



Model Regresi Data Panel Indeks Pembangunan Manusia di Sulawesi Utara Tahun 2020 - 2024

Kirey Anugrah Putri Rakian¹, John Socrates Kekenusa¹, Nelson Nainggolan^{1*}

¹Jurusan Matematika–Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam–Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Corresponding author: johnskekenusa@unsrat.ac.id

ABSTRAK

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah indikator komposit yang mengukur pencapaian suatu daerah dalam tiga aspek dasar, yaitu kesehatan, pendidikan, dan standar hidup. Penelitian ini bertujuan menentukan model regresi data panel untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi IPM Sulawesi Utara Tahun 2020-2024. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu IPM sebagai variabel dependen, Umur Harapan Hidup (UHH), Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) sebagai variabel independen pada 15 kabupaten/kota di Sulawesi Utara dengan periode waktu 5 tahun. Dari tahapan analisis yang dilakukan maka diperoleh *Fixed Effect Model* (FEM) merupakan model terbaik dalam penelitian ini. Dengan model persamaan hasil estimasi sebagai berikut: $Y_{it} = -52,336 + 1,575 X_{1it} + 1,489 X_{2it} - 0,031 X_{3it}$. Model ini menunjukkan bahwa variabel UHH dan RLS berpengaruh positif dan signifikan terhadap IPM, sementara TPT tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.

INFO ARTIKEL

Diterima :

Diterima setelah revisi :

Tersedia online :

Kata Kunci:

Regresi Data Panel

Indeks Pembangunan Manusia

Fixed Effect Model

ABSTRACT

Human Development Index (HDI) is a composite indicator that measures a region's achievement in three basic aspects: health, education, and living standards. This study aims to determine a panel data regression model to identify the factors influencing HDI in North Sulawesi from 2020 to 2024. The data used in this study include HDI as the dependent variable, and Life Expectancy (LE), Mean Years of Schooling (MYS), and Open Unemployment Rate (OUR) as independent variables across 15 districts/cities in North Sulawesi over a 5-year period. From the analysis stages conducted, the Fixed Effect Model (FEM) was identified as the best model for this study. The estimation results yield the following equation: $Y_{it} = -52,336 + 1,575 X_{1it} + 1,489 X_{2it} - 0,031 X_{3it}$. The model indicates that UHH and RLS have a positive and significant influence on HDI, while TPT does not show a statistically significant effect.

ARTICLE INFO

Accepted :

Accepted after revision :

Available online :

Keywords:

Panel Data Regression

Human Development Index

Fixed Effect Model

1. PENDAHULUAN

Pembangunan manusia adalah paradigma pembangunan yang menjadikan manusia (penduduk) sebagai pusat perhatian dan tujuan akhir dari seluruh aktivitas pembangunan. Tujuan utamanya adalah memastikan penguasaan terhadap sumber daya (pendapatan yang mendukung kehidupan layak), peningkatan kualitas kesehatan (umur panjang dan hidup sehat), serta peningkatan akses dan kualitas pendidikan [1]. Pembangunan manusia merupakan salah satu prioritas utama dalam pembangunan daerah, yang tercermin melalui IPM sebagai tolok ukurnya. IPM memiliki peran sebagai indikator kualitas hidup yang sangat penting dan tidak dapat diabaikan. IPM mencerminkan kemampuan masyarakat dalam memperoleh akses pendidikan, layanan kesehatan, dan peluang ekonomi.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, IPM Sulawesi Utara menunjukkan tren peningkatan pada periode 2020-2024, namun terdapat ketimpangan antar daerah di Sulawesi Utara dan dimensi dasar pembangunan mengungkapkan adanya tantangan yang perlu diselesaikan untuk mencapai pembangunan manusia yang lebih merata dan berkelanjutan. Kondisi ini menuntut analisis yang lebih mendalam untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan IPM, terutama dalam konteks perbedaan wilayah dan dinamika perubahan selama beberapa tahun terakhir.

Indeks Pembangunan Manusia

IPM dihitung secara mandiri oleh Indonesia juga mencakup tiga dimensi, seperti yang dirancang oleh UNDP (*United Nations Development Programme*), yaitu dimensi umur panjang dan hidup sehat, dimensi

pengetahuan dan dimensi standar hidup layak. Dimensi umur panjang dan hidup sehat diukur dengan indikator Umur Harapan Hidup (UHH), yang menekankan pentingnya akses kesehatan dan gizi untuk mencapai usia panjang, sementara dimensi pengetahuan dinilai melalui Harapan Lama Sekolah (HLS) sebagai indikator kesempatan pendidikan dan Rata-rata Lama Sekolah (RLS) yang mencerminkan pencapaian pendidikan penduduk. Dimensi standar hidup layak diukur menggunakan pengeluaran riil per kapita untuk menilai kesejahteraan dan daya beli masyarakat secara lebih tepat [2].

Analisis Regresi Data Panel

Data panel adalah data yang bersifat *time series* dan *cross section*, sehingga terdiri atas beberapa objek dan meliputi beberapa periode [3]. Model umum regresi data panel dinyatakan dalam bentuk persamaan:

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

$$i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T; k = 1, 2, \dots, K$$

dimana:

N : Banyaknya unit *cross section*

T : Banyaknya data *time series*

K : Banyaknya variabel independen

Y_{it} : Variabel dependen pada unit *cross section* ke- i dan *time series* ke- t .

β_{0it} : Intersep untuk unit *cross section* ke- i dan *time series* ke- t .

β_{kit} : Slope independen ke- k pada unit *cross section* ke- i dan *time series* ke- t .

X_{kit} : Variabel independen ke- k pada unit *cross section* ke- i dan *time series* ke- t .

ε_{it} : Galat atau komponen *error* pada unit *cross section* ke- i dan *time series* ke- t .

Struktur Umum Model

Regresi Data Panel dilakukan dengan tiga pendekatan, yaitu kuadrat terkecil (*Pooled Least Square*), model efek tetap (*Fixed Effect Model*), dan model efek acak (*Random Effect Model*).

Pendekatan Kuadrat Terkecil (*Pooled Least Square*)

Struktur model ini sering disebut sebagai *Common Effect Model* (CEM). Model ini mengabaikan karakteristik panel pada data, dengan asumsi bahwa perilaku antar individu bersifat seragam sepanjang periode waktu yang diamati [4]. Secara umum, persamaan untuk CEM dirumuskan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Pendekatan Efek Tetap (*Fixed Effect Model*)

Model FEM digunakan karena meskipun intersep dapat berbeda antar individu, intersep setiap individu tidak berubah sepanjang waktu, atau dengan kata lain, bersifat tetap terhadap waktu [5]. Secara umum, FEM dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Pendekatan Efek Acak (*Random Effect Model*)

Model ini mengestimasi data panel dengan mempertimbangkan kemungkinan adanya hubungan antar waktu dan antar individu pada variabel galat. Karakteristik khusus dari individu dan waktu diakomodasikan melalui komponen galat dalam model [5]. Persamaan REM dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it}; \varepsilon_{it} = u_i + v_t + w_{it} \quad (4)$$

Pemilihan Model Estimasi Regresi Data Panel

Pemilihan model estimasi dilakukan dengan uji Chow, uji Hausman dan uji *Lagrange Multiplier*.

Uji Chow

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan model yang paling sesuai dalam analisis regresi data panel, dengan membandingkan FEM dan CEM [4]. Hipotesis uji Chow sebagai berikut:

$H_0: \beta_1 = \dots = \beta_N = 0$ (CEM atau efek individu tidak berarti)

H_1 : Minimal ada satu $\beta_i \neq 0; i = 1, 2, \dots, N$ (FEM atau efek individu berarti)

Statistik uji yang digunakan ialah uji F, yaitu:

$$F_{hitung} = \frac{[RRSS - URSS]}{URSS} \times \frac{(NT - N - K)}{N - 1} \quad (5)$$

Dimana N adalah banyaknya unit *cross section*, T adalah banyaknya data *time series*, K ialah banyaknya variabel independen. $RRSS$ adalah *Restricted Residual Sums of Squares* yang berasal dari CEM, sedangkan $URSS$ adalah *Unrestricted Residual Sums of Squares* dari FEM.

Jika nilai $F_{hitung} > F_{n-1, nT-n-k}$ atau $p - value < \alpha$ taraf signifikansi, maka tolak H_0 yang berarti FEM yang terpilih.

Uji Hausman

Uji Hausman digunakan untuk menentukan model yang tepat dengan membandingkan REM dan FEM. Rumusan hipotesisnya adalah sebagai berikut [6]:

H_0 : Korelasi $(X_{it}, \varepsilon_{it}) = 0$ (Galat tidak berkorelasi dengan regresor lain, atau pilih REM)

H_1 : Korelasi $(X_{it}, \varepsilon_{it}) \neq 0$ (Galat berkorelasi dengan regresor lain, atau pilih FEM)

Statistik uji yang digunakan ialah uji *chi-square* berdasarkan kriteria Wald, yaitu:

$$W = \hat{q}'[var(\hat{q})]^{-1}\hat{q} \Leftrightarrow W = X^2(K) \quad (6)$$

$$= (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})' [var(\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})]^{-1} (\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM})$$

Dimana:

$\hat{\beta}_{FEM}$: Vektor estimasi slope FEM

$\hat{\beta}_{REM}$: Vektor estimasi slope REM

Jika nilai $X^2_{hitung} > X^2_{(\alpha, K)}$ atau $p - value < \alpha$ taraf signifikansi, maka tolak H_0 , dan model yang terpilih adalah FEM.

Uji Lagrange Multiplier

Uji LM yang dikembangkan oleh Breusch-Pagan digunakan untuk membandingkan model yang lebih baik, yakni REM dan CEM.

$H_0 : \sigma_{\mu^2} = 0$ (efek dari individu tidak berarti dalam model atau pilih CEM)

$H_1 : \sigma_{\mu^2} \neq 0$ (efek dari individu berarti dalam model atau pilih REM)

Adapun nilai statistik uji LM dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LM = \frac{NT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{i=1}^n [\sum_{t=1}^T e_{it}]^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (7)$$

Dimana e_{it} ialah *residual* CEM. Pada dasarnya uji ini mengikuti distribusi *chi-square* dengan derajat bebas sebesar 1. Jika nilai $LM > X^2_{\alpha,1}$, maka tolak H_0 , sehingga model REM yang dipilih [7].

Uji Asumsi Model Regresi Data Panel

Pada analisis regresi data panel, dilakukan serangkaian uji asumsi yang meliputi uji normalitas, uji multikolinieritas, dan uji heteroskedastisitas.

2.4.1 Uji Normalitas

Salah satu cara untuk menguji normalitas *residual* ialah dengan menggunakan metode *Jarque-Bera* (JB). Uji JB ini menggunakan perhitungan *skewness* (kemencengan) dan *kurtosis* (peruncingan). Apabila nilai JB < nilai kritis *chi-square* dengan derajat kebebasan 2, maka data berdistribusi normal atau $p - value > \text{taraf signifikan}$ [8].

Hipotesis:

$H_0 : \text{Residual berdistribusi normal}$

$H_1 : \text{Residual tidak berdistribusi normal}$

Statistik uji:

$$JB = N \left[\frac{S_k^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right] \quad (8)$$

Dimana S_k^2 adalah *Skewness* dan K adalah *Kurtosis*.

Uji Multikolinieritas

Pengujian multikolinieritas bertujuan untuk mendeteksi adanya hubungan korelasi antar variabel independen dalam suatu model regresi. Multikolinieritas dapat dideteksi menggunakan uji *Variance Inflation Factor* (VIF), yang perhitungannya dilakukan dengan rumus berikut:

$$VIF = \frac{1}{(1-R_k^2)} \quad (9)$$

Dimana R_k^2 adalah Koefisien determinasi yang diperoleh dari regresi antara variabel independen ke- k dengan variabel independen lainnya. Apabila nilai $VIF > 10$ dan nilai toleransi < 0,10, maka dinyatakan terjadi gejala multikolinieritas [9].

Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan untuk mengidentifikasi apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan varian dari *residual* satu pengamatan ke pengamatan yang lain. maka kondisi tersebut dikenal sebagai heteroskedastisitas. Sebaliknya jika varians *residual* sama disebut homoskedastisitas [10]. Pengujiannya adalah sebagai berikut.

$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$ (homogen)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \text{ (heterogen); } i = 1, 2, \dots, N$

Statistik uji yang digunakan adalah uji LM yang mengikuti distribusi *chi-square*, yaitu:

$$LM = \frac{T}{2} \sum_{i=1}^N \left[\frac{\sigma_i^2}{\sigma^2} - 1 \right]^2 \quad (10)$$

Dimana σ_i^2 adalah varians *residual* persamaan ke- i dan σ^2 adalah varians *residual* persamaan sistem. Jika $LM > X^2_{(\alpha, N-1)}$ atau $p - value < \text{taraf signifikan}$, maka tolak H_0 , berarti struktur variansi galat bersifat heteroskedastisitas.

Pemeriksaan Persamaan Regresi

Pemeriksaan ini mencakup beberapa pengujian utama, yaitu uji simultan (uji F), uji parsial (uji t) dan koefisien determinasi (R^2).

Uji Simultan (Uji F)

Uji F digunakan untuk mengetahui besar pengaruh dari seluruh variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependen. Hipotesis uji F dituliskan sebagai berikut:

$H_0 : \beta_1 = \dots = \beta_K = 0$

$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0; i = 1, 2, \dots, K$, dimana K adalah banyaknya variabel independen.

Statistik uji:

$$F_{hitung} = \frac{R^2 / (N + K - 1)}{(1 - R^2) / (NT - N - K)} \quad (11)$$

Dengan R^2 adalah koefisien determinasi. H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{(\alpha, N+K-1, NT-N-K)}$ atau apabila $p - value < \text{taraf signifikan}$, artinya bahwa hubungan antara semua variabel independen dan variabel dependen berpengaruh signifikan [5].

Uji Parsial (Uji t)

Pengujian ini dilakukan untuk melihat pengaruh dan signifikansi dari setiap variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

$H_0 : \beta_j = 0$

$H_1 : \beta_j \neq 0; j = 1, 2, \dots, K$ (K adalah banyaknya variabel independen)

Statistik Uji:

$$t = \frac{b_j}{Sb(b_j)} \quad (12)$$

Dengan b_j adalah koefisien regresi untuk variabel ke- j dan Sb adalah simpangan baku. Hipotesis H_0 ditolak, jika nilai $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, NT-N-K)}$ atau jika $p - value < \text{taraf signifikan}$ [4].

Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi yang dinotasikan dengan R^2 dilakukan untuk melihat seberapa besar presentase variabel independen memberikan penjelasan terhadap variabel dependen. Nilai R^2 berkisar dari 0 sampai 1, mencerminkan seberapa besar variasi dari variabel dependen Y dapat diterangkan oleh variabel independen X. Semakin tinggi nilai R^2 , semakin baik model yang dibuat [11].

2. METODE PENELITIAN

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari situs resmi Badan Pusat Statistik Sulawesi Utara. Data IPM dan faktor-faktor yang mempengaruhinya berupa UHH, RLS dan TPT mencakup 15 kabupaten/kota di Sulawesi Utara tahun 2020 – 2024.

Waktu Penelitian

Waktu Penelitian dilakukan selama periode bulan November 2024 – April 2025.

Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan IPM sebagai variabel dependen (Y), dengan variabel independen (X) meliputi UHH, RLS, dan TPT.

Tahapan Analisis Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

1. Melakukan penginputan data.
2. Mengestimasi model CEM, FEM dan REM.
3. Melakukan pemilihan model regresi data panel dengan tahapan:
 - Uji Chow: Terima H_0 (CEM), Tolak H_0 (FEM)
 - Uji Hausman: Terima H_0 (REM), Tolak H_0 (FEM)
 - Uji *Lagrange Multiplier*: Terima H_0 (CEM), Tolak H_0 (REM)
4. Melakukan uji asumsi klasik yang meliputi Uji Normalitas, Uji Multikolinieritas dan Uji Heteroskedastisitas.
5. Melakukan uji signifikan parameter regresi data panel yang meliputi Uji Simultan (Uji F), Uji Parsial (Uji t), dan Uji Determinasi (R^2).
6. Menginterpretasikan hasil analisis pada model regresi data panel terbaik.

Satuan pengamatan dalam penelitian ini adalah kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Utara. Setiap kabupaten/kota diamati selama periode tahun 2020 hingga 2024 berdasarkan variabel IPM, UHH, RLS, dan TPT. Dengan demikian, setiap kombinasi kabupaten/kota (i) dan tahun (t) membentuk satu unit observasi dalam analisis data panel. Model Regresi Data Panel dalam penelitian ini ialah:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it}$$

dimana:

Y_{it} : IPM pada kabupaten/kota ke- i dan tahun ke- t

β_{0it} : *Intersep* atau konstanta pada kabupaten/kota ke- i dan tahun ke- t

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$: Koefisien regresi pada masing-masing variabel independen.

X_{1it} : UHH pada kabupaten/kota ke- i dan tahun ke- t

X_{2it} : RLS pada kabupaten/kota ke- i dan tahun ke- t

X_{3it} : TPT pada kabupaten/kota ke- i dan tahun ke- t .

ε_{it} : galat atau komponen *error* untuk kabupaten/kota ke- i dan tahun ke- t .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Ringkasan data berupa statistik deskriptif variabel penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Deskriptif Statistik	Tahun				
		2020	2021	2022	2023	2024
Y	Rata-rata	71,21	71,56	72,14	72,75	73,40
	Maksimum	78,93	79,2	79,66	80,14	80,63
	Minimum	65	65,42	65,9	66,4	67,14
	Standar Deviasi	4,12	4,04	3,98	3,97	3,96
X_1	Rata-rata	69,88	69,96	70,28	70,59	70,85
	Maksimum	71,93	72,06	72,44	72,84	73,17
	Minimum	64,49	64,49	64,74	64,95	65,11
	Standar Deviasi	1,94	1,96	1,98	2,01	2,05
X_2	Rata-rata	9,22	9,33	9,41	9,52	9,57
	Maksimum	11,27	11,42	11,43	11,44	11,46
	Minimum	7,83	7,93	8,09	8,17	8,28
	Standar Deviasi	1,05	1,05	1,01	1,01	1,01
X_3	Rata-rata	6,32	6,13	5,70	5,26	5,01
	Maksimum	13,88	12,17	10,47	8,85	8,73
	Minimum	2,64	2,3	2,75	2,09	1,94
	Standar Deviasi	2,99	2,70	2,33	2,34	2,21

Statistik deskriptif pada Tabel 1 menunjukkan perkembangan variabel penelitian dari 2020 hingga 2024, di mana IPM sebagai variabel dependen (Y) meningkat rata-rata dari 71,21 menjadi 73,40 dengan nilai maksimum dan minimum yang juga naik secara konsisten. Variabel independen X_1 (UHH) dan X_2 (RLS) mengalami tren positif, dengan rata-rata X_1 (UHH) naik dari 69,88 menjadi 70,85 dan X_2 (RLS) meningkat dari 9,22 menjadi 9,57, sementara X_3 (TPT) justru turun rata-ratanya dari 6,32 menjadi 5,01, mencerminkan perbaikan dalam ketimpangan atau pengangguran. Standar deviasi sebagian besar variabel relatif stabil, menunjukkan bahwa variasi data antar daerah tidak terlalu fluktuatif, meskipun standar deviasi X_3 (TPT) turun lebih signifikan, mengindikasikan perubahan variasi yang lebih besar pada variabel tersebut.

Estimasi Model Regresi Data Panel

Dalam mengestimasi model regresi data panel terdapat tiga pendekatan model yaitu CEM, FEM dan REM.

Common Effect Model CEM

Hasil estimasi model CEM pada Tabel 2 dapat dituliskan persamaan regresi, sebagai berikut:

$$\hat{y}_{it} = 2,449 + 0,704X_1 + 1,941X_2 + 0,353X_3 \quad (1)$$

Tabel 2. Hasil Regresi Data Panel CEM

Variabel	Koefisien	P-value
C	2,449	0,7339
X_1	0,704	0,0000
X_2	1,941	0,0000
X_3	0,353	0,0001

Fixed Effect Model (FEM)

Hasil estimasi model FEM pada Tabel 3 dapat dituliskan persamaan regresi, sebagai berikut:

$$\hat{y}_{it} = -52,336 + 1,575X_1 + 1,489X_2 - 0,031X_3 \quad (2)$$

Tabel 3. Hasil Regresi Data Panel FEM

Variabel	Koefisien	P-value
C	-52,336	0,0000
X_1	1,575	0,0000
X_2	1,489	0,0000
X_3	-0,031	0,2079

Random Effect Model (REM)

Hasil estimasi model REM pada Tabel 4 dapat dituliskan persamaan regresi, sebagai berikut:

$$\hat{y}_{it} = -47,877 + 1,492X_1 + 1,636X_2 - 0,040X_3 \quad (3)$$

Tabel 4. Hasil Regresi Data Panel REM

Variabel	Koefisien	P-value
C	-47,877	0,0145
X_1	1,492	0,0000
X_2	1,636	0,0000
X_3	-0,040	0,0970

Pemilihan Model Estimasi Regresi Data Panel

Pemilihan model estimasi regresi data panel pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Uji Chow dan Uji Hausman.

Uji Chow

Uji Chow dilakukan untuk menentukan apakah CEM atau FEM lebih tepat digunakan dalam estimasi data panel. Hasil uji tersebut ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Chow

Uji Pengaruh	F_{hitung}	F_{tabel}	P-value
Uji F	530,629	1,87	0,0000

Hasil uji Chow dari Tabel 5 menunjukkan nilai $F_{hitung} = 530,629 > F_{(14;57)} = 1,87$ dan $p - value < 0,05$, maka H_0 ditolak yang berarti FEM lebih sesuai digunakan dibandingkan dengan CEM.

Uji Hausman

Uji Hausman dilakukan untuk menentukan apakah FEM atau REM lebih tepat digunakan dalam estimasi data panel. Hasil uji tersebut ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Hausman

Uji Pengaruh	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	P-value
Uji Chi-square	18,232	7,81473	0,0004

Hasil uji Hausman dari Tabel 6 menunjukkan nilai $p - value < 0,05$, dengan demikian H_0 ditolak. Hal ini mengindikasikan bahwa FEM lebih sesuai dibandingkan REM.

Hasil uji Chow dan uji Hausman menunjukkan bahwa FEM adalah model yang paling sesuai untuk digunakan dalam pemilihan model terbaik regresi data panel. uji Chow mengindikasikan bahwa FEM lebih baik dibandingkan CEM, sementara uji Hausman menegaskan bahwa FEM lebih tepat daripada REM.

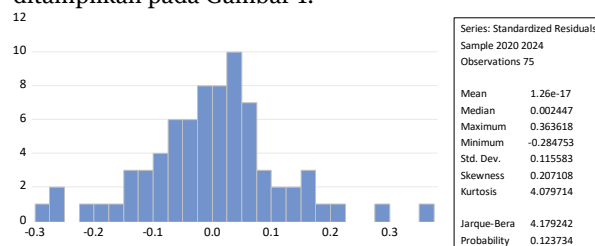
Sehingga uji LM tidak perlu dilakukan karena uji ini hanya relevan untuk membandingkan antara CEM dengan REM. Maka untuk pengolahan data panel pada analisis IPM di kabupaten/kota di Sulawesi Utara menggunakan estimasi model FEM.

Uji Asumsi Regresi Data Panel

Uji asumsi klasik untuk memastikan validitas hasil regresi yang dilakukan meliputi uji normalitas, uji multikolinieritas, serta uji heteroskedastisitas.

Uji Normalitas

Uji Normalitas bertujuan untuk membuktikan kenormalan distribusi residual. Hasil uji normalitas data ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Uji Normalitas

Dari Gambar 1 dapat dilihat hasil uji normalitas menunjukkan residual terdistribusi secara normal.

Uji Multikolinieritas

Uji multikolinieritas bertujuan untuk mendeteksi korelasi antar variabel independen. Hasil dari uji multikolinieritas ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Multikolinieritas

Variabel	R-Squared	VIF
X_1	0,818	5,508
X_2	0,764	4,236
X_3	0,399	1,664

Hasil multikolinieritas menunjukkan seluruh variabel independen memiliki nilai $VIF \leq 10$ yang berarti model terbebas dari masalah multikolinieritas.

Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan untuk memeriksa apakah varians residual model bersifat konstan atau tidak. Hasil uji heteroskedastisitas ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Heteroskedastisitas

Variabel	P-value	Nilai α
X_1	0,2210	0,05
X_2	0,3719	0,05
X_3	0,5759	0,05

Hasil uji membuktikan bahwa model regresi memenuhi asumsi homoskedastisitas, ditunjukkan oleh nilai p-value untuk masing-masing variabel yang lebih besar dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$.

Pemeriksaan Persamaan Regresi

Setelah uji asumsi klasik, analisis dilanjutkan dengan pemeriksaan persamaan regresi dengan uji F, uji t dan uji koefisien determinasi.

Uji Simultan (Uji F)

Uji F digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh UHH, RLS dan TPT terhadap IPM Sulawesi Utara selama periode 2020-2024 secara simultan atau bersama-sama. Hasil uji F disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji F

F _{hitung}	P-value
3981,280	0,0000

Dari hasil uji F pada Tabel 9 menunjukkan bahwa model regresi panel secara keseluruhan bersifat signifikan ($p - value < 0,05$), yang berarti minimal terdapat satu variabel independen yang berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Uji Parsial (Uji t)

Uji t parsial dilakukan untuk menguji signifikansi pengaruh masing-masing variabel independen (UHH, RLS, dan TPT) terhadap IPM. Hasil uji t dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji t

Variabel	t _{hitung}	Prob.	t _{tabel}
X_1	16,47655	0,0000	2,00247
X_2	6,798625	0,0000	2,00247
X_3	-1,273912	0,2079	2,00247

Berdasarkan hasil uji t yang disajikan pada Tabel 10, dapat diinterpretasikan pengaruh masing-masing variabel independen terhadap IPM sebagai berikut:

1. UHH
Nilai t_{hitung} pada variabel X_1 sebesar 16,47655 dengan nilai $p - value$ sebesar 0,0000. Karena nilai $p < 0,05$ dan $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka tolak H_0 , artinya secara parsial UHH berpengaruh signifikan positif terhadap IPM di Sulawesi Utara. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi rata-rata UHH, maka IPM juga akan meningkat.
2. RLS
Nilai t_{hitung} pada variabel X_2 sebesar 6,798625 dengan nilai $p - value$ sebesar 0,0000. Karena nilai $p < 0,05$ dan $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka tolak H_0 , yang berarti RLS berpengaruh signifikan positif terhadap IPM. Semakin tinggi RLS penduduk, maka kualitas sumber daya manusia meningkat, sehingga IPM juga mengalami peningkatan.
3. TPT
Nilai t_{hitung} pada variabel X_3 sebesar -1,273912 dengan nilai $p - value$ sebesar 0,2079. Karena nilai $p > 0,05$ dan $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka terima H_0 , artinya TPT tidak berpengaruh signifikan terhadap IPM di Sulawesi Utara selama periode penelitian. Meskipun koefisien bernilai negatif, pengaruhnya

tidak kuat secara statistik, sehingga tidak dapat disimpulkan bahwa penurunan TPT akan meningkatkan IPM.

Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) dalam analisis regresi data panel digunakan untuk mengukur seberapa besar variasi variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen secara bersama-sama. Nilai koefisien determinasi disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai Koefisien Determinasi

R-squared	Adjusted R-squared
0,999159	0,998908

Nilai $R-squared$ sebesar 0,999159 menunjukkan bahwa 99,92% variasi dalam IPM dapat dijelaskan oleh variabel-variabel independen dalam model, yaitu UHH, RLS, dan TPT. Sementara sisanya sebesar 0,08% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model penelitian ini.

Interpretasi Hasil FEM

Berdasarkan hasil uji Chow dan Hausman yang menetapkan FEM sebagai model terbaik, diperoleh persamaan estimasi terlihat pada persamaan 4.

$$Y_{it} = -52,336 + 1,575 X_{1it} + 1,489 X_{2it} - 0,031 X_{3it} \quad (4)$$

Dari persamaan 4, dapat diinterpretasikan pengaruh UHH, RLS dan TPT terhadap IPM sebagai berikut:

1. UHH (X_1)
Koefisien UHH sebesar 1,575 menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu tahun UHH penduduk, IPM di Sulawesi Utara meningkat sebesar 1,575 poin, dengan asumsi koefisien RLS dan TPT konstan. Hasil ini konsisten dengan teori pembangunan manusia dimana kesehatan ialah komponen fundamental IPM.
2. RLS (X_2)
Koefisien RLS sebesar 1,489 mengindikasikan bahwa penambahan satu tahun RLS berkontribusi terhadap peningkatan IPM sebesar 1,489 poin, dengan asumsi variabel UHH dan TPT konstan. Hasil ini sejalan dengan karakteristik IPM yang menempatkan pendidikan sebagai salah satu pilar utama dalam pengukuran pembangunan manusia.
3. TPT (X_3)
Koefisien TPT sebesar -0.031 tidak signifikan secara statistik ($p - value > 0,05$) menunjukkan bahwa, dengan asumsi UHH dan RLS konstan, tidak terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan TPT mempengaruhi IPM selama periode penelitian. Implikasinya adalah variabel ini belum menjadi faktor penentu dalam mempengaruhi IPM di Sulawesi Utara.

Berdasarkan hasil estimasi FEM, Tabel 12 menunjukkan nilai intersep spesifik individu. Intersep dalam FEM bervariasi antar wilayah, menunjukkan heterogenitas tidak terobservasi.

Tabel 12. Nilai Intersep Spesifik Individu

Kabupaten/kota	Intersep
Bolaang Mongondow	-0,601
Minahasa	1,562
Kepulauan Sangihe	0,461
Kepulauan Talaud	-2,794
Minahasa Selatan	0,938
Minahasa Utara	-0,754
Bolaang Mongondow Utara	0,715
Kepulauan Sitaro	-4,557
Minahasa Tenggara	-0,689
Bolaang Mongondow Selatan	4,340
Bolaang Mongondow Timur	0,245
Kota Manado	1,648
Kota Bitung	0,129
Kota Tomohon	-0,095
Kota Kotamobagu	-0,547

Intersep dalam FEM yang disajikan pada Tabel 12 bervariasi antar wilayah, menunjukkan heterogenitas tidak terobservasi. Wilayah daratan mencakup Bolaang Mongondow, Minahasa, Minahasa Selatan, Minahasa Utara, Bolaang Mongondow Utara, Minahasa Tenggara, Bolaang Mongondow Selatan, Bolaang Mongondow Timur, Kota Manado, Kota Bitung, Kota Tomohon dan Kota Kotamobagu. Wilayah kepulauan mencakup Kepulauan Sangihe, Kepulauan Talaud dan Kepulauan Sitaro. Bolaang Mongondow Selatan sebagai wilayah dengan intersep tertinggi (4,340). Sebaliknya, intersep terendah ada pada Kepulauan Sitaro (-4,557). Wilayah pusat pemerintahan seperti Kota Manado (1,648) dan Minahasa (1,562) menunjukkan nilai positif di atas rata-rata. Kepulauan Talaud dengan intersep (-2,794) memiliki nilai negatif signifikan. Nilai intersep yang tinggi mencerminkan kondisi awal yang lebih baik dalam pembangunan manusia, sementara intersep yang rendah menunjukkan tantangan yang lebih besar dalam mencapai tingkat IPM yang optimal. Wilayah daratan cenderung memiliki intersep lebih tinggi dibandingkan kepulauan. Variasi intersep dalam FEM mengindikasikan heterogenitas karakteristik antar wilayah.

4. KESIMPULAN

Model regresi data panel terbaik untuk data IPM Sulawesi Utara sebagai variabel dependen dan UHH, RLS dan TPT sebagai variabel independen adalah model FEM, dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y_{it} = -52,336 + 1,575 X_{1it} + 1,489 X_{2it} - 0,031X_{3it}$$

Dari hasil pengujian secara parsial teridentifikasi bahwa variabel UHH (X_1) dan RLS (X_2) secara konsisten terbukti berpengaruh positif terhadap pertumbuhan IPM (Y). Nilai R -squared sebesar 0,999159 menunjukkan bahwa 99,92% variasi dalam IPM dapat dijelaskan oleh variabel-variabel independen.

REFERENSI

- [1] Sangkereng, W., Engka, D. S. M., dan Sumual, J. I. 2019. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, **19(04)**: 60-71.

- [2] Badan Pusat Statistik. 2024. Indeks Pembangunan Manusia 2023 (Vol 18). Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- [3] Winarno, W. W. 2017. Analisis Ekonometrika dan Statistika dengan EViews Ed ke-5. UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- [4] Maingga, D. M., Salaki, D. T., dan Kekenusa, J. S. 2020. Analisis Regresi Data Panel Untuk Peramalan Konsumsi Energi Listrik di Sulawesi Utara. *D'Cartesian Jurnal Matematika Dan Aplikasi*, **9(2)**: 84-91
- [5] Gujarati, D. N. 2004. *Basic Econometrics Fourth Edition*. McGraw-Hill Companies, New York.
- [6] Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (3rd ed.). John Wiley and Sons, Ltd.
- [7] Srihardianti, M., Mustafid., dan Prahutama, A. 2016. Metode Regresi Data Panel Untuk Peramalan Konsumsi Energi di Indonesia. *Jurnal Gaussian*, **3(5)**: 475-485.
- [8] Rondonuwu, S., Paendong, M. S., dan Prang, J. D. 2022. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Pengangguran di Provinsi Sulawesi Utara Menggunakan Metode Regresi Data Panel. *D'Cartesian Jurnal Matematika Dan Aplikasi*, **11(1)**: 32-37. [9] kolibu
- [10] Andries, T. T., Komalig, H. A. H., dan Hatidja, D. 2023. Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penerimaan Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) di Kabupaten Minahasa Utara Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda. *D'Cartesian Jurnal Matematika Dan Aplikasi*, **12(1)**: 1-5.
- [11] Runturambi, R., Nainggolan, N., dan Hatidja, D. 2020. Analisis Variabel-Variabel Yang Mempengaruhi Pendapatan Keluarga Di Wilayah Tombatu Dua Raya. *D'Cartesian Jurnal Matematika dan Aplikasi*, **9(1)**: 62-71.

Kirey Anugrah Putri Rakian (Kireyrakian12@gmail.com)



Lahir di Tondano, Sulawesi Utara pada tanggal 12 Februari 2004. Menempuh pendidikan tinggi Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi Manado. Tahun 2025 adalah tahun terakhir ia menempuh studi. Makalah ini merupakan hasil penelitian skripsinya yang dipublikasikan.

John Socrates Kekenusa (johnskekenusa@unsrat.ac.id)



Lahir di Tahuna, Sulawesi Utara pada tanggal 24 Agustus 1958. Pada tahun 1982 mendapatkan gelar Sarjana yang diperoleh dari Fakultas Perikanan Universitas Sam Ratulangi Manado. Pada tahun 1988 mendapatkan gelar Magister Statistika Terapan di Institut Pertanian Bogor, dan pada tahun 2006 mendapatkan gelar Doktor yang diperoleh dari MIPA, UNAIR Surabaya. Jabatan Akademik Profesor (Guru Besar, Statistika) sejak tahun 2007.

Nelson Nainggolan (n-nelson@unsrat.ac.id)



Lahir di Tapanuli Utara tanggal 9 Maret 1967. Gelar sarjana pendidikan Matematika diperoleh tahun 1992 di FMIPA IKIP Negeri Medan. Tahun 1996 menyelesaikan studi S2, di jurusan Matematika ITB Bandung. Tahun 2011 menyelesaikan studi S3 pada bidang Matematika di Universitas Padjadjaran Bandung. Saat ini

menjadi pengajar akademik tetap di jurusan Matematika FMIPA Unsrat Manado.