan hubungan wilayah (korelasi spasial). Bentuk persamaan model secara umum adalah sebagai berikut [11]:

$$Y_{it} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad (9)$$

$$i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; k = 1, \dots, K$$

dimana:

Y_{it} : variabel terikat pada unit individu ke- i dan waktu ke- t

x_{it} : variabel bebas unit individu ke- i dan waktu ke- t

β : parameter dari variabel bebas

μ_i : efek spesifik spasial pada unit individu ke- i

ε_{it} : *error* pada unit individu ke- i waktu ke- t

Terdapat 2 model spasial data panel meliputi *Spatial Autoregressive Model* (SAR) dan *Spatial Error Model* (SEM), kedua model dilibatkan dengan pengaruh tetap (*Fixed Effect*).

2.5.1. Spatial Autoregressive Model Fixed Effect (SAR-FE)

SAR-FE merupakan metode regresi spasial dengan pendekatan berbasis area dimana variabel terikat memiliki ketergantungan pada variabel terikat wilayah lainnya dalam model yang terdekat dan variabel bebas yang diamati. Bentuk persamaan SAR-FE adalah sebagai berikut [11]:

$$Y_{it} = \rho \sum_{j=1}^N w_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad (10)$$

$$i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; k = 1, \dots, K$$

dimana:

y_{jt} : variabel dependen pada unit individu ke- j dan waktu ke- t

ρ : koefisien *autoregressive* spasial

w_{ij} : elemen dari matriks pembobot ($\mathbf{W}$) spasial

x_{it} : variabel bebas unit individu ke- i dan waktu ke- t

β : parameter dari variabel bebas

μ_i : efek spesifik spasial pada unit individu ke- i

ε_{it} : *error* pada unit individu ke- i waktu ke- t

Untuk menduga parameter dalam model SAR-FE dapat menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator*, sehingga diperoleh persamaan [11].

$$\hat{\beta} = ((\mathbf{X}^*)' \mathbf{X}^*)^{-1} (\mathbf{X}^*)' \mathbf{y}^* - (\mathbf{X}^*)' \mathbf{X}^*)^{-1} (\mathbf{X}^*)' \rho (\mathbf{I}_T \otimes \mathbf{W}) \mathbf{y}^* \quad (11)$$

2.5.2. Spatial Error Model Fixed Effect (SEM-FE).

SEM-FE merupakan metode regresi spasial dengan pendekatan berbasis area dimana variabel terikat memiliki ketergantungan pada nilai *error* yang berkorelasi antar suatu wilayah dengan wilayah lainnya dan pada variabel bebas yang diamati. Persamaan SEM-FE adalah sebagai berikut [11]:

$$Y_{it} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \mu_i + \phi_{it};$$

$$\phi_{it} = \lambda \sum_{j=1}^N w_{ij} \phi_{jt} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Dimana, $i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; k = 1, \dots, K$ dengan:

λ : koefisien parameter spasial *error*

ϕ_{it} : autokorelasi spasial *error*

w_{ij} : elemen dari matriks pembobot ($\mathbf{W}$) spasial

x_{it} : variabel bebas unit individu ke- i dan waktu ke- t

β : parameter dari variabel bebas

μ_i : efek spesifik spasial pada unit individu ke- i

ε_{it} : *error* pada unit individu ke- i waktu ke- t

$$\hat{\beta} = \{[\mathbf{X}^* - \lambda(\mathbf{I}_T \otimes \mathbf{W})\mathbf{X}^*]' [\mathbf{X}^* - \lambda(\mathbf{I}_T \otimes \mathbf{W})\mathbf{X}^*]\}^{-1} \times [\mathbf{X}^* - \lambda(\mathbf{I}_T \otimes \mathbf{W})\mathbf{X}^*]' [\mathbf{y}^* - \lambda(\mathbf{I}_T \otimes \mathbf{W})\mathbf{y}^*] \quad (13)$$

Untuk menduga parameter dalam model SEM-FE dapat menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator*, sehingga diperoleh persamaan [11].

2.6. Pemilihan Model Terbaik

2.6.1. Kriteria Kebaikan Model (*Goodness of Fit*)

Kebaikan model dapat dinilai menggunakan koefisien determinasi (R^2), dimana semakin tinggi R^2 menunjukkan semakin baik pula model yang didapatkan, dengan statistik uji [11]:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}, \text{ dengan } 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (14)$$

2.6.2. Akaike's Information Criterion (AIC)

Akaike's Information Criterion (AIC) menunjukkan seberapa tepat model yang digunakan dari data yang dimiliki. Nilai AIC dapat ditulis dengan rumus berikut [12]:

$$AIC = -2 \ln(L) + 2K \quad (15)$$

Dimana, K = jumlah parameter dalam model dan L = fungsi *maximum likelihood* model.

2.7. Pengujian Asumsi Residual

2.7.1. Uji Normalitas

Suatu uji untuk memeriksa residual dalam data menyebar secara normal atau tidak disebut uji normalitas. Jenis uji statistik untuk menguji kenormalan residual yaitu uji *Jarque-Bera* (JB) [13]. Hipotesis uji normalitas adalah sebagai berikut:

$H_0 : \varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ (residual menyebar normal)

$H_1 : \varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ (residual tidak menyebar normal)

Statistik uji:

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right] \sim \chi_{(2)}^2 \quad (16)$$

Dimana, S^2 = koefisien *skewness*, K = koefisien *kurtosis*, dan n = banyak sampel.

Kriteria keputusan:

H_0 diterima nilai $JB \leq \chi_{(2)}^2$ dan H_0 ditolak jika p-value > α .

2.7.2. Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas artinya variabel bebas dalam model memiliki hubungan atau tidak. Uji ini dapat dilihat dari nilai *Correlation Pearson* antara variabel bebas. Jika nilai *Correlation Pearson* antar variabel bebas tinggi atau melebihi 0,80 menunjukkan adanya masalah multikolinearitas pada data [13].

2.7.3. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas merupakan metode untuk melihat varian residual dalam data memiliki kesamaan atau seragam antara pengamatan atau tidak. Untuk menguji heteroskedastisitas digunakan uji *Breusch-Pagan*. Hipotesis uji adalah sebagai berikut [14]:

$H_0 : E(e_i^2) = \sigma^2$ (residual bersifat homoskedastisitas)

$H_1 : E(e_i^2) \neq \sigma^2$ (residual bersifat heteroskedastisitas)

Statistik uji:

$$BP = \frac{1}{2} \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \quad (17)$$

Keterangan:

$\mathbf{f} : (f_1, f_2, \dots, f_n)^T$ dengan $f_i = \frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1$ dimana $e_i = y_i - \hat{y}_i$ dan $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2}{n}$

$\mathbf{Z}$: Matriks berukuran $n \times (p+1)$

Kriteria keputusan:

H_0 ditolak jika $BP > \chi_{(\alpha; k)}^2$ atau p-value < α .

2.7.4. Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi adalah metode untuk mengidentifikasi korelasi pada residual data. Cara untuk mendeteksi korelasi adalah dengan uji *Durbin Watson*. Hipotesis uji adalah sebagai berikut [14]:

$H_0 : \rho = 0$ (tidak terdapat korelasi residual)

$H_1 : \rho \neq 0$ (terdapat korelasi residual)

Statistik uji:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (18)$$

Dimana,

n = jumlah pengamatan

e_t = residual untuk setiap amatan ke-t.

Kriteria keputusan:

H_0 ditolak jika $d \leq d_{L, \frac{\alpha}{2}}$ atau $d \geq (4 - d_{L, \frac{\alpha}{2}})$ atau p-value < α .

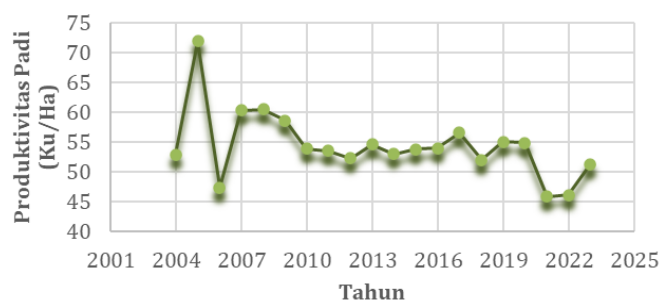
2.8. Sumber Data

Data penelitian ini termasuk data sekunder yang berasal dari Dinas Pertanian Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU). Data mencakup data *cross section* yang terdiri atas 10 Kecamatan di Kabupaten HSU dan data *time series* yaitu dari tahun 2011 hingga 2022. Jumlah data adalah 120 data yang berlaku di 10 Kecamatan di Kabupaten HSU tahun 2011-2022. Data produktivitas padi (Y) merupakan variabel respon, sedangkan variabel prediktor adalah variabel curah hujan (X_1) dan hari hujan (X_2).

3. Hasil dan Pembahasan

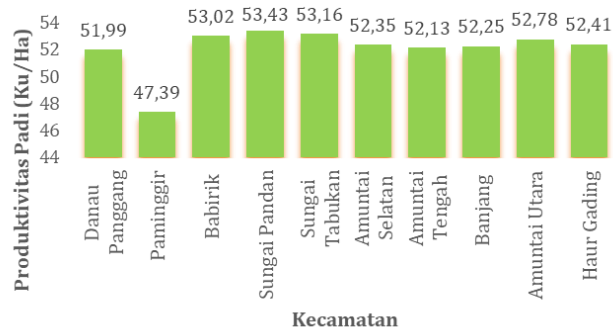
3.1. Statistika Deskriptif

Penelitian dilakukan pada 10 Kecamatan di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU), Provinsi Kalimantan Selatan. Perkembangan produktivitas padi lahan rawa lebak selama 20 tahun dari tahun 2004 hingga tahun 2023 menunjukkan fluktuasi yang signifikan dengan pola tak teratur (*random*) terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Produktivitas Padi di Kabupaten HSU dari tahun 2004 hingga 2023

Berdasarkan Gambar 1, pada tahun 2005 produktivitas padi mencapai puncaknya dengan 71,87 Ku/Ha, sedangkan pada tahun 2021 produktivitas padi menurun dan menunjukkan produktivitas terendah sebesar 45,88 Ku/Ha. Selanjutnya produktivitas padi setiap Kecamatan di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU), menunjukkan variasi yang cukup signifikan selama periode 2011-2022.

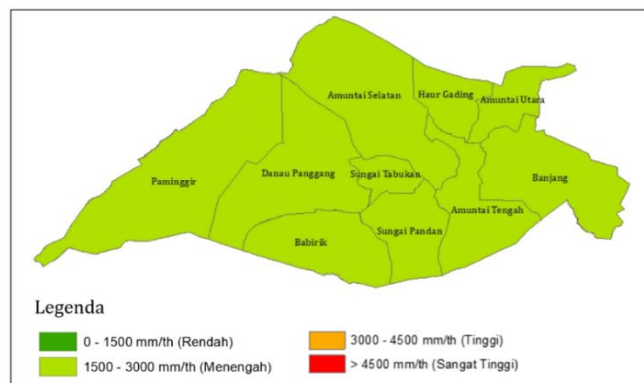


Gambar 2. Produktivitas Padi Setiap Kecamatan di Kabupaten HSU Periode 2011-2022

Berdasarkan Gambar 2, produktivitas padi tertinggi berada di Kecamatan Sungai Pandan sebesar 53,43 Ku/Ha dan produktivitas padi terendah berada di Kecamatan Paminggir sebesar 47,39 Ku/Ha. Variasi produktivitas padi lahan rawa lebak setiap Kecamatan di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU) ini dipengaruhi oleh faktor iklim seperti jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan. Jumlah curah hujan tahunan diklasifikasikan menjadi empat kategori [15].

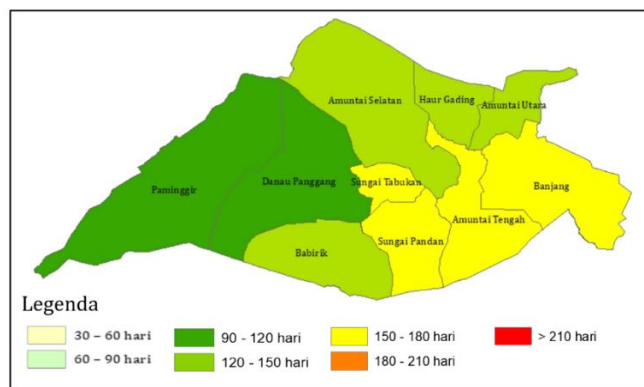
Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan peta tematik jumlah curah hujan di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU). Sebaran jumlah curah hujan umumnya berada pada kategori yang sama yaitu curah hujan menengah untuk 10 Kecamatan di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU) yaitu Kecamatan Paminggir, Babirik, Danau Panggang, Amuntai Selatan, Sungai Tabukan, Sungai Pandan, Haur Gading, Amuntai Utara, Banjar, dan

Amuntai Tengah. Sementara itu, pada faktor iklim jumlah hari hujan diklasifikasikan menjadi tujuh kategori [15].



Gambar 3. Peta Sebaran Jumlah Curah Hujan Tahunan Periode 2011-2022 di Kabupaten HSU

Pada Gambar 4, terdapat 3 kategori jumlah hari hujan yang teridentifikasi. Wilayah dengan jumlah hari hujan 90-120 hari per tahun terjadi di Kecamatan Danau Panggang dan Paminggir. Wilayah dengan jumlah hari hujan 120-150 hari per tahun terjadi di Kecamatan Babirik, Amuntai Selatan, Haur Gading, dan Amuntai Utara. Sedangkan untuk wilayah dengan jumlah hari hujan 150-180 hari per tahun terjadi di Kecamatan Sungai Tabukan, Sungai Pandan, Amuntai Tengah, dan Banjar.



Gambar 4. Peta Sebaran Jumlah Hari Hujan Tahunan Periode 2011-2022 di Kabupaten HSU

3.2. Uji Multikolinearitas

Hasil uji multikolinearitas dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nilai *Correlation Pearson*

Variabel	X ₁	X ₂
X ₁	1	0,3152
X ₂	0,3152	1

Berdasarkan Tabel 1, nilai *Correlation Pearson* untuk X_1 dan X_2 adalah 0,3152 kurang dari 0,80 yang memiliki arti bahwa tidak terdapat masalah multikolinearitas dalam data.

3.3. Identifikasi Model Regresi Data Panel

3.3.1. Uji Chow

Hasil uji *Chow* adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Uji *Chow*

F_{hitung}	Derajat Bebas	F_{tabel}	P-value	Keputusan
4,0608	9;108	1,69	0,0001	H_0 ditolak

Hasil uji *Chow* yang didapatkan pada Tabel 2, menunjukkan bahwa keputusannya adalah H_0 ditolak pada tingkat signifikansi $10\% = 0,1$ dimana nilai $F_{hitung}(4,0608) > F_{tabel}(1,69)$ dan P-value $(0,0001) < \alpha(0,1)$ maka model terbaik yang sesuai adalah *Fixed Effect Model* (FEM).

3.3.2. Uji Hausman

Hasil uji *Hausman* adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Uji *Hausman*

H	Derajat Bebas	χ^2_{tabel}	P-value	Keputusan
72,384	2	4,60	$2,2 \times 10^{-16}$	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 3, menunjukkan bahwa keputusannya adalah H_0 ditolak pada tingkat signifikansi $10\% = 0,1$ dimana nilai $H(72,384) > \chi^2_{tabel}(4,60)$ dan P-value $(2,2 \times 10^{-16}) < \alpha(0,1)$ maka model terbaik yang sesuai adalah *Fixed Effect Model* (FEM). Jika hasil uji *Chow* dan *Hausman* diperoleh model yang sama yakni *Fixed Effect Model* (FEM), maka uji *Lagrange Multiplier* tidak diperlukan [6].

3.4. Matriks Pembobot Spasial

Pembobot ketetanggaan *queen contiguity* merupakan matriks yang digunakan dalam analisis. Matriks ini ditentukan berdasarkan sisi dan sudut yang saling berdekatan sesuai konsep *queen contiguity*. Hasil matriks berdasarkan *queen contiguity* yang distandarisasi membentuk matriks ukuran 10×10 .

3.5. Dependensi Spasial

Hasil indeks Moran produktivitas padi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Indeks Moran Produktivitas Padi 2011-2022

I	Z(I)	E(I)	Var(I)	P-value	Keputusan
0,1773	1,50	-0,111	0,0369	0,0667	H_0 ditolak

Dalam penelitian ini pada Tabel 4, digunakan tingkat signifikansi $\alpha = 10\%$ dengan nilai $Z(I)(1,50) > Z_{tabel} = Z_{1-(\alpha=0,1)}(1,28)$ dan P-value $(0,0667) < \alpha(0,1)$ yang berarti H_0 ditolak. Artinya, terdapat autokorelasi spasial atau ketergantungan antar lokasi amatan dan dapat melanjutkan langkah analisis ke model regresi spasial data panel.

3.6. Identifikasi Model Spasial Data Panel

Hasil identifikasi model dengan uji *Lagrange Multiplier* (LM) adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Uji *Lagrange Multiplier* (LM)

Uji <i>Lagrange Multiplier</i>	LM	P-value
<i>Lagrange Multiplier Lag</i>	116,9	$2,2 \times 10^{-16}$
<i>Lagrange Multiplier Error</i>	81,579	$2,2 \times 10^{-16}$

Berdasarkan Tabel 5, hasil uji *Lagrange Multiplier* (LM) diketahui bahwa pada tingkat signifikansi 10% H_0 ditolak untuk kedua pengujian *Lagrange Multiplier* pada *lag* dan *error*. Dimana nilai $(LM_{lag} = 116,9 > \chi^2_{(0,1;1)} = 2,70)$ dan P-value $< \alpha = 0,1$, menunjukkan adanya ketergantungan spasial pada *lag* dalam model regresi spasial data panel. Sedangkan pada uji *Lagrange Multiplier* pada *error* diketahui nilai $(LM_{error} = 81,579 > \chi^2_{(0,1;1)} = 2,70)$ dan P-value $< \alpha = 0,1$, juga menunjukkan adanya ketergantungan spasial pada *error* dalam model regresi spasial data panel.

3.7. Pemodelan Spasial Data Panel

3.7.1. Spatial Autoregressive Model Fixed Effect (SAR-FE)

Hasil pendugaan parameter SAR-FE adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Pendugaan Parameter SAR-FE

Variabel	Estimasi	t-value	P-value
Curah Hujan (X_1)	0,00034883	1,8275	0,06762
Hari Hujan (X_2)	-0,01239499	-4,1297	$3,633 \times 10^{-5}$
ρ	0,804837	23,708	$2,2 \times 10^{-16}$

Model umum yang didapatkan adalah:

$$\hat{Y}_{it} = 0,804837 \sum_{j=1}^{10} w_{ij} Y_{jt} + 0,00034883 X_{1it} - 0,01239499 X_{2it} + \mu_i$$

Berdasarkan Tabel 6, nilai P-value jumlah curah hujan (0,067) lebih kecil dari $\alpha = 0,1$ sehingga H_0 ditolak. Dengan kata lain, jumlah curah hujan berpengaruh signifikan secara positif terhadap produktivitas padi lahan rawa lebak setiap Kecamatan di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU). Sedangkan nilai P-value jumlah hari hujan ($3,633 \times 10^{-5}$) lebih kecil dari $\alpha = 0,1$ sehingga H_0 ditolak. Dengan kata lain, jumlah hari hujan berpengaruh signifikan secara negatif terhadap produktivitas padi lahan rawa lebak di setiap Kecamatan di Kabupaten HSU. Nilai P-value parameter *spatial autoregressive* (ρ) = $2,2 \times 10^{-16}$ lebih kecil dari $\alpha = 0,1$ maka dapat disimpulkan H_0 ditolak. Artinya, terdapat pengaruh ketergantungan spasial pada *lag* atau produktivitas padi suatu Kecamatan di Kabupaten HSU dipengaruhi oleh produktivitas padi di lokasi tetangga.

3.7.2. Spatial Error Model Fixed Effect (SEM-FE)

Hasil pendugaan parameter SEM-FE adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Panduan Parameter SEM-FE

Variabel	Estimasi	t-value	P-value
Curah Hujan (X_1)	0,00029506	1,4566	0,1452
Hari Hujan (X_2)	-0,00330473	-0,8672	0,3858
λ	0,856533	30,732	$2,2 \times 10^{-16}$

Model umum yang didapatkan dari hasil di atas adalah:

$$\hat{Y}_{it} = 0,00029506 X_{1it} - 0,00330473 X_{2it} + \mu_i + \phi_{it}$$

$$\phi_{it} = 0,828595 \sum_{j=1}^{10} w_{ij} \phi_{jt} + \varepsilon_{it}$$

Berdasarkan Tabel 7, dari hasil signifikansi parameter nilai P-value parameter *spatial error* (λ) = $2,2 \times 10^{-16}$ lebih kecil dari $\alpha = 0,1$ maka H_0 ditolak. Artinya, terdapat

pengaruh ketergantungan spasial *error*. Sedangkan nilai P-value jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan lebih besar dari $\alpha = 0,1$ sehingga H_0 diterima. Artinya, jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan bukan faktor penentu produktivitas padi.

3.8. Pemilihan Model Terbaik

Untuk memilih model terbaik dapat diketahui dari koefisien determinasi dan nilai AIC.

Tabel 8. Pemilihan Model Terbaik

Hasil	SAR-FE	SEM-FE
R^2	0,8994344	0,06967322
AIC	481,7953	1597,736

Berdasarkan Tabel 8, diperoleh nilai R^2 terbesar dan nilai AIC terkecil pada SAR-FE. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model terbaik spasial data panel merupakan *Spatial Autoregressive Model Fixed Effect* (SAR-FE) dengan ukuran kebaikan model sebesar 89,94%.

3.9. Pengujian Asumsi Residual

Berdasarkan Tabel 9, hasil uji asumsi residual menunjukkan bahwa uji normalitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi keputusannya adalah H_0 diterima. Artinya, pada model SAR-FE residual data berdistribusi normal, bersifat homogen, dan tidak terdapat korelasi. Dengan demikian, ketiga uji asumsi residual sudah terpenuhi.

3.10. Interpretasi Model Terbaik

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, ditemukan bahwa model terbaik merupakan *Spatial Autoregressive Model Fixed Effect* (SAR-FE), yang menggambarkan pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas padi di lahan rawa lebak Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU). Unsur iklim jumlah curah hujan memberikan pengaruh secara positif dan signifikan terhadap produktivitas padi lahan rawa lebak di Kabupaten HSU.

Tabel 9. Hasil Uji Asumsi Residual

Uji Asumsi	Statistik Uji	P-value	Keputusan
Uji Normalitas	3,403	0,1824	H_0 diterima
Uji Heteroskedastisitas	0,577	0,749	H_0 diterima
Uji Autokorelasi	2,390	0,696	H_0 diterima

Setiap kenaikan 1 mm jumlah curah hujan di Kabupaten HSU maka produktivitas padi lahan rawa lebak meningkat sebesar 0,00034883 Ku/Ha, dengan asumsi nilai variabel lain dianggap tetap (konstan). Sebaliknya, produktivitas padi di Kabupaten HSU mengalami penurunan sebesar 0,01239499 Ku/Ha jika jumlah hari hujan meningkat 1 hari, dengan nilai variabel lain dianggap tetap (konstan). Jumlah hari hujan memberikan pengaruh secara negatif dan signifikan terhadap produktivitas padi lahan rawa lebak di Kabupaten HSU. Peningkatan jumlah hari hujan cenderung merugikan produktivitas padi, terutama karena karakteristik Kabupaten HSU yang didominasi oleh rawa lebak. Setiap Kecamatan di Kabupaten HSU memiliki tetangga yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 Ku/Ha produktivitas padi lahan rawa lebak di suatu Kecamatan di Kabupaten HSU, maka produktivitas padi di Kecamatan lainnya yang berdekatan mengalami kenaikan sebesar 0,804837 Ku/Ha.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan:

1. Pada tahun 2005, produktivitas padi mencapai puncaknya dengan 71,87 Ku/Ha, sedangkan pada tahun 2021 produktivitas padi terendah sebesar 45,88 Ku/Ha. Produktivitas padi tertinggi berada di Kecamatan Sungai Pandan sebesar 53,43 Ku/Ha dan produktivitas padi terendah berada di Kecamatan Paminggir sebesar 47,39 Ku/Ha. Periode 2011 hingga 2022 menunjukkan bahwa jumlah curah hujan tahunan di Kabupaten HSU termasuk dalam kategori curah hujan menengah dengan kisaran 1500-3000 mm/th, sedangkan jumlah hari hujan memiliki kategori jumlah hari hujan yang berkisar antara 90-180 hari dalam setahun.
2. Berdasarkan analisis yang dilakukan *Spatial Autoregressive Model Fixed Effect* (SAR-FE) terpilih sebagai model terbaik dengan ukuran kebaikan model sebesar 89,94%. Model ini memperoleh hasil bahwa jumlah curah hujan berpengaruh secara positif terhadap produktivitas padi lahan rawa lebak di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU). Sedangkan jumlah hari hujan berpengaruh secara negatif terhadap produktivitas padi lahan rawa lebak di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU). Selain itu, pengaruh ketergantungan spasial menunjukkan bahwa produktivitas padi di suatu Kecamatan di

Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU) dipengaruhi oleh produktivitas padi di Kecamatan lain yang bertetangga dalam waktu tertentu.

References

1. Tono, Ariani, M., & Suryana, A. 2023. Kinerja Ketahanan Pangan Indonesia: Pembelajaran dari Penilaian dengan Kriteria Global dan Nasional. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 1-20.
2. Kusumayana, P., & Anita, A. S. 2017. Analisis Produksi Padi Organik Lahan Rawa di Kabupaten Hulu Sungai Utara Propinsi Kalimantan Selatan. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 42(1), 22-29.
3. Pujiharti, Y. 2017. Peluang Peningkatan Produksi Padi di Lahan Rawa Lebak Lampung. *Jurnal Libang Pertanian*, 36(1), 13-20.
4. BPS. 2023. *Luas Panen dan Produksi Padi di Provinsi Kalimantan Selatan 2022*. Banjarbaru: BPS Provinsi Kalimantan Selatan.
5. Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics Methods and Models*. Dordrecht: Academic Publishers.
6. Caraka, R. E., & Yasin, H. 2017. *Spatial Data Panel*. Jawa Timur: WADE Group.
7. Gujarati, D. N., & Porter, D. C. 2015. *Dasar-Dasar Ekonometrika*. Jakarta: Salemba Empat.
8. Alwi, W., Rayyan, I., & Nurfadilah, K. 2018. Analisis Regresi Data Panel pada Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kemiskinan Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2011-2015. *Journal MSA*, 1-15.
9. Baltagi, B. H. 2008. *Econometric Analysis of Panel Data. 3rd Edition*. England: John Wiley, & Sons, Inc.
10. LeSage, J. P. 1999. *The Theory and Practice of Spatial Econometrics*. New York: Universitas of Toledo.
11. Elhorst, J. P. 2010. *Spatial Panel Data Models. Fischer MM, A Getis, editor, Handbook of Applied Spatial Analysis*. New York: Springer.
12. Pratama, Y. P. 2019. *Analisis Spasial Konvergensi PDRB Antar Provinsi di Sumatera*. Skripsi. Universitas Lampung.
13. Gujarati, D. N., & Porter, D. C. 2009. *Basic Econometrics. 5th edn*. New York: McGraw Hill.
14. Gujarati, D. N. 2012. *Econometrics by Example. 2th edn*. New York: Palgrave Macmillan.
15. BMKG. 2021. *Peta Rata-Rata Curah Hujan dan Hari Hujan Periode 1991-2020 Indonesia*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.