

Analysis of Food Security Index in East Kalimantan Using Panel Regression and K-Means Clustering

Diana Nurlaily¹⁾, Nabila Putri Barend²⁾, Milka Yosep³⁾ dan Revalina Putra Hidayat⁴⁾

^{1,2,3,4}Statistika, Institut Teknologi Kalimantan

^{1,2,3,4}Balikpapan, Kalimantan Timur, 76125

E-mail: diana.nurlaily@gmail.com¹⁾, 16231038@student.itk.ac.id²⁾, 16221003@student.itk.ac.id³⁾,
16231049@student.itk.ac.id⁴⁾

ABSTRACT

This study examines the determinants of the Food Security Index (FSI) across regencies and municipalities in East Kalimantan Province while classifying these regions according to their food security profiles. Food security represents a fundamental aspect of sustainable development because it reflects the adequacy, accessibility, and utilization of food, which are closely associated with socioeconomic conditions, educational attainment, public health, and the availability of basic infrastructure. The diversity of regional characteristics within East Kalimantan requires an analytical framework capable of capturing both cross-sectional and temporal variations. To achieve these objectives, panel data regression and K-Means Clustering were employed. Panel regression was used to identify the variables that significantly affect the Food Security Index, whereas the most appropriate regression specification was selected using the Chow, Hausman, and Lagrange Multiplier tests. Subsequently, K-Means Clustering was applied to classify regencies and municipalities based on food security indicators. The empirical findings indicate that the Common Effect Model (CEM) provides the most suitable regression model, explaining 91.7% of the variation in the Food Security Index. Rice production, poverty rate, per capita expenditure, electricity access, mean years of schooling, life expectancy, and access to safe drinking water were found to significantly influence the index. Furthermore, the clustering results identified three distinct regional groups with different food security characteristics, providing useful information for designing more effective and region-specific food security policies in East Kalimantan Province.

Keywords: Clustering, Food Security Index, East Kalimantan, Panel Regression

Analisis Indeks Ketahanan Pangan di Kalimantan Timur Menggunakan Regresi Panel dan K-Means Clustering

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi Indeks Ketahanan Pangan (IKP) pada kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Timur sekaligus mengelompokkan wilayah berdasarkan karakteristik ketahanan pangannya. Ketahanan pangan merupakan salah satu aspek penting dalam pembangunan berkelanjutan karena berkaitan dengan ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan yang dipengaruhi oleh kondisi sosial ekonomi, tingkat pendidikan, kesehatan masyarakat, serta ketersediaan infrastruktur dasar. Perbedaan karakteristik antarwilayah di Kalimantan Timur menunjukkan perlunya pendekatan analisis yang mampu mengakomodasi variasi antarwilayah maupun perubahan dari waktu ke waktu. Penelitian ini menerapkan regresi data panel untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap IKP, sedangkan pemilihan model terbaik dilakukan melalui Uji Chow, Uji Hausman, dan Uji Lagrange Multiplier. Selanjutnya, metode K-Means Clustering digunakan untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan indikator penyusun ketahanan pangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa Common Effect Model (CEM) merupakan model yang paling sesuai dengan nilai koefisien determinasi sebesar 91,7%. Variabel yang terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap IKP meliputi produksi padi, persentase penduduk miskin, pengeluaran per kapita, akses listrik, rata-rata lama sekolah, umur harapan hidup, serta akses terhadap air minum layak. Selain itu, analisis kluster menghasilkan tiga kelompok wilayah dengan karakteristik ketahanan pangan yang berbeda, sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan ketahanan pangan yang lebih efektif dan sesuai dengan kondisi masing-masing daerah di Provinsi Kalimantan Timur.

Kata Kunci: Clustering, Indeks Ketahanan Pangan, Kalimantan Timur, Regresi Panel,

1. PENDAHULUAN

Pangan merupakan kebutuhan fundamental yang harus terpenuhi untuk memastikan keberlangsungan hidup, kesehatan, serta produktivitas masyarakat. Pilar pertama pembangunan nasional adalah penyediaan pangan yang cukup, aman, bergizi, dan berkelanjutan. Sejalan dengan hal tersebut, Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan menegaskan bahwa pemerintah memiliki tanggung jawab untuk menjamin terpenuhinya kebutuhan pangan masyarakat secara merata. Pembangunan nasional memberikan prioritas tinggi pada ketahanan pangan, terutama dalam mengatasi masalah kesenjangan antarwilayah, pola pertumbuhan penduduk, dan pergeseran struktur ekonomi (Hermawan dkk., 2025). Permasalahan ketahanan pangan memiliki keterkaitan yang kuat dengan stabilitas ekonomi, biaya produksi secara agregat, serta kondisi stabilitas politik nasional (Nafandra & Amalita, 2026).

Salah satu ukuran yang digunakan untuk menggambarkan tingkat ketahanan pangan suatu wilayah adalah Indeks Ketahanan Pangan (IKP). Indeks ini mengukur ketahanan pangan berdasarkan tiga aspek utama, yaitu ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan. Selain produksi pangan, kondisi sosial ekonomi, infrastruktur dasar, dan kualitas sumber daya manusia turut memengaruhi ketiga dimensi tersebut (Juansa dkk., 2025). Banyak penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi dan protein rumah tangga berkaitan dengan pengeluaran pangan yang pada akhirnya memengaruhi kondisi ketahanan pangan (Rahmawati dkk., 2023). Ketahanan pangan nasional juga dipengaruhi oleh pola konsumsi masyarakat secara umum (AW dkk., 2023). Dari perspektif kesehatan, kerawanan pangan serta keterbatasan akses terhadap air minum dan sanitasi berhubungan dengan kejadian stunting (Wulandari & Ismiyati, 2023). Selain itu, akses terhadap listrik dan infrastruktur dasar lainnya juga berkontribusi terhadap pembangunan manusia dan ketahanan pangan (Samuda, 2023).

Beberapa penelitian telah mengkaji faktor yang memengaruhi ketahanan pangan di Indonesia. Penelitian oleh Andaresta (2024) menunjukkan bahwa produksi jagung, produksi beras, serta jumlah penduduk merupakan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap ketahanan pangan nasional (Andaresta dkk., 2024). Selain itu hasil penelitian (Nisa & Lubis, 2025) menyatakan bahwa luas panen padi, jumlah produksi beras, dan konsumsi pangan per kapita berpengaruh signifikan terhadap ketahanan pangan di Indonesia. Sementara itu, penelitian Putra, (2025) mengungkapkan bahwa indeks kualitas hidup, luas penutup lahan, jumlah penduduk, dan PDRB berpengaruh signifikan terhadap Indeks Ketahanan Pangan di Indonesia. Berdasarkan temuan-temuan tersebut penelitian ini difokuskan pada analisis ketahanan pangan di Provinsi Kalimantan Timur dengan mempertimbangkan berbagai indikator yang berkaitan dengan pembentukan Indeks Ketahanan Pangan.

Pada tingkat kebijakan, sistem ketahanan pangan daerah perlu disesuaikan dengan karakteristik masing-masing wilayah (Sutrisno, 2022). Kalimantan Timur adalah satu wilayah dengan potensi sumber daya alam yang besar sekaligus lokasi Ibu Kota Nusantara (IKN). Variasi tingkat ketahanan pangan antar kabupaten/kota juga dipengaruhi oleh perbedaan infrastruktur, kondisi sosial ekonomi, dan kualitas sumber daya manusia. Salah satu metode untuk mengetahui karakteristik kabupaten/kota adalah analisis cluster. Analisis *cluster* pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui *cluster* yang terbentuk dari kabupaten/kota di Kalimantan Timur berdasarkan indikator IKP.

Meskipun berbagai studi telah meneliti faktor-faktor yang memengaruhi ketahanan pangan, sebagian besar penelitian masih terbatas pada satu wilayah atau satu periode waktu. Oleh karena itu, analisis regresi data panel menjadi relevan karena mampu mengintegrasikan dimensi spasial dan temporal secara simultan (Nafandra & Amalita, 2026). Selain itu, analisis kluster diperlukan untuk mengidentifikasi tipologi wilayah yang relatif homogen berdasarkan indikator ketahanan pangan, sehingga diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi kebijakan sesuai dengan karakteristik setiap wilayah di Kalimantan Timur.

2. RUANG LINGKUP

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji Indeks Ketahanan Pangan (IKP) tingkat kabupaten/kota di Provinsi Kalimantan Timur. Pendekatan yang diterapkan meliputi Analisis Regresi Data Panel dan metode *K-Means Clustering*. Analisis regresi data panel digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap IKP. Sementara itu, metode *K-Means Clustering* digunakan untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan karakteristik indikator penyusun Indeks Ketahanan Pangan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait kondisi ketahanan pangan di Kalimantan Timur. Informasi tersebut diharapkan bisa menjadi dasar pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan dan strategi yang tepat untuk meningkatkan capaian Indeks Ketahanan Pangan di setiap wilayah

3. BAHAN DAN METODE

Bagian ini menjelaskan mengenai bahan penelitian yang digunakan beserta metode analisis yang diterapkan untuk mencapai tujuan penelitian.

3.1 Regresi Data Panel

Regresi data panel adalah salah satu metode analisis untuk mengkaji keterkaitan antara prediktor terhadap variabel respons melalui kombinasi data *cross section* dan data *time series* (Winda, 2024). Persamaan model regresi panel sebagai berikut (Alamsyah et al., 2022):

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

dengan Y_{it} menyatakan variabel respon pada unit ke- i dan periode ke- t , β_{0it} (intersep) dapat berbeda antarobjek dan/atau periode waktu, β_k adalah koefisien regresi, X_{kit} variabel independen, dan ε_{it} merupakan galat. Terdapat tiga pendekatan utama:

1. *Common Effect Model* (CEM)

CEM mengasumsikan bahwa seluruh observasi memiliki karakteristik homogen sehingga tidak ada perbedaan antarindividu maupun antarwaktu (Wardiah, 2025). Rumus CEM:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

2. *Fixed Effect Model* (FEM)

FEM mempertimbangkan adanya karakteristik khusus yang dimiliki oleh setiap unit observasi. Metode ini mengijinkan nilai intersep yang berbeda pada setiap individu (Andi dkk., 2025).

$$Y_{it} = \beta_i + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

3. *Random Effect Model* (REM)

REM mengasumsikan perbedaan karakteristik antarunit sebagai komponen acak dan lebih efisien dibanding FEM dalam kondisi tertentu (Alamsyah et al., 2022).

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^n \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$u_i = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{T}} \left(Y_i - \left(\beta_0 + \sum_{k=1}^n \beta_k X_{ki} \right) \right) \quad (5)$$

Mode terbaik pada analisis regresi panel dipilih berdasarkan berikut:

1. Uji Chow

Uji Chow digunakan untuk memilih antara CEM dan FEM. Hipotesis nol adalah $\alpha_i = \alpha$ untuk seluruh i sehingga model yang sesuai adalah CEM. Hipotesis alternatif adalah terdapat minimal satu $\alpha_i \neq \alpha$ sehingga model yang sesuai adalah FEM. Statistik ujinya sebagai berikut

$$F_{hitung} = \frac{RSS_1 - RSS_2}{RSS_2 / (nT - nK)} \quad (6)$$

dengan RSS_1 merupakan jumlah kuadrat error pada model CEM dan RSS_2 adalah jumlah kuadrat error pada model FEM. Jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $p-value < \alpha$, maka tolak H_0 , sehingga model yang dipilih adalah FEM.

2. Uji Hausman

Uji ini digunakan untuk menentukan model terbaik antara FEM dan REM. Uji ini digunakan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara efek individu (u_i) dengan variabel respon. Hipotesis nol adalah $corr(X_{it}, u_i) = 0$ sehingga model yang sesuai adalah

REM, sedangkan hipotesis alternatif menyatakan $corr(X_{it}, u_i) \neq 0$ sehingga model yang sesuai adalah FEM.

$$\chi^2(k) = (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})' [var(\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})]^{-1} (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}) \quad (7)$$

Jika nilai statistik uji $> \chi_{tabel}^2$ atau $p-value < \alpha$, maka tolak H_0 sehingga model FEM yang dipilih.

3. Uji Lagrange Multiplier (LM)

Uji Lagrange Multiplier (LM) digunakan untuk membandingkan CEM dan REM. Hipotesis nol adalah $\sigma_u^2 = 0$ yang berarti CEM yang sesuai, sedangkan hipotesis alternatif adalah $\sigma_u^2 \neq 0$ yang menunjukkan bahwa REM yang sesuai. Statistik uji LM yang digunakan sebagai berikut

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[\frac{T^2 e^T e}{e^T e} \right] \quad (8)$$

Jika nilai statistik uji $> \chi_{tabel}^2$ atau $p-value < \alpha$, maka tolak H_0 , sehingga model yang dipilih adalah REM.

Selanjutnya ada uji signifikansi parameter untuk memastikan apakah variabel prediktor dan respon saling berhubungan.

1. Uji Simultan (Uji F)

Uji simultan untuk mengetahui apakah seluruh variabel prediktor secara bersama-sama memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respons. H_0 adalah $\beta_1 = \dots = \beta_k = 0$, dan H_1 adalah paling sedikit ada satu $\beta_k \neq 0$.

$$F_{hitung} = \frac{R^2}{\frac{N+k-1}{1-R^2}} \quad (9)$$

Keputusan: Tolak H_0 jika $p-value < \alpha$ atau $F_{hitung} > F_{tabel}$ dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor secara simultan berpengaruh terhadap variabel respon.

2. Uji Parsial (Uji t)

Uji parsial digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respons. Hipotesis nol adalah $\beta_k = 0$ yang berarti variabel prediktor ke- k tidak berpengaruh signifikan, sedangkan hipotesis alternatifnya adalah $\beta_k \neq 0$ berarti variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap variabel respons. Statistik uji sebagai berikut

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)} \quad (10)$$

Tolak H_0 apabila $p-value < \alpha$ atau $|t_{hitung}| > t_{(\alpha/2; kT-k-p)}$. Apabila H_0 ditolak, maka variabel prediktor ke- k dinyatakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon.

3.2 K-Means Clustering

Analisis Kluster merupakan teknik multivariat yang bertujuan untuk mengelompokkan objek. Metode ini digunakan untuk menemukan struktur kluster dalam

kumpulan data yang dikelompokkan berdasarkan kesamaan terbesar dalam kluster yang sama dan perbedaan terbesar antara kluster yang berbeda (Sinaga & Yang, 2020). Analisis kluster penting untuk menemukan karakteristik agregasi data, yang merupakan proses tanpa pengawasan (Cheng et al., 2021). Kluster juga merupakan pendekatan pembelajaran tanpa variabel respon untuk pembelajaran mesin. K-means adalah metode kluster yang paling sering digunakan untuk mengelompokkan objek. Misalkan $\mathbf{X} = \{x_1, \dots, x_n\}$ adalah himpunan data berdasarkan jarak eucliden d-dimensi. Diberikan $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ adalah pusat kluster c . $z = [z_{ik}]_{n \times c}$, di mana z_{ik} adalah variabel biner (yaitu $z_{ik} \in \{0,1\}$) yang menunjukkan apakah titik data x_i termasuk dalam kluster ke- k , $k = 1, \dots, c$. Fungsi tujuan K-means adalah $J(z, A) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c z_{ik} \|x_i - a_k\|^2$. Algoritma K-means mengulangi kondisi yang diperlukan untuk meminimalkan fungsi tujuan k-means $J(z, A)$ dengan memperbaiki persamaan untuk pusat kluster dan keanggotaan masing-masing sebagai berikut (Nurlailly dkk., 2026)

$$a_k = \frac{\sum_{i=1}^n z_{ik} x_{ij}}{\sum_{i=1}^n z_{ik}} \quad (11)$$

$$z_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{if } \|x_i - a_k\|^2 = \min_{1 \leq k \leq c} \|x_i - a_k\|^2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

3.3 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kalimantan Timur, Badan Pangan Nasional, serta Portal Satu Data. Data yang dianalisis mencakup IKP di seluruh kabupaten/kota Kalimantan Timur tahun 2020-2024. Variabel respon yang digunakan adalah IKP (variabel respon) dan sembilan variabel prediktor. Informasi terkait variabel penelitian sebagai berikut.:

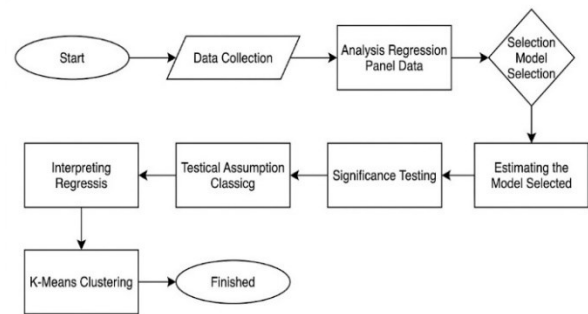
1. Indeks Ketahanan Pangan (Y): Indeks yang mencerminkan tingkat ketahanan pangan berdasarkan dimensi ketersediaan, akses, dan pemanfaatan.
2. Produksi Padi (X_1): Total produksi padi di suatu wilayah dalam satu tahun (ton).
3. Persentase Penduduk Miskin (X_2): Persentasi penduduk dengan pengeluaran di bawah garis kemiskinan.
4. Pengeluaran per kapita (X_3): Rata-rata pengeluaran setiap penduduk per tahun sebagai indikator daya beli.
5. Akses Listrik (X_4): Persentase rumah tangga yang memanfaatkan listrik sebagai penerangan utama.
6. Rata-rata Lama Sekolah (X_5): Rata-rata lama pendidikan formal penduduk usia lebih dari 25 tahun.
7. Umur Harapan Hidup (X_6): Rata-rata perkiraan usia yang dapat dicapai penduduk sejak lahir.
8. Prevalensi Stunting (X_7): Persentase balita yang memiliki tinggi badan di bawah standar usianya.

9. Akses Air Minum Layak (X_8): Persentase rumah tangga dengan sumber air minum yang memenuhi standar.
10. Rasio penduduk per tenaga kesehatan (X_9): Perbandingan jumlah penduduk per satu tenaga kesehatan.

3.4 Langkah Analisis

Penelitian ini menerapkan analisis regresi data panel yang dipadukan dengan metode *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan karakteristik indikator Indeks Ketahanan Pangan (IKP). Tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Pengumpulan data
2. Melakukan analisis regresi data panel yang mencakup: (a) pemilihan model terbaik melalui; (b) estimasi parameter berdasarkan model terpilih; (c) pengujian signifikansi parameter; serta (d) pengujian asumsi klasik untuk memastikan kelayakan model
3. Mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan indikator IKP menggunakan *K-Means Clustering*.
4. Menarik kesimpulan terkait kondisi ketahanan pangan di kabupaten/kota berdasarkan hasil analisis.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Figure 1. Research Flow Diagram

Gambar 1 menggambarkan rangkaian proses analisis yang mengintegrasikan pendekatan regresi data panel. Tahapan diawali dengan pengumpulan data panel, kemudian dilanjutkan dengan pemilihan model panel yang paling sesuai dan dilanjutkan estimasi parameter model terbaik. Model yang diperoleh kemudian dievaluasi melalui pengujian signifikansi parameter dan pengujian asumsi klasik. Setelah hasil regresi diinterpretasikan, dilakukan analisis *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan karakteristik indikator ketahanan pangan. Keseluruhan tahapan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan kesimpulan penelitian.

4. PEMBAHASAN

Analisis statistika deskriptif digunakan untuk mengetahui ukuran penyebaran dan pemusatan data. Dengan melakukan analisis statistika deskriptif dapat diketahui bagaimana karakteristik Indeks Ketahanan Pangan dan indikator yang mempengaruhinya.

Tabel 1. Statistika Deskriptif IKP
Table 1. Descriptive Statistics of IKP

Variabel	Mean	St. Dev	Median
Y	78.61	13.56	84.54
X ₁	24964.29	34635.88	11609.65
X ₂	6.55	2.84	6.18
X ₃	921641	91143	936195
X ₄	27.55	8.13	30.12
X ₅	9.61	1	9.37
X ₆	74.49	0.76	74.3
X ₇	23.66	4.77	23.4
X ₈	84.12	14.71	86.34
X ₉	6.6	2.29	6.43

Tabel 1 menyajikan hasil statistika deskriptif untuk variabel penelitian IKP. Berdasarkan nilai mean (rata-rata), St. Dev (standar deviasi), dan Median (nilai tengah). Dari data tersebut terlihat adanya variasi skala data yang cukup besar; variabel seperti X₃ memiliki nilai rata-rata tertinggi sebesar 921.641 dengan standar deviasi 91.143, sementara variabel X₆ memiliki rata-rata 74,49 dengan standar deviasi terkecil sebesar 0,76 yang menunjukkan tingkat sebaran data paling rapat. Nilai rata-rata dan median pada sebagian besar variabel, seperti variabel Y (78,61 dan 84,54), cenderung berdekatan yang mengindikasikan bahwa distribusi data penelitian ini relatif cukup seimbang dan tidak memiliki pencilan (outlier) yang terlalu ekstrem.

Berdasarkan hasil statistik deskriptif tahun 2024, rata-rata IKP (Indeks Ketahanan Pangan) sebesar 78,61 menunjukkan bahwa secara umum kabupaten/kota berada pada kategori cukup tahan pangan menuju tahan pangan. Namun, standar deviasi sebesar 13,56 dengan rentang 56,53–91,23 mengindikasikan masih adanya kesenjangan ketahanan pangan antar wilayah. Produksi padi memiliki variasi yang sangat tinggi (std = 34.635 ton), yang menunjukkan ketimpangan produksi antar daerah. Tingkat kemiskinan rata-rata sebesar 6,55% dengan rentang 2,23%–10,75%, mencerminkan disparitas kesejahteraan yang masih terjadi. Sementara itu, prevalensi stunting rata-rata 23,66% dengan maksimum 32% menunjukkan permasalahan gizi masih menjadi tantangan di beberapa wilayah. Akses air minum layak tergolong tinggi (rata-rata 84,12%), tetapi adanya wilayah dengan akses rendah (52,45%) berpotensi memengaruhi kondisi ketahanan pangan secara keseluruhan.

Selanjutnya adalah analisis regresi panel untuk mengetahui variabel yang berpengaruh terhadap IKP Kalimantan Timur. Pertama adalah menentukan model regresi panel terbaik berdasarkan beberapa uji sebagai berikut:

1. Uji Chow

Uji Chow merupakan uji untuk mengetahui bagaimana model CEM dan FEM berhubungan, dengan hipotesis nol adalah Model CEM yang sesuai dan hipotesis alternatifnya adalah Model FEM yang sesuai (Hutagalung & Darnius, 2022).

Tabel 2. Hasil Uji Chow
Table 2. Chow Test Results

F-Statistics	df	P-value
0,841	4;36	0,509

Berdasarkan Tabel 2. nilai *p-value* lebih besar dari 0,05, maka gagal tolak H₀ yang berarti CEM lebih sesuai daripada FEM.

2. Uji Hausman

Uji Hausman digunakan untuk membandingkan model terbaik antara REM dan FEM. Berikut hasil uji Hausman.

Tabel 3. Hasil Uji Hausman
Table 3. Hausman Test Results

Chi Square	df	P-value
126,56	9	<2,2e-16

Berdasarkan Tabel 3. di atas nilai *p-value* kurang dari 0,05, sehingga tolak H₀, yang menunjukkan bahwa FEM lebih sesuai dibandingkan REM.

3. Uji Lagrange Multiplier

Uji LM digunakan memilih model antara CEM dan REM. Berikut hasil uji LM

Tabel 4. Hasil Uji Lagrange Multiplier
Table 4. Lagrange Multiplier Test Results

Chi Square	df	P-value
0,524	1	0,469

Pada tabel 4 nilai *p-value* lebih besar dari 0,05 sehingga gagal tolak H₀, maka CEM lebih sesuai dibandingkan REM. Sehingga pada penelitian ini, pemodelan IKP di Provinsi Kalimantan Timur menggunakan model CEM. Berdasarkan hasil pemilihan model didapatkan model terbaik yang digunakan adalah CEM. Estimasi model yang dihasilkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 IKP = & 322,99 + 0,000081927X_1 - 3,5851X_2 \\
 & - 0,0000056598X_3 + 0,4854X_4 \\
 & + 5,9025X_5 - 3,8070X_6 \\
 & + 0,095409X_7 - 0,40884X_8 \\
 & - 0,58193X_9 + \varepsilon
 \end{aligned}$$

Nilai R² sebesar 0.917 dan *Adjusted R²* sebesar 0.898. Hal ini menunjukkan bahwa variabel independen yang digunakan dapat menjelaskan Indeks Ketahanan Pangan di Kalimantan Timur sebesar 91,7%. Selain itu sebaran nilai residual berada di range -8.35 sampai 6.36, hal ini menunjukkan model cukup baik dalam menjelaskan variasi data.

Selanjutnya adalah pengujian signifikansi parameter dilakukan untuk memahami indikator yang berpengaruh signifikan terhadap IKP.

1. Uji Simultan - F

Uji simultan untuk memastikan ada variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap variabel respons (Sinaga dkk., 2025). Berikut hasil dari uji simultan.

Tabel 5. Hasil Uji Simultan
Table 5. Simultaneous Test Results

F-Statistics	P-Value
49,399	<2,22e-16

Berdasarkan Tabel 5. nilai $p\text{-value} < 0,05$, maka tolak H_0 . Sehingga minimal ada satu variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

2. Uji Parsial

Uji parsial digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap IKP (Rahmatika, 2025). Berikut hasil dari uji parsial CEM.

Tabel 6. Hasil Uji Parsial
Table 6. Partial Test Results

Variabel	Estimasi	Std. error	t-value	p-Value
intersep	322,99	86,616	3,729	0,0005
X_1	0,082	0,0283	2,892	0,006
X_2	-3,585	-0,479	-7,489	3,95e-09
X_3	-0,566	-0,199	-2,839	0,007
X_4	0,485	0,109	4,462	6,45e-05
X_5	5,902	1,686	3,500	0,001
X_6	-3,807	1,255	-3,034	0,004
X_7	0,095	0,119	0,805	0,425
X_8	-0,409	0,103	-3,961	0,0002
X_9	-5,582	0,397	-1,467	0,150

Berdasarkan uji parsial (uji t) pada tabel 6, sebagian besar variabel memiliki pengaruh signifikan terhadap IKP ($p\text{-value} < 0,05$), yaitu $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ dan X_8 . Variabel-variabel tersebut berpengaruh signifikan secara individu dalam perubahan IKP. Sementara itu, X_7 dan X_9 tidak berpengaruh signifikan ($p\text{-value} > 0,05$), sehingga secara parsial tidak terbukti memengaruhi IKP dalam CEM. Selanjutnya adalah pengujian asumsi residual atau error.

1. Uji Asumsi Identik

Uji ini untuk memahami homogenitas varians residual dan memastikan efisiensi estimator. Hipotesis nolnya adalah residual bersifat homoskedastik, dan hipotesis alternatifnya adalah residual bersifat heteroskedastik.

Tabel 7. Hasil Uji Identik
Table 7. Identical Test Results

Breuch Pagan	df	P-Value
16,483	9	0,057

Berdasarkan Tabel 7 nilai $p\text{-value} > 0,05$, maka gagal tolak H_0 yang berarti residual pada CEM bersifat homoskedastik atau mempunyai varians error yang konstan.

2. Uji Asumsi Independen

Uji ini untuk mengetahui error tidak mengalami autokorelasi. Hipotesis nol adalah error tidak mengalami autokorelasi, dan hipotesis alternatif adalah Terdapat autokorelasi pada error.

Tabel 8. Hasil Uji Independen
Table 8. Indeoenden Test Results

Chi Square	df	P-Value
1,706	5	0,881

Berdasarkan Tabel 8, nilai $p\text{-value} > 0,05$, maka gagal tolak H_0 , sehingga CEM tidak mengalami autokorelasi.

3. Uji Normalitas

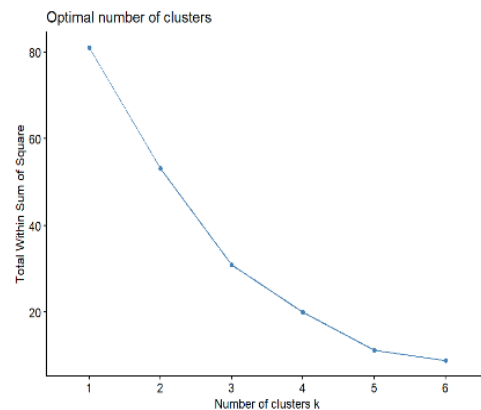
Uji untuk memastikan bahwa error mengikuti distribusi normal. Berikut hasil uji normalitas untuk error.

Tabel 9. Hasil Uji Normalitas
Table 9. Normality Test Results

KS	P-Value
0,0608	0,987

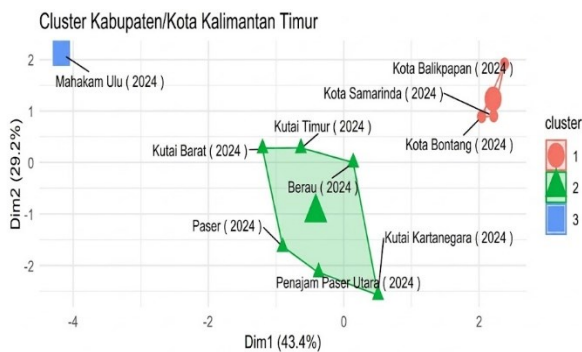
Berdasarkan Tabel 9. nilai $p\text{-value} > 0,05$, maka gagal tolak H_0 yang berarti error mengikuti distribusi normal.

Pengelompokkan kabupaten/kota di Kalimantan Timur berdasarkan indikator penyusun IKP bertujuan untuk mengetahui karakteristik setiap wilayah. Pengelompokkan wilayah ini menggunakan metode K-Means. Dimana menggunakan metode elbow didapatkan nilai k optimum adalah tiga.



Gambar 2. Penentuan K Optimal
Figure 2. Optimal K Determination

Hasil pengempokkan kabupaten/kpta di Kalimantan Timur berdasarkan indikator IKP dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Cluster Kabupaten/Kota
Figure 3. Regency/City Cluster Results

Berdasarkan visualisasi pada gambar 3, terlihat pemisahan yang cukup jelas antartiga *cluster*. Wilayah dalam satu *cluster* memiliki karakteristik ketahanan pangan yang mirip, sedangkan antarkluster menunjukkan perbedaan kondisi. Terdapat satu wilayah yang membentuk *cluster* tersendiri karena memiliki karakteristik yang paling berbeda. Visualisasi ini membantu memahami pola pengelompokan dan kesenjangan ketahanan pangan antar daerah sehingga dapat mendukung perumusan kebijakan yang lebih tepat sasaran. Tiga kategori wilayah di Provinsi Kalimantan Timur dengan karakteristik ketahanan pangan yang berbeda-beda diperoleh dari hasil analisis kluster K-Means.

Tabel 10. Hasil Pengelompokkan
Table 10. Grouping Results

Cluster	County/City
Cluster 1	Balikpapan City, Samarinda City, Bontang City
Cluster 2	Paser Regency, West Kutai Regency, Kutai Kartanegara Regency, East Kutai Regency, Berau Regency
Cluster 3	Penajam Paser Utara Regency, Mahakam Ulu Regency

Berdasarkan Tabel 10. terlihat bahwa cluster pertama hanya terdiri dari satu wilayah yaitu Mahakam Ulu yang menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki karakteristik ketahanan pangan yang sangat berbeda dibandingkan wilayah lainnya. *Cluster* kedua terdiri dari wilayah perkotaan yaitu Balikpapan, Samarinda, dan Bontang yang memiliki kondisi sosial ekonomi yang relatif lebih baik. Sementara itu *cluster* ketiga terdiri dari wilayah kabupaten yang memiliki karakteristik ketahanan pangan yang relatif mirip satu sama lain. Pengelompokan ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kondisi ketahanan pangan antara wilayah perkotaan dan wilayah kabupaten di Provinsi Kalimantan Timur.

5. KESIMPULAN

Karakteristik ketahanan pangan kabupaten/kota di Kalimantan Timur menunjukkan perbedaan yang cukup jelas. Wilayah perkotaan cenderung memiliki IKP lebih tinggi karena didukung akses pendidikan, kesehatan, dan air minum yang lebih baik, sedangkan beberapa kabupaten masih menghadapi tantangan kemiskinan dan keterbatasan layanan dasar. Hasil regresi data panel menunjukkan model terbaik adalah CEM dengan koefisien determinasi 91,746%, yang berarti sebagian besar variasi IKP dapat dijelaskan oleh variabel sosial ekonomi dalam model. Seluruh asumsi klasik juga terpenuhi sehingga model layak diinterpretasikan. Analisis K-Means menghasilkan tiga *cluster* wilayah dengan karakteristik ketahanan pangan rendah, menengah, dan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan ketahanan pangan perlu disesuaikan dengan kondisi masing-masing kelompok wilayah.

6. SARAN

Merujuk pada penelitian ini, perbaikan untuk penelitian selanjutnya bisa memperpanjang periode data agar tren IKP bisa lebih terlihat dan hasil estimasi lebih stabil dan akurat. Selain itu berdasarkan hasil penelitian ini wilayah dengan ketahanan pangan menengah perlu didorong untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan sistem distribusi pangan. Sedangkan wilayah dengan ketahanan pangan tinggi perlu menjaga stabilitas melalui kebijakan lintas sektor yang berkelanjutan. Wilayah dengan ketahanan pangan rendah perlu meningkatkan akses air minum, pendidikan, kesehatan, dan infrastruktur dasar.

7. REFERENSI

- Alamsyah, I. F., Esra, R., Awalia, S., & Nohe, D. A. (2022). Analisis regresi data panel untuk mengetahui faktor yang memengaruhi jumlah penduduk miskin di Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, Dan Aplikasinya*, 2(1).
- Andaresta, D. P., Retnowati, D., Fatmawati, A., & Purnomo, S. D. (2024). Analisis faktor yang mempengaruhi ketahanan pangan di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Unars*, 3(1), 433–443.
- Andi, H. A., Alimatun, N., Yunita, A. I., Ratmila, R., & Nur'eni, N. (2025). Comparison of FEM-LSDV Panel Regression with Classical Panel Regression Models in Analyzing Economic Growth in Indonesia. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 9(5), 2450–2460.
- AW, V. T., Fitriyani, A. E., Febrianti, M., Lesmana, M. E., Lukman, R. M., & Budiasih, B. (2023). Pengaruh Konsumsi Masyarakat Indonesia Terhadap Ketahanan Pangan Nasional. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2023(1), 525–536.
- Hermawan, M. S., Judijanto, L., Kusumastuti, S. Y., Purnamaningrum, T. K., Suparyati, A., Pracoyo, A., Prabandari, A. I., Atmaja, U., & Ilma, A. F. N.



- (2025). Pengantar ekonomi Indonesia: Perkembangan dan tantangan perekonomian dalam rangka percepatan pembangunan nasional menuju Indonesia Emas 2045. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Hutagalung, I. P., & Darnius, O. (2022). Analisis Regresi Data Panel Dengan Pendekatan Common Effect Model (CEM), Fixed Effect Model (FEM) dan Random Effect Model (REM). *FARABI Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(2), 217–226.
- Juansa, A., Maulana, A. W., Lubis, M. M., Wijaya, A. A., Minarsi, A., Sugama, D., Ayu, I. W., Rianty, E., & Murwanti, R. (2025). Ketahanan pangan: Swasembada pangan dan implikasinya terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. PT. Star Digital Publishing, Yogyakarta-Indonesia.
- Nafandra, B., & Amalita, N. (2026). Regresi Panel dan Pemetaan Local Indicator of Spatial Association dalam Analisis Kemiskinan di Provinsi Bengkulu. *Imajiner: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 8(2), 518–530.
- Nisa, N. A., & Lubis, F. R. A. (2025). Determinan ketahanan pangan di Indonesia: Pendekatan data panel. *Socius: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 2(6).
- Nurlaily, D., Hayati, F. N., & Silfiani, M. (2026). Cluster analysis of districts and cities in Kalimantan based on poverty factors. *AIP Conference Proceedings*, 3326(1), 80038.
- Putra, A. M. (2025). Ketahanan Pangan di Tengah Tekanan Lingkungan dan Pertumbuhan Penduduk: Analisis Data Panel Provinsi di Indonesia Tahun 2019-2022. *Ekopedia: Jurnal Ilmiah Ekonomi*, 1(4), 3503–3514.
- Rahmatika, R. (2025). Penerapan Penduga Liu Pada Regresi Linier Berganda Untuk Mengidentifikasi Faktor Penting Pada Data Indeks Ketahanan Pangan Di Indonesia. Universitas Sulawesi Barat.
- Rahmawati, A., Marwanti, S., & Barokah, U. (2023). Analisis Ketahanan Pangan dan Korelasi Pengeluaran Pangan dengan Konsumsi Energi dan Protein Rumah Tangga Petani Padi Sawah di Kabupaten Sragen. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 7(4), 1223–1231.
- Samuda, S. J. A. (2023). Dapatkah Akses Listrik Meningkatkan Ketahanan Pangan Di Indonesia? *TheJournalish: Social and Government*, 4(5), 15–26.
- Sinaga, A., Mario, C., & Septianingtias, I. A. (2025). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Regresi Linier Berganda. *Socius: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 2(12).
- Sutrisno, A. D. (2022). Kebijakan Sistem Ketahanan Pangan Daerah. *Kebijakan: Jurnal Ilmu Administrasi*, 13(1), 28–42.
- Wardiah, W. (2025). Penerapan Regresi Data Panel Dalam Mengidentifikasi Faktor Penting Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Di Provinsi Sulawesi Barat. UNIVERSITAS SULAWESI BARAT.
- Winda, A. (2024). Pemodelan Regresi Data Panel Dengan Pendekatan Random Effect Model Untuk Menganalisis Faktor Pertumbuhan Ekonomi Di Pulau Sumatera.
- Wulandari, Y., & Ismiyati, I. (2023). Stunting pada kondisi rawan pangan, sanitasi, dan kelayakan sumber air minum pada keluarga di Provinsi Banten (Analisis data SSGI-2021). *Jurnal Medikes (Media Informasi Kesehatan)*, 10(1), 101–110.