

Comparison of FEM-LSDV Panel Regression with Classical Panel Regression Models in Analyzing Economic Growth in Indonesia

Andi Harismahyanti A.^{1*}, Alimatun Najiha^{2**}, Andi Isna Yunita^{3***}, Ratmila^{4****}, Nur'eni^{5**}

* Program Studi Sains Data, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako

** Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako

*** Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

**** Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, dan Kebumihan, Universitas Negeri Manado

andiharismahyanti@gmail.com¹, anajiha@untad.ac.id², andiisnayunita@unhas.ac.id³, ratmilastat@unima.ac.id⁴,
nureniuntad@gmail.com⁵

Article Info

Article history:

Received 2025-07-19

Revised 2025-08-04

Accepted 2025-08-10

Keyword:

Economic Growth,
FEM-LSDV,
Panel Regression Models,
Indonesia.

ABSTRACT

This study evaluates the performance of multiple panel regression approaches in modeling the determinants of regional economic growth in Indonesia. It specifically compares three classical panel models: the Common Effect Model (CEM), the Random Effect Model (REM), and the Fixed Effect Model (FEM), alongside the Fixed Effect Model with the Least Squares Dummy Variable (FEM LSDV) approach. The analysis is based on panel data covering 34 provinces from 2019 to 2023, using key macroeconomic indicators such as inflation, investment, exports, money supply, open unemployment rate, and participation in the national health insurance program (JKN). The models are assessed using formal statistical tests, including the Chow and Hausman tests, and evaluated through performance metrics such as RMSE, AIC, and R-squared. The results show that the FEM LSDV model offers the best performance, with an R-squared value of 0.7039, RMSE of 0.5442, and an AIC of 365.55. Notably, the model identifies North Maluku Province as contributing positively and significantly to economic growth, while the year 2020 shows a significant negative impact, likely due to the economic disruptions caused by the COVID-19 pandemic. These findings demonstrate the effectiveness of the FEM LSDV approach in capturing both spatial and temporal heterogeneity in regional economic analysis and support its application in policy-oriented research.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Analisis regresi merupakan alat yang umum digunakan untuk memahami hubungan antara variabel-variabel ekonomi [1]. Regresi digunakan untuk mengestimasi pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, sehingga dapat memberikan gambaran struktural dan prediktif terhadap fenomena sosial ekonomi yang kompleks [2]. Namun, pada banyak kasus, terutama ketika data melibatkan observasi antar entitas dalam beberapa periode waktu seperti data lintas provinsi selama beberapa tahun, pendekatan regresi biasa menjadi tidak cukup untuk menangkap variabilitas yang ada [3].

Regresi data panel menawarkan solusi atas masalah tersebut dengan menggabungkan kekuatan data *time series*

dan *cross-section* [4]. Model ini memungkinkan peneliti untuk mengontrol heterogenitas individual yang tidak teramati, memperbaiki efisiensi estimasi, serta meningkatkan kapasitas inferensial model [5]. Dibandingkan regresi OLS biasa, model panel memungkinkan pengendalian atas bias akibat variabel yang tidak terukur namun tetap sepanjang waktu [3]. Dalam praktiknya, beberapa pendekatan model panel seperti *Common Effect Model* (CEM), *Random Effect Model* (REM), dan *Fixed Effect Model* (FEM) banyak digunakan dalam studi-studi empiris.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemilihan model regresi panel yang tepat sangat menentukan kualitas hasil analisis. Misalnya, Permatasari & Anggadini (2020)

dalam analisis pertumbuhan ekonomi provinsi-provinsi di Indonesia menemukan bahwa model FEM menghasilkan estimasi yang lebih akurat dibandingkan REM karena mampu mengontrol efek tetap provinsi yang tidak teramati [6]. Sementara itu, Fitrawaty & Maipita (2022) menerapkan pendekatan panel data pada hubungan antara pengeluaran pemerintah, kesehatan, dan pertumbuhan ekonomi, dan menyimpulkan bahwa pendekatan FEM lebih cocok untuk menangkap variasi antarwilayah [7]. Dalam studi lain Nugrahadhi, Maipita, Fitrawaty, & Hidayat (2023), juga menunjukkan bahwa variabel kesehatan dan tenaga kerja memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia selama masa pandemi COVID-19, dan model FEM memberikan hasil paling konsisten dalam konteks ini [5].

Di antara berbagai pendekatan regresi panel, FEM dengan teknik *Least Squares Dummy Variable* (LSDV) dianggap paling konsisten dalam konteks di mana efek individual berkorelasi dengan variabel penjelas [8]. LSDV memungkinkan peneliti untuk memasukkan variabel *dummy* provinsi dan waktu secara eksplisit, sehingga setiap pengaruh tetap (*fixed effect*) dapat terkontrol. Hal ini penting terutama dalam kajian makroekonomi wilayah yang memiliki perbedaan struktural signifikan, seperti halnya di Indonesia.

Dalam konteks Indonesia, pertumbuhan ekonomi selama periode 2019–2023 mengalami tekanan besar akibat pandemi COVID-19, yang menyebabkan kontraksi tajam pada tahun 2020, diikuti oleh pemulihan tidak merata pada tahun-tahun berikutnya. Dampak COVID-19 sangat mendalam, memicu krisis ekonomi yang ditandai dengan pengurangan tenaga kerja, PHK, melonjaknya angka pengangguran, dan tantangan dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari [9]. Dalam menghadapi kompleksitas ini, penting untuk mengidentifikasi dan memahami faktor-faktor ekonomi yang berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi nasional maupun regional [10]. Variabel-variabel seperti inflasi, investasi (PMTB), ekspor, peredaran uang, Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), dan partisipasi dalam Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) menjadi penentu penting dalam dinamika ekonomi tersebut. Studi terbaru oleh Saragih, Saputra, & Lumbanraja (2022) menegaskan bahwa investasi dan penyerapan tenaga kerja berperan penting dalam pemulihan ekonomi, dan dampaknya berbeda antarprovinsi [11]. Namun, pengaruh variabel-variabel makroekonomi tersebut cenderung tidak seragam di setiap provinsi, sehingga model agregat tunggal sering kali tidak cukup untuk menangkap seluruh dinamika yang terjadi. Oleh karena itu, dibutuhkan model yang mampu menjelaskan variasi pertumbuhan ekonomi tidak hanya berdasarkan waktu, tetapi juga berdasarkan karakteristik antarwilayah. Dalam hal ini, pemodelan data panel khususnya dengan pendekatan FEM-LSDV merupakan pilihan yang tepat untuk memperoleh estimasi yang lebih dapat diandalkan.

Pendekatan Fixed Effect Model (FEM) dengan teknik *Least Squares Dummy Variable* (LSDV) menawarkan alternatif yang menarik dalam studi panel data, khususnya

ketika peneliti tidak hanya ingin mengendalikan efek tetap, tetapi juga menginterpretasikan kontribusi spesifik dari masing-masing entitas dan periode waktu. Berbeda dengan pendekatan *within transformation* pada FEM standar yang mengaburkan estimasi efek tetap, metode LSDV justru memberikan estimasi eksplisit atas koefisien *dummy* untuk setiap provinsi dan tahun. Hal ini menjadikan pendekatan ini sangat relevan dalam konteks kajian pertumbuhan ekonomi lintas wilayah, di mana aspek spasial dan temporal memiliki peran strategis dalam perumusan kebijakan [14].

Namun demikian, penggunaan pendekatan ini dalam studi-studi empiris di Indonesia, khususnya yang berfokus pada dinamika pertumbuhan ekonomi pascapandemi, masih relatif jarang ditemukan. Penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut dengan memberikan perbandingan kuantitatif yang komprehensif antara beberapa model regresi panel klasik, yakni Common Effect Model (CEM), Random Effect Model (REM), dan Fixed Effect Model (FEM), dengan pendekatan FEM-LSDV sebagai alternatif yang lebih eksplisit dalam menjelaskan determinan pertumbuhan ekonomi di Indonesia pada periode 2019–2023. Evaluasi performa dilakukan secara menyeluruh melalui metrik statistik yang umum digunakan, seperti Root Mean Squared Error (RMSE), Akaike Information Criterion (AIC), dan koefisien determinasi (R^2), serta didukung oleh uji formal seperti Uji Chow dan Uji Hausman.

Lebih lanjut, untuk menjamin validitas model dan kekuatan inferensial dari temuan yang dihasilkan, penelitian ini juga memeriksa asumsi-asumsi dasar model regresi melalui serangkaian uji diagnostik, yaitu multikolinearitas (dengan Variance Inflation Factor), heteroskedastisitas (menggunakan uji Breusch-Pagan), serta autokorelasi (dengan uji Ljung-Box). Pendekatan menyeluruh ini tidak hanya memperkuat landasan metodologis penelitian, tetapi juga memberikan kontribusi dalam meningkatkan transparansi dan keterandalan analisis kuantitatif di bidang ekonomi terapan.

II. METODE

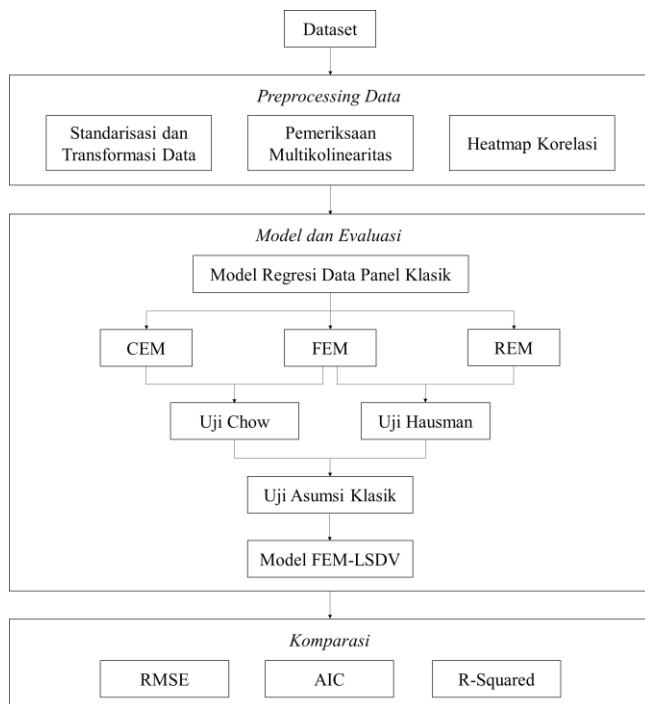
Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang penting, yaitu diawali dengan menganalisis dataset hingga melakukan evaluasi dan komparasi.

Gambar 1 menunjukkan mengenai tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing tahapannya.

A. Dataset

Penelitian ini menggunakan data sekunder dalam bentuk data panel yang 34 provinsi di Indonesia selama periode tahun 2019 hingga 2023. Data yang dikumpulkan terdiri dari tujuh variabel utama yang berkaitan dengan kondisi makroekonomi Indonesia, yaitu: Pertumbuhan Ekonomi (Y), Inflasi (X_1), Investasi melalui Pembentukan Modal Tetap Bruto atau PMTB (X_2), Ekspor (X_3), Peredaran Uang (X_4),

Tingkat Pengangguran Terbuka atau TPT (X_5), dan jumlah peserta Jaminan Kesehatan Nasional atau JKN (X_6). Sumber data berasal dari lembaga-lembaga resmi pemerintah, yaitu: Badan Pusat Statistik (BPS), Bank Indonesia (BI) dan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). Seluruh data diperoleh melalui publikasi tahunan dan basis data daring masing-masing instansi. Data yang digunakan mencerminkan kondisi makroekonomi di tingkat provinsi di Indonesia selama lima tahun terakhir. Selain itu, dataset ini juga menjadi dasar yang kokoh dalam mengkaji hubungan antara berbagai indikator ekonomi dengan tingkat pertumbuhan ekonomi di Indonesia.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

B. Preprocessing Data

1) *Standarisasi dan Transformasi Data*: Sebelum melakukan analisis lebih lanjut, dilakukan tahap prapemrosesan data berupa standarisasi dan transformasi untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi dasar dari model analisis yang akan digunakan. Standarisasi data dilakukan dengan mengubah skala seluruh variabel numerik agar memiliki rata-rata (mean) sebesar 0 dan simpangan baku (standar deviasi) sebesar 1. Proses ini penting terutama ketika variabel memiliki satuan atau rentang nilai yang berbeda, karena skala yang tidak seragam dapat menyebabkan dominasi variabel tertentu dalam analisis.

Selain itu, dilakukan transformasi data untuk memperbaiki bentuk distribusi variabel yang tidak normal. Dalam penelitian ini digunakan transformasi Yeo-Johnson, yang merupakan metode generalisasi dari transformasi Box-Cox dan mampu menangani data yang mengandung nilai nol atau negatif. Transformasi ini bertujuan untuk mendekatkan distribusi data ke bentuk distribusi normal, sehingga asumsi

normalitas yang diperlukan oleh sebagian besar metode statistik parametrik dapat lebih terpenuhi. Dengan melakukan standarisasi dan transformasi seperti ini, data akan siap untuk dianalisis lebih lanjut dengan model yang memerlukan data yang terdistribusi normal atau memiliki skala yang seragam.

2) *Pemeriksaan Multikolinearitas*: Sebelum melakukan analisis lebih lanjut terhadap data, salah satu langkah penting dalam praproses data adalah pemeriksaan multikolinearitas antar variabel independen. Multikolinearitas terjadi ketika dua atau lebih variabel prediktor dalam model regresi memiliki korelasi yang sangat tinggi, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam estimasi parameter regresi, membesarnya standar error, serta mengaburkan pengaruh individual dari masing-masing variabel. Oleh karena itu, untuk memastikan hasil analisis yang valid dan dapat diandalkan, pengecekan multikolinearitas perlu dilakukan terlebih dahulu.

Untuk mendeteksi adanya multikolinearitas, digunakan *Variance Inflation Factor* (VIF) sebagai ukuran diagnostik. VIF mengukur seberapa besar varians dari koefisien regresi meningkat akibat adanya korelasi di antara variabel independen. Secara umum, nilai VIF di atas 10 dianggap menunjukkan adanya multikolinearitas yang tinggi dan berpotensi menimbulkan masalah serius dalam model. Sebaliknya, nilai VIF yang lebih rendah dari 10 masih dianggap dapat ditoleransi, khususnya jika nilainya berada di bawah 5, yang menunjukkan korelasi antar variabel relatif rendah [12]. Seluruh variabel independen yang akan dimasukkan ke dalam model diuji untuk memastikan bahwa asumsi tidak adanya multikolinearitas secara signifikan terpenuhi sehingga model dapat dilanjutkan untuk analisis lebih lanjut.

3) *Heatmap Korelasi*: Untuk mengidentifikasi hubungan linier antara variabel-variabel ekonomi yang digunakan dalam model pertumbuhan ekonomi, dilakukan analisis korelasi menggunakan metode korelasi Pearson. Korelasi ini mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antar pasangan variabel, dengan nilai koefisien berkisar dari -1 hingga +1. Nilai mendekati +1 menunjukkan korelasi positif yang kuat, nilai mendekati -1 menunjukkan korelasi negatif yang kuat, sementara nilai mendekati 0 menunjukkan hubungan linier yang lemah atau tidak ada hubungan linier.

Hasil korelasi kemudian divisualisasikan dalam bentuk *heatmap*, yang memberikan representasi visual dari matriks korelasi. Warna pada *heatmap* menunjukkan tingkat kekuatan korelasi, dengan gradasi warna tertentu menandakan korelasi positif (biru) atau negatif (merah). Visualisasi ini membantu dalam mengidentifikasi hubungan signifikan antar variabel serta memberikan informasi awal untuk mempertimbangkan potensi masalah multikolinearitas atau struktur keterkaitan variabel dalam model. Visualisasi ini mencakup seluruh variabel independen dan variabel dependen, sehingga pola hubungan antara variabel dapat diamati secara komprehensif.

Selain itu, dilakukan uji normalitas residual, heteroskedastisitas, dan autokorelasi sebagai bagian dari validitas model regresi. Uji heteroskedastisitas dilakukan menggunakan uji Breusch-Pagan, sedangkan uji autokorelasi menggunakan uji Ljung-Box. Hasil pengujian disajikan secara lengkap pada bagian hasil dan pembahasan.

C. Model dan Evaluasi

Penelitian ini menggunakan model Regresi Data Panel Klasik dan *Fixed Effect Model Least Square Dummy Variable* (FEM-LSDV). Berikut adalah penjelasan dari masing-masing model yang diusulkan:

1) *Model Regresi Data Panel Klasik*: Regresi data panel merupakan kombinasi antara data runtun waktu (*time series*) dan data silang (*cross-section*), yang memungkinkan untuk mengamati perilaku antar individu dari waktu ke waktu secara simultan, serta meningkatkan efisiensi estimasi parameter dengan mempertimbangkan heterogenitas individual. Secara umum, bentuk model regresi data panel dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \alpha + X_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

dengan:

Y_{it} : variabel dependen untuk individu ke- i pada waktu ke- t

X_{it} : vektor variabel independen

α : intersep

β : vektor koefisien regresi atau *slope*

ε_{it} : komponen error

Terdapat tiga pendekatan yang sering digunakan dalam melakukan estimasi model regresi panel, *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM) dan *Random Effect Model* (REM). Pemilihan model terbaik dilakukan dengan mengevaluasi model melalui serangkaian uji, seperti Uji Chow untuk membandingkan CEM dan FEM, serta Uji Hausman untuk membandingkan FEM dan REM [13].

a. *Common Effect Model* (CEM): mengasumsikan bahwa seluruh unit pengamatan homogen, baik dari waktu maupun individu. Tidak ada perbedaan efek khusus yang ditangkap oleh model. Bentuk umum model ini adalah:

$$Y_{it} = \alpha + X_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Estimasi parameter dilakukan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS), yaitu meminimumkan jumlah kuadrat error. Meskipun sederhana, CEM memiliki kelemahan karena mengabaikan potensi heterogenitas antar individu, sehingga dapat menyebabkan bias jika asumsi homogenitas tidak terpenuhi.

b. *Fixed Effect Model* (FEM): digunakan ketika diasumsikan terdapat heterogenitas individual yang mempengaruhi hubungan antara variabel. Model ini menangkap perbedaan antar individu (*cross-section*) dengan memperbolehkan intersep yang berbeda-beda untuk setiap individu, namun tetap mengasumsikan slope koefisien regresi tetap. Bentuk umum model FEM adalah:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

FEM efektif dalam mengendalikan variabel yang tidak diamati (*unobserved heterogeneity*) selama variabel tersebut bersifat tetap (*time-invariant*).

c. *Random Effect Model* (REM): mengasumsikan bahwa perbedaan antar unit dapat dimodelkan sebagai bagian dari komponen error. Artinya, efek individu dianggap sebagai variabel acak yang tidak berkorelasi dengan variabel independen. Bentuk model REM adalah:

$$Y_{it} = \alpha + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

dengan struktur error:

$$\varepsilon_{it} = u_i + v_t + w_{it} \quad (4)$$

dengan:

u_i : komponen error efek individu, $u_i \sim IIDN(0, \sigma_u^2)$

v_t : komponen error efek waktu, $v_t \sim IIDN(0, \sigma_v^2)$

w_{it} : komponen error gabungan (panel), $w_{it} \sim IIDN(0, \sigma_w^2)$

Estimasi parameter dalam model REM menggunakan *Generalized Least Squares* (GLS), karena metode OLS tidak efisien dalam kondisi error yang tidak homogen (heteroskedastisitas) atau terdapat autokorelasi.

Dalam rangka memperoleh model panel data yang paling tepat dan informatif, dilakukan serangkaian pengujian formal guna mengevaluasi kesesuaian serta konsistensi antar pendekatan model. Uji Chow digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan awal untuk menilai apakah model *Fixed Effect* (FEM) secara statistik lebih unggul dibandingkan *Common Effect Model* (CEM), dengan mempertimbangkan heterogenitas antar entitas yang tidak dapat dijelaskan oleh model homogen. Selanjutnya, Uji Hausman dimanfaatkan untuk menguji konsistensi antara FEM dan *Random Effect Model* (REM), dengan hipotesis nol bahwa efek individual tidak berkorelasi dengan variabel independen. Penolakan terhadap hipotesis nol mengindikasikan bahwa FEM lebih tepat digunakan karena mampu menghindari bias akibat korelasi tersebut.

2) *Fixed Effect Model dengan Least Square Dummy Variable*: Model FEM digunakan untuk mengakomodasi heterogenitas individu dalam model regresi data panel, yaitu ketika terdapat perbedaan karakteristik antar individu yang tidak dapat diamati secara langsung tetapi diasumsikan konstan sepanjang waktu. Model ini memungkinkan adanya perbedaan intersep antar individu, namun tetap mengasumsikan bahwa slope atau koefisien regresi bersifat konstan baik antar individu maupun antar waktu, seperti yang dijabarkan dalam Persamaan (3). Model FEM harus memenuhi asumsi-asumsi klasik regresi, yaitu: uji normalitas residual, uji heteroskedastisitas untuk memastikan variansi residual konstan, dan uji autokorelasi untuk memverifikasi tidak adanya korelasi dalam residual.

Ada dua pendekatan yang digunakan dalam estimasi parameter model FEM, yakni pendekatan *Within Group* dan pendekatan *Least Square Dummy Variable* (LSDV). Model FEM dengan pendekatan *Within Group* merupakan model yang menghilangkan efek individu dengan cara transformasi terhadap rata-rata waktu dari setiap individu. Sementara itu,

model FEM dengan pendekatan LSDV memanfaatkan variabel *dummy* untuk mengestimasi intersep tiap individu, dengan tetap menjaga slope konstan. Dengan kata lain, variabel *dummy* hanya mengklasifikasikan individu-individu ke dalam kelompok yang berbeda, namun tidak mengubah pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen [14]. Model FEM dengan pendekatan LSDV dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$Y_{it} = \alpha + \sum_{i=1}^{N-1} D_i a_i + X_{it} \beta + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

dengan:

D_i : variabel *dummy* untuk individu ke- i , bernilai 1 jika observasi berasal dari individu tersebut, dan 0 jika tidak,
 a_i : koefisien dari variabel *dummy* untuk individu ke- i

Metode FEM-LSDV menggunakan prinsip OLS untuk mengestimasi parameter regresi pada model yang telah ditambahkan variabel *dummy* tersebut. Teknik ini menangani heterogenitas tetap antar individu dalam regresi data panel, dan menjadi metode yang relevan ketika terdapat asumsi bahwa efek individu berkorelasi dengan variabel independen dalam model.

Dalam pendekatan FEM-LSDV, konstruksi variabel *dummy* dilakukan untuk dua dimensi panel, yaitu:

- 1) *Dummy* Provinsi (34-1 = 33 variabel *dummy*): merepresentasikan efek tetap spesifik masing-masing provinsi.
- 2) *Dummy* Tahun (5-1 = 4 variabel *dummy*): menangkap dinamika temporal yang tidak tertangkap oleh variabel independen lainnya.

Satu kategori dari masing-masing dimensi dijadikan baseline (provinsi dan tahun referensi) untuk menghindari masalah *dummy variable trap* (multikolinearitas sempurna). Dengan pendekatan ini, model mampu memberikan estimasi koefisien yang eksplisit untuk masing-masing provinsi dan tahun, memungkinkan analisis spasial dan temporal yang lebih granular.

D. Komparasi

Untuk membandingkan kinerja masing-masing metode yang digunakan dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi menggunakan beberapa metrik evaluasi umum dalam regresi, yaitu *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Akaike Information Criterion* (AIC), dan Koefisien Determinasi (R^2 atau R^2) [15]. Penjelasan masing-masing metrik adalah sebagai berikut:

1) *Root Mean Squared Error (RMSE)*: RMSE mengukur rata-rata kesalahan prediksi dengan satuan yang sama dengan data aktual. Nilai RMSE diperoleh dengan mengambil akar kuadrat dari MSE. Metrik ini memberikan bobot lebih besar terhadap kesalahan besar (outlier), sehingga sangat berguna untuk mendeteksi deviasi prediksi ekstrem.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (6)$$

2) *Akaike Information Criterion (AIC)*: AIC adalah metrik evaluasi berbasis informasi yang tidak hanya mempertimbangkan *goodness-of-fit*, tetapi juga kompleksitas model. Metrik ini melakukan penalti model dengan jumlah parameter yang lebih banyak, sehingga menghindari *overfitting*. AIC yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih baik.

$$AIC = 2k - 2 \ln(L) \quad (7)$$

dengan k adalah jumlah parameter dalam model dan L adalah likelihood dari model.

3) *Koefisien Determinasi (R^2)*: Koefisien determinasi menggambarkan proporsi variabilitas variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh model regresi. Nilai $R^2 = 1$ mengindikasikan bahwa semua variasi nilai aktual dapat dijelaskan sempurna oleh model. Sementara itu, $R^2 = 0$ berarti model tidak mampu menjelaskan variasi sama sekali.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Dengan menggunakan ketiga metrik ini, penelitian ini melakukan evaluasi terhadap model Regresi Data Panel Klasik dan FEM-LSDV. Evaluasi dilakukan untuk menentukan model yang memberikan model dan prediksi paling akurat dan andal, berdasarkan ukuran kesalahan, kompleksitas model, serta proporsi variabilitas yang dapat dijelaskan oleh model.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Eksplorasi Data

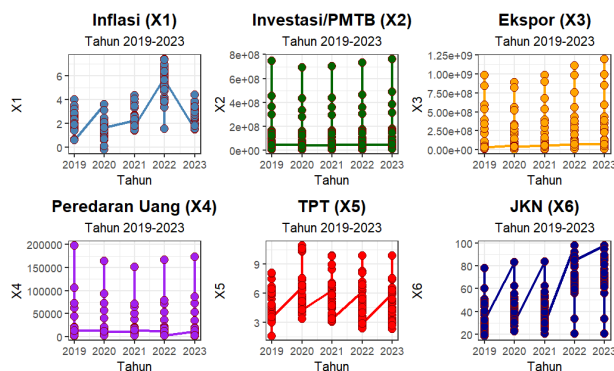
Eksplorasi data dilakukan untuk memahami karakteristik awal dari variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini. Tahapan ini mencakup identifikasi variabel, deskripsi umum data, serta visualisasi tren data dari tahun 2019 hingga 2023. Variabel-variabel yang digunakan disajikan dalam Tabel 1.

TABEL I
VARIABEL DATA PENELITIAN

<i>Variabel</i>	<i>Nama Variabel</i>
Y	Pertumbuhan Ekonomi
X_1	Inflasi
X_2	Investasi (PMTB)
X_3	Ekspor
X_4	Peredaran Uang
X_5	Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)
X_6	Jaminan Kesehatan Nasional (JKN)

Berdasarkan Tabel 1, data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup berbagai variabel ekonomi penting yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi Indonesia pada periode 2019-2023. Variabel Pertumbuhan Ekonomi (Y) digunakan untuk mengukur kinerja ekonomi Indonesia,

sedangkan Inflasi (X_1) mencerminkan perubahan harga barang dan jasa yang terjadi selama periode tersebut. Investasi (PMTB, X_2) mengacu pada total investasi yang dilakukan di Indonesia, yang menjadi salah satu pendorong utama pertumbuhan ekonomi. Ekspor (X_3) berfungsi untuk mengukur total nilai ekspor Indonesia yang berkontribusi pada pendapatan negara. Peredaran Uang (X_4) menunjukkan jumlah uang yang beredar dalam perekonomian, yang mempengaruhi inflasi dan kebijakan moneter. Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT, X_5) mencerminkan keadaan pasar tenaga kerja, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor ekonomi, dan terakhir, Jaminan Kesehatan Nasional (JKN, X_6) mengukur jumlah peserta dalam program kesehatan yang penting dalam mendukung produktivitas kerja. Data dari variabel-variabel ini memberikan gambaran komprehensif mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi Indonesia selama lima tahun terakhir.

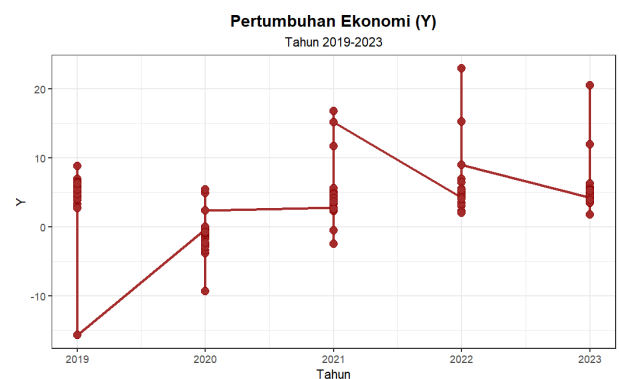


Gambar 2. Variabel-variabel Pertumbuhan Ekonomi (Variabel Independen)

Gambar 2 menampilkan grafik variabel-variabel ekonomi dari tahun 2019 hingga 2023 menunjukkan beberapa tren penting terkait dengan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi Indonesia. Inflasi (X_1) mengalami fluktuasi yang signifikan, dengan lonjakan pada tahun 2020, kemungkinan besar disebabkan oleh dampak pandemi COVID-19 yang mengganggu aktivitas ekonomi. Setelah 2020, inflasi cenderung menurun tetapi kembali meningkat pada 2022 dan 2023, mencerminkan ketidakstabilan harga barang dan jasa yang dipengaruhi oleh kondisi ekonomi global dan kebijakan domestik. Investasi (X_2), yang diukur melalui PMTB, menunjukkan kestabilan sepanjang periode ini, tanpa fluktuasi besar, yang mengindikasikan bahwa investasi di Indonesia relatif stabil dan tidak terpengaruh secara signifikan oleh krisis ekonomi yang terjadi. Di sisi lain, ekspor (X_3) menunjukkan pola yang serupa dengan investasi, dengan sedikit penurunan yang tampaknya terjadi pada tahun 2021, yang mungkin terkait dengan tantangan ekonomi global dan turunnya permintaan internasional.

Peredaran uang (X_4) menunjukkan fluktuasi yang lebih besar, terutama pada tahun 2020, yang mencerminkan kebijakan moneter ekspansif yang diterapkan oleh pemerintah untuk mengatasi dampak ekonomi akibat

pandemi. Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT, X_5) mengalami lonjakan tajam pada tahun 2020, sesuai dengan krisis ekonomi yang menyebabkan banyaknya pemutusan hubungan kerja dan penurunan lapangan pekerjaan. Namun, TPT mulai menunjukkan penurunan pada tahun 2021 hingga 2023, mencerminkan pemulihan ekonomi yang terjadi seiring dengan mulai membaiknya kondisi pasar tenaga kerja. Jaminan Kesehatan Nasional (JKN, X_6) menunjukkan peningkatan yang konsisten, mencerminkan keberhasilan program pemerintah dalam memperluas akses layanan kesehatan kepada masyarakat dan memperbaiki kesejahteraan sosial.



Gambar 3. Pertumbuhan Ekonomi (Variabel Dependen)

Gambar 3 menunjukkan grafik Pertumbuhan Ekonomi (Y) menunjukkan fluktuasi yang lebih besar, dengan penurunan tajam pada tahun 2020, yang mencerminkan dampak langsung dari pandemi terhadap perekonomian Indonesia. Namun, pemulihan terlihat pada tahun 2021 dan seterusnya, meskipun ada variasi yang tinggi antara tahun-tahun tersebut, menunjukkan bahwa meskipun ekonomi Indonesia mulai pulih, tantangan tetap ada dalam mencapai pertumbuhan yang stabil.

B. Preprocessing Data

1) *Standarisasi dan Transformasi Data*: Sebelum melakukan analisis lebih lanjut, penting untuk melakukan standarisasi dan transformasi data untuk memastikan bahwa data yang digunakan memenuhi asumsi model analisis yang akan diterapkan. Dalam hal ini, standarisasi data bertujuan untuk mengubah skala variabel sehingga masing-masing variabel memiliki mean 0 dan standar deviasi 1. Ini sangat penting ketika variabel yang digunakan memiliki satuan yang berbeda atau rentang nilai yang sangat bervariasi, sehingga dapat mempengaruhi hasil analisis. Transformasi data menggunakan teknik tertentu, seperti transformasi *Yeo-Johnson*, digunakan untuk membuat distribusi data lebih mendekati normal. Transformasi *Yeo-Johnson* sangat berguna ketika data memiliki nilai yang tidak memenuhi asumsi distribusi normal, baik itu data yang mengandung nilai negatif maupun nol. Dengan melakukan standarisasi dan transformasi seperti ini, data akan siap untuk dianalisis

lebih lanjut dengan model yang memerlukan data yang terdistribusi normal atau memiliki skala yang seragam.

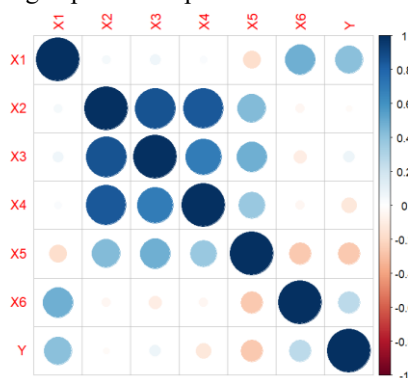
2) *Pemeriksaan Multikolinearitas*: Hasil VIF untuk enam variabel independen yang digunakan dalam model regresi disajikan pada Tabel II berikut:

TABEL II
HASIL VIF

Variabel	VIF
X ₁ (Inflasi)	1.36098
X ₂ (Investasi)	7.84660
X ₃ (Ekspor)	4.45656
X ₄ (Peredaran Uang)	3.72419
X ₅ (TPT)	1.42157
X ₆ (JKN)	1.39686

Berdasarkan hasil VIF pada Tabel II, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar variabel memiliki nilai VIF yang cukup rendah (dibawah 5), yang menunjukkan bahwa tidak adanya korelasi yang signifikan antarvariabel tersebut. Namun, variabel X₂ memiliki nilai VIF yang lebih tinggi (7.84660), meskipun masih berada di bawah ambang batas 10 [12]. Hal ini menunjukkan bahwa X₂ memiliki korelasi moderat dengan variabel lainnya, tetapi tidak cukup tinggi untuk menyebabkan masalah multikolinearitas yang serius. Dengan demikian, tidak ditemukan adanya multikolinearitas yang signifikan di antara variabel-variabel independen dalam model. Oleh karena itu, semua variabel dapat tetap disertakan dalam model regresi, dan analisis dapat dilanjutkan tanpa khawatir terhadap gangguan hasil akibat multikolinearitas.

3) *Heatmap Korelasi*: *Heatmap* yang ditampilkan menggambarkan hubungan korelasi antara berbagai variabel ekonomi yang digunakan dalam analisis pertumbuhan ekonomi yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Korelasi antar Variabel

Dari visualisasi pada Gambar 4, menunjukkan bahwa Inflasi (X₁) memiliki korelasi yang cukup kuat dengan Investasi (X₂) dan Peredaran Uang (X₄). Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan tingkat inflasi berkaitan erat dengan kebijakan investasi dan jumlah uang yang beredar dalam perekonomian, yang dapat mempengaruhi kestabilan ekonomi secara keseluruhan. Selain itu, TPT (X₅) menunjukkan korelasi signifikan dengan Inflasi (X₁) dan

Investasi (X₂), yang mengindikasikan bahwa tingginya TPT dapat memperburuk tekanan inflasi serta menghambat aliran investasi ke sektor produktif.

Korelasi positif antara JKN (X₆) dan Pertumbuhan Ekonomi (Y) juga terlihat jelas, yang mencerminkan bahwa peningkatan program jaminan kesehatan dapat memberikan kontribusi positif pada pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan kesehatan dan produktivitas tenaga kerja. Selain itu, Ekspor (X₃) berhubungan erat dengan Investasi (X₂), TPT (X₅), dan Peredaran Uang (X₄), yang menunjukkan bahwa peran penting sektor ekspor dalam mendorong kegiatan ekonomi, termasuk dalam hal investasi dan tingkat pengangguran. Selain itu, korelasi negatif antara Peredaran Uang (X₄) dan TPT (X₅) yang mengindikasikan bahwa meningkatnya jumlah peredaran uang cenderung berhubungan dengan pengurangan pengangguran, yang mencerminkan dampak positif dari kebijakan moneter yang longgar terhadap pasar tenaga kerja.

Secara keseluruhan, heatmap ini menunjukkan bahwa variabel-variabel ekonomi utama, seperti inflasi, investasi, TPT, dan ekspor, saling berinteraksi dalam mempengaruhi pertumbuhan ekonomi. Variabel-variabel ini menunjukkan hubungan yang kompleks namun penting, yang memberikan wawasan tentang bagaimana kebijakan ekonomi dan sosial dapat saling mendukung untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang lebih baik.

C. Pemodelan Regresi Data Panel Klasik

Berdasarkan hasil analisis regresi panel dengan tiga model, yaitu *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effects Model* (FEM), dan *Random Effects Model* (REM). Hasil estimasi dari ketiga model disajikan dalam Tabel III berikut:

TABEL III
HASIL PEMODELAN REGRESI DATA PANEL

Variabel	CEM Estimate	FEM Estimate	REM Estimate	Signifikan di FEM
X ₁	0.2547 (**)	0.2274 (**)	0.2399 (***)	✓
X ₂	0.1540	1.2773	0.0593	✗
X ₃	0.2821	0.2525	0.5162	✗
X ₄	-0.3381	-0.6854	-0.3507	✗
X ₅	-0.2911 (***)	-1.0301 (***)	-0.5267 (***)	✓
X ₆	0.0671	-0.0236	0.0540	✗

1) *Common Effect Model*: Model CEM mengasumsikan bahwa tidak ada perbedaan karakteristik antar individu (provinsi). Hasil analisis menunjukkan bahwa R-squared sebesar 0.20062, yang berarti bahwa model ini hanya mampu menjelaskan sekitar 20% variasi dalam pertumbuhan ekonomi (Y) berdasarkan variabel-variabel independen yang digunakan. Variabel Inflasi (X₁) dan TPT (X₅) memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dengan p-value masing-masing 0.0021 dan 0.00072, yang berarti

keduanya mempengaruhi pertumbuhan ekonomi Indonesia. Namun, variabel lain seperti Investasi (X_2), Ekspor (X_3), Peredaran Uang (X_4), dan JKN (X_6) tidak menunjukkan pengaruh signifikan. Nilai F-statistic untuk model ini adalah 6.82 dengan p-value 1.8124×10^{-6} , yang menandakan bahwa model secara keseluruhan signifikan.

2) *Fixed Effects Model*: Model FEM mempertimbangkan adanya heterogenitas antar provinsi yang bersifat tetap (*invariant* terhadap waktu). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa R-squared sebesar 0.42171, yang lebih baik daripada CEM, menunjukkan bahwa model ini dapat menjelaskan sekitar 42% variasi dalam pertumbuhan ekonomi. Variabel Inflasi (X_1) dan TPT (X_5) masih menunjukkan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dengan p-value masing-masing 0.00197 dan 2.65×10^{-7} . Model ini juga memiliki nilai F-statistic sebesar 15.80 dengan p-value yang sangat kecil (1.42×10^{-13}), yang menunjukkan bahwa model sangat signifikan secara keseluruhan.

3) *Random Effects Model*: Model REM mengasumsikan bahwa perbedaan antar individu (provinsi) bersifat acak. Hasil estimasi menunjukkan R-squared sebesar 0.29444 dan Adjusted R-squared sebesar 0.26847, yang berada di antara hasil CEM dan FEM, namun masih cukup signifikan. Variabel Inflasi (X_1) dan TPT (X_5) menunjukkan pengaruh signifikan dengan p-value masing-masing 0.00082 dan 1.09×10^{-6} . Model ini memiliki nilai $\chi^2 = 68.02$ dengan p-value 1.0399×10^{-12} , menunjukkan bahwa model ini juga signifikan secara keseluruhan.

Untuk menentukan model regresi panel terbaik, dilakukan Uji Chow untuk membandingkan CEM dengan FEM dan Uji Hausman untuk membandingkan FEM dengan REM. Hasil pengujian disajikan pada Tabel IV berikut.

TABEL IV
HASIL UJI CHOW DAN HAUSMAN

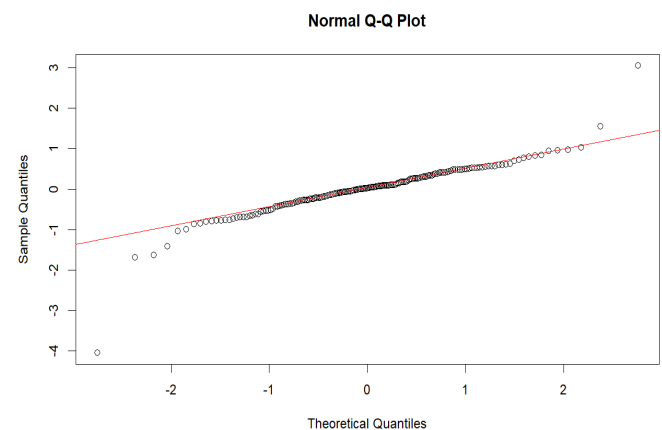
Uji	F-stat	Derajat Bebas	P-Value
Uji Chow (CEM vs FEM)	3.9298	33; 130	1.21E-05
Uji Hausman (FEM vs REM)	24.352	6	0.0004498

Berdasarkan Tabel IV, hasil uji Chow antara CEM dan FEM menunjukkan bahwa nilai F-statistic = 3.9298 dengan p-value = 1.213×10^{-8} . Hasil ini mengindikasikan bahwa FEM lebih baik digunakan dibandingkan dengan CEM sehingga perbedaan antar individu (provinsi) perlu diperhitungkan dalam analisis. Uji Hausman antara FEM dan REM menunjukkan bahwa nilai $\chi^2 = 24.352$ dengan p-value = 0.0004498. Hasil ini mengindikasikan bahwa FEM lebih konsisten dibandingkan REM, sehingga model FEM merupakan model yang paling tepat digunakan dalam analisis ini.

D. Uji Asumsi Klasik untuk Fixed Effect Model

Dalam rangka memastikan validitas model regresi FEM, dilakukan serangkaian uji asumsi klasik, meliputi uji normalitas, uji heteroskedastisitas, dan uji autokorelasi terhadap residual model. Berikut penjelasannya:

1) *Uji Normalitas*: Uji normalitas residual dilakukan secara visual menggunakan grafik Q-Q Plot seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Uji Normalitas

Berdasarkan Gambar 5, distribusi error dari FEM menunjukkan pola yang secara umum mengikuti garis diagonal merah yang merepresentasikan distribusi normal teoritis. Sebagian besar titik residual berada di sepanjang garis tersebut, khususnya di bagian tengah distribusi. Meskipun terdapat penyimpangan ringan di ujung kiri dan kanan (ekor distribusi), hal ini masih berada dalam batas toleransi yang umum dalam analisis regresi. Secara visual, pola ini menunjukkan bahwa residual cenderung berdistribusi normal. Penyimpangan kecil pada ekor tidak dianggap signifikan dalam banyak aplikasi regresi, sehingga model masih layak digunakan untuk analisis inferensial [18]. Oleh karena itu, asumsi normalitas dianggap terpenuhi.

2) *Uji Heteroskedastisitas*: Pengujian heteroskedastisitas dilakukan menggunakan uji Breusch-Pagan. Hasil uji menunjukkan nilai statistik uji sebesar BP = 4.6317 dengan p-value = 0.5918. Karena p-value > 0.05, maka tidak terdapat bukti signifikan adanya heteroskedastisitas dalam model. Artinya, model FEM ini memenuhi asumsi homoskedastisitas, atau varians error antar observasi dianggap konstan, yang baik untuk validitas model regresi.

3) *Uji Autokorelasi*: Pengujian autokorelasi residual dilakukan menggunakan uji Ljung-Box. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai statistik uji yang diperoleh adalah $\chi^2 = 0.025059$ dengan p-value 0.8742. Karena p-value > 0.05, maka tidak terdapat cukup bukti untuk menyatakan adanya autokorelasi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa residual tidak menunjukkan pola hubungan yang

signifikan dengan lag-nya, dan asumsi tidak adanya autokorelasi pada model FEM terpenuhi sehingga model regresi yang digunakan dapat dianggap valid.

E. Pemodelan Regresi Data Panel dengan Fixed Effect Model Least Square Dummy Variable (FEM-LSDV)

Pemodelan regresi data panel dilakukan dengan model FEM pendekatan LSDV. Model ini memungkinkan untuk menangkap efek tetap spesifik dari masing-masing provinsi dan tahun terhadap pertumbuhan ekonomi. Hasil estimasi ditampilkan pada Tabel V.

TABEL V
HASIL PEMODELAN LSDV

Variabel	Koefisien	p-value	Signifikansi
Provinsi Maluku Utara	2.4307	0.0004	Signifikan
Tahun 2020	-1.0819	5.81e-06	Signifikan

Berdasarkan Tabel V, hasil estimasi model FEM-LSDV menunjukkan bahwa dua variabel *dummy*, yaitu Provinsi Maluku Utara dan Tahun 2020, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. Koefisien untuk Provinsi Maluku Utara sebesar 2.4307 dengan *p-value* 0.0004 mengindikasikan bahwa provinsi ini memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dibandingkan provinsi lainnya dalam model. Hal ini dapat dikaitkan dengan keberadaan sumber daya alam yang melimpah dan efektivitas kebijakan pembangunan daerah. Penelitian oleh Louhenapessy [16] juga menunjukkan bahwa Maluku merupakan salah satu wilayah dengan pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan provinsi lain, terutama karena sektor pertanian dan perikanan yang didorong oleh kebijakan pengembangan ekonomi lokal antara 2019-2023.

Sementara itu, koefisien pada tahun 2020 sebesar -1.0819 dengan *p-value* 5.81e-06 menunjukkan dampak negatif yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Hal ini mencerminkan efek besar dari pandemi COVID-19, yang menyebabkan penurunan ekonomi akibat pembatasan aktivitas sosial dan ekonomi di seluruh dunia. Penurunan yang drastis dalam konsumsi, investasi, dan ekspor pada tahun 2020 menurunkan perekonomian Indonesia secara keseluruhan. Temuan ini sejalan dengan laporan BPS [17] yang menunjukkan penurunan tajam dalam PDB Indonesia selama tahun 2020 akibat dampak dari pandemi COVID-19.

Namun, variabel-variabel lainnya seperti inflasi, investasi, ekspor, peredaran uang, dan TPT, tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun secara teoritis penting, variabel-variabel tersebut tidak secara langsung menjelaskan variasi pertumbuhan ekonomi antar-provinsi dalam kurun waktu yang dianalisis.

Model FEM-LSDV yang digunakan memiliki nilai *R-squared* sebesar 0.7039, yang berarti bahwa model ini mampu menjelaskan sekitar 70,39% variasi dalam pertumbuhan ekonomi antar-provinsi dan antar-tahun.

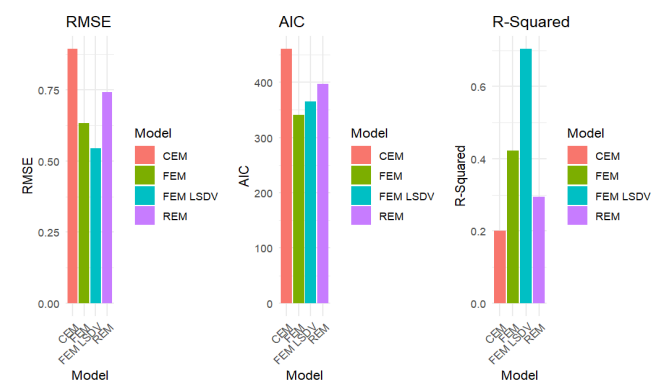
Namun, nilai Adjusted *R-squared* yang lebih rendah (0.6028) menunjukkan bahwa masih terdapat variabel-variabel lain yang belum dimasukkan ke dalam model dan dapat menjelaskan variasi lebih lanjut. Nilai *F-statistic* sebesar 6.965 dengan *p-value* < 2.2e-16 mengindikasikan bahwa model secara keseluruhan signifikan secara statistik dan memberikan wawasan penting tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Indonesia.

F. Evaluasi

Untuk menilai keakuratan dan efisiensi model yang digunakan, dilakukan evaluasi kinerja terhadap empat model data panel: CEM, FEM, REM, dan FEM-LSDV. Hasil evaluasi ditampilkan pada Tabel VI.

TABEL VI
HASIL PERBANDINGAN AKURASI MODEL

Model	RMSE	AIC	R-Squared
CEM	0.8941	460.37	0.2006
FEM	0.6326	340.75	0.4217
REM	0.7418	396.88	0.2944
FEM-LSDV	0.5442	365.55	0.7039



Gambar 6. Visualisasi Akurasi Model

Berdasarkan hasil perbandingan pada Tabel VI dan Gambar 6, model FEM LSDV menunjukkan performa terbaik dibandingkan dengan model lainnya dalam menjelaskan variasi pertumbuhan ekonomi. Hal ini terlihat dari nilai RMSE yang terendah (0.5442), yang mengindikasikan bahwa model ini memiliki kesalahan prediksi yang paling kecil. Selain itu, nilai AIC yang relatif rendah (365.55), yang menunjukkan bahwa model ini lebih efisien dalam menyesuaikan data tanpa overfitting, serta nilai *R-squared* tertinggi (0.7039), yang mengindikasikan kemampuan penjelasan variasi data yang paling besar.

Model FEM klasik juga menunjukkan hasil yang cukup baik dengan *R-squared* sebesar 0.4217 dan RMSE sebesar 0.6326, meskipun kinerjanya sedikit lebih rendah dibandingkan FEM-LSDV. Sementara itu, model REM dan CEM memiliki kinerja yang lebih rendah, dengan nilai RMSE yang lebih tinggi, AIC yang lebih besar, dan *R-Squared* yang lebih kecil menunjukkan bahwa model ini kurang efisien dalam menggambarkan data dengan baik.

Secara keseluruhan, evaluasi ini menyimpulkan bahwa FEM dengan pendekatan LSDV merupakan model yang paling tepat dan representatif untuk menganalisis pertumbuhan ekonomi berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengukuran akurasi, kompleksitas, dan kemampuan penjelasan variasi dalam data.

G. Keterbatasan Model

Meskipun pendekatan *Fixed Effect Model dengan Least Squares Dummy Variable* (FEM-LSDV) memberikan keunggulan dalam hal interpretasi spasial dan temporal, khususnya melalui estimasi eksplisit terhadap efek tetap provinsi dan tahun, pendekatan ini tidak sepenuhnya bebas dari keterbatasan metodologis. Salah satu isu yang patut dicermati adalah potensi *overfitting*, terutama dalam konteks jumlah entitas yang besar dengan periode waktu yang relatif pendek. Penambahan banyak variabel *dummy* dapat meningkatkan kompleksitas model secara signifikan, yang pada gilirannya dapat memperbesar varians estimasi dan menurunkan stabilitas prediksi di luar sampel. Selain itu, meskipun uji multikolinearitas telah dilakukan terhadap variabel utama, keberadaan multikolinearitas terselubung antar *dummy* variabel tetap menjadi kemungkinan, terutama ketika struktur spasial menunjukkan pola yang saling berdekatan atau homogen.

Keterbatasan lainnya terletak pada cakupan temporal yang digunakan dalam studi ini, yakni periode 2019–2023, yang secara substansial dipengaruhi oleh dinamika krisis akibat pandemi COVID-19. Oleh karena itu, generalisasi hasil perlu dilakukan dengan hati-hati, dan akan lebih tepat apabila pada studi lanjutan digunakan rentang waktu yang lebih panjang untuk menguji kestabilan pola hubungan yang diamati. Di samping itu, pendekatan FEM-LSDV hanya mengakomodasi variabel tetap yang dapat diobservasi secara eksplisit dalam data. Dengan demikian, faktor-faktor laten seperti kualitas kelembagaan, kapasitas fiskal daerah, atau stabilitas sosial-politik yang tidak terukur secara langsung belum dapat dimasukkan ke dalam model, sehingga menyisakan ruang bagi pengembangan pendekatan yang lebih komprehensif dalam studi mendatang.

H. Kebaruan Penelitian

Penelitian ini berkontribusi dalam memperkaya pendekatan kuantitatif terhadap analisis pertumbuhan ekonomi regional di Indonesia dengan menerapkan model *Fixed Effect Least Squares Dummy Variable* (FEM-LSDV). Pendekatan ini memungkinkan estimasi eksplisit terhadap efek tetap masing-masing provinsi dan tahun, yang relevan untuk mengidentifikasi pola spasial dan temporal pertumbuhan ekonomi pascapandemi.

Selain membandingkan FEM-LSDV dengan model regresi panel klasik melalui uji formal dan evaluasi metrik statistik, studi ini juga memberikan landasan metodologis

yang kuat untuk pemodelan data panel. Temuan ini diharapkan dapat mendukung perumusan kebijakan pembangunan yang lebih berbasis data dan mempertimbangkan karakteristik wilayah secara lebih akurat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis regresi data terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia selama periode 2019–2023, dapat disimpulkan bahwa pendekatan Fixed Effect Model dengan Least Square *Dummy Variable* (FEM-LSDV) merupakan model yang paling tepat dan unggul dalam menjelaskan variasi pertumbuhan ekonomi antarprovinsi dan antarwaktu. Model ini memiliki nilai R-squared tertinggi sebesar 70,39%, RMSE terendah sebesar 0,5442, dan nilai AIC yang relatif efisien, sehingga menunjukkan kemampuan terbaik dalam hal akurasi prediksi dan efisiensi model. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa dari seluruh variabel yang dianalisis, hanya variabel *dummy* Provinsi Maluku Utara dan Tahun 2020 yang memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Provinsi Maluku Utara memberikan kontribusi positif yang signifikan, sedangkan Tahun 2020 menunjukkan pengaruh negatif yang signifikan akibat dampak pandemi COVID-19. Sementara itu, variabel-variabel ekonomi lainnya seperti inflasi, investasi, ekspor, peredaran uang, tingkat pengangguran terbuka, dan JKN, tidak menunjukkan pengaruh signifikan dalam pendekatan FEM-LSDV, meskipun secara teoritis penting. Selain itu, model FEM juga telah terbukti memenuhi seluruh asumsi klasik regresi, seperti normalitas residual, tidak adanya heteroskedastisitas, dan tidak terdapat autokorelasi, yang memperkuat validitas model. Berdasarkan analisis yang dilakukan ini menegaskan bahwa model FEM-LSDV sangat relevan digunakan untuk menganalisis pertumbuhan ekonomi berbasis data panel di Indonesia, serta dapat dijadikan dasar dalam perumusan kebijakan pembangunan ekonomi yang mempertimbangkan karakteristik wilayah dan dinamika waktu secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Zakhidov, "Economic Indicators: Tools for Analyzing Market Trends and Predicting Future Performance," *Int. Multidiscip. J. Univ. Sci. Prospectives*, pp. 23–29, 2024.
- [2] V. Plevris, G. Solorzano, N. Bakas, and M. E. Seghier, "Investigation of performance metrics in regression analysis and machine learning-based prediction models," *Proc. 8th Eur. Congr. Comput. Methods Appl. Sci. Eng.*, 2022.
- [3] B. H. Beyaztas and S. Bandyopadhyay, "Robust Estimation for Linear Panel Data Models," *arXiv preprint*, arXiv:2001.00000, 2020.
- [4] M. Joseph, S. Moonsammy, H. Davis, D. Warner, and T. D. A. Adams, "Modelling climate variabilities and global rice production: A panel regression and time series analysis," *Heliyon*, 2023.
- [5] E. W. Nugrahadi, I. Maipita, Fitrawaty, and N. Hidayat, "Impact of Labor and Health on Economic Growth in

- Indonesia During the COVID-19 Pandemic: A Panel Data Regression Analysis,” *Int. J. Sustain. Dev. Plan.*, pp. 1232–1245, 2023.
- [6] D. Permatasari and S. D. Anggadini, “Analisis Model Panel Data pada Pertumbuhan Ekonomi Provinsi di Indonesia,” *J. Apl. Stat. dan Komput. Stat.*, pp. 101–110, 2020.
- [7] Fitrawaty and I. Maipita, “The Effect of Government Spending and Health on Economic Growth: Panel Data Analysis in Indonesia,” *J. Ekon. Pembang. Indones.*, pp. 45–56, 2022.
- [8] I. Budiarty and N. H. Sitorus, “Determinants of Indonesia’s Economic Growth 2010–2022: Indonesia Panel Data Analysis Using ARDL,” *Nawala Journal*, 2023.
- [9] G. M. Tinungki, Siswanto, and A. Najiha, “The Gumbel Copula Method for Estimating Value at Risk: Evidence from Telecommunication Stocks in Indonesia during the COVID-19 Pandemic,” *J. Risk Financial Manag.*, p. 424, 2023.
- [10] W. Zhang, S. Zhao, X. Wan, and Y. Yao, “Study on the effect of digital economy on high-quality economic development in China,” *PLoS ONE*, vol. 16, no. 9, 2021.
- [11] S. H. Saragih, M. Saputra, and P. Lumbanraja, “The Role of Investment and Labor Absorption on Indonesia’s Economic Recovery,” *J. Asian Finance Econ. Bus.*, pp. 139–147, 2022.
- [12] R. M. O’Brien, “A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors,” *Qual. Quant.*, vol. 41, no. 5, pp. 673–690, Oct. 2007.
- [13] R. J. Djami, S. F. A. Djamalullail & R. Salhuteru, “Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Pertumbuhan Ekonomi Di Provinsi Maluku Menggunakan Regresi Data Panel,” *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, vol. 8, no. 2, pp. 178-188, 2024.
- [14] A. M. Nurdin, M. I. Arfan, Siswanto & A. Kalondeng, “Pemodelan Data Panel dengan Pendekatan Least Square Dummy Variable terhadap Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kasus Kriminalitas di Sulawesi Selatan,” *ESTIMASI: Journal of Statistics and Its Application*, vol. 5, no. 1, pp. 126-140, 2024.
- [15] A. Dewantoro and T. B. Sasongko, “Comparison of LSTM Model Performance with Classical Regression in Predicting Gaming Laptop Prices in Indonesia,” *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, vol. 8, no. 1, pp. 203-212, 2024.
- [16] D. J. Louhenapessy and V. Rijoly, “Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi Sebelum dan Sesudah Pandemi Covid-19,” *J. Cita Ekon.*, vol. 16, no. 1, pp. 18–27, May 2022.
- [17] L. Saryani, Abdelina, and A. S. Pulungan, “Impact Of The Covid-19 Pandemic On The Indonesian Economy,” *Int. J. Educ. Res. Soc. Sci.*, vol. 2, no. 5, pp. 996–1007, Nov. 2021.
- [18] A. Ghasemi and S. Zahediasl, “Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians,” *Int. J. Endocrinol. Metab.*, vol. 10, no. 2, p. 486, 2012, doi: 10.5812/IJEM.3505.