

**PENERAPAN REGRESI DATA PANEL DALAM MENGANALISIS
INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI PROVINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

AZREEN EKA SHATIYA

2217031099



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENERAPAN REGRESI DATA PANEL DALAM MENGANALISIS INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

AZREEN EKA SHATIYA

Analisis regresi data panel adalah salah satu metode statistika yang digunakan untuk mengkaji hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas dengan menggabungkan dimensi antar individu (*cross section*) serta dimensi waktu (*time series*). Pada penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah *Fixed Effect Model* (FEM) untuk menganalisis pertumbuhan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Lampung. Tahapan penelitian meliputi estimasi parameter regresi, penentuan model yang paling sesuai, pengujian asumsi klasik, serta pengujian signifikansi koefisien regresi. Hasilnya menunjukkan bahwa *Fixed Effect Model* mampu menjelaskan sekitar 88,925% variabel jumlah sekolah, rata-rata lama sekolah, dan tingkat kemiskinan dengan IPM Provinsi Lampung. Sisanya sebesar 11,075% dijelaskan oleh unsur lain diluar model. Model persamaan yang dihasilkan

$$\hat{Y}_{it} = \beta_{0i} + 0,0033967X_{1it} + 2,4777335X_{2it} - 0,6466715_{3it}.$$

Hasil penelitian ini memberikan gambaran mengenai faktor-faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Lampung.

Kata kunci: Data Panel, IPM Provinsi Lampung, Jumlah sekolah, Rata-rata lama sekolah, Tingkat kemiskinan, *Fixed Effect Model*.

ABSTRACT

THE APPLICATION OF PANEL DATA REGRESSION IN ANALYSING THE HUMAN DEVELOPMENT INDEX IN LAMPUNG PROVINCE

By

AZREEN EKA SHATIYA

Panel data regression analysis is a statistical method used to examine the relationship between dependent and independent variables by combining cross-sectional and time-series dimensions. In this study, the Fixed Effects Model (FEM) was used to analyze the growth of the Human Development Index (HDI) in Lampung Province. The research stages include regression parameter estimation, determining the most appropriate model, testing classical assumptions, and testing the significance of regression coefficients. The results show that the Fixed Effects Model can explain approximately 88.925% of the variation in the number of schools, average years of schooling, and poverty rate with the Lampung Province HDI. The remaining 11.075% is explained by other factors outside the model. The resulting equation is $\hat{Y}_{it} = \beta_{0i} + 0,0033967X_{1it} + 2,4777335X_{2it} - 0,6466715_{3it}$. The results of this study provide an overview of the factors that have a significant influence on the growth of the Human Development Index (HDI) in Lampung Province.

Keywords: Panel Data, Lampung Province HDI, Number Of Schools, Average Years Of Schooling, Poverty Rate, Fixed Effects Model.

**PENERAPAN REGRESI DATA PANEL DALAM MENGANALISIS
INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI PROVINSI LAMPUNG**

AZREEN EKA SHATIYA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi : **PENERAPAN REGRESI DATA PANEL
DALAM MENGANALISIS INDEKS
PEMBANGUNAN MANUSIA DI
PROVINSI LAMPUNG**

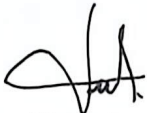
Nama Mahasiswa : **Agreen Eka Shatiya**


Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031099**

Jurusan : **Matematika**


Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**




Drs. Nusyirwan, M.Si.
NIP. 196610101992031028


Misgiyati, S. Pd., M. Si.
NIP. 198509282023212032

2. Ketua Jurusan Matematika


Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Drs. Nusyirwan, M.Si.



Sekretaris : Misgiyati, S. Pd., M. Si.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi 09 Juni 2026

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **AZREEN EKA SHATIYA**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031099**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **PENERAPAN REGRESI DATA PANEL
DALAM MENGANALISIS INDEKS
PEMBANGUNAN MANUSIA DI
PROVINSI LAMPUNG**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri.
Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau
dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan
ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 09 Juni 2026

Penulis



AZREEN EKA SHATIYA
NPM. 2217031099

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Azreen Eka Shatiya yang lahir di Kota Jakarta pada tanggal 21 Maret 2003. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Iwan dan Ibu Agraini.

Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN Tugu Utara 08 Petang pada tahun 2015, Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 173 Jakarta pada tahun 2018, dan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 75 Jakarta pada tahun 2021.

Penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 (S1) di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur SBMPTN. Sebagai bentuk penerapan ilmu perkuliahan, pada tahun 2025, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT Kereta Api Indonesia Divisi Regional IV Tanjungkarang dan pada tahun yang sama penulis melaksanakan magang mandiri di Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Mesuji.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti organisasi dan kepanitiaan. Pada tahun 2023, penulis bergabung dengan kepanitiaan acara DINAMIKA anggota bidang kreatif, serta pada tahun yang sama penulis juga bergabung dengan HIMATIKA Unila sebagai anggota bidang Eksternal. Kemudian, tahun 2024 penulis bergabung kedalam kepanitiaan Musyawarah Wilayah IKAHIMATIKA KE-8 sebagai Sekretaris Koordinator Humas, Publikasi, *Design*, dan Dokumentasi.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil' Alamin. Atas izin, rahmat, dan ridha Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Dengan rasa syukur yang mendalam, penulis mempersembahkan karya ini dan mengucapkan terima kasih kepada:

Orang Tua Tercinta

Terima kasih kepada mama dan papa atas segala kasih sayang, doa, dukungan, pengorbanan, serta kerja keras yang telah diberikan tanpa henti. Setiap langkah dan pencapaian yang penulis raih tidak lepas dari peran, bimbingan, dan doa yang selalu mengiringi.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini. Ilmu, waktu, dan perhatian yang telah diberikan menjadi bekal berharga bagi penulis dalam menyelesaikan studi dan mengembangkan kemampuan akademik.

Sahabat-Sahabatku

Terima kasih kepada sahabat-sahabat terbaik atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang telah diberikan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

KATA ISNPIRASI

“Apapun yang sudah terjadi dalam hidupmu, jangan berkata “seandainya”, tapi katakan “Qadarullah” karena semua yang terjadi adalah takdir dan takdir Allah itu selalu baik, karena Allah itu maha baik”

[Ustadz Hanan Ataki]

“Every unfinished dream remains a question. Finish what you started and become the answer.”

[Penulis]

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan Regresi Data Panel Dalam Menganalisis Perkembangan Indeks Pembangunan Manusia Di Provinsi Lampung”.

Selesainya skripsi ini adalah berkat motivasi, arahan, dan dukungan banyak pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Bapak Drs., Nusyirwan , M.Si., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Misgiyati, S.Pd., M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji, atas saran, masukan, dan kritik yang membangun sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan lebih baik.
4. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik, atas bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan kepada penulis selama menempuh studi.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Untuk Mama tercinta, di balik setiap langkah yang berhasil penulis tempuh, ada doa yang Mama panjatkan, ada air mata yang Mama sembunyikan, dan ada pengorbanan yang mungkin tak akan pernah mampu penulis balas. Terima kasih karena selalu percaya, bahkan ketika penulis meragukan diri sendiri.
8. Untuk Papa, terima kasih atas doa-doa yang diam-diam dilangitkan dalam setiap langkah penulis serta untuk setiap pelajaran hidup yang telah membentuk penulis menjadi pribadi yang lebih kuat hingga dapat mencapai titik ini.
9. Saudara kandungku tersayang, Faiz Javed. Terima kasih telah tumbuh bersama dalam perjalanan ini. Semoga setiap langkah yang penulis capai hari ini dapat menjadi bukti bahwa mimpi layak diperjuangkan dan harapan layak untuk diwujudkan.
10. Nenek, Kakek, Wak Udo dan keluarga besar tercinta. Terima kasih atas doa yang selalu mengiringi dari kejauhan, atas kasih sayang yang tak pernah berkurang oleh waktu, dan atas setiap harapan baik yang kalian titipkan dalam setiap langkah penulis.
11. Sahabat terdekatku, Insyirah yang selalu hadir memberikan semangat, dukungan, dan kebahagiaan dalam kehidupan penulis.
12. Teman-Teman terbaikku, kia, elsi, rezza, elisabeth, irene, dan reyna atas kebersamaan, dukungan, dan kebahagiaan yang telah diberikan selama perkuliahan hingga saat ini.
13. Tegar Arya, yang senantiasa menemani dan mendukung penulis, serta berkontribusi banyak dalam perjalanan penulis, baik tenaga maupun waktu.
14. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Dan yang terakhir untuk diri sendiri, Azreen Eka Shatiya. Terima kasih telah menjadi rumah yang tetap kuat ketika dunia terasa tidak ramah. Terima kasih telah menyimpan harapan dengan baik dan menjaganya tetap hidup hingga mimpi ini menemukan jalannya untuk pulang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Karya ini hanyalah hasil dari proses belajar yang penuh dengan keterbatasan, kesalahan, dan usaha yang terus diperbaiki. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menerima setiap kritik dan saran yang membangun sebagai cahaya yang dapat menerangi langkah untuk menjadi lebih baik. Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat serta menjadi bagian kecil dari perjalanan panjang dalam menuntut ilmu dan mengembangkan pengetahuan.

Bandar Lampung, 09 Juni 2026

Penulis

AZREEN EKA SHATIYA

NPM. 2217031099

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Analisis Regresi.....	6
2.2 Analisis Regresi Data Panel	7
2.3 Macam Model Regresi Data Panel.....	8
2.3.1 <i>Common Effect Model</i> (CEM).....	8
2.3.2 <i>Fixed Effect Model</i> (FEM)	9
2.3.3 <i>Random Effect Model</i> (REM).....	10
2.4 Estimasi Parameter Model Regresi Data Panel.....	10
2.4.1 <i>Ordinary Least Square</i> (OLS).....	11
2.4.2 <i>Least Square Dummy Variable</i> (LSDV).....	12
2.4.3 <i>Within Estimator</i>	13
2.4.4 <i>Generalized Least Square</i> (GLS)	14
2.5 Pemilihan Model Regresi Data Panel	15
2.5.1 Uji Chow	15
2.5.2 Uji Hausman	17
2.6 Uji Asumsi Klasik	18
2.6.1 Uji Normalitas	18
2.6.2 Uji Multikolinearitas	19
2.6.3 Uji Heteroskedastisitas.....	20
2.6.4 Uji Autokorelasi	21
2.7 Uji Kelayakan (<i>Goodness of Fit</i>) Model Regresi Data Panel	22
2.7.1 Uji Simultan F (Uji F)	22
2.7.2 Uji Parsial T (Uji T)	23
2.8 Koefisien Determinasi.....	24

2.9 Indeks Komponen	24
III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2 Data Penelitian	26
3.3 Metode Penelitian.....	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Analisis Deskriptif.....	28
4.2 Hasil Estimasi Model Regresi Data Panel	31
4.2.1 Hasil <i>Common Effect Model</i> (CEM)	31
4.2.2 Hasil <i>Fixed Effect Model</i> (FEM).....	32
4.2.3 Hasil <i>Random Effect Model</i> (REM)	33
4.3 Hasil Pemilihan Model Regresi Data Panel	34
4.3.1 Uji Chow	34
4.3.2 Uji Hausman.....	35
4.4 Model Terbaik	36
4.5 Pengujian Asumsi Regresi.....	42
4.5.1 Uji Normalitas	42
4.5.2 Uji Multikolinearitas	43
4.5.3 Uji Heteroskedastisitas	43
4.5.4 Uji Autokorelasi	44
4.6 Uji Signifikansi Koefisien Regresi Data Panel	44
4.6.1 Uji Simultan (Uji F)	45
4.6.2 Uji Parsial (Uji T).....	45
4.7 Koefisien Determinasi.....	46
V. KESIMPULAN	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil statistika deskriptif	28
Tabel 2 Hasil estimasi parameter CEM.....	31
Tabel 3 Hasil estimasi parameter FEM	32
Tabel 4 Hasil estimasi parameter REM.....	33
Tabel 5 Hasil Uji Chow	35
Tabel 6 Hasil Uji Hausman	36
Tabel 7 Rata-rata variabel	37
Tabel 8 Intersep Kabupaten Provinsi Lampung	40
Tabel 9 Estimasi Variabel	41
Tabel 10 Hasil Uji Multikolinearitas	43
Tabel 12 Hasil Uji T	46

DAFTAR GAMBAR

Figure 1 Boxplot IPM	30
Figure 2 Boxplot 2 IPM	30

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan manusia merupakan salah satu sasaran utama dalam upaya pembangunan sebuah negara atau wilayah. Keberhasilan dalam pembangunan tidak hanya dinilai dari pertumbuhan ekonomi saja, tetapi juga dari perbaikan kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menjadi penilaian penting yang digunakan untuk mengevaluasi pencapaian dalam pembangunan manusia. IPM menilai tiga aspek fundamental, yaitu kesehatan, pendidikan, serta kesejahteraan hidup yang memadai. Oleh karena itu, IPM tidak hanya menunjukkan sisi ekonomi, tetapi juga mencerminkan mutu sumber daya manusia di suatu daerah (Badan Pusat Statistik, 2022).

Provinsi Lampung sebagai salah satu provinsi di Indonesia terus mengalami perkembangan dalam berbagai sektor pembangunan. Namun demikian, capaian IPM di Provinsi Lampung masih menunjukkan adanya variasi antar kabupaten/kota. Perbedaan ini mencerminkan adanya ketimpangan pembangunan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik dari aspek pendidikan, ekonomi, maupun infrastruktur. Beberapa daerah menunjukkan peningkatan IPM yang cukup signifikan, sementara daerah lainnya mengalami pertumbuhan yang relatif lambat. Kondisi ini menjadi perhatian penting bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pembangunan yang lebih merata dan berkeadilan (Pasta dkk., 2025).

Salah satu faktor utama yang memengaruhi IPM adalah sektor pendidikan. Pendidikan memiliki peran strategis dalam meningkatkan kualitas sumber daya

manusia, karena melalui pendidikan individu memperoleh pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan yang dibutuhkan untuk meningkatkan taraf hidupnya. Pendidikan adalah bagian penting dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia dan memiliki peran krusial dalam menentukan Indeks Pembangunan Manusia (IPM). IPM mencakup tiga dimensi utama, yaitu kesehatan, pendidikan, dan standar hidup layak. Dari ketiga dimensi tersebut, pendidikan memiliki peran strategis karena mencerminkan kemampuan masyarakat dalam mengakses dan memanfaatkan pendidikan yang berguna untuk meningkatkan kesejahteraan hidup (Bappelitbangda Kabupaten Mesuji, 2024).

Dimensi pendidikan dalam IPM yaitu indeks pendidikan yang terdiri dari dua indikator utama, yaitu Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan Harapan Lama Sekolah (HLS). Rata-Rata Lama Sekolah (RLS) didefinisikan sebagai jumlah tahun yang digunakan oleh penduduk dalam menjalani pendidikan formal, RLS dihitung untuk usia 25 tahun keatas dengan asumsi pada umur 25 tahun proses pendidikan sudah berakhir, sedangkan Harapan Lama Sekolah (HLS) didefinisikan sebagai lamanya sekolah (dalam tahun) yang diharapkan akan dirasakan oleh anak pada umur tertentu dimasa mendatang (Badan Pusat Statistik, 2022). Kedua indikator ini mencerminkan besarnya nilai indeks pendidikan yang menjadi bagian dari IPM.

Dalam penelitian ini, analisis difokuskan pada ketersediaan infrastruktur pendidikan dan rata-rata lama sekolah. Infrastruktur pendidikan yaitu jumlah sekolah mencerminkan ketersediaan sarana pendidikan yang dapat diakses oleh masyarakat. Semakin banyak jumlah sekolah, maka semakin besar peluang masyarakat untuk memperoleh pendidikan yang layak. Selain itu, rata-rata lama sekolah menggambarkan tingkat pendidikan yang telah dicapai oleh penduduk usia tertentu. Indikator ini menunjukkan seberapa lama masyarakat mengenyam pendidikan formal. Semakin tinggi rata-rata lama sekolah, maka semakin tinggi pula kualitas sumber daya manusia yang dihasilkan. Hal ini pada akhirnya akan berdampak pada peningkatan produktivitas dan kesejahteraan masyarakat, yang tercermin dalam nilai IPM yang lebih tinggi (Berutu dkk., 2024).

Di sisi lain, tingkat kemiskinan merupakan faktor yang memiliki hubungan erat dengan pembangunan manusia. Kemiskinan dapat menjadi penghambat utama dalam peningkatan kualitas hidup masyarakat. Masyarakat yang berada dalam kondisi miskin cenderung memiliki keterbatasan dalam mengakses pendidikan, layanan kesehatan, dan kebutuhan dasar lainnya. Keterbatasan tersebut menyebabkan rendahnya kualitas sumber daya manusia, yang pada akhirnya berdampak pada rendahnya nilai IPM. Oleh karena itu, penurunan tingkat kemiskinan menjadi salah satu prioritas dalam upaya meningkatkan pembangunan manusia (Mirza, 2012).

Hubungan antara jumlah sekolah, rata-rata lama sekolah, dan tingkat kemiskinan terhadap IPM tidak dapat dijelaskan secara sederhana, karena ketiga variabel tersebut saling berinteraksi secara kompleks serta berpotensi menunjukkan pola yang berbeda di setiap wilayah dan periode waktu. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang tepat agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan relevan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah regresi data panel, yaitu metode yang mengombinasikan data *cross section* (antarkabupaten/kota) dan *time series* (antar waktu). Dengan pendekatan ini, dinamika perubahan data dapat dianalisis secara lebih menyeluruh dibandingkan dengan metode regresi biasa (Baltagi, 2021).

Menurut Widarjono (2009), penggunaan data panel dalam penelitian memberikan beberapa manfaat. Pertama, karena merupakan gabungan antara data *time series* dan *cross section*, data panel mampu menghasilkan jumlah observasi yang lebih besar sehingga meningkatkan derajat kebebasan (*degree of freedom*). Kedua, kombinasi kedua jenis data tersebut juga dapat membantu meminimalkan permasalahan yang timbul akibat tidak dimasukkannya variabel tertentu dalam model (*omitted variable*).

Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan analisis regresi data panel untuk mengkaji indeks pendidikan dan Indeks Pembangunan Manusia. Penelitian oleh Jamal dkk (2021) meneliti faktor-faktor penentu yang memengaruhi peningkatan indeks pendidikan, dan hasilnya rasio guru terhadap siswa di sekolah dasar berpengaruh negatif dan signifikan terhadap peningkatan indeks pendidikan. Selain itu, rasio kelas terhadap siswa di sekolah dasar berpengaruh positif dan signifikan

terhadap peningkatan indeks pendidikan di Kabupaten Kepulauan Selayar. Lalu penelitian oleh Hutagalung dan Darnius (2022) meneliti tentang analisis regresi data panel dengan Pendekatan *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM) dan *Random Effect Model* (REM) (studi kasus : IPM Sumatera Utara Periode 2014 – 2020), dan hasilnya model regresi data panel terbaik adalah *Common Effect Model* (CEM) dan diperoleh 5 variabel independen yang berpengaruh signifikan. Selanjutnya penelitian oleh Yulianto dan Dwindi (2024) meneliti tentang regresi data panel Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, dan hasilnya *Random Effect Model* (REM) merupakan model akhir regresi data panel.

Untuk menganalisis keterkaitan antar variabel tersebut, penelitian ini menggunakan metode regresi data panel. Metode ini dipilih karena mampu mengombinasikan dimensi data lintas waktu (*time series*) dan lintas wilayah (*cross section*), sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perkembangan Indeks Pembangunan Manusia pada kabupaten/kota di Provinsi Lampung dari waktu ke waktu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengungkap faktor-faktor utama yang memengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Lampung secara keseluruhan, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kebijakan pembangunan pendidikan yang lebih efektif guna meningkatkan IPM di setiap kabupaten/kota.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis perkembangan IPM di Provinsi Lampung dalam beberapa tahun terakhir yaitu tahun 2020-2024 untuk melihat pola pertumbuhan, fluktuasi, serta kecenderungan peningkatannya.
2. Menganalisis pengaruh Jumlah Sekolah, Rata-Rata Lama Sekolah (RLS), dan Tingkat Kemiskinan terhadap Indeks Pembangunan Manusia pada seluruh kabupaten/kota di Provinsi Lampung.

3. Menentukan spesifikasi model ekonometrika data panel yang memiliki reliabilitas paling optimal melalui pengujian *Common Effect Model*, *Fixed Effect Model*, atau *Random Effect Model* dalam menganalisis hubungan Jumlah Sekolah, Rata-Rata Lama Sekolah (RLS), dan Tingkat Kemiskinan terhadap Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Lampung.

1.3 Manfaat Penelitian

Kontribusi yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini mencakup aspek-aspek berikut:

1. Penelitian ini diproyeksikan menjadi tambahan referensi untuk kajian tentang pendidikan, khususnya mengenai faktor-faktor yang memengaruhi Indeks Pendidikan di Provinsi Lampung.
2. Menyediakan referensi berbasis data (*evidence-based*) bagi otoritas pemerintah daerah dalam merancang strategi kebijakan yang lebih akurat guna mengoptimalkan mutu pendidikan dan akselerasi pembangunan manusia di masa depan.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian berikutnya dalam pengolahan data menggunakan data panel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk menjelaskan hubungan antara satu variabel terikat (*regressand*) dengan satu atau lebih variabel bebas (*regressor*) (Gujarati dan Porter, 2009). Dalam pendekatan ini dikenal dua jenis variabel, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen bertindak sebagai determinan yang menginisiasi fluktuasi atau perubahan pada variabel dependen, sementara variabel dependen memanifestasikan hasil atau konsekuensi yang besarnya terikat pada dinamika variabel independen tersebut.

Dalam analisis regresi, model umumnya dikelompokkan ke dalam dua jenis utama, yaitu regresi linear dan regresi non-linear. Pada regresi linear, terdapat dua bentuk yang sering digunakan, yaitu regresi linear sederhana dan regresi linear berganda. Regresi linear sederhana digunakan untuk menganalisis hubungan antara satu variabel bebas dengan satu variabel terikat. Model ini biasanya dinyatakan dalam bentuk persamaan umum sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (2.1.1)$$

dengan:

Y	= variabel dependen
X	= variabel independen
β_0	= intersep model
β_1	= <i>slope</i> regresi
ε	= <i>error</i> .

Adapun menurut Widarjono (2009) regresi linear berganda merupakan perluasan analitis yang melibatkan multiplisitas variabel independen (dua atau lebih) dalam mengestimasi perilaku variabel dependen, dengan formulasi umum:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.1.2)$$

dengan:

- Y_i = variabel dependen pada pengamatan ke-i, dimana $i = 1, 2, \dots, n$
- X_n = variabel independen ke-k dengan $k = 1, 2, \dots, n$
- β_0 = intersep model
- $\beta_1, \beta_2, \beta_n$ = *slope* regresi
- ε_i = *error*.

2.2 Analisis Regresi Data Panel

Data panel adalah gabungan dua dimensi data yang berbeda yaitu aspek kronologis yang mengikuti urutan waktu serta aspek unit spasial yang mencakup berbagai wilayah. Penggabungan kedua dimensi ini menciptakan struktur basis data yang lebih besar daripada sekadar mengandalkan satu jenis observasi tunggal.

Menurut Widarjono (2009), penggunaan data panel dalam penelitian memberikan beberapa keuntungan. Pertama, kombinasi data antara dimensi kronologis dan lintas sektoral mampu mengekspansi volume observasi, yang secara langsung mengaugmentasi derajat kebebasan (*degree of freedom*). Kedua, pengintegrasian kedua jenis data tersebut dapat membantu mengurangi permasalahan yang timbul akibat adanya variabel yang tidak dimasukkan dalam model (*omitted variable*). Secara umum, bentuk persamaannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it} X_{1it} + \beta_{2it} X_{2it} + \dots + \beta_{kit} X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2.2.1)$$

dengan:

Y_{it}	=	variabel dependen untuk unit <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
X_{it}	=	variabel independen untuk <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
β_0	=	intersep model
$\beta_1, \beta_2, \beta_n$	=	<i>slope</i> regresi <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
ε_{it}	=	<i>error</i> .

2.3 Macam Model Regresi Data Panel

Prosedur untuk memprediksi besaran parameter dalam kerangka observasi panel, sebagaimana diuraikan Widarjono (2007), dapat ditelaah melalui tiga kerangka kerja konseptual yang memiliki asumsi teoretis berbeda, yakni “*Common Effect Model, Fixed Effect Model, dan Random Effect Model*”.

2.3.1 *Common Effect Model (CEM)*

Pendekatan ini digunakan untuk menduga parameter pada model data panel dengan mengombinasikan data *cross section* dan *time series* ke dalam satu kesatuan analisis. Dalam metode ini, perbedaan antarindividu maupun antarwaktu tidak diperhitungkan dalam proses pemodelan (Gujarati, 2009). Estimasi parameter umumnya dilakukan dengan metode *Ordinary Least Squares (OLS)*. Dengan demikian, *Common Effect Model* mengasumsikan bahwa karakteristik setiap individu adalah homogen dan konstan selama periode pengamatan. Secara umum, bentuk persamaan model ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_{1it}X_{1it} + \beta_{2it}X_{2it} + \dots + \beta_{kit}X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2.3.1)$$

dengan:

Y_{it}	=	variabel dependen untuk unit <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
X_{it}	=	variabel independen untuk <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
β_0	=	intersep model
$\beta_1, \beta_2, \beta_n$	=	<i>slope</i> regresi <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
ε_{it}	=	<i>error</i> .

2.3.2 Fixed Effect Model (FEM)

Menurut Gujarati (2009), pendekatan *Fixed Effect* didasarkan pada asumsi bahwa setiap unit individu memiliki nilai intersep yang berbeda-beda, sementara koefisien kemiringan (*slope*) dianggap konstan antar individu. Pada *Fixed Effect Model*, perbedaan karakteristik antar individu dapat diakomodasi melalui variabel *dummy*, sehingga metode ini dikenal sebagai pendekatan *Least Square Dummy Variable* (LSDV). Selain itu, estimasi FEM juga dapat dilakukan menggunakan pendekatan *within transformation*, yaitu dengan menghilangkan pengaruh individu melalui proses *demeaning* pada data. Secara umum, bentuk persamaan model ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2.3.2)$$

dengan:

Y_{it}	=	variabel dependen untuk unit <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
X_{it}	=	variabel independen untuk <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
β_0	=	intersep model
$\beta_1, \beta_2, \beta_n$	=	<i>slope</i> regresi <i>cross-section</i> ke-i pada <i>time series</i> ke-t
ε_{it}	=	<i>error</i> .

2.3.3 *Random Effect Model (REM)*

Pendekatan *Random Effect* menganggap bahwa perbedaan antar individu tercermin pada nilai intersep yang bersifat acak. Dengan kata lain, variasi tersebut diperlakukan sebagai komponen stokastik dalam model. Pendekatan ini dipandang sangat representatif apabila sampel yang digunakan diambil secara random untuk memproyeksikan populasi yang lebih luas. Selain itu, REM mengakomodasi interkoneksi pada komponen gangguan (*error term*) baik pada dimensi *cross section* maupun *time series* (Iqbal, 2015). Secara umum, bentuk persamaan *Random Effect Model* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + W_{it} \quad (2.3.3)$$

dengan:

- Y_{it} = variabel dependen untuk unit *cross-section* ke-i pada *time series* ke-t
- X_{it} = variabel independen untuk *cross-section* ke-i pada *time series* ke-t
- β_0 = intersep model
- $\beta_1, \beta_2, \beta_n$ = *slope* regresi untuk *cross-section* ke-i pada *time series* ke-t
- W_{it} = *error*.

2.4 Estimasi Parameter Model Regresi Data Panel

Metode estimasi parameter dalam mengalkulasi nilai parameter untuk beragam spesifikasi model regresi data panel sebagai berikut:

2.4.1 Ordinary Least Square (OLS)

Ordinary least square (OLS) digunakan untuk mengalkulasi fungsi regresi dengan tujuan menghasilkan estimasi yang paling presisi. Standar OLS adalah garis yang paling sesuai (*line best fit*) atau akumulasi residu kuadrat antara titik observasi dengan garis regresi harus dalam jumlah terkecil (Basuki dan Prawoto, 2016). Prinsip dasar metode kuadrat terkecil yaitu:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$$

sehingga diperoleh jumlah kuadrat galat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum_{t=i}^n \varepsilon_i^2 &= \boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon} \\ &= (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})'(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}) \\ &= (\mathbf{Y}' - \mathbf{X}'\boldsymbol{\beta}')(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}) \\ &= \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} - \mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \\ &= \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - 2\boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \end{aligned}$$

Jika matriks $(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta})' = \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}'$, maka skalar $\boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} = \mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$. Pembuktian sebagai berikut:

Pada bentuk jumlah kuadrat galat,

$$\sum_{t=i}^n \varepsilon_i^2 = \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$$

Terdapat dua suku tengah, yaitu $\mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$ dan $\boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y}$. Kedua suku tersebut menghasilkan skalar (berukuran 1×1), karena:

$$\mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} = (1 \times n)(n \times p)(p \times 1) = 1 \times 1$$

$$\boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} = (1 \times p)(n \times p)(n \times 1) = 1 \times 1$$

Untuk skalar, berlaku sifat $a = a$. Dengan demikian,

$$(\mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta})' = \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y}$$

Oleh karena itu, jelas kedua suku tengah dapat digabung menjadi satu:

$$-Y'X\beta - \beta'X'Y = -2\beta'X'Y.$$

Sehingga bentuk jumlah kuadrat galat yang telah disederhanakan menjadi:

$$Y'Y - 2\beta'X'Y + \beta'X'X\beta$$

Penyederhanaan ini memanfaatkan sifat bahwa transpose dari skalar tidak mengubah nilainya, sehingga ekspresi $Y'X\beta$ dan $\beta'X'Y$ bersifat ekuivalen. Untuk mendapatkan estimasi parameter β , hasil turunan diatur sama dengan nol, menghasilkan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon})}{\partial\boldsymbol{\beta}} &= \frac{\partial(Y'Y - 2\boldsymbol{\beta}'X'Y + \boldsymbol{\beta}'X'X\boldsymbol{\beta})}{\partial\boldsymbol{\beta}} = 0 \\ &= -2X'y + 2X'X\boldsymbol{\beta} = 0 \\ &= (X'X)^{-1}(X'X)\widehat{\boldsymbol{\beta}} = (X'X)^{-1}X'Y \\ &= \mathbf{I}\widehat{\boldsymbol{\beta}} = (X'X)^{-1}X'Y \\ &= \widehat{\boldsymbol{\beta}} = (X'X)^{-1}X'Y \end{aligned}$$

Jika diasumsikan bahwa *slope* dan intersep memiliki nilai yang konstan untuk setiap data *time-series* dan *cross-section*, maka parameter tersebut diestimasi melalui prosedur OLS. Dengan demikian, model *Common Effect* dengan $N \times T$ pengamatan dinyatakan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, N ; t = 1, 2, \dots, T$$

2.4.2 Least Square Dummy Variable (LSDV)

Menurut Baltagi (2021), *Least Square Dummy Variable* (LSDV) merupakan metode estimasi parameter regresi data panel untuk *Fixed Effect Model*. Secara umum model data panel dengan pendekatan variabel *dummy* dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^N \beta_k X_{Nit} + \sum_{i=2}^N \beta_{0i} D_{Ni} + \varepsilon_{it} \quad (2.4.2.1)$$

dengan:

- Y_{it} = variabel *dependent* untuk unit *cross-section* ke- i pada *time-series* ke- t ,
 X_{Nit} = variabel *independent* untuk unit *cross-section* ke- i pada *time-series* ke- t ,
 D_{Ni} = variabel *dummy* ke- N untuk unit *cross-section* ke- i ,
 β_N = parameter untuk variabel ke- N ,
 ε_{it} = *error* untuk unit *cross-section* ke- i dan *time-series* ke- t .

2.4.3 Within Estimator

Within Estimator (penduga dalam) adalah metode estimasi data panel yang digunakan untuk menganalisis pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen berdasarkan perubahan di dalam individu atau objek itu sendiri dari waktu ke waktu. Model *Within Estimator* yang bekerja dengan cara menghilangkan efek karakteristik individu yang bersifat konstan (*time-invariant*) melalui proses rata-rata data (*de-meaning transformation*) (Hufaini dkk., 2020). Perhitungan menggunakan *Within Estimator* sebagai berikut:

$$Y_{it} - \bar{Y}_i = \hat{Y}_{it} - (\hat{\beta}_1 \bar{X}_{1i}) - (\hat{\beta}_2 \bar{X}_{2i}) - \dots - (\hat{\beta}_k \bar{X}_{kit})$$

\bar{Y}_i = Rata-rata variabel dependen untuk kabupaten ke- i .

X_{kit} = Rata-rata masing-masing variabel independen untuk kabupaten ke- i .

Melalui proses *time-demeaned transformation* (pengurangan dengan rata-rata waktu), konstanta awal β_0 dan efek spesifik individu α_i hilang sepenuhnya dari model akhir karena keduanya saling mengurangi secara matematis hingga bernilai nol ($\beta_0 - \beta_0 = 0$) dan ($\alpha_i - \alpha_i = 0$). Hilangnya komponen α_i menjadikan model secara otomatis terbebas dari ancaman bias variabel yang terlewat (*omitted variable bias*) akibat karakteristik unik objek yang tidak teramati namun berkorelasi dengan variabel independen.

2.4.4 Generalized Least Square (GLS)

Dalam estimasi *Random Effect Model*, parameter diprediksi melalui teknik *Generalized Least Square* (GLS) jika matriks varians-kovarians Ω diketahui, Namun, dalam kondisi di mana matriks tersebut bersifat anonim, prosedur *Feasible Generalized Least Square* (FGLS) diterapkan sebagai alternatif untuk mengestimasi elemen matriks Ω . Pada REM, ketidaklengkapan informasi untuk setiap unit *cross section* dipandang sebagai *error* sehingga μ_i adalah bagian dari unsur gangguan. Model REM dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^N \beta_k X_{kit} + (\mu_i + e_{it})$$

Gujarati (2009) menegaskan bahwa dalam konteks data panel, metodologi GLS menawarkan tingkat konsistensi dan efisiensi yang lebih unggul dibandingkan OLS. GLS menggunakan informasi secara eksplisit dan mampu menghasilkan *Best Linier Unbiased Estimator* (BLUE).

diketahui:

$$\Omega_i = \begin{bmatrix} \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\mu^2 & \sigma_\varepsilon^2 & \cdots & \sigma_\varepsilon^2 \\ \sigma_\varepsilon^2 & \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\mu^2 & \cdots & \sigma_\varepsilon^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_\varepsilon^2 & \sigma_\varepsilon^2 & \cdots & \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\mu^2 \end{bmatrix}$$

Apabila diasumsikan bahwa komponen varians memiliki sifat identitas yang seragam pada setiap *cross section*, maka akumulasi dari nilai varians unsur gangguan tersebut untuk seluruh rangkaian data penelitian dapat dipetakan melalui artikulasi matematis berikut:

$$S = \begin{bmatrix} \Omega_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Omega_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\mu^2 \end{bmatrix}$$

Persamaan $Y = X\beta + \varepsilon$; $E(\varepsilon\varepsilon') = W$

Dikalikan dengan **matriks V** sehingga: $VY = VX\beta + V\varepsilon$

dengan $E[(V\varepsilon)(V\varepsilon)'] = I$ atau secara ekuivalen $VWV' = I$. $V'(VWV')V = V'V$
 Sehingga $V'V = W^{-1}$. Maka dapat dibentuk persamaan baru untuk *error* yaitu
 $V\varepsilon = VY - VX\beta$

Selanjutnya, turunan pertama dari jumlah kuadrat galat $V\varepsilon$ disamakan dengan 0, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}\beta^{\wedge} &= [(VX)'(VX)]^{-1}(VX)'(VY) \\ &= (X'V'VX)^{-1}(X'V'VY) \\ &= (X'W^{-1}X)^{-1}(X'W^{-1}Y)\end{aligned}$$

Persamaan ini merupakan *Best Linier Unbiased Estimator* (BLUE).

2.5 Pemilihan Model Regresi Data Panel

Beberapa pengujian yang dapat digunakan untuk memilih model yang optimal meliputi Uji Chow dan Uji Hausman.

2.5.1 Uji Chow

Uji Chow difungsikan sebagai perangkat komparatif untuk menimbang efisiensi antara penggunaan *Fixed Effect Model* dan *Common Effect Model*. Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa hipotesis nol diterima, maka model yang dipilih adalah *Common Effect Model*. Sebaliknya, apabila hipotesis nol ditolak, maka model yang lebih sesuai adalah *Fixed Effect Model*, sehingga harus melewati proses validasi lanjutan melalui prosedur Uji Hausman (Basuki dan Prawoto, 2016). Pengujian ini didasarkan pada hipotesis sebagai berikut:

H_0 : model yang diterapkan yaitu *Common Effect Model*.

H_1 : model yang diterapkan yaitu *Fixed Effect Model*.

Taraf signifikansi:

$$\alpha = 5\%$$

“Apabila *p-value* menunjukkan nilai di bawah 5%, maka H_0 ditolak. Sebaliknya, jika *p-value* tersebut melampaui ambang batas 5%, maka *Fixed Effect Model* tetap dipertahankan sebagai dasar estimasi” (Munandar, 2017).

Statistik pengujian yang digunakan adalah uji F, yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F_{hitung} = \frac{\frac{(SSE_1 - SSE_2)}{(n-1)}}{\frac{SSE_2}{(nt-n-k)}}$$

dimana,

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \widehat{y}_i)^2$$

dengan:

SSE_1 = *sum square error* dari model *common effect*

SSE_2 = *sum square error* dari model *fixed effect*

n = jumlah *cross-section*

nt = jumlah *cross-section* × jumlah *time-series*

k = jumlah variabel independen

Jika model yang paling sesuai yang dipilih adalah *Fixed Effect Model* (FEM), maka langkah berikutnya adalah melakukan Uji Hausman untuk menentukan model yang terbaik di antara model yang telah dipilih dalam Uji Chow dengan *Random Effect Model* (REM) (Indrasetyaningsih dan Wasik, 2020).

2.5.2 Uji Hausman

Uji Hausman diimplementasikan sebagai kriteria adjudikasi untuk membandingkan efisiensi antara *Fixed Effect Model* dan *Random Effect Model*. Apabila hipotesis nol terkonfirmasi, maka model *Random Effect* dianggap lebih efisien karena asumsi ketiadaan korelasi antara komponen gangguan dengan *regressor* terpenuhi. Sebaliknya, penolakan terhadap hipotesis nol mengindikasikan adanya korelasi sistemik yang mengharuskan penggunaan *Fixed Effect* demi menjaga konsistensi parameter. Pengujian ini didasarkan pada hipotesis sebagai berikut:

H_0 : model yang diterapkan yaitu *Random Effect Model*.

H_1 : model yang diterapkan yaitu *Fixed Effect Model*.

Taraf signifikansi:

$\alpha = 5\%$

“ H_0 ditolak jika *p-value* lebih besar dari nilai α . Sebaliknya, H_0 diterima jika *p-value* lebih kecil dari nilai α ” (Munandar, 2017). Statistik uji yang digunakan adalah:

$$W = (\beta_{MFE} + \beta_{MRE})' [\text{var}(\beta_{MFE} + \beta_{MRE})]^{-1} (\beta_{MFE} + \beta_{MRE})$$

dengan:

$\hat{\beta}_{MFE}$ = vektor *slope* model *Fixed effect*.

$\hat{\beta}_{MRE}$ = vektor *slope* model *Random effect*.

Apabila hasil Uji Chow dan Uji Hausman menghasilkan model terbaik yang berbeda, maka langkah berikutnya adalah melakukan Uji *Lagrange Multiplier* (LM) (Indrasetianingsih dan Wasik, 2020).

2.6 Uji Asumsi Klasik

Dalam analisis data panel, perlu dilakukan pengujian asumsi klasik yang bertujuan untuk memvalidasi bahwa model data panel bebas dari distorsi distribusi dan gangguan stokastik. Beberapa pengujian yang umum dilakukan antara lain uji normalitas, multikolinearitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi.

2.6.1 Uji Normalitas

Uji aspek normalitas difokuskan pada identifikasi perilaku sebaran residual, guna memastikan bahwa deviasi dari model estimasi tersebut mengikuti pola kurva distribusi teoretis yang normal. Menurut Ghazali (2018) pengujian ini penting agar dapat memastikan bahwa data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Metodologi Jarque-Bera (JB) diaplikasikan dalam konteks ini untuk mengukur kemiringan (*skewness*) dan keruncingan (*kurtosis*) distribusi residual, yang secara skematis dirumuskan sebagai berikut:

$$JB = \frac{n}{6} \left[S^2 + \frac{(Kr-3)^2}{4} \right] \quad (2.6.1)$$

$$S = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{3/2}}$$

$$Kr = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^2}$$

dengan,

n = banyaknya data pengamatan

S = *skewness*

Kr = *kurtosis*.

Uji ini didasarkan dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \varepsilon_i = N(0, \sigma^2)$ residual berdistribusi normal.

$H_0: \varepsilon_i \neq N(0, \sigma^2)$ residual tidak berdistribusi normal.

Taraf signifikansi:

$$\alpha = 5\%$$

“ H_0 ditolak apabila nilai p -value lebih kecil daripada taraf signifikansi α . Sebaliknya, H_0 diterima jika p -value lebih besar dari taraf signifikansi α ”.

2.6.2 Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas merupakan kondisi di mana terdapat hubungan linear antar variabel independen dalam suatu model regresi berganda. Apabila hubungan tersebut sangat kuat hingga mencapai korelasi sempurna, maka kondisi ini disebut sebagai multikolinearitas sempurna (*perfect multicollinearity*). Untuk mengidentifikasi adanya masalah ini, salah satu indikator yang umum digunakan adalah *Variance Inflation Factor* (VIF). Menurut Hanke (2001), tingkat kekuatan multikolinearitas dapat diukur melalui nilai VIF. Secara umum, rumus VIF dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$VIF = \frac{1}{1-R_k^2} \quad J = 1, 2, \dots, k \quad (2.6.2)$$

R_k^2 ini adalah koefisien determinasi dari regresi variabel independen ke- j terhadap variabel independen lainnya. Nilai ini menunjukkan sejauh mana variabel independen ke- j dapat dijelaskan oleh variabel independen lain dalam model. Pada kasus hanya terdapat dua variabel independen, maka nilai R_k^2 merupakan kuadrat koefisien korelasi antarvariabel (r). Jika variabel independen X_k ke- k tidak berhubungan dengan variabel lainnya ke- x , maka $R^2 = 0$ dan nilai $VIF = 1$. Jika ada hubungannya, maka $VIF > 1$. Sebagai contoh, misalnya $R^2 = 0,90$ maka, hasil pemeriksaannya adalah:

$$VIF = \frac{1}{1-0,90} = 10$$

Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) digunakan untuk mengidentifikasi adanya gejala multikolinearitas dalam model regresi. Jika nilai VIF ≥ 10 , mengindikasikan adanya multikolinearitas yang tinggi terhadap reliabilitas model. Sebaliknya, apabila nilai VIF < 10 memberikan justifikasi bahwa multikolinearitas bukan merupakan kendala serius dalam estimasi. Kondisi ideal di mana tidak terdapat korelasi linear sama sekali dicapai ketika VIF menunjukkan nilai absolut 1 (Sitepu dan Sinaga, 2006).

2.6.3 Uji Heteroskedastisitas

Heteroskedastisitas adalah kondisi ketika varians dari residual tidak menunjukkan konsistensi (non-konstan) di seluruh rangkaian observasi. Signifikansi pengujian ini terletak pada upaya memastikan bahwa model memiliki varians residual yang homogen (homoskedastis). Model regresi yang baik seharusnya memiliki varians residual yang homogen pada setiap pengamatan. Adanya heteroskedastisitas dapat menurunkan efisiensi hasil estimasi, meskipun estimasi tersebut tetap konsisten dan tidak bias. Selain itu, kondisi ini juga dapat menyebabkan hasil uji-t dan uji-F menjadi kurang akurat atau menyesatkan (*misleading*) (Ghozali, 2018). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi heteroskedastisitas adalah Uji Glejser. Adapun hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0: Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$ Tidak terdapat heteroskedastisitas pada data.

$H_0: Var(\varepsilon_i) \neq \sigma^2$ Terdapat heteroskedastisitas pada data.

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$|e_i| = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.6.3)$$

dengan,

X_{ki} = variabel bebas ke-k pada observasi ke-i

α = intersep

β_k = koefisien regresi untuk variabel bebas ke-k

ε_i = *error*.

Kriteria uji yang digunakan apabila angka probabilitas menunjukkan nilai di bawah ambang batas 0,05, maka model dipastikan terdistorsi oleh gangguan varians yang tidak seragam (heteroskedastisitas). Sebaliknya, jika tingkat signifikansi tersebut melampaui batas 0,05, maka hal tersebut memberikan justifikasi kuat bahwa model telah memenuhi prasyarat varians yang stabil atau bersifat homoskedastis..

2.6.4 Uji Autokorelasi

Autokorelasi adalah kondisi ketika residual pada suatu pengamatan berkorelasi dengan residual pada pengamatan lainnya (Pramesti, 2016). Jika hubungan tersebut bersifat searah, maka disebut autokorelasi positif, sedangkan jika berlawanan arah disebut autokorelasi negatif. Untuk mengetahui ada tidaknya autokorelasi dalam model, salah satu metode yang dapat digunakan adalah uji Ljung-Box. Adapun hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ Tidak terdapat autokorelasi pada residual.

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k \neq 0$ Terdapat autokorelasi pada residual.

Statistik Uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^m \frac{\widehat{\rho}_k^2}{n-k} \quad (2.6.4)$$

dengan,

n = jumlah observasi

m = umlah lag yang diuji

$\widehat{\rho}_k$ = autokorelasi pada lag ke-k.

Kriteria uji yang digunakan jika $p\text{-value} < 0,05$, maka H_0 ditolak sehingga residual dinyatakan memiliki autokorelasi tidak bersifat *white noise*. Sebaliknya, jika $p\text{-value} > 0,05$ maka H_0 diterima yang berarti residual tidak memiliki autokorelasi dan dapat dianggap bersifat *white noise*.

2.7 Uji Kelayakan (*Goodness of Fit*) Model Regresi Data Panel

Uji hipotesis penelitian dilakukan untuk mengukur signifikansi parameter regresi secara empiris. Sebagaimana ditegaskan oleh Nachrowi (2006), Pengujian ini diperlukan untuk membuktikan bahwa koefisien yang dihasilkan memiliki kekuatan statistik yang berbeda dari nol, karena apabila nilainya sama dengan nol, maka tidak terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan adanya pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Secara metodologis, pengujian ini diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama:

2.7.1 Uji Simultan F (Uji F)

Uji-F dirancang untuk melakukan pengujian hipotesis terhadap koefisien (*slope*) regresi secara bersamaan. Dengan kata lain, uji ini berfungsi untuk mengevaluasi apakah model yang dipilih tepat atau tidak dalam mengartikan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Pengujian ini berdasarkan pada hipotesis:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ secara simultan variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen.

$H_0: \beta_j \neq 0 ; j = 1, 2, \dots, k$ secara simultan variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen.

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$F_{hitung} = \frac{MSR}{MSE} \quad (2.7.1)$$

dengan,

$MSR = \text{Mean Square Regression}$

$MSE = \text{Mean Square Error}.$

Dari rumusan tersebut apabila hipotesis nol diterima, maka diharapkan R^2 menjadi nol yang menyebabkan F juga nilainya menjadi nol. Dengan demikian, nilai F yang

besar akan menolak hipotesis nol. Sebaliknya, nilai F yang kecil akan mendukung hipotesis nol karena variabel independen hanya memberikan sedikit penjelasan terhadap variasi variabel dependen di sekitar rata-ratanya (Gujarati & Porter, 2009).

2.7.2 Uji Parsial T (Uji T)

Uji-t digunakan untuk menilai signifikansi masing-masing koefisien regresi secara parsial. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai koefisien regresi sama dengan nol, yang berarti variabel independen tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen, atau berbeda dari nol, yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan (Montgomery dkk., 2021). Hipotesis yang digunakan dalam uji t adalah sebagai berikut:

$H_0: \beta_i = 0$ Secara individual variabel independen tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

$H_0: \beta_i \neq 0$ Secara individual variabel independen memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Uji t didefinisikan sebagai berikut:

$$t = \frac{\beta_i}{se(\beta_i)} \quad (2.7.2)$$

dengan,

β_i = Koefisien regresi ke-i

$se(\beta_i)$ = Standar *error* koefisien regresi.

“ H_0 ditolak jika *p-value* lebih kecil dari nilai α . Sebaliknya, H_0 diterima jika *p-value* lebih besar dari nilai α ”.

2.8 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) merupakan salah satu ukuran yang digunakan dalam analisis regresi untuk menilai kemampuan model dalam menjelaskan data. Nilai dari Koefisien Determinasi mengindikasikan seberapa banyak variasi pada variabel dependen bisa dijelaskan oleh variabel independennya. Jika nilai Koefisien Determinasi ialah 0, maka tidak ada perbedaan pada variabel dependen yang dapat diuraikan oleh variabel independennya. Sebaliknya, jika Nilai Koefisien Determinasi mencapai 1, maka ini menunjukkan bahwa seluruh variasi pada variabel dependen mampu dijelaskan oleh variabel independen. Dengan kata lain, mutu suatu model regresi ditentukan oleh nilai R^2 yang berkisar antara nol sampai satu (Iqbal, 2015). Rumus koefisien determinasi dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (2.8)$$

SSR = Sum Of Square Regresssion.

SST = Sum Of Square Total.

2.9 Indeks Komponen

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dikonstruksi sebagai indikator yang mengukur performa pembangunan melalui empat parameter fundamental yaitu: resiliensi hidup (Angka Harapan Hidup), akumulasi intelektual (RLS dan HLS), serta kapasitas daya beli yang terefleksikan melalui pengeluaran per kapita (Bappelitbangda Kabupaten Mesuji, 2024).

Setiap indikator penyusun IPM terlebih dahulu distandarkan dengan menggunakan batas nilai minimum dan maksimum sebelum dihitung dalam indeks. Proses ini bertujuan agar seluruh komponen berada pada skala yang sama. Secara umum, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$I_{kesehatan} = \frac{AHH - AHH_{min}}{AHH - AHH_{min}}$$

Untuk dimensi pendidikan, indeks dihitung melalui dua komponen, yaitu Harapan Lama Sekolah (HLS) dan Rata-rata Lama Sekolah (RLS). Masing-masing distandardisasi dengan rumus:

$$I_{HLS} = \frac{HLS - HLS_{min}}{HLS - HLS_{min}}$$

$$I_{RLS} = \frac{RLS - RLS_{min}}{RLS - RLS_{min}}$$

Kemudian kedua indeks tersebut digabungkan untuk memperoleh indeks pendidikan sebagai berikut:

$$I_{Pendidikan} = \frac{I_{HLS} + I_{RLS}}{2}$$

Sedangkan untuk dimensi pengeluaran, indeks dihitung dengan rumus:

$$I_{Pendidikan} = \frac{\ln(Pengeluaran) - \ln(Pengeluaran_{min})}{\ln(Pengeluaran) - \ln(Pengeluaran_{min})}$$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, yang berlokasi di Jalan Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang bersumber dari *website* Badan Pusat Statistik yaitu, data IPM Provinsi Lampung, Jumlah Sekolah, Rata-Rata Lama Sekolah, dan Tingkat Kemiskinan dari tahun 2016 hingga 2024. Data tersebut dapat diakses melalui <https://www.bps.go.id>.

3.3 Metode Penelitian

Berikut adalah urutan langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Menggambarkan kondisi awal data panel melalui statistik deskriptif.
2. Mengestimasi parameter model regresi pada data panel dengan tiga pendekatan, yaitu: *Common Effect Model*, *Fixed Effect Model*, dan *Random Effect Model*.
3. Melakukan pemilihan model regresi data panel yang paling baik dengan

menerapkan tiga uji, yaitu Uji Chow dan Uji Hausman.

4. Memastikan model regresi layak digunakan dengan menggunakan uji asumsi klasik pada model regresi data panel yang terbaik, yang mencakup Uji Normalitas, Uji Multikolinearitas, Uji Heteroskedastisitas dan Uji Autokolerasi.
5. Melakukan uji signifikansi koefisien dalam model regresi data panel yang terbaik mencakup:
 - a. Uji Simultan (Uji F) yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh secara keseluruhan dari semua variabel bebas terhadap variabel terikat.
 - b. Uji Parsial (Uji T) yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas secara individu terhadap variabel terikat.
 - c. Koefisien determinasi (R^2) dilakukan untuk mengukur sejauh mana variabel bebas memengaruhi variabel terikat.
6. Menginterpretasikan model yang telah terbentuk untuk menarik kesimpulan terhadap hasil analisis.

V. KESIMPULAN

Merujuk pada temuan analisis serta pembahasan yang sudah dilaksanakan, didapatkan beberapa kesimpulan pada studi ini, yakni:

1. *Fixed Effect Model* merupakan model terbaik untuk menganalisis perkembangan IPM di Provinsi Lampung. Persamaan model tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{it} = \beta_{0i} + 0,0033967X_{1it} + 2,4777335X_{2it} - 0,6466715X_{3it}$$

2. Nilai R^2 sebesar 0,88925 , artinya variabel jumlah sekolah, rata-rata lama sekolah dan tingkat kemiskinan mampu menjelaskan IPM Provinsi Lampung sebesar 88,925% sedangkan sisanya 11,075% dipengaruhi oleh unsur di luar model.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2022). *Indeks Pembangunan Manusia 2021*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Baltagi, B. H. (2021). *Econometric Analysis of Panel Data* (6th ed.). Cham: Springer.
- Bappelitbangda Kabupaten Mesuji. 2024. *Peraturan Bupati Mesuji Nomor 11 Tahun 2023 Tentang Rencana Kerja Pemerintah Daerah Tahun 2024*. Bappelitbangda, Kabupaten Mesuji.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Journal of Research Synthesis Methods*.
- Berutu, S. R., Seprianti, V. D., Tanjung, A. A., & Sukardi. (2024). The Effect of Health Expenditure, Education Expenditure, and Poverty on the Human Development Index in Lampung Province. *Neraca Keuangan: Jurnal Ilmiah Akuntansi dan Keuangan*, 19(2).
- Basuki, A. T., & Prawoto, N. 2016. *Analisis regresi dalam penelitian ekonomi & bisnis: dilengkapi aplikasi SPSS & Eviews* (Cetakan ke-1). Jakarta: PT RajaGrafindo Persada
- Firdaus, Y. A., Ngatini, & Wijaya, S. U. 2023. Pemodelan regresi data panel harga beras di wilayah Indonesia bagian barat. *J Statistika*, 16(2), 486–498.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. 2009. *Basic Econometrics*. 5th Edition. McGraw-Hill, New York.
- Harismahyanti, A., Najiha, A., Yunita, A. I., Ratmila, & Nur'eni. (2025). Comparison of FEM-LSDV panel regression with classical panel regression models in analyzing economic growth in Indonesia. *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, 9(5), 2450–2460.
- Hufaini, A. S. F. R., Raupong, & Ilyas, N. (2020). Regresi model data panel efek tetap dengan metode within group pada data indeks pembangunan manusia Provinsi Sulawesi Selatan. *Estimasi: Journal of Statistics and Its Application*, 1(1), 10–20
- 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) (studi kasus: IPM Sumatera Utara periode 2014–2020). *FARABI: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 5(2), 217–226.
- Imani, J. R. N., Nisa, K., Aziz, D., & Nusyirwan. (2025). Estimasi model fixed effect pada analisis regresi data panel dengan metode least square dummy variable (LSDV). *ScienceStatistics: Journal of Statistics, Probability, and Its Application*, 3(1), 1–14.
- Indrasetianingsih, A., & Wasik, T. K. 2020. Model Regresi Data Panel Untuk Mengetahui Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Kemiskinan Di Pulau Madura. *Jurnal Gaussian*, 9(3), 355–363.
- Iqbal, Muhammad. 2015. Pengolahan Data dengan Regresi Linier Berganda dengan SPSS (<https://dosen.perbanas.id/wpcontent/uploads/2015/05/Regresi-Linier-Berganda-SPSS1.pdf>) diakses pada 15 November 2025.
- Jamal, J. S., dkk. 2021. Determinant factors affecting the improvement of education index. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 25(1), 88–96.

- Madany, N., Ruliana, & Rais, Z. (2022). Regresi data panel dan aplikasinya dalam kinerja keuangan terhadap pertumbuhan laba perusahaan IDX LQ45 Bursa Efek Indonesia. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 4(2), 79–94.
- Mirza, D. S. (2012). Pengaruh Kemiskinan, Pertumbuhan Ekonomi, dan Belanja Modal terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah Tahun 2006–2009. *Economics Development Analysis Journal*, 1(2).
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to Linear Regression Analysis* (6th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Munandar, A., 2017. "Analisis Regresi Data Panel pada Pertumbuhan Ekonomi di Negara-Negara Asia". *Jurnal Ilmia Ekonomi Global Masa Kini*, Volume 8, pp. 59-67.
- Nachrowi, D.N. dan H. Usman. 2002. *Penggunaan Teknik Ekonometrika*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Nandita, D. A., Alamsyah, L. B., Jati, E. P., & Widodo, E. (2019). Regresi data panel untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi PDRB di Provinsi DIY tahun 2011–2015. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 2(1), 42.
- Pastha, R. W., Zilrahmi, & Martha, Z. (2025). Applications of Panel Data Analysis on Human Development Index Indicators in Districts/Cities of Lampung 2022–2024. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, 3(3), 347–354.
- Pramesti, G. 2016. *Statistika Lengkap Secara Teori dan Aplikasi dengan SPSS 23*. Alex Media Komputindo, Jakarta.
- Ratnasari, N. P. A. M., Kencana, I. P. E. N., & Gandhiadi, G. K. (2014). Aplikasi regresi data panel dengan pendekatan fixed effect model (studi kasus: PT PLN Gianyar). *E-Jurnal Matematika*, 3(1), 1–7.
- Rizki, M. I., Gumelar, F., Cerelia, J. J., Ammar, T., & Nugraha, A. (2022). Pemodelan regresi data panel pada faktor yang mempengaruhi tingkat

pengangguran terbuka di Jawa Barat. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya* (Terbitan II, hlm. 147).

Rosadi, Dedi. 2012. *Ekonometrika & Runtut Waktu Terapan dengan EVviews: Aplikasi untuk Bidang Ekonomi, Bisnis dan Keuangan* edisi kedua. Yogyakarta. Penerbit Andi.

Sitepu, Rasidin Karo-Karo, dan Bonar M Sinaga. 2006. *APLIKASI MODEL EKONOMETRIKA: Estimasi, Simulasi dan Peramalan Menggunakan Program SAS @ 9.2*. Bogor: IPB Press

Widarjono, Agus 2007. *Ekonometrika: Teori dan Aplikasi Untuk Ekonomi dan Bisnis*, edisi kedua. Yogyakarta: Ekonisia FE Universitas Islam Indonesia.

Widarjono, A. (2009). *Ekonometrika: Pengantar dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Ekonisia.

Yuliana, U. A. (2022). Pemodelan regresi data panel untuk memprediksi ketersediaan beras di Kabupaten Bojonegoro. *STATKOM: Jurnal Statistika dan Komputasi*, 1(1).

Yulianto, S., & Dwindi, D. 2024. Regresi data panel indeks pembangunan manusia Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *SQUARE: Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 6(1), 55–62.