

ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI DATA PANEL *FIXED EFFECT* MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE DUMMY VARIABLE* (LSDV) PADA INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA (IPM) PROVINSI LAMPUNG TAHUN 2018-2022

(Skripsi)

Oleh

**DEVANISA NORMA DEVIANA
2017031019**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

PARAMETER ESTIMATION OF FIXED EFFECT PANEL DATA REGRESSION MODELS USING THE LEAST SQUARE DUMMY VARIABLE (LSDV) METHOD ON THE HUMAN DEVELOPMENT INDEX (HDI) OF LAMPUNG PROVINCE IN 2018-2022

By

DEVANISA NORMA DEVIANA

Panel data regression is a regression analysis technique that utilizes a combination of time series and cross section data. In this regression model, parameters are estimated using the least squares method, but the differences in intercepts and slopes between time and cross section are unknown. One way to overcome this problem is to apply the fixed effect model approach. In a panel data model with fixed effects, dummy variables are used to capture variations in intercepts between cross sections. Parameter estimation in the fixed effect model uses the least squares method. A common method used to estimate parameters in the fixed effect model is the Least Square Dummy Variable (LSDV). By using LSDV, it can take into account variations in intercepts between cross sections and produce a more accurate analysis of the effect of independent variables on the dependent variable more accurately. This study utilizes the LSDV method to explain variations in intercepts between cross sections using panel data related to the Human Development Index (HDI) in Lampung Province from 2018 to 2022. From the parameter estimation results obtained:

$$IPM_{it} = \beta_{0i} + 0,691780 X_{1it} + 1,183600 X_{2it} + 0,001305 X_{3it} + 0,011590 X_{4it}$$

With the coefficient of determination in the panel data regression model using the fixed effect model of 98.3%.

Keywords: panel data regression, Fixed Effect Model, Least Square Dummy Variable, Human Development Index

ABSTRAK

ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI DATA PANEL *FIXED EFFECT* MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE DUMMY VARIABLE* (LSDV) PADA INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA (IPM) PROVINSI LAMPUNG TAHUN 2018-2022

Oleh

DEVANISA NORMA DEVIANA

Regresi data panel merupakan teknik analisis regresi dengan memanfaatkan kombinasi data dari *time series* dan *cross section*. Dalam model regresi ini, parameter diperkirakan menggunakan metode kuadrat terkecil, tetapi perbedaan dalam intersep dan slope antara waktu dan *cross section* tidak diketahui. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menerapkan pendekatan model *fixed effect*. Dalam model data panel dengan *fixed effect*, variabel dummy digunakan untuk menangkap variasi intersep antar *cross section*. Estimasi parameter dalam model *fixed effect* menggunakan metode kuadrat terkecil. Metode umum yang digunakan untuk menaksir parameter dalam model *fixed effect* adalah *Least Square Dummy Variable* (LSDV). Dengan menggunakan LSDV, dapat memperhitungkan variasi dalam intersep antar *cross section* dan menghasilkan analisis yang lebih akurat terkait pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen dengan lebih akurat. Penelitian ini memanfaatkan metode LSDV untuk menjelaskan variasi intersep antar *cross section* dengan menggunakan data panel terkait Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Lampung dari tahun 2018 hingga 2022. Dari hasil estimasi parameter diperoleh:

$$IPM_{it} = \beta_{0i} + 0,691780 X_{1it} + 1,183600 X_{2it} + 0,001305 X_{3it} + 0,011590 X_{4it}$$

Dengan koefisien determinasi pada model regresi data panel menggunakan *fixed effect model* sebesar 98,3%.

Kata kunci: regresi data panel, *Fixed Effect Model*, *Least Square Dummy Variable*, Indeks Pembangunan Manusia.

ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI DATA PANEL *FIXED EFFECT* MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE DUMMY VARIABLE* (LSDV) PADA INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA (IPM) PROVINSI LAMPUNG TAHUN 2018-2022

Oleh
DEVANISA NORMA DEVIANA
2017031019

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

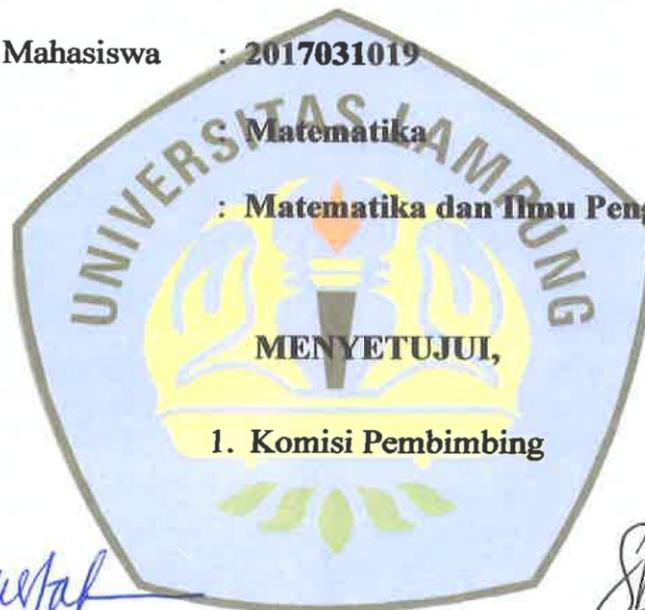
Judul Skripsi : **ESTIMASI PARAMETER MODEL
REGRESI DATA PANEL *FIXED EFFECT*
MENGUNAKAN METODE *LEAST
SQUARE DUMMY VARIABLE (LSDV)* PADA
INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA (IPM)
PROVINSI LAMPUNG TAHUN 2018-2022**

Nama Mahasiswa : **Devanisa Norma Deviana**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031019**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

Mustafa

Siti Laelatul Chasanah

Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.
NIP. 195701011984031020

Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.
NIP. 199306012019032021

Mengetahui,

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman

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

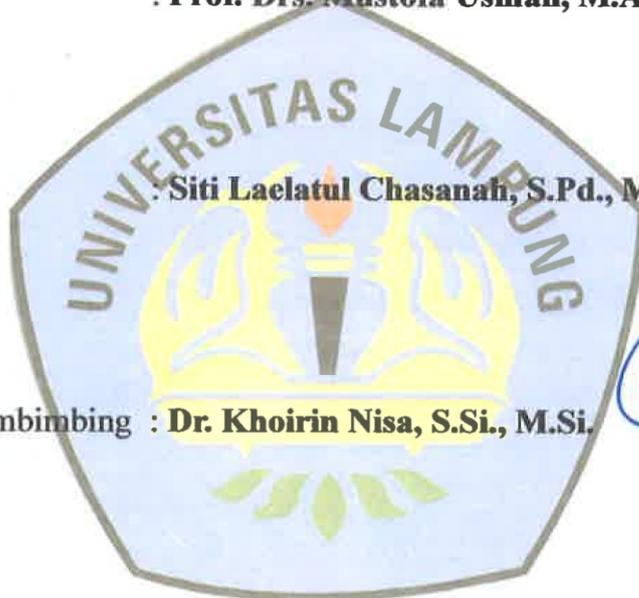
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.** 

Sekretaris : **Siti Laelatul Chasanah, 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. 19740705000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 April 2024**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Devanisa Norma Deviana**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031019**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Estimasi Parameter Model Regresi Data Panel
Fixed Effect Menggunakan Metode *Least
Square Dummy Variable (LSDV)* Pada Indeks
Pembangunan Manusia (IPM) Provinsi
Lampung Tahun 2018-2022**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 23 April 2024

Penulis



Devanisa Norma Deviana
NPM. 2017031019

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Devanisa Norma Deviana, lahir di Bogor pada tanggal 26 Juni 2002. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Briyan Briyadi dan Ibu Elya Sari.

Penulis memulai pendidikan di TK Aisyiyah Kalirejo pada tahun 2007-2008. Kemudian melanjutkan sekolah ke sekolah dasar di SD Negeri 1 Kalirejo pada tahun 2008-2014, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Kalirejo pada tahun 2014-2017, dan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Kalirejo pada tahun 2017-2020. Pada tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa S1 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) Universitas Lampung selama 2 periode yaitu pada kepengurusan tahun 2021 dan 2022. Pada bulan Januari – Februari 2023, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di BPS Lampung Timur. Sebagai bentuk pengabdian mahasiswa kepada masyarakat dan menjalankan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode kedua di Desa Babakan Loa, Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran pada bulan Juni – Agustus 2023.

KATA INSPIRASI

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(Q.S. Al-Insyirah : 6-8)

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah. Sungguh, Allah Maha Melihat akan hamba-hamba-Nya.”

(Q.S. Al-Ghafir : 44)

“Gagal merencanakan sama dengan merencanakan kegagalan”

“Aku telah memulainya dengan Bismillah, maka akan kuselesaikan hingga aku mengucapkan Alhamdulillah.”

PERSEMBAHAN

Dengan mengharap Rahmat dan keridhaan Allah SWT, kupersembahkan karya sederhana ini kepada:

Mama, Bapak, dan Abang

Dengan penuh cinta dan rasa terima kasih, saya ingin mengucapkan penghargaan kepada Mama saya Elya Sari dan Bapak saya Briyan Briyadi, serta kepada Abang saya Ferdian Nugraha yang telah mencurahkan segala pengorbanan, do'a, kasih sayang, dan dukungan tiada henti. Terima kasih telah menjadi rumah untuk kembali dari segala keluh kesah atas hal-hal yang datang.

Diri Sendiri

Terima kasih karna sudah bertahan sejauh ini dalam menghadapi segala rintangan dan tantangan. Teruslah berjuang dan semangat serta percaya bahwa diri ini mampu melalui segala hal yang akan dilalui dimasa mendatang.

Dosen Pembimbing dan Penguji

Bapak dan Ibu Dosen pembimbing dan penguji yang senantiasa telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan ilmu yang berharga kepada penulis.

Sahabat-Sahabatku

Para sahabat tersayang yang telah memberikan semangat dukungan dan do'a, serta selalu membantu penulis selama perkuliahan.

Almamater Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat limpahan rahmat dan izin-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Estimasi Parameter Model Regresi Data Panel *Fixed Effect* Menggunakan Metode *Least Square Dummy Variable* (LSDV) pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Provinsi Lampung Tahun 2018-2022”.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak pihak yang telah membantu penulis, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D. selaku pembimbing satu yang telah memberikan waktu, arahan serta masukan selama proses penyelesaian penyusunan skripsi.
2. Ibu Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si. selaku pembimbing dua yang telah memberikan waktu, arahan serta masukan selama proses penyelesaian penyusunan skripsi.
3. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si. selaku pembahas pada sidang skripsi.
4. Bapak Ir. Warsono, M.S., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Kedua orang tua, abang, dan seluruh keluarga yang selalu memberi nasihat, doa, dukungan dan motivasinya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
7. Diri sendiri yang sudah bertahan sejauh ini dalam menyelesaikan segala bentuk perkuliahan hingga sampai pada titik ini.
8. Sahabat-sahabat penulis, Nadia Athiyah Putri, Arlinda Febriyanti, Afra Nabilla Zury, Ocha Cantika Putri, Rini Oktari, Silvia Risma Febiola Marbun dan Mawar Alhani yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis dalam menyelesaikan pengerjaan skripsi.

9. Teman baik penulis, Muhtarom Ahkam Maulana dan Ziyad Muhammad Adzin Az Zufari yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan pengerjaan skripsi.
10. Ciwi-ciwi MIKAT, Silvia Sinta Sari, Zahra Gidant Dewigita, Rafika Aulia Arpan, Amanda Az Zahra, dan Ratna Arum Sari yang telah kebersamai penulis dalam pengerjaan skripsi.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah senantiasa melimpahkan karunia-Nya atas segala kebaikan semua pihak yang terlibat membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat.

Bandar Lampung, 23 April 2024

Penulis,

Devanisa Norma Deviana

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Regresi Linier	5
2.2 Regresi Data Panel	6
2.2.1 Estimasi Model Regresi Data Panel.....	8
2.2.2 Spesifikasi Model Regresi Data Panel	11
2.3 Uji Normalitas	13
2.4 Model <i>Fixed Effect</i> dengan Metode LSDV	14
2.5 Estimasi Parameter Model <i>Fixed Effect</i> dengan Metode LSDV	18
2.6 Uji Signifikansi Parameter	20
2.7 Koefisien Determinasi.....	21
2.8 Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	22
III. METODE PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Data Penelitian	23
3.3 Metode Penelitian.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Analisis Deskriptif.....	26
4.2 Estimasi Model Regresi Data Panel	27
4.3 Spesifikasi Model Regresi Data Panel	29

4.4 Uji Normalitas	32
4.5 Estimasi Parameter Model <i>Fixed Effect</i> dengan Pendekatan LSDV	32
4.6 Uji Signifikansi Parameter	36
4.7 Koefisien Determinasi	37
V. KESIMPULAN	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Struktur data panel secara umum	7
2. Struktur data panel menggunakan efek individu.....	15
3. Variabel penelitian data panel	23
4. Statistika deskriptif untuk data IPM dan prediktornya	26
5. Estimasi CEM untuk data IPM	28
6. Estimasi FEM untuk data IPM	28
7. Estimasi REM untuk data IPM	29
8. Hasil uji <i>Chow</i>	30
9. Hasil uji <i>Hausman</i>	30
10. Hasil uji <i>Breusch-Pagan</i>	31
11. Hasil uji normalitas	32
12. Estimasi parameter setiap variabel.....	33
13. Hasil intersep dengan efek individu	34
14. Persamaan untuk setiap variabel <i>dummy</i>	35
15. Hasil uji serentak.....	36
16. Hasil uji parsial	37
17. Koefisien determinasi	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Perkembangan IPM Provinsi Lampung 2018-2022	2

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Estimasi adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan nilai parameter. Data yang digunakan untuk menentukan nilai perkiraan parameter oleh estimator adalah sebuah sampel yang digunakan dalam proses estimasi parameter tersebut (Yendra dan Noviadi, 2015). Estimasi parameter dalam model regresi mengacu pada proses matematis atau statistik yang digunakan untuk menghitung nilai-nilai parameter. Model regresi adalah teknik statistik yang dipakai untuk membentuk suatu representasi matematis dari hubungan antara satu atau lebih variabel independen dengan satu variabel dependen (variabel yang ingin diprediksi).

Estimasi parameter pada model regresi melibatkan penggunaan metode kuadrat terkecil (*least squares*) untuk menghitung nilai-nilai parameter. Tetapi, dalam model ini tidak diketahui tentang perbedaan dalam intersep dan slop baik antar waktu ataupun antar *cross section*. Cara yang dilakukan dalam menangani masalah ini adalah dengan memanfaatkan model *fixed effect*. Dalam analisis data panel, model *fixed effect* memanfaatkan variabel *dummy* untuk memberikan penjelasan perbedaan dalam intersep antar *cross section*. Penaksir parameter model *fixed effect* dilakukan menerapkan metode kuadrat terkecil. Maka dari itu, model *fixed effect* dapat diestimasi dengan metode *Least Square Dummy Variable* (LSDV).

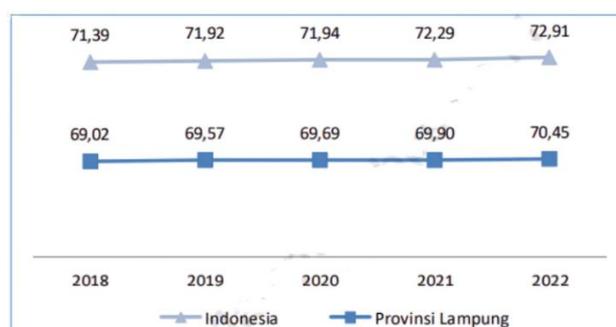
Merujuk pada penelitian sebelumnya, Putri (2011) membahas tentang estimasi parameter dengan metode LSDV pada perusahaan di Amerika Serikat. Pada tahun 2023, Ahmad, dkk. membahas tentang estimasi parameter dengan metode LSDV pada IPM Provinsi Sulawesi Selatan. Hasil yang diperoleh dari dua penelitian

tersebut yaitu mendapatkan dua model persamaan estimasi parameter dalam bentuk $\hat{\beta}_0$ (estimasi intersep setiap *cross section*) dan $\hat{\beta}$ (estimasi parameter).

Penelitian lainnya dilakukan oleh Ramadanisa dan Triwahyuningtyas (2022) yang membahas tentang analisis faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Provinsi Lampung. Hasil dari penelitian ini yaitu variabel sektor pendidikan, sektor kesehatan, dan pendapatan per kapita memiliki pengaruh terhadap IPM Provinsi Lampung. Sedangkan, variabel kemiskinan tidak mempengaruhi IPM Provinsi Lampung.

Untuk mempertimbangkan dan mengontrol efek individu atau efek waktu yang mungkin memengaruhi variabel dependen dapat dilakukan dengan menggunakan metode LSDV dalam estimasi parameter model regresi data panel. Hal ini memungkinkan hasil yang lebih akurat untuk memahami dan menganalisis hubungan antara variabel-variabel dalam situasi yang melibatkan data panel dengan karakteristik unik untuk setiap individu dan perubahan dalam waktu. Metode ini sering digunakan dalam berbagai bidang, salah satunya bidang ekonomi.

Indeks pembangunan manusia dapat digunakan untuk menilai dampak kebijakan ekonomi terhadap tingkat kesejahteraan di suatu wilayah (Su, dkk., 2013). Pembangunan manusia menjadi indikator tolak ukur dalam meningkatkan kesejahteraan penduduk di berbagai negara termasuk Indonesia (Amaluddin, dkk., 2018). IPM adalah suatu indikator perbandingan yang meliputi harapan hidup, tingkat melek huruf, akses pendidikan, dan standar hidup di setiap negara. IPM digunakan dalam mengkategorikan negara sebagai maju, berkembang, atau terbelakang.



Gambar 1. Perkembangan IPM Provinsi Lampung 2018-2022.
(Sumber : Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung Tahun 2022)

Status IPM dikategorikan tinggi jika mempunyai skor $70 \leq \text{IPM} < 80$ dan berstatus sedang jika skor $60 \leq \text{IPM} < 70$ (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2022). Dari gambar 1, capaian pembangunan manusia pada Provinsi Lampung tahun 2022 berstatus tinggi yaitu berada di skor 70,45. Sedangkan, di tahun 2018-2021 Provinsi Lampung masih menyandang status pembangunan manusia berkategori sedang. BPS mencatat bahwa rata-rata IPM Provinsi Lampung berada dibawah rata-rata IPM Indonesia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka Provinsi Lampung perlu memberikan perhatian lebih terhadap semua kabupaten/kota terutama dalam upaya meningkatkan IPM. Pendekatan tiga dimensi utama kesejahteraan manusia digunakan sebagai tolak ukur dalam menentukan IPM, yaitu aspek umur panjang dan sehat yang diukur dengan angka harapan hidup saat lahir, tingkat pendidikan yang diperhitungkan berdasarkan rata-rata lama sekolah, dan standar hidup yang layak yang diukur melalui pengeluaran per kapita dan jumlah penduduk miskin (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2022).

Penulis akan melakukan estimasi parameter model regresi data panel IPM dari 15 kabupaten/kota di Provinsi Lampung untuk mengidentifikasi pengaruh variabel independen (angka harapan hidup, rata-rata lama sekolah, pengeluaran per kapita, serta jumlah penduduk miskin) terhadap variabel dependen (indeks pembangunan manusia) menggunakan model *fixed effect* dengan metode *Least Square Dummy Variable*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya yaitu:

1. Menentukan bentuk estimasi parameter model regresi data panel *fixed effect* dengan metode *Least Square Dummy Variable*.
2. Mengidentifikasi pengaruh variabel independen/prediktor terhadap variabel dependen pada data indeks pembangunan manusia Provinsi Lampung.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diantaranya yaitu:

1. Dapat mengestimasi parameter koefisien regresi pada regresi data panel *fixed effect model* menggunakan metode *Least Square Dummy Variable*.
2. Mengetahui pengaruh variabel independen/prediktor terhadap variabel dependen.
3. Menjadi referensi atau bahan bacaan bagi pembaca dan peneliti lainnya mengenai cara estimasi parameter regresi data panel *fixed effect model* menggunakan metode *Least Square Dummy Variable*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Regresi Linier

Regresi linier adalah teknik statistik yang digunakan untuk memahami dan memodelkan hubungan antara dua atau lebih variabel dengan menggunakan model linier yang sesuai (Montgomery, dkk., 2021). Dalam perkembangannya, terdapat dua jenis regresi linier, yaitu regresi linier sederhana dan regresi linier berganda. Regresi linier sederhana adalah pemodelan regresi yang dipakai dalam menjelaskan hubungan antara satu variabel independen (variabel bebas) dengan satu variabel dependen (variabel terikat). Menurut Ningsih dan Dukalang (2019), bentuk umum persamaan regresi linier sederhana dinyatakan pada persamaan (2.1):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

Keterangan:

Y_i : Variabel dependen

β_0 : Intersep

β_1 : Koefisien *slope* untuk semua unit

X_i : Variabel independen

ε_i : *Error*

i : 1, 2, ..., N untuk unit individu

Model regresi linier berganda adalah pengembangan model dari model regresi linier sederhana. Berbeda dengan regresi linier sederhana yang hanya melibatkan satu variabel independen serta satu variabel dependen, pada regresi linier berganda jumlah variabel independennya lebih dari satu dan variabel dependennya hanya satu. Menurut Ningsih dan Dukalang (2019), dengan bertambahnya variabel

independen maka bentuk umum dari persamaan regresi linier berganda yang memuat dua atau lebih variabel independen dinyatakan pada persamaan (2.2):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.2)$$

Keterangan:

- Y_i : Variabel terikat (dependen)
 β_0 : Intersep
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: Koefisien *slope* untuk semua unit
 $X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$: Variabel prediktor (independent)
 ε_i : *Error*
 i : 1, 2, ..., N untuk unit individu

Menurut Ahmad, dkk. (2023) persamaan umum model regresi linier dalam bentuk matriks dinyatakan pada persamaan (2.3):

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.3)$$

dengan,

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}; \quad \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}; \quad \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Keterangan:

- \mathbf{y} : Vektor respon (dependen)
 \mathbf{X} : Matriks prediktor (independen)
 $\boldsymbol{\beta}$: Vektor parameter
 $\boldsymbol{\varepsilon}$: Vektor *error* $\varepsilon_{it} \sim iid N(0, \sigma^2)$

2.2 Regresi Data Panel

Pada analisis statistik, pengumpulan data bisa dilakukan secara berkelanjutan terhadap satu subjek, yang dikenal sebagai data runtut waktu (*time series*). Sebaliknya, pengumpulan data juga bisa dilakukan terhadap banyak subjek pada satu titik waktu tertentu yang disebut data lintas waktu (*cross section*). Ketika data runtut waktu dan data lintas waktu digabung, hasilnya dikenal sebagai data panel. Oleh karena itu, data panel didefinisikan sebagai kumpulan data yang berasal dari

berbagai subjek selama beberapa periode waktu. Dengan demikian, regresi data panel merupakan jenis regresi yang memanfaatkan data panel dengan menggabungkan data runtut waktu dan lintas waktu (Suliyanto, 2011).

Menurut Gujarati (2004), data panel memiliki dua jenis, yaitu panel seimbang (*balanced panel*) dan panel tidak seimbang (*unbalanced panel*). Panel seimbang terjadi ketika setiap unit *cross section* mempunyai jumlah periode waktu yang sama, sementara itu panel tidak seimbang terjadi ketika jumlah periode waktu berbeda untuk setiap unit *cross section*.

Menurut Caraka dan Yasin (2017), regresi yang dilakukan dengan data panel dikenal sebagai model regresi data panel. Dengan menggunakan data panel, bisa mendapatkan beberapa keuntungan yaitu:

1. Data panel menghasilkan jumlah data yang lebih besar sehingga *degree of freedom* yang dihasilkan lebih besar.
2. Dapat menangani masalah penghilangan variabel (*omitted-variable*).

Tabel 1. Struktur data panel secara umum

Individu	Waktu	Y_{it}	X_{1it}	X_{2it}	...	X_{kit}
$i = 1$	$t = 1$	Y_{11}	X_{111}	X_{211}	...	X_{k11}
	$t = 2$	Y_{12}	X_{112}	X_{212}		X_{k12}
	$t = 3$	Y_{13}	X_{113}	X_{213}		X_{k13}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
	$t = T$	Y_{1T}	X_{11T}	X_{21T}		X_{k1T}
$i = 2$	$t = 1$	Y_{21}	X_{121}	X_{221}	...	X_{k21}
	$t = 2$	Y_{22}	X_{122}	X_{222}		X_{k22}
	$t = 3$	Y_{23}	X_{123}	X_{223}		X_{k23}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
	$t = T$	Y_{2T}	X_{12T}	X_{22T}		X_{k2T}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
$i = N$	$t = 1$	Y_{N1}	X_{1N1}	X_{2N1}	...	X_{kN1}
	$t = 2$	Y_{N2}	X_{1N2}	X_{2N2}		X_{kN2}
	$t = 3$	Y_{N3}	X_{1N3}	X_{2N3}		X_{kN3}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
	$t = T$	Y_{NT}	X_{1NT}	X_{2NT}		X_{kNT}

Menurut Baltagi (2005), secara umum model regresi data panel dapat dinyatakan pada persamaan (2.4):

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2.4)$$

Keterangan:

Y_{it} : Variabel dependen ke- i pada data *cross section* untuk waktu ke- t

β_0 : Intersep

β_1 : Koefisien *slope* untuk semua unit

X_i : Variabel independen untuk unit *cross section* ke- i dan waktu ke- t

ε_i : *Error* regresi dari individu ke- i untuk periode waktu ke- t

i : 1, 2, ..., N untuk unit individu

t : 1, 2, ..., T untuk waktu

2.2.1 Estimasi Model Regresi Data Panel

Menurut Firdaus (2004), estimasi model regresi data panel merupakan teknik analisis yang menerangkan hubungan antara variabel yang mendukung hubungan sebab-akibat. Penggunaan regresi data panel dikenal sebagai model regresi data panel. Secara umum, model regresi data panel dapat dinyatakan pada persamaan (2.5):

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2.5)$$

Keterangan:

Y_{it} : Variabel dependen ke- i pada data *cross section* untuk waktu ke- t

X_{it} : Variabel independen untuk unit *cross section* ke- i dan waktu ke- t

β_0 : Intersep

β_k : Koefisien *slope* untuk semua unit

ε_{it} : *Error* regresi dari individu ke- i untuk periode waktu ke- t

i : 1, 2, ..., N untuk unit individu

t : 1, 2, ..., N untuk waktu

k : 1, 2, ..., n untuk jumlah variabel prediktor

Asumsi yang diterapkan dalam analisis data panel adalah semua variabel independen bersifat *nonstochastic* dan bahwa kesalahan residual mengikuti asumsi klasik yang melibatkan distribusi normal $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2)$ (Judge, dkk., 1980).

Terdapat 3 pendekatan umum yang digunakan untuk melakukan estimasi model regresi data panel yaitu *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM).

1. *Common Effect Model* (CEM)

Pendekatan ini adalah pendekatan paling sederhana yang disebut estimasi CEM. Pendekatan ini tidak mempertimbangkan perbedaan antara unit-unit *cross section* maupun antar waktu. Dalam asumsi ini, dapat diperkirakan bahwa perilaku data di antara unit-unit *cross section* adalah serupa di berbagai periode waktu (Kusumaningrum, dkk., 2022). Menurut Kosmaryati, dkk. (2019), *common effect model* dapat dinyatakan pada persamaan (2.6):

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2.6)$$

Keterangan:

Y_{it} : Variabel dependen ke- i pada data *cross section* untuk waktu ke- t

X_{it} : Variabel independen untuk unit *cross section* ke- i dan waktu ke- t

β_0 : Intersep

β_k : Koefisien *slope* untuk semua unit

ε_{it} : *Error* regresi dari individu ke- i untuk periode waktu ke- t

i : 1, 2, ..., N untuk unit individu

t : 1, 2, ..., N untuk waktu

k : 1, 2, ..., n untuk jumlah variabel prediktor

2. *Fixed Effect Model* (FEM)

Menurut Gujarati (2004), cara untuk memperhitungkan unit-unit *cross section* dalam model regresi panel yaitu dengan mengizinkan nilai intersep yang tidak sama pada tiap unit *cross section*, sementara tetap menaksir koefisien slope tetap.

Menurut Kosmaryati, dkk. (2019), *fixed effect model* dapat dinyatakan pada persamaan (2.7):

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Y_{it} : Variabel dependen ke- i pada data *cross section* untuk waktu ke- t

X_{it} : Variabel independen untuk unit *cross section* ke- i dan waktu ke- t

β_0 : *Intercept*

β_k : Koefisien *slope* untuk semua unit

ε_{it} : *Error* regresi dari individu ke- i untuk periode waktu ke- t

i : 1, 2, ..., N untuk unit individu

t : 1, 2, ..., N untuk waktu

k : 1, 2, ..., n untuk jumlah variabel prediktor

3. *Random Effect Model (REM)*

Rahmadeni dan Wulandari (2017), berpendapat bahwa REM mengasumsikan bahwa efek individu untuk setiap unit *cross section* bersifat acak. REM juga mengasumsikan tidak adanya korelasi antara pengaruh spesifik individu dan pengaruh spesifik waktu dengan variabel bebas. Asumsi ini menyebabkan sisaan pengaruh spesifik individu dan sisaan pengaruh spesifik waktu menjadi kombinasi komponen sisaan. Menurut Kosmaryati, dkk. (2019), *random effect model* dapat dinyatakan pada persamaan (2.8):

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2.8)$$

Keterangan:

Y_{it} : Variabel dependen ke- i pada data *cross section* untuk waktu ke- t

X_{it} : Variabel independen untuk unit *cross section* ke- i dan waktu ke- t

β_0 : Intersep

β_k : Koefisien *slope* untuk semua unit

μ_i : *Error* pada unit obeservasi ke- i

ε_{it} : *Error* regresi dari individu ke- i untuk periode waktu ke- t

- i : 1, 2, ..., N untuk unit individu
 t : 1, 2, ..., N untuk waktu
 k : 1, 2, ..., n untuk jumlah variabel prediktor

2.2.2 Spesifikasi Model Regresi Data Panel

Spesifikasi model regresi digunakan dalam menentukan model yang sesuai diantara pendekatan model yang digunakan antara CEM, FEM, atau REM. Serta memilih efek yang sesuai diantara efek individu, efek waktu, dan efek dua arah. Spesifikasi model regresi data panel dilakukan melalui uji *Chow*, uji *Hausman*, dan uji *Lagrange Multiplier*, serta pemilihan efek dapat dilakukan dengan uji *Breusch-Pagan*.

1. Uji *Chow*

Uji *Chow* dilakukan untuk menentukan model regresi data panel yang lebih baik antara CEM atau FEM. Pengujian ini menggunakan hipotesis sebagai berikut (Yulianto dan Romandilla, 2022):

H_0 : $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_N = \alpha$ (Model mengikuti CEM)

H_1 : Setidaknya ada satu $\alpha_i \neq \alpha$, dengan $i = 1, 2, \dots, N$ (Model mengikuti FEM)

Kriteria pengambilan keputusan yaitu tolak H_0 atau terima H_1 jika $F_{hitung} > F_{(N-1, NT-N-k)}$ atau $p - value < \alpha$, artinya model sementara mengikuti *fixed effect model*.

Menurut Greene (2012), statistik uji *Chow* dinyatakan pada persamaan (2.9):

$$F = \frac{(SSE_{CEM} - SSE_{FEM}) / (N - 1)}{SSE_{FEM} / (NT - N - k)} \quad (2.9)$$

Keterangan:

SSE_{CEM} : Jumlah kuadrat residual model CEM

SSE_{FEM} : Jumlah kuadrat residual model FEM

N : Jumlah data *cross section*

T : Jumlah data runtun waktu

k : Jumlah parameter yang diestimasi

2. Uji Hausman

Uji *Hausman* dilakukan untuk menentukan model regresi data panel yang lebih baik antara REM atau FEM. Pengujian ini menggunakan hipotesis sebagai berikut (Caraka dan Yasin, 2017):

$H_0 : corr(x_{it}, \varepsilon_i) = 0$ (Model mengikuti REM)

$H_1 : corr(x_{it}, \varepsilon_i) \neq 0$ (Model mengikuti FEM)

Kriteria pengambilan keputusan yaitu tolak H_0 atau terima H_1 jika p-value $< \alpha$, artinya model yang terpilih adalah *fixed effect model*.

Menurut Greene (2012), statistik uji *Hausman* dinyatakan pada persamaan (2.10):

$$W = [\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}]' \hat{\Psi}^{-1} [\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}] \quad (2.10)$$

dengan

$$\hat{\Psi} = Var[\hat{\beta}_{FEM}] - Var[\hat{\beta}_{REM}]$$

Keterangan:

$\hat{\beta}_{FEM}$: Koefisien *fixed effect*

$\hat{\beta}_{REM}$: Koefisien *random effect*

3. Uji Lagrange Multiplier

Uji *Lagrange Multiplier* dilakukan untuk memilih salah satu model regresi data panel terbaik antara CEM atau REM. Pengujian ini menggunakan hipotesis sebagai berikut (Qurratu'ain dan Ratnasari, 2016):

$H_0 : \sigma_1^2 = 0$ (Model mengikuti CEM)

$H_1 : \sigma_1^2 \neq 0$ (Model mengikuti REM)

Kriteria pengambilan keputusan yaitu tolak H_0 atau terima H_1 jika $LM > \chi_{(db)}^2$ atau p-value $< \alpha$, artinya model yang terpilih adalah *random effect model*.

Menurut Venosia, dkk. (2022), statistik uji *Lagrange Multiplier* dinyatakan pada persamaan (2.11).

$$LM = \frac{NT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{i=1}^N [\sum_{t=1}^T e_{it}]^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (2.11)$$

Ketengan:

N : Jumlah unit individu dalam data panel

T : Jumlah waktu (periode waktu) dalam data panel

e_{it} : *Error* dari model regresi untuk unit individu ke- i pada waktu t

4. Uji *Breusch-Pagan*

Widarjono (2013) menyatakan bahwa perlu dilakukan uji *Breusch-Pagan* untuk mengetahui adanya efek individu, waktu, maupun dua arah (*twoways*) di dalam model yang terbentuk. Adapun hipotesis yang digunakan sebagai berikut:

a. Uji efek individu

$H_0 : \mu_i = 0, \lambda_t \sim iid, N(0, \sigma_\lambda^2)$ (tidak terdapat efek individu)

$H_1 : \mu_i \neq 0, \lambda_t \sim iid, N(0, \sigma_\lambda^2)$ (terdapat efek individu)

b. Uji efek waktu

$H_0 : \mu_i = 0, \mu_i \sim iid, N(0, \sigma_\lambda^2)$ (tidak terdapat efek waktu)

$H_1 : \mu_i \neq 0, \mu_i \sim iid, N(0, \sigma_\lambda^2)$ (terdapat efek waktu)

c. Uji efek dua arah

$H_0 : \mu_i \neq 0, \lambda_t = 0$ atau $\mu_i = 0, \lambda_t \neq 0$ (tidak terdapat efek dua arah)

$H_1 : \mu_i \neq 0, \lambda_t \neq 0$ (terdapat efek dua arah)

Kriteria keputusan tolak H_0 atau terima H_1 jika nilai p-value $< \alpha$ yang berarti terdapat efek pada model yang terbentuk.

2.3 Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk memastikan apakah nilai residual dari data penelitian mengikuti distribusi normal (Yulianto, dkk., 2018). Salah satu uji untuk mendeteksi normalitas dapat menggunakan Uji *Jarque-Bera*. Pengujian ini dapat menggunakan hipotesis sebagai berikut (Kabasarang, dkk., 2013):

H_0 : Sampel berdistribusi normal

H_1 : Sampel tidak berdistribusi normal

Kriteria keputusan terima H_0 atau tolak H_1 jika nilai p-value $> \alpha$ yang berarti galat berdistribusi normal.

Statistik Uji *Jarque-Bera* dapat dinyatakan pada persamaan (2.12).

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right) \quad (2.12)$$

dengan,

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

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

Keterangan:

x : data yang di uji kenormalan

n : ukuran sampel

S : nilai *skewness* residual

K : nilai *kurtosis* residual

2.4 Model *Fixed Effect* dengan Metode LSDV

Menurut Caraka dan Yasin (2017), pendekatan metode kuadrat terkecil biasa melibatkan asumsi bahwa intersep dan koefisien regresor tetap konstan pada semua unit wilayah atau waktu. Salah satu cara untuk memperhitungkan unit *cross section* atau unit *time series* yaitu dengan menyisipkan variabel *dummy* yang menghasilkan nilai parameter yang berbeda untuk setiap unit *cross section* atau *time series*. Pendekatan ini dikenal sebagai metode LSDV atau juga disebut sebagai *covariance model*. Pendekatan yang umum dilakukan yaitu dengan memperbolehkan intersep berbeda-beda antara unit *cross section*, sementara slope koefisien tetap konstan antara unit *cross section*. Pendekatan ini dikenal sebagai *fixed effect model*.

Dalam model regresi *fixed effect* tidak terdapat intersep, hal ini dikarenakan spesifikasi model *fixed effect* yang digunakan yaitu model *within* dengan efek

individu. Penggunaan *within estimator* bertujuan untuk menghilangkan efek heterogenitas yang tidak terobservasi dengan cara melakukan perhitungan rerata dari tiap waktu pengamatan oleh tiap unit *cross section* (Wahyudi, 2020). Biasanya efek individu pada model *fixed effect* akan dimasukkan sebagai *variable dummy* dan oleh karena itu tidak ada nilai intersep yang diperhitungkan secara terpisah di dalam model *fixed effect*.

Dalam LSDV, *variable dummy* untuk efek individu yang berbeda menciptakan perbedaan dalam nilai intersep untuk masing-masing kategori efek individu. Ini memungkinkan model untuk mengakomodasi efek individu dalam bentuk perbedaan intersep, yang menggunakan estimasi dampak relatif dari efek individu terhadap variabel dependen.

Tabel 2. Struktur data panel menggunakan efek individu

Individu	Waktu	Y_{it}	X_{1it}	X_{2it}	...	X_{kit}
$i = 1$	$t = 1$	Y_{11}	X_{111}	X_{211}	...	X_{k11}
$i = 2$	$t = 2$	Y_{22}	X_{122}	X_{222}	...	X_{k22}
$i = 3$	$t = 3$	Y_{33}	X_{133}	X_{233}	...	X_{k33}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
$i = N$	$t = T$	Y_{NT}	X_{1NT}	X_{2NT}	...	X_{kNT}

Pada persamaan (2.7) model diasumsikan bahwa intersep β_{0i} bervariasi antar individu tetapi intersep antar waktu sama (*time invariant*), sedangkan *slope* β_k sama antar individu dan antar waktu. Dalam menjelaskan adanya perbedaan intersep antar individu, FEM pada regresi data panel menggunakan variabel *dummy*. Sehingga menurut Putri (2011), persamaan (2.7) dapat ditulis menjadi persamaan (2.14):

$$Y_{it} = \beta_{0i}D_{it} + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2.14)$$

dengan,

$$D_{it} = \begin{cases} 1, & \text{jika } i = t \\ 0, & \text{jika } i \neq t \end{cases}$$

Untuk $i = N$ dan $t = 1, 2, \dots, T$ persamaan (2.14) dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Y_{N1} \\ Y_{N2} \\ \vdots \\ Y_{NT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{1N1} & X_{2N1} & \cdots & X_{pN1} \\ 0 & X_{1N2} & X_{2N2} & \cdots & X_{pN2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & X_{1NT} & X_{2NT} & \cdots & X_{pNT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{0N} \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{N1} \\ \varepsilon_{N2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{NT} \end{bmatrix}$$

Maka secara keseluruhan NT observasi dapat ditulis pada persamaan (2.16):

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{j} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{j} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta}_{01} \\ \boldsymbol{\beta}_{02} \\ \vdots \\ \boldsymbol{\beta}_{0N} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 \\ \mathbf{X}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{X}_N \end{bmatrix} \boldsymbol{\beta} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon}_1 \\ \boldsymbol{\varepsilon}_2 \\ \vdots \\ \boldsymbol{\varepsilon}_N \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

$(NT \times 1)$ $(NT \times N)$ $(N \times 1)$ $(NT \times 1)$ $(NT \times 1)$

dengan,

$$\mathbf{y}_i = \begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X}_i = \begin{bmatrix} X_{1i1} & X_{2i1} & \cdots & X_{pi1} \\ X_{1i2} & X_{2i2} & \cdots & x_{pi2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1iT} & X_{2iT} & \cdots & x_{piT} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\varepsilon}_i = \begin{bmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{iT} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}$$

dengan \mathbf{j} dan $\mathbf{0}$ adalah vektor berukuran $T \times 1$, maka matriks pada persamaan (2.16) dapat ditulis pada persamaan (2.17):

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \mathbf{D}\boldsymbol{\beta}_0 + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \\ &= [\mathbf{D} \quad \mathbf{X}] \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta}_0 \\ \boldsymbol{\beta} \end{bmatrix} + \boldsymbol{\varepsilon} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Misal $[\mathbf{D} \quad \mathbf{X}] = \mathbf{M}$ dan $\begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta}_0 \\ \boldsymbol{\beta} \end{bmatrix} = \boldsymbol{\theta}$, maka persamaan (2.15) dapat ditulis pada persamaan (2.18):

$$\mathbf{y} = \mathbf{M}\boldsymbol{\theta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.18)$$

Setelah diperoleh model dari regresi data panel *fixed effect* dengan metode LSDV maka selanjutnya dicari estimasi parameter $\boldsymbol{\theta}$.

2.5 Estimasi Parameter Model *Fixed Effect* dengan Metode LSDV

Estimasi merupakan proses menggunakan data sampel statistik untuk memperkirakan atau mengevaluasi hubungan antara parameter yang tidak diketahui dari populasi. Estimasi menyajikan informasi tentang parameter populasi yang tidak diketahui berdasarkan sampel acak yang diambil dari populasi tersebut. Dengan demikian, estimasi memungkinkan kita untuk memperoleh pemahaman tentang keadaan parameter populasi (Hasan, 2002).

Menurut Yitnosumarto (1990), estimator (penduga) merupakan variabel acak dalam statistik yang digunakan untuk memperkirakan suatu parameter (variabel yang tidak diketahui). Hasil dari proses estimasi yang diterapkan pada data dari seluruh sampel disebut nilai estimasi (*estimator value*).

Estimasi parameter dengan LSDV adalah teknik statistik yang dipakai pada analisis regresi data panel untuk mengatasi efek tetap individu atau waktu yang tidak teramati. Menurut Greene (2012), LSDV adalah pendekatan yang digunakan untuk mengendalikan efek tetap individu dalam analisis data panel. Dengan menciptakan *variable dummy* yang mewakili setiap individu, kita dapat memodelkan perubahan seiring waktu dalam variabel dependen.

Dalam menjalankan estimasi parameter θ pada LSDV dapat menerapkan metode kuadrat terkecil (*least square*) dengan cara meminimumkan fungsi total kuadrat *error* (Putri, 2011).

$$\begin{aligned}
 SSE &= \boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon} \\
 &= [\varepsilon_1 \quad \cdots \quad \varepsilon_N] \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_N \end{bmatrix} \\
 &= \varepsilon_1 \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \varepsilon_2 + \cdots + \varepsilon_N \varepsilon_N \\
 &= \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \\
 &= (\mathbf{y} - \mathbf{M}\boldsymbol{\theta})^2 \\
 &= (\mathbf{y} - \mathbf{M}\boldsymbol{\theta})^T (\mathbf{y} - \mathbf{M}\boldsymbol{\theta})
 \end{aligned} \tag{2.19}$$

Untuk mencapai minimum suatu fungsi maka dapat dilakukan dengan melakukan turunan pertama SSE terhadap θ , kemudian menyamakannya dengan nol.

$$\begin{aligned}\frac{dSSE}{d\theta} &= 0 \\ \frac{d((y - M\theta)^T (y - M\theta))}{d\theta} &= 0 \\ \frac{d((y^T - \theta^T M^T) (y - M\theta))}{d\theta} &= 0 \\ \frac{d(y^T y - y^T M\theta - \theta^T M^T y + \theta^T M^T M\theta)}{d\theta} &= 0 \\ \frac{d(y^T y - y^T M\theta - y^T M\theta + \theta^T M^T M\theta)}{d\theta} &= 0 \\ 0 - y^T M - y^T M + 2\theta^T M^T M &= 0 \\ -2y^T M + 2\theta^T M^T M &= 0 \\ 2\theta^T M^T M &= 2y^T M \\ \theta^T M^T M &= y^T M \\ M^T M\hat{\theta} &= M^T y\end{aligned}$$

dengan $M = [D \quad X]$ dan $\hat{\theta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta} \end{bmatrix}$, sehingga didapat

$$\begin{bmatrix} D^T \\ X^T \end{bmatrix} [D \quad X] \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D^T \\ X^T \end{bmatrix} y$$

$$\begin{bmatrix} D^T D & D^T X \\ X^T D & X^T X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D^T y \\ X^T y \end{bmatrix}$$

$$D^T D \hat{\beta}_0 + D^T X \hat{\beta} = D^T y \quad (2.20)$$

$$X^T D \hat{\beta}_0 + X^T X \hat{\beta} = X^T y \quad (2.21)$$

Berdasarkan persamaan (2.20) bentuk estimasi parameter dari $\hat{\beta}_0$ yaitu:

$$D^T D \hat{\beta}_0 + D^T X \hat{\beta} = D^T y$$

$$D^T D \hat{\beta}_0 = D^T y - D^T X \hat{\beta}$$

$$(D^T D)^{-1} D^T D \hat{\beta}_0 = (D^T D)^{-1} D^T y - (D^T D)^{-1} D^T X \hat{\beta}$$

$$\hat{\beta}_0 = (D^T D)^{-1} D^T y - (D^T D)^{-1} D^T X \hat{\beta} \quad (2.22)$$

Sedangkan bentuk estimasi parameter dari $\hat{\beta}$ didapat dengan mensubstitusikan persamaan (2.22) ke dalam persamaan (2.21).

$$\begin{aligned}
X^T D \hat{\beta}_0 + X^T X \hat{\beta} &= X^T y \\
X^T D [(D^T D)^{-1} D^T y - (D^T D)^{-1} D^T X \hat{\beta}] + X^T X \hat{\beta} &= X^T y \\
X^T D (D^T D)^{-1} D^T y - X^T D (D^T D)^{-1} D^T X \hat{\beta} + X^T X \hat{\beta} &= X^T y \\
X^T D (D^T D)^{-1} D^T y + X^T [I - D (D^T D)^{-1} D^T] X \hat{\beta} &= X^T y
\end{aligned}$$

Misalkan $D(D^T D)^{-1} D^T = P$, maka diperoleh

$$\begin{aligned}
X^T P y + X^T (I - P) X \hat{\beta} &= X^T y \\
X^T (I - P) X \hat{\beta} &= X^T y - X^T P y \\
X^T (I - P) X \hat{\beta} &= X^T (I - P) P y \\
\hat{\beta} &= [X^T (I - P) X]^{-1} X^T (I - P) y \quad (2.23)
\end{aligned}$$

2.6 Uji Signifikansi Parameter

1. Uji Serentak (Uji F)

Menurut Rahmadeni dan Wulandari (2017), uji serentak dilakukan untuk menganalisa dampak secara serentak dari semua variabel independen terhadap variabel dependen pada sebuah model. Menurut Sarwoko (2005), uji F dilakukan untuk menguji hipotesis secara serentak terhadap koefisien (slope) regresi. Hipotesis yang dipakai dalam uji F yaitu (Yuliana, 2022):

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0, k = 1, 2, \dots, p$ (seluruh variabel independen tidak memiliki pengaruh terhadap variabel dependen)

$H_1 : \text{Paling tidak terdapat } \beta_k \neq 0$ (setidaknya terdapat satu variabel independen yang memiliki pengaruh terhadap variabel dependen)

Kriteria keputusan tolak H_0 atau terima H_1 jika nilai p-value $< \alpha$ dengan $\alpha = 5\%$. Nilai p adalah banyaknya parameter.

Menurut Yuliana (2022), statistik uji F dapat dinyatakan pada persamaan (2.24):

$$F_{hitung} = \frac{MS_{regresi}}{MS_{residual}} \quad (2.24)$$

Keterangan:

F_{hitung} : Nilai statistika uji F yang dihitung

$MS_{regresi}$: *Mean squared* dari variabel prediktor dalam model regresi

$MS_{residual}$: *Mean squared* dari *error* dalam model regresi

2. Uji Parsial (Uji T)

Menurut Rahmadeni dan Wulandari (2017), uji parsial dilakukan untuk menganalisis pengaruh secara individual atau parsial dari tiap variabel independen terhadap variabel dependen pada sebuah model. Uji parsial dapat dilakukan dengan menggunakan uji T. Uji T dilakukan untuk mengetahui dampak dan signifikansi antara variabel bebas dan variabel respon (Montgomery, *et al.*, 2021). Hipotesis yang dipakai dalam uji T yaitu (Yuliana, 2022):

$H_0 : \beta_k = 0, k = 1, 2, \dots, p$ (variabel independen/konstan tidak memiliki dampak terhadap variabel dependen dalam model)

$H_0 : \beta_k \neq 0$ (variabel independen/konstan memiliki dampak terhadap variabel dependen dalam model)

Kriteria keputusan tolak H_0 jika nilai p-value $< \alpha$ dengan $\alpha = 5\%$.

Menurut Gujarati (2004), nilai dari statistik uji t didapat dari persamaan (2.25):

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{se(\hat{\beta}_i)} \quad (2.25)$$

Keterangan:

$\hat{\beta}_i$: Estimasi koefisien regresi untuk variabel prediktor ke- i dalam model

$se(\hat{\beta}_i)$: Standar *error* dari estimasi koefisien $\hat{\beta}_i$

2.7 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi kebaikan suatu model (*goodness of fit*). R^2 menunjukkan persentase variasi total dalam variabel dependen (Y) yang bisa dijelaskan oleh variabel independen (X). Uji ini berguna untuk menaksir seberapa besar keragaman dalam variabel dependen yang bisa dijelaskan oleh variabel independen. Jika R^2 bernilai satu, hal ini menunjukkan bahwa model memiliki keakuratan yang sempurna, sedangkan nilai nol menandakan bahwa tidak ada hubungan antara variabel respon dan variabel

independen (Widarjono, 2013). Menurut Suardin, dkk. (2020), koefisien determinasi dinyatakan pada persamaan (2.26):

$$R^2 = \frac{ESS}{TSS} = 1 - \frac{RSS}{TSS} = 1 - \frac{\sum e_i^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.26)$$

Keterangan:

TSS : *Total Sum of Square*

ESS : *Explained Sum of Square*

RSS : *Residual Sum of Square*

2.8 Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah sebuah indikator yang dilakukan untuk melakukan evaluasi keberhasilan pembangunan manusia. Konsep pembangunan manusia diukur dengan mempertimbangkan tiga dimensi utama, yakni harapan hidup yang panjang dan sehat, tingkat pendidikan dan pengetahuan, serta standar hidup yang layak (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2022). Dimensi umur panjang dan sehat diwakili oleh indikator harapan hidup saat lahir. Dimensi pengetahuan diwakili oleh indikator rata-rata lama sekolah. Sementara itu, dimensi standar hidup layak diwakili oleh pengeluaran per kapita dan jumlah penduduk miskin. Ketiga aspek ini digabungkan dalam satu indeks gabungan yang membentuk IPM.

Indeks pembangunan manusia mempunyai dua aspek. Aspek pertama yaitu pembentukan kapasitas manusia yang mencakup aspek kesehatan, pendidikan, dan peningkatan kapasitas individu. Kedua adalah partisipasi dalam kegiatan budaya, sosial, dan politik, serta penggunaan waktu luang untuk kegiatan produktif. Ketidakseimbangan dalam pembangunan manusia dapat menyebabkan ketidakstabilan. Oleh karena itu, evolusi manusia seharusnya memfokuskan pada pembangunan manusia bukan hanya pada perluasan pendapatan dan kesejahteraan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun akademik 2023/2024 bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada kabupaten/kota di Provinsi Lampung yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung (<https://lampung.bps.go.id/>). Data yang digunakan merupakan data pada tahun 2018-2022 dengan unit observasi sebanyak 15 kabupaten/kota di Provinsi Lampung yang disajikan pada Lampiran 1. Adapun variabel penelitian data panel yang digunakan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Variabel penelitian data panel

Variabel		Indikator
Dependen	Y	Indeks Pembangunan Manusia
Independen	X_1	Angka Harapan Hidup
	X_2	Rata-Rata Lama Sekolah
	X_3	Pengeluaran Perkapita
	X_4	Jumlah Penduduk Miskin

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian studi literatur yang dilakukan secara sistematis dan diperoleh dari buku-buku maupun karya tulis ilmiah lainnya. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* RStudio.

Berikut merupakan langkah analisis yang akan dilakukan untuk menganalisis studi kasus pada penelitian ini untuk mendapatkan estimasi parameter:

1. Menentukan data panel (gabungan *time series* dan *cross section*) serta menentukan variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian.
2. Melakukan analisis deskriptif terkait variabel dalam penelitian ini.
3. Melakukan pemilihan model regresi data panel dengan menggunakan Uji *Chow*, Uji *Hausman*, Uji *Lagrange Multiplier*, dan pemilihan efek menggunakan Uji *Breusch-Pagan*. Uji *chow* digunakan dalam memilih model terbaik antara CEM dan FEM. Jika yang terpilih model terbaik adalah FEM, maka diteruskan ke uji *Hausman* yang dipakai dalam memilih model terbaik antara REM dan FEM. Tetapi, jika yang terpilih pada uji *Chow* adalah CEM atau pada uji *Hausman* adalah REM, maka diteruskan ke uji *Lagrange multiplier* dalam memilih model terbaik antara CEM dan FEM. Kemudian, Uji *Breusch-Pagan* dilakukan untuk menentukan efek dalam model yaitu efek individu, efek waktu, dan efek dua arah (*twoways*). Efek dua arah bisa digunakan apabila efek individu dan efek waktu memenuhi uji asumsi.
4. Mendeteksi kenormalan galat dengan melakukan uji *Jarque Bera*.
5. Menerapkan hasil estimasi parameter regresi data panel *Fixed Effect Model* (FEM) dengan metode *Least Square Dummy Variable* (LSDV).
6. Uji signifikansi parameter.
 - a. Uji Serentak (Uji F)
Untuk mengetahui pengaruh variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependen.
 - b. Uji Parsial (Uji T)
Untuk mengetahui pengaruh variabel independen secara terpisah terhadap variabel dependen.

7. Koefisien determinasi (R^2) untuk menentukan seberapa besar kontribusi variabel independen terhadap variabel dependen.
8. Model panel diinterpretasikan dengan memperhatikan nilai R^2 . Semakin R^2 mendekati atau sama dengan satu maka model memiliki keakuratan yang sempurna, sedangkan jika bernilai nol artinya tidak ada hubungan antara variabel respon dan variabel bebas.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil estimasi parameter dengan model regresi data panel *fixed effect* menggunakan pendekatan LSDV terhadap indeks pembangunan manusia di Provinsi Lampung Tahun 2018-2022 dengan *software* RStudio, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Estimasi $\hat{\beta}$ (estimasi parameter regresi pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen) diperoleh:

$$IPM_{it} = \beta_{0i} + 0,691780 X_{1it} + 1,183600 X_{2it} + 0,001305 X_{3it} + 0,011590 X_{4it}$$

2. Estimasi $\hat{\beta}_0$ (estimasi intersep nilai variabel dependen ketika semua variabel dummy adalah nol) diperoleh:

$$\begin{aligned} IPM_{it} = & -1,90902D_{1i} - 2,43235D_{2i} - 3,36759D_{3i} - 3,39227D_{4i} - 3,55706D_{5i} \\ & -2,71295D_{6i} - 2,24940D_{7i} - 3,16101D_{8i} - 2,08804D_{9i} - 1,97438D_{10i} \\ & -2,12616D_{11i} - 2,21905D_{12i} - 0,77415D_{13i} - 1,96687D_{14i} - 0,99504D_{15i} \\ & +0,691780 X_{1it} + 1,183600 X_{2it} + 0,001305 X_{3it} + 0,011590 X_{4it} \end{aligned}$$

3. Nilai dari koefisien determinasi pada model regresi data panel menggunakan *fixed effect model* pada masing-masing *cross section* (wilayah) menunjukkan bahwa X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 mampu menjelaskan variabel Y sebesar 98,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N. A., Raupong, Ilyas, N. 2023. Estimasi Parameter Model Regresi Data Panel Menggunakan Metode Least Square Dummy Variable. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*. **20**(1):221-228.
- Amaluddin, A., Payapo, R. W., Laitupa, A. A., and Serang, M. R. 2018. Modified Human Development Index and Poverty in the Villages of West Seram Regency, Maluku Province, Indonesia. *International Journal of Economics and Financial Issues*. **8**(2):325–330.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2022. *Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Lampung 2022*. <https://lampung.bps.go.id/>. Diakses pada 3 Oktober 2023.
- Baltagi, B. H. 2005. *Econometrics Analysis of Panel Data*. 3th edition. Pearson Education, Inc. New Jersey.
- Caraka, R. E., dan Yasin, H. 2017. *Spatial Data Panel*. Wade Group Press, Jawa Timur.
- Firdaus, M. 2004. *Ekonometrika Suatu Pendekatan Aplikatif*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Greene, W. H. 2012. *Econometrics Analysis*. 7th edition. Pearson Education, USA.
- Gujarati, D. N. 2004. *Basic Econometrics*. 4th edition. Mc Graw-Hill, Newyork.
- Hasan, Iqbal. 2002. *Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensif)*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Judge, G. G., Griffiths, W. E., Hill, R. C., Lutkepohl, H., and Lee, T.C. 1980. *The Theory and Practice of Econometrics*. John Wiley and Sons, New York.
- Kabasarang, D. C., Setiawan, A., dan Susanto, B. 2013. Uji Normalitas Menggunakan Statistik Jarque-Bera Berdasarkan Metode Bootstrap, hlm.

245-256. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika. Universitas Kristen Satya Wacana, Indonesia.

Kosmaryati, Handayani, C. A., Isfahani, R. N., dan Widodo, E. 2019. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kriminalitas di Indonesia Tahun 2011-2016 dengan Regresi Data Panel. *Indonesian Journal of Applied Statistics*. **2**(1):10-20.

Kusumaningrum, N., Permana, J. N., Khairunnisa, dan Nohe D. A. 2022. Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka Di Pulau Kalimantan Dengan Regresi Data Panel, hlm. 196-210. Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya. Universitas Mulawarman, Indonesia.

Montgomery, D. C., Peck, E. A., dan Vining, G. G. 2021. *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley and Sons, New Jersey.

Ningsih, S., dan Dukalang, H. 2019. Penerapan Metode Suksesif Interval Pada Analisis Linier Berganda. *Jembura Journal of Mathematics*. **1**(1):43-35.

Putri, F. R. 2011. Estimasi Parameter Model Regresi Data Panel Fixed Effect Dengan Metode Least Square Dummy Variable (LSDV) (Skripsi). Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malik Ibrahim, Malang.

Qurratu'ain, A. Q., dan Ratnasari, V. 2016. Analisis indikator tingkat kemiskinan di Jawa Timur menggunakan regresi panel. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. **5**(2).

Rahmadeni dan Wulandari, N. 2017. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Inflasi pada Kota Metropolitan di Indonesia dengan Menggunakan Analisis Regresi Data Panel. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, **3**(2):34-42.

Ramadanisa, N., dan Triwahyuningtyas, N. 2022. Analisis Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Lampung. *Sibatik Journal*. **1**(7):1049-1062.

Sarwoko. 2005. *Dasar-dasar Ekonometrika*. Andi Offset, Yogyakarta.

Suardin, M., Bustan, M. N., dan Ahmar, A. S. 2020. Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sulawesi Selatan dengan Menggunakan Regresi Data Panel. *Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*. **2**(3):158-172.

Su, H. A., Hsieh, C. H., Chang, C. Y., dan Lin, F. Y. 2013. Corporate Governance Rating System in Taiwan with Multi-Criteria Decision Making Methods. *Contemporary Management Research*. **9**(1):3-12.

- Suliyanto. 2011. *Ekonometrika Terapan: Teori dan Aplikasi dengan SPSS*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Venosia, D., Suliyanto, Sediono, dan Chamidah, N. 2022. Pemodelan Persentase Kepesertaan BPJS Non Penerima Bantuan Iuran dengan Pendekatan Regresi Data Panel. *Jurnal Statistika*. **15**(1):116-126.
- Wahyudi, S. T. 2020. *Konsep dan Penerapan Ekonometrika Menggunakan E-VIEWS*. Edisi ke-2. Rajawali Pers, Depok.
- Widarjono, A. 2013. *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya*. Edisi ke-3. Ekonosia, Yogyakarta.
- Yendra, R., dan Noviadi, E. T. 2015. Perbandingan Estimasi Parameter pada Distribusi Eksponensial dengan Menggunakan Metode Maksimum Likelihood dan Metode Bayesian. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*. **1**(2):62-72
- Yitnosumarto, Suntoyo. 1990. *Dasar-Dasar Statistika*. C.V Rajawali, Jakarta.
- Yuliana, U. A. 2022. Pemodelan Regresi Data Panel untuk Memprediksi Ketersediaan Beras di Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Statistika dan Komputasi*. **1**(1):1-11.
- Yulianto, D. A., Sugiman, dan Agoestanto, A. 2018. Estimasi Parameter Regresi Robust Model Seemingly Unrelated Regression (SUR) dengan Metode Generalized Least Square (GLS). *Unnes Journal of Mathematics*. **7**(2):216-227.
- Yulianto, S., dan Romandilla, G. E. 2022. Pemodelan Regresi Data Panel pada Data Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur, hlm. 29-36. Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika. Universitas PGRI Semarang.